

**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**Instituto de Geociências e Ciências Exatas**

***Campus de Rio Claro***

**Dirceu Mendes Arcoverde Filho**

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO  
DA ZONA LESTE DA CIDADE DE TERESINA-PI**

**Rio Claro - SP**

2010



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**Instituto de Geociências e Ciências Exatas**

***Campus de Rio Claro***

**Dirceu Mendes Arcoverde Filho**

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO  
DA ZONA LESTE DA CIDADE DE TERESINA-PI**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia (Área de Organização do Espaço).

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Elisa Contri Pitton**

**Rio Claro - SP**

2010

628.1     Arcoverde Filho, Dirceu Mendes  
A675d     Diagnóstico e avaliação do saneamento básico da zona  
             leste da cidade de Teresina-PÍ / Dirceu Mendes Arcoverde  
             Filho. - Rio Claro : [s.n.], 2010  
             161 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas  
  
             Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
             Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
             Orientador: Sandra Elisa Contri Pitton  
  
             1. Abastecimento de água. 2. Recursos hídricos. 3.  
             Esgotos sanitários. 4. Poluição dos cursos d'água. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

**Dirceu Mendes Arcoverde Filho**

**DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO  
DA ZONA LESTE DA CIDADE DE TERESINA-PI**

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia (Área de Organização do Espaço).

**Comissão Examinadora**

---

**Prof<sup>a</sup> Dra. Sandra Elisa Contri Pitton**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Tereza Caceres Cortez**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Amanda Erica Domingos**

Rio Claro, 10 de maio de 2010

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado saúde e disposição para que não desanimasse nunca nesta etapa de minha vida.

Aos meus pais, a minha mulher Simone e aos meus filhos, Dirceu Neto e Bárbara, pelo carinho e incentivo para que eu enfrentasse esse novo período acadêmico em minha vida.

A minha amiga, professora e orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Sandra Pitton, por ser sempre uma pessoa prestativa, disposta e por sua orientação nessa pesquisa.

Aos professores do Departamento de Geografia da UNESP, que muito me ajudaram e que se tornaram novos amigos.

Aos colegas do IFPI, cuja convivência nesses anos foi sempre motivo de muita alegria e que tornaram esse período de mestrado mais ameno.

Aos amigos Daniel Veras e Elaine, pela contribuição na elaboração dos mapas.

Ao IFPI, por me propiciar a oportunidade de fazer o mestrado.

## RESUMO

A forma pela qual os recursos hídricos são utilizados vem degradando os mananciais a um nível tal que se compromete a qualidade de vida das populações. Exauridos pela atividade antrópica, esse fato pode se tornar, no futuro, causador de conflitos. O setor de saneamento básico, sendo um dos que mais se utilizam dos recursos hídricos, é parte de fundamental importância no sentido de promover a melhoria da qualidade de vida da população, utilizando os recursos hídricos de maneira ambientalmente sustentável e garantindo os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, mesmo no cenário atual de crescente urbanização, quando se enfrenta a falta de recursos suficientes para expansão dos serviços e a ineficiência no uso dos recursos arrecadados no setor. No quadro dessa problemática, este estudo analisa o espaço urbano da zona leste de Teresina, focalizando o saneamento básico em seus bairros no que diz respeito à problemática dos serviços de abastecimento de água, esgoto sanitário e coleta de lixo. Verifica-se que as camadas mais pobres da população são as que mais sofrem as consequências da falta de infraestrutura desses serviços, com a ocorrência de doenças como hepatite e enteroinfecções, contribuindo para a redução da qualidade de vida da população e evidenciando ainda a segregação social existente entre os bairros de uma mesma região da cidade.

**Palavras-chave:** Saneamento. Recursos hídricos. Doenças de veiculação hídrica.

## **ABSTRACT**

The way in which water resources are used is degrading the water sources at a level that compromises the quality of life of populations. Depleted by human activity, this may become in the future, causing conflicts. The basic sanitation sector, being one of the most use of water resources, is part of fundamental importance to improving the quality of life of the population using water resources in an environmentally sustainable manner and ensuring the supply services water and sanitation, even in the current scenario of increasing urbanization, when faced with the lack of sufficient resources for expansion of services and inefficiency in the use of funds raised in the industry. As part of this problem, this study examines the urban spaces of the east side of Teresina, focusing on sanitation in their neighborhoods with respect to the issue of services of water supply, sewage and garbage collection. It appears that the poorest of the population are the ones that suffer the consequences of lack of infrastructure such services, with the occurrence of diseases like hepatitis and enteroinfecções, contributing to reduced quality of life of people and showing also the social segregation between the neighborhoods of the same region of the city.

**Keywords:** Sanitation. Resources. Water-borne diseases.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                            | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>FIGURA 1:</b> Mapa de localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste de Teresina.....                                | 22     |
| <b>FIGURA 2:</b> Taxa de investimentos em água e esgoto como proporção do PIB.....                                                                         | 24     |
| <b>FIGURA 3:</b> Evolução dos serviços de saneamento básico comparativamente ao crescimento populacional.....                                              | 24     |
| <b>FIGURA 4:</b> Composição do esgoto doméstico.....                                                                                                       | 39     |
| <b>FIGURA 5:</b> Características dos esgotos domésticos. ....                                                                                              | 45     |
| <b>FIGURA 6:</b> Processo de autodepuração dos cursos d'água.....                                                                                          | 47     |
| <b>FIGURA 7:</b> Sistema Unitário .....                                                                                                                    | 49     |
| <b>FIGURA 8:</b> Sistema Separador.....                                                                                                                    | 50     |
| <b>FIGURA 9:</b> Sistema Estático.....                                                                                                                     | 51     |
| <b>FIGURA 10:</b> Sistema Condominial.....                                                                                                                 | 52     |
| <b>FIGURA 11:</b> Sistema Convencional – partes constitutivas .....                                                                                        | 52     |
| <b>FIGURA 12:</b> Elevatórias de esgotos .....                                                                                                             | 54     |
| <b>FIGURA 13:</b> Proporção de distritos (dentre aqueles que possuem tratamento de esgotos) no Brasil, por tipos de sistemas de tratamento existentes..... | 55     |
| <b>FIGURA 14:</b> Tratamento preliminar: grade, caixas de areia e calha Parshall. ....                                                                     | 60     |
| <b>FIGURA 15:</b> Decantadores primários – ETE Suzano, em SP.....                                                                                          | 61     |
| <b>FIGURA 16:</b> Esquema simplificado de uma lagoa facultativa.....                                                                                       | 64     |
| <b>FIGURA 17:</b> Lagoa anaeróbia – facultativa: ETE Brazilândia, no DF .....                                                                              | 65     |
| <b>FIGURA 18:</b> Fluxograma típico de um sistema de lagoas facultativas e de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.....        | 66     |

|                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>FIGURA 19:</b> Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação em série. .... | <b>67</b>  |
| <b>FIGURA 20:</b> Fluxograma típico de uma lagoa aerada facultativa. ....                                                    | <b>68</b>  |
| <b>FIGURA 21:</b> Principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização. ....                                         | <b>69</b>  |
| <b>FIGURA 22:</b> ETE Leste e seu corpo receptor, o rio Poti.....                                                            | <b>72</b>  |
| <b>FIGURA 23:</b> Mapa de localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste .....            | <b>73</b>  |
| <b>FIGURA 24:</b> Umidade relativa do ar (%) em Teresina – média mensal.....                                                 | <b>75</b>  |
| <b>FIGURA 25:</b> Dados da temperatura do ar (°C) em Teresina.....                                                           | <b>76</b>  |
| <b>FIGURA 26:</b> Médias das precipitações pluviométricas (mm) de Teresina. ....                                             | <b>76</b>  |
| <b>FIGURA 27:</b> Uso e ocupação dos solos na barra do Poti .....                                                            | <b>78</b>  |
| <b>FIGURA 28:</b> Rio Parnaíba – Ponte da Amizade .....                                                                      | <b>80</b>  |
| <b>FIGURA 29:</b> Rio Poti - Ponte Juscelino Kubitschek.....                                                                 | <b>81</b>  |
| <b>FIGURA 30:</b> Galeria pluvial - lançamento de esgoto bruto no rio Poti. ....                                             | <b>82</b>  |
| <b>FIGURA 31:</b> Lançamento de esgoto bruto no rio Poti.....                                                                | <b>82</b>  |
| <b>FIGURA 32:</b> Esgoto bruto escoando a céu aberto no bairro Pedra Mole, Zona Leste. ....                                  | <b>83</b>  |
| <b>FIGURA 33:</b> Esgoto bruto escoando a céu aberto no bairro Satélite, Zona Leste. ...                                     | <b>83</b>  |
| <b>FIGURA 34:</b> Carta Náutica do Encontro dos Rios Poti e Parnaíba.....                                                    | <b>85</b>  |
| <b>FIGURA 35:</b> Rio Poti coberto de aguapés. ....                                                                          | <b>86</b>  |
| <b>FIGURA 36:</b> Esquema de funcionamento da ETE-Leste .....                                                                | <b>90</b>  |
| <b>FIGURA 37:</b> Aterro sanitário de Teresina .....                                                                         | <b>94</b>  |
| <b>FIGURA 38:</b> Lagoa de chorume: aterro sanitário de Teresina.....                                                        | <b>94</b>  |
| <b>FIGURA 39:</b> Mapa de Localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste de Teresina..... | <b>99</b>  |
| <b>FIGURA 40:</b> Zona Leste: distribuição da população por bairros. ....                                                    | <b>105</b> |
| <b>FIGURA 41:</b> Zona Leste: densidade populacional por bairros. ....                                                       | <b>106</b> |

|                                                                                                                                                        |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>FIGURA 42:</b> Zona Leste: renda média mensal dos domicílios por bairros. ....                                                                      | <b>108</b> |
| <b>FIGURA 43:</b> Zona Leste: abastecimento de água – rede geral por bairros. ....                                                                     | <b>110</b> |
| <b>FIGURA 44:</b> Zona Leste: rede de distribuição de água .....                                                                                       | <b>111</b> |
| <b>FIGURA 45:</b> Zona Leste: abastecimento de água – poço ou nascente por bairros.                                                                    | <b>112</b> |
| <b>FIGURA 46:</b> Zona Leste: abastecimento de água – outras fontes por bairros.....                                                                   | <b>114</b> |
| <b>FIGURA 47:</b> Zona Leste: esgoto sanitário – rede geral por bairros.....                                                                           | <b>115</b> |
| <b>FIGURA 48:</b> Zona Leste: rede de esgoto sanitário .....                                                                                           | <b>116</b> |
| <b>FIGURA 49:</b> Zona Leste: fossas sépticas por bairros. ....                                                                                        | <b>118</b> |
| <b>FIGURA 50:</b> Zona Leste: rede geral de esgoto X renda média mensal por bairros<br>.....                                                           | <b>119</b> |
| <b>FIGURA 51:</b> Zona Leste: domicílios particulares permanentes sem banheiro ou<br>sanitário por bairros.....                                        | <b>121</b> |
| <b>FIGURA 52:</b> Zona Leste: domicílios particulares permanentes com banheiro ou<br>sanitário por bairros.....                                        | <b>122</b> |
| <b>FIGURA 53:</b> Zona Leste: destino do lixo – serviço de limpeza por bairros .....                                                                   | <b>123</b> |
| <b>FIGURA 54:</b> Zona Leste: destino do lixo – queimado ou enterrado na propriedade<br>.....                                                          | <b>124</b> |
| <b>FIGURA 55:</b> Zona Leste: notificações dos casos de hepatite X rede coletora de<br>esgoto por bairros .....                                        | <b>126</b> |
| <b>FIGURA 56:</b> Zona Leste: internações por enteroinfecções e doenças parasitárias X<br>rede coletora de esgoto por bairros.....                     | <b>127</b> |
| <b>FIGURA 57:</b> Comportamento da concentração de DBO <sub>5</sub> na ETE-Leste e no rio Poti.<br>.....                                               | <b>128</b> |
| <b>FIGURA 58:</b> Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA<br>357/05) da concentração DBO <sub>5</sub> na ETE-Leste e no rio Poti..... | <b>129</b> |
| <b>FIGURA 59:</b> Comportamento da concentração de CF na ETE-Leste e no rio Poti.                                                                      | <b>131</b> |
| <b>FIGURA 60:</b> Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA<br>357/05) da concentração de CF na ETE-Leste e no rio Poti. ....           | <b>131</b> |

|                                                                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>FIGURA 61:</b> Comportamento da concentração de OD na ETE-Leste e no rio Poti.                                                          |            |
| .....                                                                                                                                      | <b>133</b> |
| <b>FIGURA 62:</b> Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA 357/05) da concentração de OD na ETE - Leste e no rio Poti..... | <b>133</b> |

## LISTA DE TABELAS

### Página

|                                                                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TABELA 1:</b> Evolução dos serviços de água e esgotos no Brasil (%) .....                                                                      | <b>23</b> |
| <b>TABELA 2:</b> Caracterização da cobertura dos serviços de saneamento básico no Brasil (%).....                                                 | <b>25</b> |
| <b>TABELA 3:</b> Distribuição regional dos déficits em saneamento básico .....                                                                    | <b>26</b> |
| <b>TABELA 4:</b> Internações hospitalares provocadas por doenças relacionadas com a falta de saneamento por regiões do Brasil – 1995 a 1999 ..... | <b>26</b> |
| <b>TABELA 5:</b> Alguns padrões de qualidade para corpos d'água doce e padrões de lançamento (Resolução CONAMA 357/05).....                       | <b>34</b> |
| <b>TABELA 6:</b> Composição simplificada dos esgotos sanitários.....                                                                              | <b>39</b> |
| <b>TABELA 7:</b> Faixas típicas da relação $DBO_u/DBO_5$ .....                                                                                    | <b>42</b> |
| <b>TABELA 8:</b> Extensão da rede coletora de esgoto de Teresina .....                                                                            | <b>92</b> |
| <b>TABELA 9:</b> Peso dos resíduos sólidos coletados em Teresina (2001) .....                                                                     | <b>93</b> |

## LISTA DE QUADROS

### Página

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Quadro 1:</b> Classificação das águas em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA 357/05) .....                        | <b>33</b> |
| <b>Quadro 2:</b> Composição do esgoto doméstico.....                                                                              | <b>38</b> |
| <b>Quadro 3:</b> Principais características físicas dos esgotos domésticos .....                                                  | <b>40</b> |
| <b>Quadro 4:</b> Principais características químicas dos esgotos domésticos .....                                                 | <b>41</b> |
| <b>Quadro 5:</b> Principais características biológicas dos esgotos domésticos.....                                                | <b>43</b> |
| <b>Quadro 6:</b> Inconvenientes do lançamento <i>in natura</i> de esgotos nos corpos d' água .....                                | <b>46</b> |
| <b>Quadro 7:</b> Níveis de tratamento dos esgotos .....                                                                           | <b>56</b> |
| <b>Quadro 8:</b> Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos .....                                            | <b>57</b> |
| <b>Quadro 9:</b> Operações, processos e sistemas de tratamento utilizados para a remoção de poluentes dos esgotos domésticos..... | <b>59</b> |

## LISTA DE SIGLAS

ABES: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental  
ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AGESPISA: Águas e Esgotos do Piauí S/A  
AIH: Autorização de Internação Hospitalar  
ANA: Agência Nacional de Águas  
BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
BNH: Banco Nacional de Habitação  
CAENE: Companhia de Águas e Esgotos do Nordeste  
CEPRO: Fundação Centro de Pesquisa Econômicas e Sociais do Piauí  
CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
CF: Coliformes Fecais  
CGSUS: Coordenação de Gestão do SUS  
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente  
CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CREA: Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia  
CT: Centro de Tecnologia  
DBO: Demanda bioquímica de Oxigênio  
DQO: Demanda Química de Oxigênio  
ETA: Estação de Tratamento de Água  
ETE: Estação de Tratamento de Esgotos  
FMS: Fundação Municipal de Saúde  
FUNASA: Fundação Nacional de Saúde  
IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPTU: Imposto Predial e Territorial Urbano  
OD: Oxigênio Dissolvido  
OMS: Organização Mundial da Saúde  
PAC: Programa de Aceleração do Crescimento  
PIB: Produto Interno Bruto  
PLANASA: Plano Nacional de Saneamento  
PMT: Prefeitura Municipal de Teresina

PODATER: Empresa Teresinense de Processamento de Dados

SANEAR: Programa de Infraestrutura Básica de Saneamento

SDU: Superintendência de Desenvolvimento Urbano

SEMAR: Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí

SEMPPLAN: Secretaria Municipal de Planejamento

SIH: Sistema de Informações Hospitalares

SS: Sólidos Sedimentáveis

SUDENE: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SUS: Sistema Único de Saúde

UFPI: Universidade Federal do Piauí

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS

Página

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INTRODUÇÃO .....                                                                 | 18  |
| 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DO<br>SANEAMENTO BÁSICO ..... | 23  |
| 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....                                               | 70  |
| 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....                                                   | 73  |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                                   | 104 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                     | 135 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                 | 138 |
| ANEXOS .....                                                                     | 142 |

## INDICE

Página

|                                                                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                           | <b>18</b>  |
| <b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DO<br/>SANEAMENTO BÁSICO .....</b>                                                          | <b>23</b>  |
| <b>1.1 O saneamento básico no Brasil .....</b>                                                                                                    | <b>23</b>  |
| <b>1.2 Esgotos sanitários – aspectos gerais .....</b>                                                                                             | <b>31</b>  |
| <b>1.3 Sistemas de esgotos e partes componentes .....</b>                                                                                         | <b>48</b>  |
| <b>1.4 Tratamento de esgotos .....</b>                                                                                                            | <b>54</b>  |
| 1.4.1 Tratamento preliminar .....                                                                                                                 | 59         |
| 1.4.2 Tratamento primário .....                                                                                                                   | 61         |
| 1.4.3 Tratamento secundário.....                                                                                                                  | 61         |
| <b>1.5 Lagoas de estabilização .....</b>                                                                                                          | <b>62</b>  |
| 1.5.1 Lagoa anaeróbia .....                                                                                                                       | 64         |
| 1.5.2 Lagoa facultativa .....                                                                                                                     | 65         |
| 1.5.3 Lagoa de maturação.....                                                                                                                     | 66         |
| 1.5.4 Lagoa aerada facultativa .....                                                                                                              | 67         |
| <b>1.6 Parâmetros de projeto – qualidade esperada dos efluentes – tecnologias<br/>    empregadas nos sistemas de lagoas de estabilização.....</b> | <b>68</b>  |
| <b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>                                                                                                         | <b>70</b>  |
| <b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>                                                                                                             | <b>73</b>  |
| <b>3.1 A cidade de Teresina.....</b>                                                                                                              | <b>73</b>  |
| <b>3.2 A Zona Leste de Teresina.....</b>                                                                                                          | <b>97</b>  |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                                                                                             | <b>104</b> |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                               | <b>135</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                                                                           | <b>138</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                                                                                               | <b>142</b> |

|                                                                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ANEXO 1 - Censo Demográfico (ano 2000) dos bairros da Zona Leste de Teresina.....</b>                                                                  | <b>143</b> |
| <b>ANEXO 2 - Internações por enteroinfecções, doenças parasitárias e notificações dos casos de hepatite, nos bairros da Zona Leste de Teresina..</b>      | <b>149</b> |
| <b>ANEXO 3 - Estatística das análises mensais da estação de tratamento de esgotos – ETE Leste em Teresina (janeiro de 2006 a fevereiro de 2008). ....</b> | <b>152</b> |
| <b>ANEXO 4 - Lagoas de estabilização: qualidade esperada dos efluentes, concentrações médias e características dos principais sistemas .....</b>          | <b>156</b> |
| <b>ANEXO 5 - Mapa das administrações regionais de Teresina .....</b>                                                                                      | <b>161</b> |

## INTRODUÇÃO

Como é do conhecimento geral nos dias atuais, a água tem um papel de vital importância na sobrevivência humana e de todas as espécies vivas, no desenvolvimento das sociedades, assim como exerce grande influência na qualidade de vida das populações, especialmente no que concerne ao abastecimento de água e à coleta e tratamento de esgotos, que têm forte impacto sobre a saúde pública. Ao mesmo tempo, sua disponibilidade na natureza tem sido insuficiente para atender à demanda requerida em muitas regiões do planeta, fenômeno que vem se agravando ano após ano.

Além do ciclo da água no globo terrestre (ciclo hidrológico), existem ciclos internos em que a água permanece na sua forma líquida, mas tem suas características alteradas em virtude da sua utilização. São as rotas do uso da água que alteram a sua qualidade em cada etapa do percurso. É, pois, importante o gerenciamento dessas rotas de água, incluindo o planejamento (projeto, execução e controle) das obras necessárias, a fim de se manter a qualidade da água desejada, em função dos seus diversos usos. Isso porque, associada ao mau uso, a demanda de água no mundo cresce de maneira assustadora. Nesse contexto, a falta de disciplina no uso dos recursos hídricos e a urbanização desordenada obrigam grandes cidades a buscar água para o abastecimento público em distâncias cada vez maiores. Certamente, para muitos, em futuro próximo, a água poderá se tornar a causa de grandes conflitos.

O reconhecimento da importância do saneamento e de suas relações com a saúde do ser humano remonta às antigas civilizações humanas. Segundo Sousa (2006, p.1), egípcios, gregos e romanos cuidavam de suas águas e dejetos. Ruínas de uma civilização que se desenvolveu ao norte da Índia há aproximadamente 4.000 anos evidenciam indícios de hábitos sanitários, incluindo a presença de banheiros e esgotamento sanitário nas construções civis, além de drenagem nas ruas (SOUSA, 2006, p.1). O próprio Velho Testamento apresenta diversas abordagens vinculadas a práticas sanitárias do povo judeu, como, por exemplo, limpeza e vedação de poços para evitar possível contaminação.

O saneamento básico, atividade econômica voltada principalmente ao abastecimento de água potável encanada, coleta de resíduos e, ainda à coleta e

tratamento de esgoto, é um dos setores que mais se utilizam dos recursos hídricos. Tal utilização reveste-se de uma particularidade importante na medida em que implica em mudança substantiva na qualidade das águas utilizadas. Água e saneamento constituem um dos mais sérios problemas ambientais, principalmente nas áreas urbanas dos países mais pobres. Estima-se que cerca de  $\frac{1}{4}$  da população urbana dos países do Terceiro Mundo não tenham acesso à água potável (SOUSA, 2006, p.1). Em decorrência do rápido e intenso crescimento desses países nos últimos vinte anos, presume-se que o número de indivíduos não abastecidos por água potável e saneamento básico tende a crescer e não a diminuir.

No Brasil, o setor capta água bruta e devolve para os corpos hídricos esgotos sanitários muitas vezes sem qualquer tipo de tratamento, o que se constitui num dos principais fatores de poluição dos rios nacionais, sobretudo daqueles que drenam as áreas urbanas brasileiras de maior densidade populacional.

A forma pelo qual os recursos hídricos são utilizados no Brasil tem levado a um nível de degradação ambiental que compromete a qualidade de vida das populações. O lançamento de matéria orgânica em um corpo d'água interfere, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido devido aos processos de estabilização realizados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para sua respiração, sendo que a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido tem várias implicações do ponto de vista ambiental, tornando-se um dos principais problemas decorrentes da poluição das águas.

Sem dúvida, a qualidade de vida da população urbana no Brasil tem sido bastante afetada em função da crescente degradação, notadamente, dos recursos hídricos superficiais, resultante do crescimento desordenado das cidades, as quais têm passado por rápidas transformações, sendo que a velocidade com que se verificam as ocupações dos ditos vazios urbanos faz com que venham declinando rapidamente os percentuais de atendimento quanto ao abastecimento d'água, coleta de esgoto sanitário e de resíduos sólidos. A crescente urbanização e aglomeração da população nas cidades e núcleos urbanos tem levado ao agravamento das condições ambientais, tornando-se cada vez mais inadequadas as condições de vida devido à poluição dos mananciais e corpos receptores nas proximidades e, conseqüentemente, intensificando-se uma demanda cada vez maior pelos serviços de saneamento.

A falta de saneamento básico no Brasil, que atinge hoje grande parte da população brasileira e tudo indica que vai afetar ainda no próximo século, deveria ter sido resolvida no século passado. Ao projetarmos a tendência dos últimos 14 anos para frente em termos de falta de saneamento nos domicílios (e não pessoas), estima-se que demorará cerca de 56 anos para o déficit de acesso à rede de esgoto ser reduzido à metade, sendo que a universalização só acontecerá daqui a 115 anos. (TRATA BRASIL: SANEAMENTO E SAÚDE, 2007, p.5). O nível e a velocidade de expansão de coleta e tratamento de esgoto têm sido inferiores à oferta de outros serviços públicos, como rede geral de água, coleta de lixo e eletricidade.

Segundo Sousa (2006, p. 2),

“gasta-se milhões de dólares no custeio de assistência médica que poderiam ser reduzidos à metade se tivéssemos uma infra-estrutura de saneamento, atuando como prevenção. Essa relação entre saúde e saneamento foi bastante destacada no 19º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), no qual se demonstrou que a implantação de 1% na cobertura sanitária da população de 01 a 05 salários mínimos reduziria em 6,1% as mortes na infância. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), quase 25% de todos os leitos hospitalares do mundo estão ocupados por enfermos portadores de doenças veiculadas pela água, facilmente controladas por ações de saneamento. Nenhuma dúvida persiste, portanto, no sentido de que o saneamento das populações urbanas e rurais constitui a maior contribuição para a prevenção de enfermidades”.

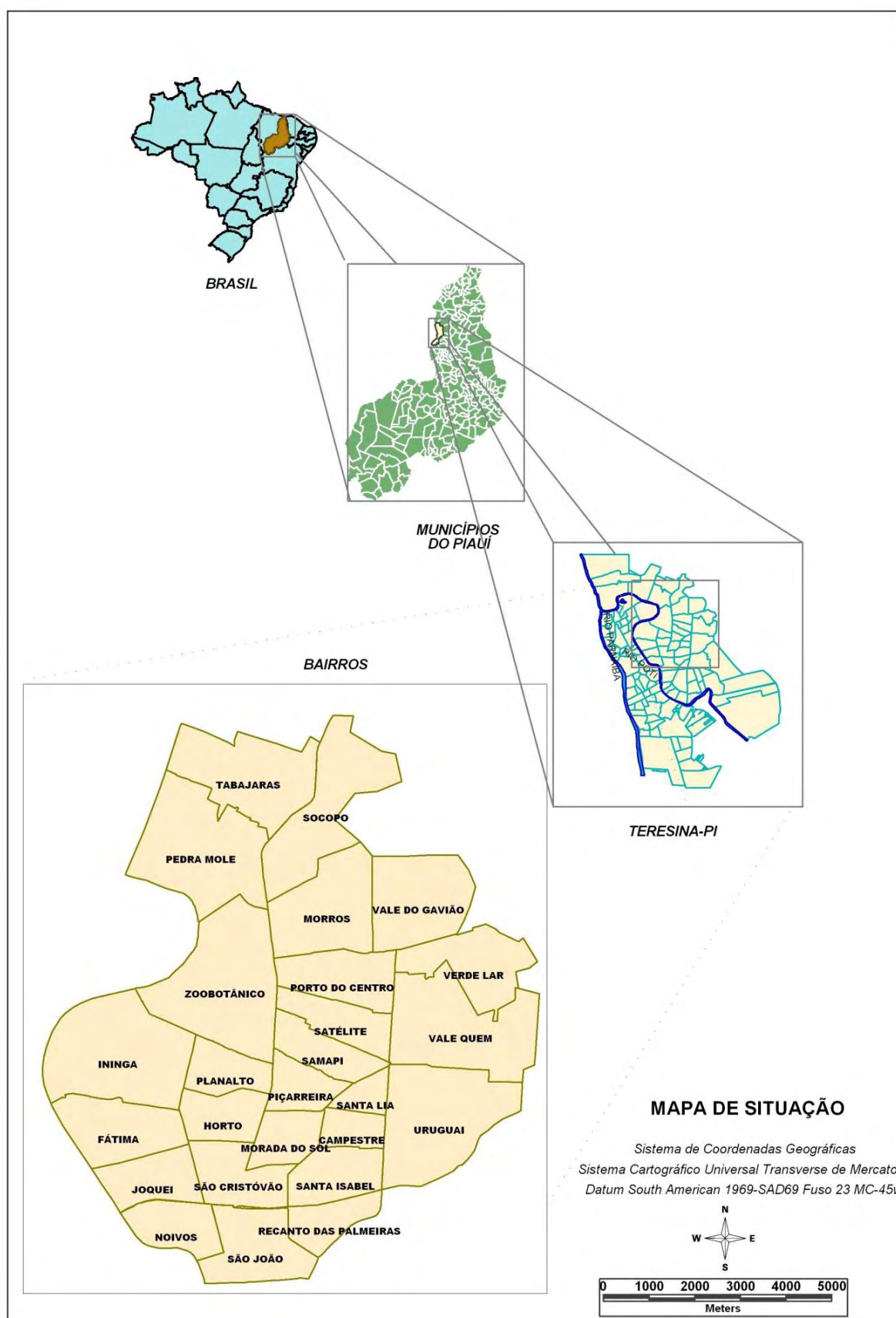
Durante muitos anos, foi baixa a taxa de investimento no setor de saneamento básico no Brasil, devido tanto a problemas macroeconômicos como a decisões de políticas governamentais de investimentos promovidas pelo governo. De acordo com Nozaki (2007, p.11), em razão disso, hoje o setor sofre as consequências desse baixo investimento, que são:

- a) acesso não universal à água, já que vários brasileiros ainda não dispõem desse fornecimento;
- b) baixa coleta de esgotos, pois, mesmo se analisando apenas a coleta de esgoto, os números brasileiros são extremamente baixos;
- c) tratamento de esgoto praticamente nulo, sendo crítica a situação do país, com evidente baixo investimento;
- d) problemas com a questão do lixo;
- e) falta de drenagem urbana nas cidades.

A Zona Leste da cidade de Teresina (Figura 1) foi selecionada como universo apropriado para a investigação, pois constitui um espaço que apresenta em função das políticas públicas municipais adotadas para uso e ocupação do solo, uma dinâmica sócio-espacial relevante para a avaliação do saneamento básico.

Em sendo assim, por todas as considerações expostas e com base nos problemas identificados, este estudo tem como objetivo geral diagnosticar a situação atual relativa ao saneamento básico nos bairros da Zona Leste da cidade de Teresina no que concerne à distribuição espacial da população urbana e à conseqüente demanda dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta dos resíduos sólidos. Para tanto, estabelecemos os objetivos específicos, abaixo relacionados:

- Avaliar as formas de abastecimento de água, o tipo de esgotamento sanitário e o destino do lixo nos domicílios dos 26 bairros que compõem a zona leste de Teresina.
- Identificar o perfil epidemiológico dos casos de doenças relacionadas à qualidade da água e à falta de esgotamento sanitário nos bairros da zona leste de Teresina.
- Verificar a eficiência de remoção dos parâmetros das concentrações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de coliformes fecais (CF) da estação de tratamento de esgotos (ETE-Leste) de Teresina.
- Comparar os resultados obtidos com os parâmetros de projeto da referida estação de tratamento de esgotos.
- Colaborar com o planejamento integrado de ações para o saneamento básico no perímetro urbano da zona leste da cidade de Teresina.



**Figura 1:** Mapa de localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste de Teresina  
Fonte: PMT (2008), elaborado por Arcoverde, D.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA PARA O ESTUDO DO SANEAMENTO BÁSICO

## 1.1 O saneamento básico no Brasil

A evolução da prestação dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto no Brasil, apresentada na tabela 1, demonstra nítida elevação nos índices de atendimento a partir da década de 1970, com a instituição do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), no ano de 1971, época de grande e crescente mobilização de recursos. Dados oficiais do setor, apresentados na figura 2, registram picos de investimentos nos anos de 1981 e 1982 e declínio em 1983 e 1984 – efeito da retração da economia, marcada por cortes nos gastos públicos, quando se iniciou um longo período de dificuldades da economia brasileira.

A década de 1980 foi marcada pela queda contínua do nível anual médio de investimentos e pela extinção do Banco Nacional da Habitação (BNH), tendo-se registrado, na década seguinte, os menores níveis agregados de investimentos, como proporção do Produto Interno Bruto - PIB, evidenciando as condições desfavoráveis a uma retomada auto-sustentável dos investimentos no setor.

**Tabela 1:** Evolução dos serviços de água e esgotos no Brasil (%)

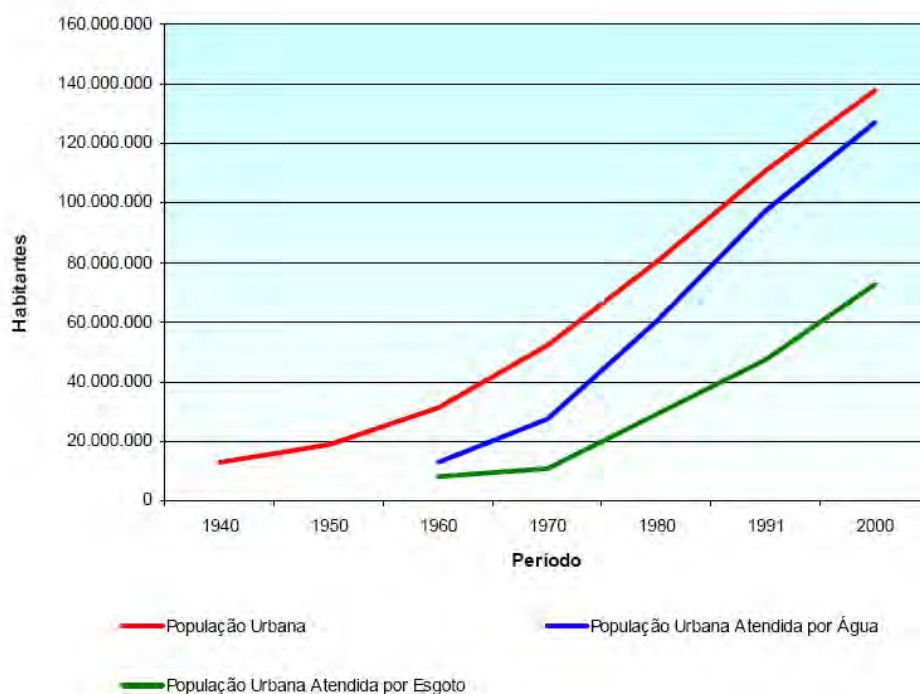
| <b>Indicadores</b>                         | <b>1960</b> | <b>1970</b> | <b>1980</b> | <b>1990</b> | <b>2000</b> |
|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Abastecimento de Água</b>               |             |             |             |             |             |
| Domicílios urbanos: rede geral             | 41,8        | 60,5        | 79,2        | 86,3        | 89,8        |
| Domicílios rurais: rede geral              | 1,3         | 2,6         | 5,0         | 9,3         | 18,1        |
| <b>Esgotamento Sanitário</b>               |             |             |             |             |             |
| Domicílios urbanos: rede de coleta         | 26,0        | 22,2        | 37,0        | 47,9        | 56,0        |
| Domicílios urbanos: rede + fossas sépticas | 19,6        | 25,3        | 22,9        | 20,9        | 72,0        |
| Domicílios rurais: rede de coleta          | 0,3         | 0,4         | 1,4         | 3,7         | 3,3         |
| Domicílios rurais: rede + fossas sépticas  | 2,6         | 3,2         | 7,2         | 14,4        | 9,6         |

Fonte: Abicalil (2002), adaptado por Arcoverde, D.



**Figura 2:** Taxa de investimentos em água e esgoto como proporção do PIB.  
Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2008).

Observa-se ainda que o percentual médio de cobertura de abastecimento de água à população urbana é relativamente elevado, com salto apreciável, relativo e absoluto, desde o ano de 1960, não obstante o acréscimo de 106 milhões de habitantes urbanos no período. Isso indica que, em quatro décadas, cerca de 114 milhões de novos usuários passaram a ser atendidos por sistemas públicos de abastecimento de água no Brasil. A figura 3 apresenta a evolução dos serviços comparativamente ao acréscimo da população.



**Figura 3:** Evolução dos serviços de saneamento básico comparativamente ao crescimento populacional.  
Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA (2008).

Ressalta-se que, embora 89% dos domicílios urbanos brasileiros sejam atendidos pelos serviços de abastecimento de água, no esgotamento sanitário, a situação é bastante crítica, já que apenas 56% dos domicílios urbanos têm acesso a redes públicas. Além das desigualdades de acesso em relação aos sistemas de água e esgotos, a situação do atendimento dos serviços de saneamento básico no Brasil apresenta grandes desigualdades regionais, que podem ser verificadas na tabela 2, a seguir:

**Tabela 2:** Caracterização da cobertura dos serviços de saneamento básico no Brasil (%)

| Indicadores                                 | Norte | Nordeste | Centro –<br>Oeste | Sudeste | Sul   | Brasil |
|---------------------------------------------|-------|----------|-------------------|---------|-------|--------|
| <b>Abastecimento de Água</b>                |       |          |                   |         |       |        |
| Brasil – rede geral                         | 48,01 | 66,39    | 73,19             | 88,33   | 80,06 | 78,0   |
| Domicílios urbanos                          | 62,48 | 85,95    | 82,94             | 94,57   | 93,43 | 89,8   |
| Domicílios rurais                           | 9,75  | 18,65    | 10,75             | 22,24   | 18,15 | 18,1   |
| <b>Esgotamento Sanitário</b>                |       |          |                   |         |       |        |
| Brasil – rede coletora                      | 9,64  | 25,11    | 33,27             | 73,42   | 29,56 | 47,2   |
| Brasil – rede + fossa séptica               | 35,62 | 37,95    | 40,79             | 82,33   | 63,78 | 62,2   |
| Domicílios urbanos – rede coletora          | 12,94 | 34,71    | 38,05             | 79,37   | 35,63 | 56,0   |
| Domicílios urbanos – rede + fossas sépticas | 46,66 | 50,97    | 45,92             | 87,84   | 72,59 | 72,0   |
| Domicílios rurais – rede coletora           | 0,91  | 1,13     | 0,87              | 10,36   | 1,46  | 3,3    |
| Domicílios rurais – rede + fossa séptica    | 6,42  | 5,41     | 6,05              | 23,94   | 22,96 | 9,6    |

Fonte: Abicalil (2002), adaptado por Arcoverde, D.

A cobertura dos serviços de saneamento básico é maior nas áreas urbanas das regiões Sul e Sudeste. Dessa observação depreende-se que os déficits de atendimento estão concentrados nas áreas rurais e nas regiões mais pobres do país. Sabe-se também que os segmentos populacionais de mais baixa renda, localizados nas periferias dos grandes centros urbanos, carecem dos benefícios do saneamento básico. Ademais, as dificuldades por que passa o setor acabam por trazer sérios problemas de saúde à população e, conseqüentemente, maior gasto público. Tudo isso devido à maior probabilidade e facilidade de contaminação da população por doenças de veiculação hídrica.

O déficit dos serviços de saneamento básico, apresentado na tabela 3, sobretudo quanto à falta de tratamento dos resíduos líquidos, resulta ainda em

grande degradação ambiental<sup>1</sup>, que, associada ao processo de ocupação desordenada das margens dos rios e encostas, ao aumento da produção do lixo urbano, ao desmatamento nas cabeceiras e à conseqüente redução do volume de águas das nascentes, concorre para o comprometimento da qualidade das águas dos corpos hídricos nacionais, com perdas significativas para o abastecimento humano, restringindo o aproveitamento para o lazer, a recreação e demais usos.

**Tabela 3:** Distribuição regional dos déficits em saneamento básico

| Região   | N.º de Domicílios | Abastecimento de Água |           | Esgotamento sanitário - rede e fossa séptica |           |
|----------|-------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------------------|-----------|
|          |                   | Déficit               | Déficit % | Déficit                                      | Déficit % |
| Norte    | 2.809.912         | 1.460.770             | 51,99     | 1.809.015                                    | 64,38     |
| Nordeste | 11.401.385        | 3.832.238             | 33,61     | 7.074.641                                    | 62,05     |
| Sudeste  | 20.224.269        | 2.360.528             | 11,67     | 3.573.507                                    | 17,67     |
| Sul      | 7.205.057         | 1.436.542             | 19,94     | 2.609.759                                    | 36,22     |
| C. Oeste | 3.154.478         | 845.630               | 26,81     | 1.867.729                                    | 59,21     |
| Brasil   | 44.795.101        | 9.935.708             | 22,18     | 16.934.651                                   | 37,80     |

Fonte: Abicalil (2002), adaptado por Arcoverde, D.

Esse quadro deficitário das condições de oferta dos serviços de saneamento repercute na saúde pública, aumentando os custos do sistema de saúde, em virtude do elevado número de infecções hospitalares e medicamentos, que oneram os cofres públicos, com elevação dos índices de mortalidade e de morbidade das doenças relacionadas com o saneamento básico inadequado (Tabela 4).

**Tabela 4:** Internações hospitalares provocadas por doenças relacionadas com a falta de saneamento por regiões do Brasil – 1995 a 1999

| Causas de internações                                 | Regiões |           |         |         |         | Brasil    |
|-------------------------------------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
|                                                       | N       | NE        | SE      | S       | CO      |           |
| Doenças infecciosas intestinais (*)                   | 385.226 | 1.508.658 | 729.210 | 439.182 | 206.003 | 3.268.279 |
| Doenças transmitidas por vetores e reservatórios (**) | 117.279 | 29.299    | 14.100  | 4.564   | 11.395  | 176.637   |
| Totais                                                | 502.505 | 1.537.957 | 743.310 | 443.746 | 217.398 | 3.444.916 |
| Percentuais                                           | 14,59   | 44,64     | 21,58   | 12,88   | 6,31    | 100,00    |

Fonte: Abicalil (2002), adaptado por Arcoverde, D.

(\*) Cólera, diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, febre tifóide, shiguetose, intoxicação alimentar, amebíase, infecções devido a outros microrganismos específicos, infecções intestinais mal definidas.

(\*\*) Dengue, esquistossomose, malária, leptospirose e doença de Chagas.

<sup>1</sup> Qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais. (SÁNCHEZ, 2006).

O crescimento econômico não é mais encarado como solução para o combate à pobreza e aos demais problemas que afetam a população. O desenvolvimento passou a envolver questões sociais, culturais, ambientais e político-institucionais de uma forma interligada, sendo que o desafio é elevar o nível geral de riqueza e de qualidade de vida da população em sintonia com a eficiência econômica, a equidade social e a conservação dos recursos naturais, processo denominado de desenvolvimento sustentável.

No Brasil há um longo caminho para se atingir essa forma de desenvolvimento, pois a concentração de renda é uma das maiores do mundo; a pobreza registra índices alarmantes; a maior parte da população não tem acesso a bens e serviços culturais; o meio ambiente<sup>2</sup> continua sendo intensamente agredido e a situação do saneamento básico é preocupante.

Os problemas decorrentes da falta de um sistema de coleta, tratamento e disposição final de esgoto sanitário agravam-se quando existe o fornecimento de água tratada à população, pois cada metro cúbico de água produz, pelo menos, 80% de esgoto sanitário. Desse modo, ao levar a rede de abastecimento d'água para a população, o poder público está implantando minifábricas de esgoto sanitário nos domicílios atendidos, o que acarreta consequências graves para a qualidade de vida das pessoas, principalmente aquelas mais pobres, residentes na periferia das grandes cidades ou nas pequenas e médias cidades do interior.

De acordo com Água e cidade (2006, p.10), da população diretamente afetada, as crianças são as que mais sofrem, como comprovam os dados abaixo:

- A falta de saneamento básico é a principal responsável pela morte por diarreia de menores de 5 anos no Brasil;
- Em 1998, no Brasil, morreram 29 pessoas, por dia, de doenças decorrentes de falta de água encanada, esgoto e coleta de lixo, segundo cálculos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), realizados a pedido do Jornal Folha de São Paulo;
- Os índices de mortalidade infantil em geral caem 21% quando são feitos investimentos em saneamento básico;

---

<sup>2</sup> É o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. (SÁNCHEZ, 2006).

- 65% das internações hospitalares de crianças menores de 10 anos estão associadas à falta de saneamento básico;
- As doenças decorrentes da falta de saneamento básico mataram, em 1998, mais gente que a AIDS;
- 15 crianças de 0 a 4 anos morrem por dia no Brasil em decorrência da falta de saneamento básico, principalmente de esgoto sanitário.

A falta de saneamento básico atinge ainda uma parcela expressiva da população mundial, com conseqüências gravíssimas para as crianças: 1 bilhão de pessoas não dispõem de água potável; 1,8 bilhão não têm acesso a sanitários e esgoto; 8 milhões de crianças morrem anualmente em decorrências de enfermidades relacionadas à falta de saneamento (ÁGUA e cidade, 2006, p. 12).

A coleta, o tratamento e a disposição ambientalmente adequada do esgoto sanitário são fundamentais para a melhoria do quadro de saúde da população das cidades. Desse modo, os investimentos em saneamento têm um efeito direto na redução dos gastos públicos com serviços de saúde. Segundo a FUNASA, para cada R\$ 1,00 (um real) investido no setor saneamento, economizam-se R\$ 4,00 (quatro reais) na área da medicina curativa (ÁGUA e cidade, 2006, p.16).

Segundo Água e cidade (2006, p.20), os principais efeitos positivos do saneamento básico são:

- Melhoria da saúde da população e redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças, uma vez que grande parte delas está relacionada com a falta de uma solução adequada de esgoto sanitário;
- Diminuição dos custos de tratamento de água para abastecimento (por problemas ocasionados pela poluição dos mananciais);
- Melhoria do potencial produtivo das pessoas;
- Dinamização da economia e geração de empregos

Ainda de acordo com Água e cidade (2006, p.21), os investimentos em esgoto sanitário têm também um forte impacto positivo sobre a economia dos municípios:

- Valorização dos imóveis residenciais e comerciais;
- Viabilização de “abertura” de novos negócios nos bairros beneficiados, que passam a reunir requisitos básicos para certos tipos de empreendimentos;
- Crescimento de novos negócios já instalados;
- Crescimento da atividade da construção civil para atender ao aumento da procura por imóveis residenciais e comerciais num bairro mais “saudável”;
- Criação de novos empregos a partir da dinamização da construção civil, da abertura de novos negócios ou do crescimento daqueles existentes

Acrescente-se que cada R\$ 1 milhão investido em obras de esgoto sanitário gera 30 empregos diretos e 20 indiretos, além dos empregos permanentes quando o sistema entra na fase de operação, segundo dados de estudos encomendados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (ÁGUA e cidade, 2006, p. 21).

Além de todos os problemas quantitativos e qualitativos que o setor de saneamento básico enfrenta no Brasil, o mais agravante é o fato de que tal situação não é recente e vem se mantendo por um longo período. Desde a extinção do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), maior programa de investimento e financiamento do setor de saneamento básico no Brasil, em 1986, que os investimentos são muito baixos, sendo os resultados das ações pouco sensíveis, sinalizando baixas perspectivas de alteração do quadro atual, pois o poder público continua com a mesma dificuldade de antes, isto é, faltam recursos financeiros para investimentos.

A ausência de uma política nacional de saneamento, a partir da extinção do PLANASA, tem resultado em ações públicas desordenadas e desarticuladas, incapazes de promover o adequado equacionamento dos problemas relacionados ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário.

O Governo federal, na tentativa de solucionar o problema, promoveu uma série de ações visando ampliar a captação de recursos para o setor de saneamento básico, como a implementação de programas de investimentos, centralização das ações do setor em um único órgão (Ministério das Cidades), além de medidas visando à participação da iniciativa privada no setor. Para isso, o Governo Federal editou a Lei N° 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, conhecida como Lei das

Concessões, a qual dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, que deveria ser um marco para que recursos do setor privado fossem investidos nos serviços públicos, como o saneamento básico, porém, enquanto vários outros setores de infra-estrutura se beneficiaram da lei, houve frustração para o setor de saneamento, que se viu à margem dos investimentos privados.

Nos dias atuais, há uma expectativa de se reerguer o setor da infra-estrutura do país como um todo, e não só o saneamento básico, com os recentes programas implementados pelo Governo Federal: a Parceria Pública Privada (PPP) e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com os quais se espera uma grande canalização de investimentos dos setores privado e público para a realização de obras estruturantes, incluindo-se, com certeza, o setor do saneamento básico.

A Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico, prevê com acerto, no seu art. 2º, a formulação da Política Nacional de Saneamento integrada às políticas de saúde, de meio ambiente, de desenvolvimento urbano e de recursos hídricos, em articulação com os Estados e Municípios.

É bem verdade que, desde o advento do PLANASA, cujo apogeu deu-se na década de 1980, nada mais importante foi realizado em se tratando de planejamento estratégico com eficiência comprovada. Naquela oportunidade, os Estados e Municípios perseguiram os percentuais de 80% da população urbana atendida com água potável e 60% com a coleta de esgoto sanitário. Segundo Baratta (2004, p.43), entretanto, foi verificado que o componente abastecimento de água obteve um relativo sucesso, com um retumbante fracasso no aspecto coleta de esgoto, cujo efeito perdura até hoje, razão do grande diferencial no atendimento água/esgoto.

Aumentar investimentos na universalização dos serviços é medida fundamental para fornecer água adequada às populações carentes e prover os aglomerados urbanos dos serviços de coleta e tratamento de efluentes sanitários (domésticos e industriais). Essa meta necessariamente requer o atendimento à demanda ambiental, sobretudo para o equacionamento dos graves problemas de poluição.

## 1.2 Esgotos sanitários – aspectos gerais

A necessidade de afastamento dos dejetos e excrementos foi percebida após o homem adquirir hábitos sedentários e conviver em coletividade. Essa prática foi facilitada com a utilização de recipientes para acumular fezes e urina, cujo transporte era realizado por homens e animais, com o lançamento desse material em terrenos ou em corpos d'água mais afastados (PEREIRA e SOARES, 2006, p.33). Com o crescimento das aglomerações urbanas, tornaram-se necessárias soluções mais rápidas, eficientes e com menor utilização da força física de homens e animais. Segundo Pereira e Soares (2006, p.33),

A primeira galeria de drenagem foi construída no século 6 a.C. em Roma, por ordem de Tarquínio, o Velho, para escoar a massa líquida retida em uma região pantanosa. Somente um século depois (5 a.C), com Tarquínio, o Soberbo, é que foram instalados condutos de barro para descarregar águas servidas das habitações.

Entretanto o lançamento direto dos esgotos nas galerias não foi adotado em muitas casas da antiga Roma, o que pode ser explicado pelo desconhecimento das exigências de saúde pública e por, naquela época, o saneamento obrigatório ser considerado uma violência, uma verdadeira imposição ao direito do cidadão romano (PEREIRA e SOARES, 2006, p.33). Informam esses autores que

A privada com descarga hídrica, inventada por Sir John Harington, em 1596, demorou bastante para ter seu uso difundido. Somente no século XIX, com a evolução do sistema de abastecimento de água, é que foi incrementado o uso de descarga hídrica nas instalações hidrosanitárias, aumentando o volume líquido e alterando significativamente a forma de afastamento dos dejetos (2006, p.34).

Esse aumento na fração líquida foi importante para a diluição e afastamento do material fecal, facilitando a veiculação da água residuária de forma mais rápida e para locais mais distantes.

No século XIX, com o avanço da microbiologia, passou-se a relacionar a transmissão de algumas doenças com as águas residuárias, o que foi importante para explicar algumas epidemias (febre tifóide, cólera), levando as autoridades a atentar para a necessidade de coleta e transporte de esgotos domésticos nos centros urbanos.

As primeiras tubulações construídas na Europa e nos Estados Unidos foram basicamente para coleta de águas pluviais. O lançamento dos dejetos humanos nessas tubulações foi iniciado na cidade de Londres em 1815, Boston em 1833 e Paris em 1880.

Em 1864, na cidade do Rio de Janeiro, foi implantado o primeiro Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do Brasil. Posteriormente, no período de 1876 a 1878, foi instalado o sistema de coleta de esgotos na cidade de Recife. (PEREIRA e SOARES, 2006, p.34).

São os seguintes os principais usos da água: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da fauna e da flora, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística, diluição e transporte de despejos. Os quatro primeiros implicam na retirada da água das coleções hídricas, enquanto os demais usos são desempenhados na própria coleção de água.

Em termos gerais, apenas os dois primeiros usos (abastecimento doméstico e abastecimento industrial) estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, face aos requisitos de qualidade mais exigentes. A inter-relação entre o uso da água e a qualidade requerida é direta, sendo que o uso mais nobre é o abastecimento de água doméstico, o qual requer a satisfação de diversos critérios de qualidade. De forma oposta, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não apresenta nenhum requisito especial em termos de qualidade. No entanto deve-se lembrar que diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos, decorrendo daí a necessidade de satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade.

No Brasil, a Resolução 357/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), dividiu as águas do território nacional em águas doces (salinidade  $\leq 0,05\%$ ), salobras (salinidade  $> 0,05\%$  e  $< 3\%$ ) e salinas (salinidade  $\geq 3,0\%$ ). Em função do uso previsto, há treze classes. O quadro 1 apresenta um resumo dos usos preponderantes em cada classe: a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres, e a Classe 4 (águas doces), os menos nobres. A tabela 5, seguinte ao quadro 1, apresenta alguns padrões de qualidade das águas doces e também os padrões de lançamento:

**Quadro 1:** Classificação das águas em função dos usos preponderantes (Resolução CONAMA 357/2005).

| Uso                                                                                | Doces    |          |          |          |   | Salinas |   |   |   | Salobras |                 |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---|---------|---|---|---|----------|-----------------|---|---|
|                                                                                    | Espec    | 1        | 2        | 3        | 4 | Espec   | 1 | 2 | 3 | Espec    | 1               | 2 | 3 |
| Abastecimento humano                                                               | X<br>(a) | X<br>(b) | X<br>(c) | X<br>(d) |   |         |   |   |   |          | X<br>(d)        |   |   |
| Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas                        | X        |          |          |          |   | X       |   |   |   | X        |                 |   |   |
| Preservação de ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral | X        |          |          |          |   | X       |   |   |   | X        |                 |   |   |
| Proteção das comunidades aquáticas                                                 |          | X<br>(h) | X        |          |   |         | X |   |   |          | X               |   |   |
| Recreação de contato primário (i)                                                  |          | X        | X        |          |   |         | X |   |   |          | X               |   |   |
| Irrigação                                                                          |          | X<br>(e) | X<br>(f) | X<br>(g) |   |         |   |   |   |          | X<br>(e)<br>(f) |   |   |
| Aquicultura e atividade de pesca                                                   |          |          | X        |          |   |         | X |   |   |          | X               |   |   |
| Pesca amadora                                                                      |          |          |          | X        |   |         |   | X |   |          |                 | X |   |
| Dessedentação de animais                                                           |          |          |          | X        |   |         |   |   |   |          |                 |   |   |
| Recreação de contato secundário                                                    |          |          |          | X        |   |         |   | X |   |          |                 | X |   |
| Navegação                                                                          |          |          |          |          | X |         |   |   | X |          |                 |   | X |
| Harmonia paisagística                                                              |          |          |          |          | X |         |   |   | X |          |                 |   | X |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

**Legenda:**

- a) Com desinfecção;
- b) Após tratamento simplificado;
- c) Após tratamento convencional;
- d) Após tratamento convencional e avançado;
- e) Hortaliças comidas cruas e frutas que se desenvolvam rente ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película;
- f) Hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa a vir ter contato direto;
- g) Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- h) De forma geral e em comunidades indígenas;
- (i) Conforme Resolução do CONAMA 274/2000 (balneabilidade).

**Tabela 5:** Alguns padrões de qualidade para corpos d'água doce e padrões de lançamento (Resolução CONAMA 357/05).

| Parâmetro                  | Unidade   | Águas doces |           |           |           | Padrão de lançamento |
|----------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
|                            |           | 1           | 2         | 3         | 4         |                      |
| Temperatura                | °C        | -           | -         | -         | -         | 40                   |
| Cor verdadeira             | mgPt/L    | Natural     | 75        | 75        | -         | -                    |
| Turbidez                   | UNT       | 40          | 100       | 100       | -         | -                    |
| Materiais flutuantes       | -         | VA          | VA        | VA        | VA        | Ausentes             |
| Sólidos dissolvidos totais | mg/L      | 500         | 500       | 500       | -         | -                    |
| Sólidos sedimentáveis      | mL/L      | -           | -         | -         | -         | 1                    |
| Óleos e graxas             | mg/L      | VA          | VA        | VA        | (d)       | 20/50 (e)            |
| pH                         | -         | 6,0 – 9,0   | 6,0 – 9,0 | 6,0 – 9,0 | 6,0 – 9,0 | 5 a 9                |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100mL | 200         | 1.000     | (b)       | -         | -                    |
| DBO <sub>5</sub> *         | mg/L      | 3           | 5         | 10        | -         | -                    |
| OD                         | mg/L      | ≥ 6         | ≥ 5       | ≥ 4       | ≥ 2       | -                    |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Legenda:

VA: virtualmente ausentes

(b): coliformes termotolerantes: águas doces Classe 3: dessedentação de animais confinados (1.000 NMP/100mL), recreação de contato secundário (2.500 NMP/100mL), demais usos (4.000 NMP/100mL).

(d): toleram-se iridescências (isto é, que geram efeitos das cores do arco – íris).

(e): óleos e graxas – padrão de lançamento: óleos minerais: 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais: 50 mg/L.

\* Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) – retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea (Von Sperling, 2006).

Segundo definição da Norma Brasileira (NBR 9648, 1986, p.2) esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Essa mesma norma define ainda:

- Esgoto doméstico: “despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”;

- Esgoto industrial: “despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos”;
- Água de infiltração: “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações”;
- Contribuição pluvial parasitária: “a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário” (NBR 9648, 1986, p.5)

Essas definições já estabelecem a origem do esgoto sanitário que, dadas tais parcelas, pode ser designado simplesmente de esgotos.

A fração da água fornecida que adentra a rede coletora na forma de esgoto é denominada coeficiente de retorno (R: vazão de esgotos/vazão de água). Os valores típicos de R variam de 40% a 100%, sendo que um valor usualmente adotado tem sido 80% (R = 0,8). Deve-se destacar que a vazão de água a ser considerada é a vazão realmente consumida, e não a vazão produzida pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs). As vazões de água produzidas são superiores às consumidas, em virtude das perdas, que variam tipicamente numa faixa de 30 a 50% (VON SPERLING, 2006, p.77).

O esgoto doméstico é gerado a partir da água de abastecimento e, portanto, sua medida resulta da quantidade de água consumida, a qual é geralmente expressa pela “taxa de consumo *per capita*”, variável segundo hábitos e costumes de cada localidade. É usual a taxa de 200 L/hab.dia, mas, em grandes cidades de outros países, essa taxa de consumo chega a ser três a quatro vezes maior, resultando num esgoto bem mais diluído, já que é praticamente constante a quantidade de resíduo produzido por pessoa. É óbvio que as vazões escoadas de esgotos são maiores. No Brasil, há capitais de alguns estados que utilizam taxas maiores do que aquela no dimensionamento dos seus sistemas ou de parte deles, mas, em outros casos, são usadas taxas bem menores (NUVOLARI et al, 2003, p.15).

O cálculo da vazão doméstica média de esgotos é obtido pela fórmula:

$$Q_{dméd} (m^3/d) = Pop. QPC. R / 1000$$

Sendo:

$Q_{dméd}$  = vazão doméstica média de esgotos ( $m^3/d$ );

QPC = quota *per capita* de água (L/hab.dia);

R = coeficiente de retorno esgoto/água.

O consumo de água e a geração de esgotos em uma localidade variam ao longo do dia (variações horárias), ao longo da semana (variações diárias) e ao longo do ano (variações sazonais). Tem sido prática corrente a adoção dos seguintes coeficientes de variação da vazão média de água (VON SPERLING, 2006, p.77).

- $K_1 = 1,2$  (coeficiente do dia de maior consumo);
- $K_2 = 1,5$  (coeficiente da hora de maior consumo);
- $K_3 = 0,5$  (coeficiente da hora de menor consumo).

Assim, as vazões máxima e mínima de água podem ser obtidas pelas fórmulas:

$$Q_{máx} = Q_{méd} \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,8 \cdot Q_{méd}$$

$$Q_{mín} = Q_{méd} \cdot K_3 = 0,5 \cdot Q_{méd}$$

O esgoto industrial, considerado parcela do esgoto sanitário, deve ser quantificado diretamente na medição do efluente da indústria, quando significativamente maior do que se poderia esperar da área urbana ocupada pela indústria. Nesse caso, essa contribuição é considerada como singular ou concentrada em um trecho da rede coletora; caso contrário, não será singularmente computada, pois já está incluída na taxa *per capita*. Outras contribuições, como

escolas, hospitais ou quartéis, são tratadas igualmente como singulares, quando significativas (NUVOLARI et al, 2003, p.16).

A vazão das águas residuárias industriais é função do tipo e do porte da indústria, processo, grau de reciclagem, adoção de práticas de conservação de água, existência de pré-tratamento etc. Dessa forma, mesmo no caso de duas indústrias que fabriquem essencialmente o mesmo produto, as vazões de despejo podem ser diferentes entre si (VON SPERLING, 2006, p.82). Assim, deve-se procurar obter dados específicos de cada indústria, no sentido de extrair dados de interesse (ex: consumo de água, produção de despejo) para o cálculo das vazões industriais.

A água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, ambas inevitáveis parcelas do esgoto sanitário, chegam às canalizações: a primeira, por percolação no solo fragilizado pela escavação da vala, otimizada pela superfície externa do tubo, por onde escoar até encontrar uma falha que permita sua penetração, ocorrendo principalmente quando o nível do lençol freático está acima da cota de assentamento dos tubos, o que deve ser verificado ao se considerar a respectiva taxa de contribuição; a segunda, por penetração direta nos tampões de poços de visita, ou outras eventuais aberturas, ou ainda pelas áreas internas das edificações e escoamentos para a rede coletora, ocorrendo por ocasião das chuvas mais intensas, com expressivo escoamento superficial. Quando não se têm dados locais específicos disponíveis, a taxa de infiltração é normalmente expressa em termos de vazão por extensão de rede ou por área servida. A NBR 9649/1986 da ABNT cita a faixa de 0,05 a 1,0 L/s. Km (VON SPERLING, 2006, p.80).

Quanto ao destino do esgoto, na maioria das vezes, são coleções de água natural - cursos de água, lagos ou mesmo o oceano, mas também pode ser o solo convenientemente preparado para receber a descarga efluente do sistema. A esse destino final se denomina de corpo receptor (NUVOLARI et al, 2003, p.16).

As principais categorias de matéria orgânica encontradas nos esgotos sanitários são proteínas, carboidratos e lipídios. Proteínas são grandes complexos moleculares compostos de aminoácidos; carboidratos são compostos polihidroxilados, tais como açúcares, celulose e amidos; lipídios são substâncias orgânicas à base de óleos, graxas e gorduras. O volume de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de esgoto doméstico típico deverá apresentar 40% a 60% de proteínas, 25% a 50% de carboidratos e cerca de 8% a

12% de gorduras e óleos. O quadro 2 apresenta a composição do esgoto e suas origens (SANTOS, 2007, p.20).

**Quadro 2:** Composição do esgoto doméstico

| Tipo de substância                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Origem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sabões<br>Detergentes<br>Cloreto de sódio<br>Fosfatos<br>Sulfatos<br>Carbonatos<br>Uréia, amoníaco e ácido úrico.<br>Gorduras<br>Substâncias córneas, ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas.<br>Porções de amido (glicogênio, glicose) e de protéicos (aminoácidos, proteínas e albumina).<br>Vermes, bactérias, vírus, leveduras etc.<br>Mucos, células de descamação epitelial.<br>Outros materiais e substâncias: areia, plásticos, cabelos, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos etc.<br>Água (99,9%) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavagem de roupas e louças</li> <li>• Lavagem de roupas e louças</li> <li>• Cozinha e urina humana</li> <li>• Detergentes e urina humana</li> <li>• Urina humana</li> <li>• Urina humana</li> <li>• Urina humana</li> <li>• Cozinha e fezes humanas</li> <li>• Fezes humanas</li> <br/> <li>• Fezes humanas</li> <br/> <li>• Fezes humanas</li> <li>• Fezes humanas</li> <li>• Areia: infiltrações nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, parcela de águas pluviais etc. demais substâncias são indevidamente lançadas nos vasos sanitários.</li> </ul> |

Fonte: Santos (2007), adaptado por Arcoverde, D.

Em média, a composição do esgoto sanitário é de 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos, sendo que cerca de 70% desses sólidos são constituídos de matéria orgânica em processo de decomposição, na qual proliferam microorganismos, podendo ocorrer organismos patogênicos, dependendo da saúde da população contribuinte. Esses microorganismos são oriundos das fezes humanas. Podem ainda ocorrer poluentes tóxicos, em especial fenóis e os chamados “materiais pesados”, da mistura com efluentes industriais (NUVOLARI et al, 2003, p.171).

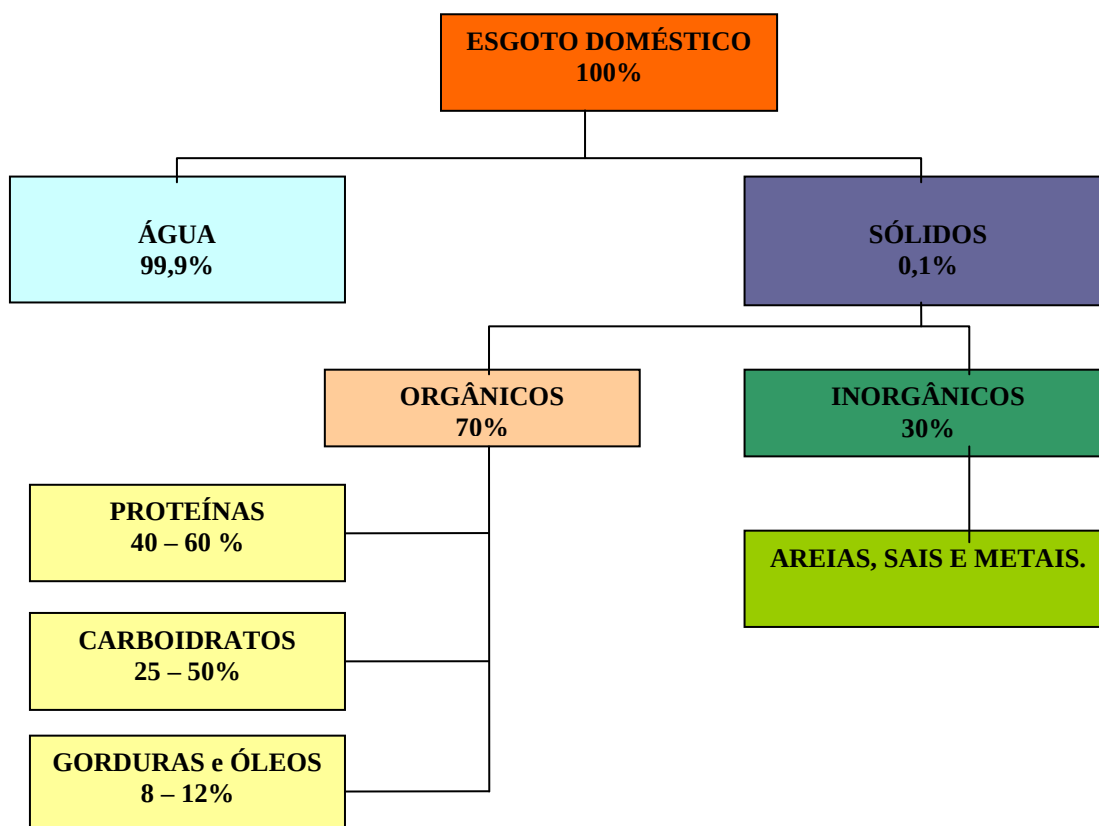
Na tabela 6 e na figura 4, é apresentada a composição percentual dos esgotos domésticos.

**Tabela 6:** Composição simplificada dos esgotos sanitários

| Em média            | Descrição                                                                         | Formas de remoção    |                      |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| 99,9% de água       | Água de abastecimento utilizada na remoção do esgoto das economias e residências. | Formas de remoção    |                      |
| 0,1% de sólidos (*) | Sólidos grosseiros                                                                | Grades               |                      |
|                     | Areia                                                                             | Caixas de areia      |                      |
|                     | Sólidos sedimentáveis.                                                            | Sólidos em suspensão | Decantação primária  |
|                     | Sólidos dissolvidos                                                               |                      | Processos biológicos |

Fonte: Nuvolari (2003), adaptado por Arcoverde, D.

\*Após o tratamento, o efluente final das ETEs ainda contém certa percentagem de sólidos, e a maior ou menor quantidade de sólidos dependerá da eficiência da ETE.



**Figura 4:** Composição do esgoto doméstico

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

A característica dos esgotos é função dos usos aos quais a água foi submetida, sendo que esses usos e a forma como ocorrem variam de acordo com o clima, situação social, econômica e hábitos da população.

No projeto de uma estação de tratamento de esgotos, normalmente não há interesse em se determinarem os diversos compostos dos quais a água residuária é constituída, não só pela dificuldade em se executar vários desses testes em laboratório, como também pelo fato de os resultados em si não serem diretamente utilizáveis como elementos de projeto e operação. Assim, muitas vezes é preferível a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo em questão. Tais parâmetros definem a qualidade do esgoto, podendo ser divididos em três categorias: físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 2006, p.85).

Os quadros 3, 4, 5 e a tabela 7 apresentam as principais características físicas, químicas e biológicas dos esgotos domésticos:

**Quadro 3:** Principais características físicas dos esgotos domésticos

| <b>Parâmetro</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligeiramente superior à da água de abastecimento;</li> <li>• Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar);</li> <li>• Influência na atividade microbiana;</li> <li>• Influência na solubilidade dos gases;</li> <li>• Influência na velocidade de reações químicas</li> <li>• Influência na viscosidade do líquido.</li> </ul> |
| Cor              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esgoto fresco: ligeiramente cinza;</li> <li>• Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Odor             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável;</li> <li>• Esgoto séptico: odor fético (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos em decomposição;</li> <li>• Despejos industriais: odores característicos.</li> </ul>                                                                                                              |
| Turbidez         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão;</li> <li>• Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

**Quadro 4:** Principais características químicas dos esgotos domésticos

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1) Sólidos Totais:</b> orgânicos e inorgânicos; suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Classificação por tamanho e estado                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos em suspensão;</li> <li>• Sólidos dissolvidos.</li> </ul>                                                                                                                                            |
| Classificação pelas características químicas                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos voláteis (matéria orgânica);</li> <li>• Sólidos fixos (matéria inorgânica).</li> </ul>                                                                                                              |
| Classificação pela sedimentabilidade                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos em suspensão sedimentáveis;</li> <li>• Sólidos em suspensão não sedimentáveis</li> </ul>                                                                                                            |
| <b>2) Matéria Orgânica<sup>1</sup>:</b> mistura heterogênea a partir de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios.                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Determinação indireta <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| DBO <sub>5</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                   | Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20 °C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica. |
| DQO                                                                                                                                                                                                                                                                                | Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes oxidantes (dicromato de potássio) em condições ácidas.                                        |
| DBO última                                                                                                                                                                                                                                                                         | Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para oxidação bioquímica da matéria orgânica.                                                                            |
| Determinação direta                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| COT                                                                                                                                                                                                                                                                                | Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.                                                                                                  |
| <b>3) Nitrogênio Total:</b> inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um bom nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Nitrogênio orgânico                                                                                                                                                                                                                                                                | Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia.                                                                                                                                                                                               |
| Amônia                                                                                                                                                                                                                                                                             | Produzida como o primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico.                                                                                                                                                                            |
| Nitrito                                                                                                                                                                                                                                                                            | Estágio intermediário da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.                                                                                                                                                                   |
| Nitrato                                                                                                                                                                                                                                                                            | Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.                                                                                                                                                                           |
| <b>4) Fósforo:</b> o fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Fósforo orgânico                                                                                                                                                                                                                                                                   | Combinado à matéria orgânica.                                                                                                                                                                                                                        |
| Fósforo inorgânico                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ortofosfato e polifosfato.                                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Legenda:

- 1) A matéria orgânica é responsável pelo consumo, pelos microrganismos decompositores, do oxigênio dissolvido na água (Von Sperling, 2006).
- 2) A DBO e a DQO retratam, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou nos corpos d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido. Elas são os parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (Von Sperling, 2006).

O principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido, causado pela respiração dos microrganismos que se alimentam da matéria orgânica. Da mesma forma, no tratamento de esgotos por processos aeróbios, é fundamental o adequado

fornecimento de oxigênio para que os microrganismos possam realizar os processos metabólicos, conduzindo à estabilização da matéria orgânica. Assim, surgiu a idéia de se medir o potencial de poluição de um determinado despejo pelo consumo de oxigênio que ele traria, ou seja, uma quantificação indireta da potencialidade da geração de um impacto, e não a medida direta do impacto em si.

**Tabela 7:** Faixas típicas da relação  $DBO_u/DBO_5$

| Origem                       | $DBO_u/DBO_5$ <sup>1</sup> |
|------------------------------|----------------------------|
| Esgoto concentrado           | 1,1 – 1,5                  |
| Esgoto de baixa concentração | 1,2 – 1,6                  |
| Efluente primário            | 1,2 – 1,6                  |
| Efluente secundário          | 1,5 – 3,0                  |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Legenda:

- 1)  $DBO_5$ : Demanda Bioquímica de Oxigênio. Medida a 5 dias, 20°C. Está associada à função biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica.  
 $DBO_u$ : Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerido pelos microrganismos para oxidação bioquímica da matéria orgânica. Para os esgotos domésticos, considera-se, em termos práticos, que aos 20 dias de teste a estabilização esteja praticamente completa. (VON SPERLING, 2006).

Vários autores adotam, de maneira geral, a relação  $DBO_u/DBO_5$  igual a **1,46**. Isso quer dizer que, caso se tenha uma  $DBO_5$  de 300mg/L, a  $DBO_u$  será igual a  $1,46 \times 300 = 438$  mg/L.

O teste da DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto, uma indicação indireta do teor da matéria orgânica presente. Para esgotos domésticos brutos, a relação  $DQO/DBO_5$  varia em torno de **1,7 a 2,4**. Para esgotos industriais, no entanto, essa relação pode variar amplamente (VON SPERLING 2006, p.94):

- Relação  $DQO/DBO_5$  baixa (< cerca de 2,5):
  - a) A fração biodegradável é elevada.
  - b) Indicação para tratamento biológico.
- Relação  $DQO/DBO_5$  intermediária (entre cerca de 2,5 e 3,5);
  - a) A fração biodegradável não é elevada.
  - b) Estudos de tratabilidade para verificar viabilidade do tratamento biológico.
- Relação  $DQO/DBO_5$  elevada (> cerca de 3,5 ou 4,0)
  - a) A fração inerte (não biodegradável) é elevada.
  - b) Possível indicação para tratamento físico-químico.

A relação DQO/DBO<sub>5</sub> varia também à medida que o esgoto passa pelas diversas unidades da estação de tratamento. A tendência para a relação é aumentar, devido à redução paulatina da fração biodegradável, ao passo que a fração inerte permanece aproximadamente inalterada. Assim, o efluente final do tratamento biológico possui valores da relação DQO/DBO<sub>5</sub> usualmente superiores a 2,5. Quanto maior a eficiência de tratamento na remoção da matéria orgânica biodegradável, maior essa relação, que pode chegar a 4,0 ou 5,0 (VON SPERLING 2006, p.95).

**Quadro 5:** Principais características biológicas dos esgotos domésticos

| <b>Microrganismo</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bactérias            | <ul style="list-style-type: none"> <li>São os principais responsáveis pela conversão da matéria orgânica;</li> <li>Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.</li> </ul>                                                                                                                                |
| Arqueobactérias      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Importantes nos processos anaeróbios</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Algas                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila;</li> <li>Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos;</li> <li>Em lagos e represas, podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água.</li> </ul> |
| Fungos               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos aeróbios, não fotossintetizantes;</li> <li>Também de importância na decomposição da matéria orgânica;</li> <li>Podem crescer em condições de baixo pH.</li> </ul>                                                                                                                          |
| Protozoários         | <ul style="list-style-type: none"> <li>A maioria é aeróbia ou facultativa;</li> <li>Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos;</li> <li>São essenciais no tratamento biológico para manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos;</li> <li>Alguns são patogênicos.</li> </ul>                                         |
| Vírus                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Organismos parasitas;</li> <li>Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.</li> </ul>                                                                                                                                                                           |
| Helminhos            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Animais superiores;</li> <li>Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Os microrganismos presentes nos esgotos desempenham diversas funções de fundamental importância, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro de ciclos bioquímicos. O tratamento biológico dos esgotos depende essencialmente da atuação dos microrganismos. Outro aspecto de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é relativo à possibilidade de transmissão de doenças, sendo que os principais grupos de interesse, do ponto de vista de saúde pública, apresentando associação com a água ou com as fezes, são os seguintes (BRAGA, 2005, p.85):

- Bactérias: transmitem doenças como a leptospirose, a febre tifóide, a cólera, etc.;
- Vírus: transmitem doenças como a hepatite infecciosa e a poliomielite;
- Protozoários: transmitem doenças como a amebíase e a giardíase;
- Helmintos: transmitem doenças como a esquistossomose e a ascaridíase.

A origem desses agentes patogênicos nos esgotos é predominantemente humana, refletindo diretamente o nível de saúde da população e as condições de saneamento básico de cada região. Podem ser também de procedência animal, cujos dejetos são eliminados através da rede de esgotos (ex: fezes de cães e gatos), ou então pela presença de roedores na rede de esgoto.

A detecção dos agentes patogênicos em uma amostra d'água é extremamente difícil, em razão de suas baixas concentrações, o que demandaria o exame de grandes volumes da amostra para que fossem detectados os poucos seres patogênicos. Esse obstáculo é superado através do estudo dos chamados organismos indicadores de contaminação fecal, os quais são predominantemente não patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e, por conseguinte, da sua potencialidade para transmitir doenças (VON SPERLING 2006, p.105 a 106). Os organismos mais usados são as bactérias do *grupo coliforme*, as quais apresentam-se em grandes quantidades e têm resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Os mecanismos de remoção dos coliformes nos corpos d'água, nas estações de tratamento de água e de esgotos, são os mesmos de remoção das bactérias patogênicas, sendo rápidas e econômicas as técnicas bacteriológicas para detecção de coliformes.

Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizados são:

- Coliformes totais (CT);
- Coliformes fecais (CF), preferencialmente chamados de coliformes termotolerantes (resistem à elevada temperatura do teste, mas não são necessariamente fecais);
- *Escherichia coli* (EC).

A figura 5 apresenta as principais características quantitativas (físicas, químicas e biológicas) dos esgotos domésticos:

| Parâmetro               |                            | Contribuição per capita (g/hab.d) |        | Concentração (mg/L)                |                                    |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|------------------------------------|------------------------------------|
|                         |                            | Faixa                             | Típico | Faixa                              | Típico                             |
| <b>Sólidos totais</b>   |                            | 120 - 220                         | 180    | 700 - 1350                         | 1100                               |
| <i>Em suspensão</i>     |                            | 35 - 70                           | 60     | 200 - 450                          | 350                                |
| <b>Matéria orgânica</b> |                            |                                   |        |                                    |                                    |
| <i>DBO<sub>5</sub></i>  |                            | 40 - 60                           | 50     | 250 - 400                          | 300                                |
| <i>DQO</i>              |                            | 80 - 120                          | 100    | 450 - 800                          | 600                                |
| <b>Nitrogênio total</b> |                            | 6,0 - 10,0                        | 8,0    | 35 - 60                            | 45                                 |
| <i>N orgânico</i>       |                            | 2,5 - 4,0                         | 3,5    | 15 - 25                            | 20                                 |
| <i>Amônia</i>           |                            | 3,5 - 6,0                         | 4,5    | 20 - 35                            | 25                                 |
| <i>Nitrito</i>          |                            | 0                                 | 0      | 0                                  | 0                                  |
| <i>Nitrato</i>          |                            | 0,0 - 0,2                         | 0      | 0 - 1                              | 0                                  |
| <b>Fósforo</b>          |                            | 0,7 - 2,5                         | 1,0    | 4 - 15                             | 7                                  |
| Bactérias               | Coliformes totais          |                                   |        | 10 <sup>9</sup> - 10 <sup>13</sup> | 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>10</sup> |
|                         | Coliformes termotolerantes |                                   |        | 10 <sup>9</sup> - 10 <sup>12</sup> | 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>  |
|                         | <i>E. coli</i>             |                                   |        | 10 <sup>9</sup> - 10 <sup>12</sup> | 10 <sup>6</sup> - 10 <sup>9</sup>  |
| Helminhos               | Helminhos (ovos)           |                                   |        | 10 <sup>3</sup> - 10 <sup>6</sup>  | 10 <sup>0</sup> - 10 <sup>3</sup>  |

**Figura 5:** Características dos esgotos domésticos.  
Fonte: Von Sperling (2006).

Quando o esgoto sanitário coletado nas redes é lançado *in natura* nos corpos d'água, isto é, sem receber um prévio tratamento, dependendo da relação entre as vazões do esgoto lançado e do corpo receptor, pode-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade dessa água. Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática; exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água (NUVOLARI et al, 2003, p.171). Como se vê, são muitos os inconvenientes do lançamento de esgotos sanitários nos corpos d'água.

O crescimento populacional das cidades tende a agravar o problema, uma vez que há uma relação direta entre o aumento populacional e o aumento no volume do esgoto coletado. Salvo casos especiais, portanto, tratar esse esgoto é sempre uma medida necessária para manter a qualidade da água dos corpos receptores,

permitindo os diversos usos dessa água, em especial como manancial para abastecimento público, sem riscos à saúde da população.

No quadro 6 são relacionados os inconvenientes do lançamento de esgotos *in natura* em corpos d'água.

**Quadro 6:** Inconvenientes do lançamento *in natura* de esgotos nos corpos d' água

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matéria orgânica solúvel         | Provoca depleção (diminuição ou mesmo a extinção) do oxigênio dissolvido, contido na água dos rios e estuários. Mesmo tratado, o despejo deve estar na proporção da capacidade de assimilação do curso d'água. Algumas dessas substâncias podem ainda causar gosto e odor às fontes de abastecimento de água. Ex: fenóis. |
| Elementos potencialmente tóxicos | Ex: cianetos, arsênio, chumbo, cobre, cromo, mercúrio, níquel, selênio, zinco, etc. Apresentam problemas de toxicidade (a partir de determinadas concentrações) tanto às plantas quanto aos animais e ao homem, podendo ser transferidos através da cadeia alimentar.                                                     |
| Cor e turbidez                   | Indesejáveis do ponto de vista estético. Exigem maiores quantidades de produtos químicos para o tratamento dessa água. Interferem na fotossíntese das algas nos lagos (impedindo a entrada de luz em profundidade).                                                                                                       |
| Nutrientes                       | Principalmente nitrogênio e fósforo, aumentam a eutrofização dos lagos e dos pântanos. Inaceitáveis nas áreas de lazer e recreação.                                                                                                                                                                                       |
| Materiais refratários            | Aos tratamentos: Ex: ABS (alquil-benzeno-sulfurado). Formam espumas nos rios; não são removidos nos tratamentos convencionais.                                                                                                                                                                                            |
| Óleos e graxas                   | Os regulamentos exigem geralmente sua completa eliminação. São indesejáveis esteticamente e interferem na decomposição biológica (os microrganismos responsáveis pelo tratamento geralmente morrem se a concentração de óleos e graxas for superior a 20mg/L).                                                            |
| Ácidos e Alcalis                 | A neutralização é exigida pela maioria dos regulamentos; dependendo dos valores de pH do líquido, há interferência na decomposição biológica e na vida aquática.                                                                                                                                                          |
| Materiais em suspensão           | Formam bancos de lama nos rios e nas canalizações de esgoto. Normalmente provocam decomposição anaeróbia da matéria orgânica, com a liberação de gás sulfídrico (cheiro de ovo podre) e outros gases malcheirosos.                                                                                                        |
| Temperatura elevada              | Poluição térmica que conduz ao esgotamento do oxigênio dissolvido no corpo d'água (por abaixamento do valor de saturação).                                                                                                                                                                                                |

Fonte: Nuvolari (2003), adaptado por Arcoverde, D.

Os corpos d'água não poluídos por matéria orgânica normalmente mantêm certa quantidade de oxigênio dissolvido, o qual é utilizado por peixes e outros animais aquáticos na respiração, sendo diretamente responsável pela sobrevivência desses seres.

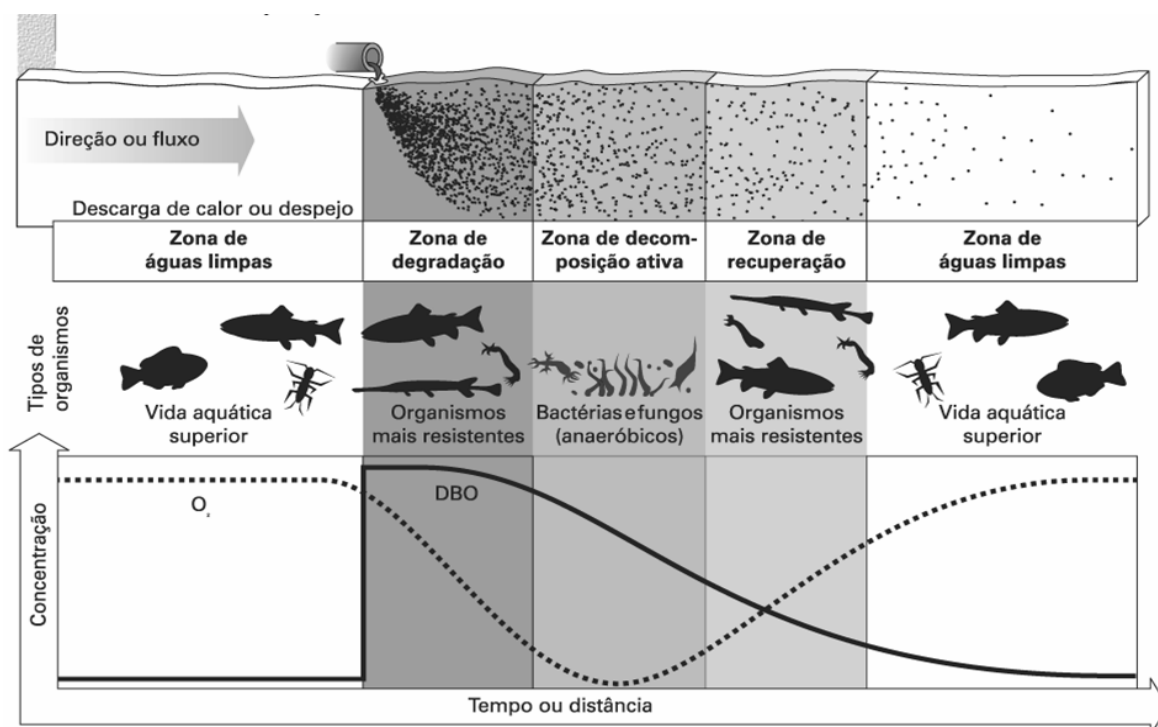
A quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos d'água é diretamente proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional à temperatura. Por exemplo, a 20 °C e a uma altitude de 720 m, a máxima quantidade de oxigênio disponível (saturação) nas águas estaria por volta de 8,4 mg/L. A matéria orgânica presente num esgoto médio consome cerca de 30 mg/L de oxigênio dissolvido para ser degradada, assim, como o consumo é muito maior do que o disponível, existe

uma razão de diluição mínima dos esgotos para permitir a vida dos peixes e outros seres (NUVOLARI et al, 2003, p.174).

Quando a matéria orgânica presente nos esgotos é lançada num corpo d'água, criam-se as condições necessárias para o crescimento dos microorganismos decompositores aeróbios, que, no entanto, ao se alimentarem dessa matéria orgânica, consomem oxigênio dissolvido. Quando é grande a quantidade de matéria orgânica disponível na água, geralmente o que limita o crescimento bacteriano é a quantidade de oxigênio disponível.

O decréscimo da concentração do oxigênio dissolvido tem diversas implicações do ponto de vista ambiental, constituindo-se em um dos principais problemas de poluição das águas em nosso meio. Em certas condições, o oxigênio disponível pode vir a se extinguir, criando condições para o crescimento de outros tipos de microrganismos: os facultativos (que se alimentam da matéria orgânica, tanto na presença quanto na ausência de oxigênio dissolvido) e os estritamente anaeróbios, que se alimentam da matéria orgânica na ausência de oxigênio dissolvido.

A figura 6 apresenta o processo de autodepuração dos cursos d'água, que nada mais é do que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático após as alterações induzidas pelos despejos efluentes.



**Figura 6:** Processo de autodepuração dos cursos d'água.  
Fonte: BRAGA (2005)

### 1.3 Sistemas de esgotos e partes componentes

Sistema de esgotos é definido como o conjunto de elementos cujos objetivos são a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final tanto do esgoto doméstico quanto do lodo resultante. O sistema de esgotos, portanto, abrange a rede coletora com todos os seus componentes, as estações elevatórias de esgoto e as estações de tratamento de esgoto (CRESPO, 2001, p.19).

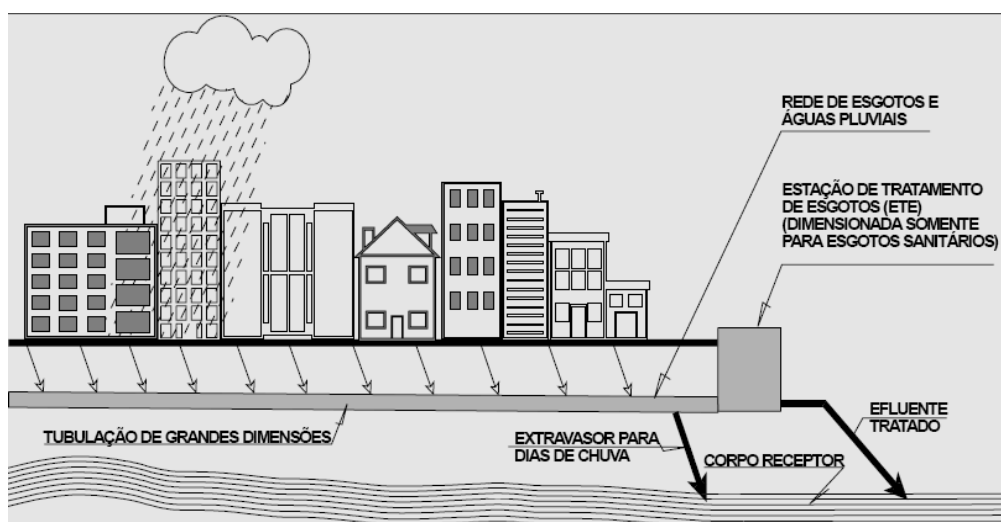
Segundo Nuvolari et al (2003, p.38), as principais finalidades na implantação de sistema de esgoto sanitário numa cidade relacionam-se a três aspectos:

- Do ponto de vista higiênico, o objetivo é a prevenção, o controle e a erradicação de muitas doenças de veiculação hídrica, responsáveis por altos índices de mortalidade precoce. Nesse sentido, o sistema promove o tratamento do efluente a ser lançado nos corpos receptores naturais, de maneira rápida e segura.
- Sob o aspecto social, visa-se à melhoria da qualidade de vida da população, pela eliminação de odores desagradáveis, repugnantes e que prejudicam o aspecto visual, a estética, bem como a recuperação das coleções de água naturais e de suas margens para a prática recreativa ou esportiva.
- Do ponto de vista econômico, o objetivo envolve questões como o aumento da produtividade geral, em particular das produtividades industrial e agropastoril, devido à melhoria ambiental, tanto urbana como rural, à proteção aos rebanhos e à maior produtividade dos trabalhadores. Também as questões ecológicas relativas à fauna e à flora terrestre ou aquática refletem-se na economia de modo geral, pela preservação dos recursos hídricos e das terras marginais a jusante, para sua plena utilização no desenvolvimento humano, considerados aí todos os usos econômicos da água: abastecimento, navegação, irrigação, geração de energia, dessedentação de rebanhos, esportes, lazer e outros – todos eles inviabilizados pelo lançamento indiscriminado do esgoto sanitário nas águas ou no próprio solo.

De acordo com Crespo (2001, p.19 a 21), os sistemas de esgotos têm a seguinte classificação:

### a) Sistema Unitário

Esses sistemas recolhem, na mesma canalização, os lançamentos dos esgotos sanitários e as contribuições pluviais. Esse modelo (Figura 7) encontra-se em franco desuso devido aos seguintes inconvenientes: grandes dimensões das canalizações; custos iniciais elevados; riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências por ocasião das cheias; as ETEs não podem ser dimensionadas para tratar toda a vazão que é gerada no período das chuvas (extravasamento sem tratamento); ocorrência do mau cheiro proveniente de bocas de lobo e demais pontos do sistema; o regime de chuvas torrencial no país demanda tubulações de grande diâmetro, com capacidade ociosa no período seco.



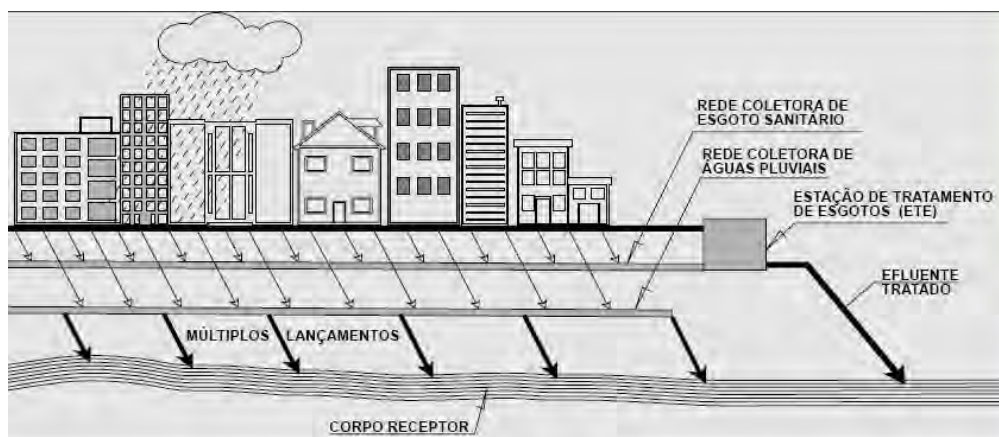
**Figura 7:** Sistema Unitário  
Fonte: Von Sperling (2006)

### b) Sistema Separador

Esses modelos de atendimento (Figura 8) caracterizam-se por oferecer duas redes de canalização: uma exclusivamente para a coleta dos esgotos sanitários e outra, para recolher as águas de chuva. O líquido residual, afluyente à estação de tratamento de esgotos, não provocará cargas hidráulicas de impacto (vazões elevadas de forma repentina).

Como vantagens do sistema separador, podem-se citar: afastamento das águas pluviais facilitado (diversos lançamentos ao longo do curso d'água, sem necessidade de transporte a longas distâncias); menores dimensões das canalizações de coleta e afastamento das *águas residuárias*; redução dos custos e

prazos de execução; possível planejamento de execução das obras por partes, considerando a importância para a comunidade e possibilidades de investimentos; melhoria das condições de tratamento dos esgotos sanitários; não ocorrência de extravasão dos esgotos nos períodos de chuva intensa.

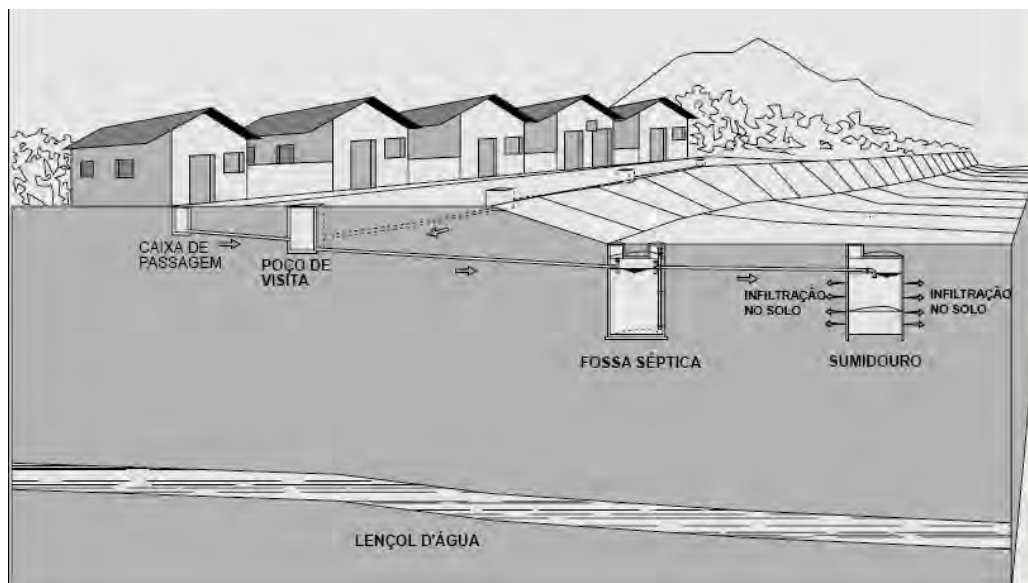


**Figura 8:** Sistema Separador  
Fonte: Von Sperling (2006)

### c) Sistema Estático

Por essa solução, em cada residência ou grupo de residências, é construída uma fossa séptica seguida de um poço absorvente (Figura 9). O efluente da fossa é assim infiltrado no terreno, sendo que o lodo acumulado nessas unidades é retirado periodicamente, em intervalos que variam de seis a doze meses.

Esse sistema tem como vantagem não haver necessidade de implantar rede de coleta, interceptores, estações elevatórias e estações de tratamento, o que torna essa solução extremamente econômica. As desvantagens são: possível contaminação do lençol freático; solos pouco permeáveis dificultam a infiltração no terreno; quando o modelo é assumido de forma leviana, o sistema de recolhimento, tratamento e disposição final do lodo desidratado pode inviabilizar a solução.



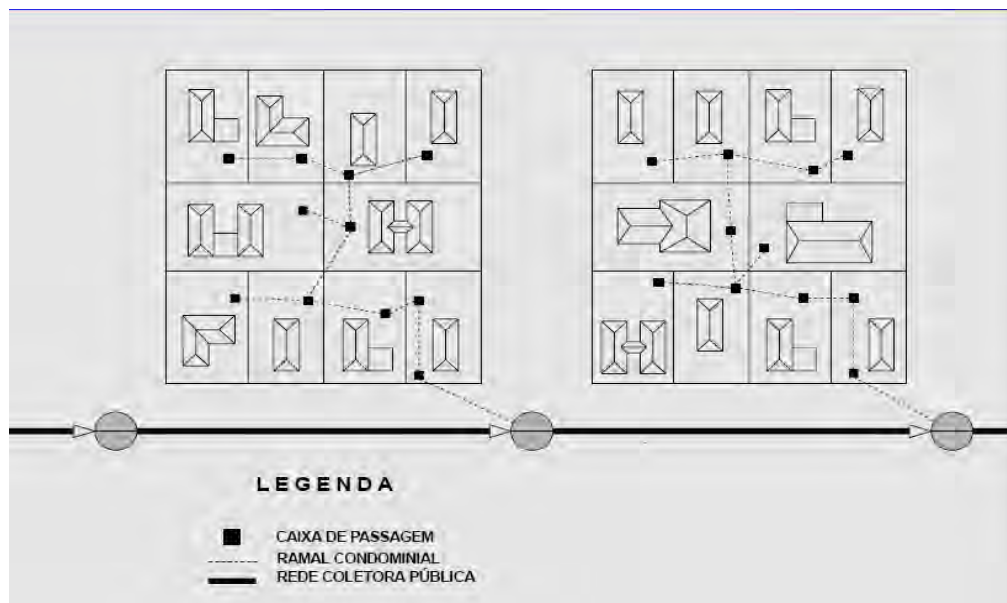
**Figura 9:** Sistema Estático  
Fonte: Von Sperling (2006)

#### d) Sistema Condominial

Essa solução deve ser aplicada exclusivamente em novas urbanizações (Figura 10). Tal sistema pode ser assim descrito: no interior dos quarteirões, e aproveitando uma faixa criada de domínio público, são lançados os coletores de esgoto para atendimento aos domicílios. As caixas de inspeção devem ser facilmente acessíveis, sem violar, entretanto, a intimidade domiciliar.

As vantagens são as seguintes: quando comparado com os sistemas convencionais, esse modelo mostra uma apreciável redução de coletores e poços de visita; a qualquer tempo, sem quebras do asfalto ou tumultos no trânsito, podem ser feitas as ligações domiciliares ou desobstruções nas linhas.

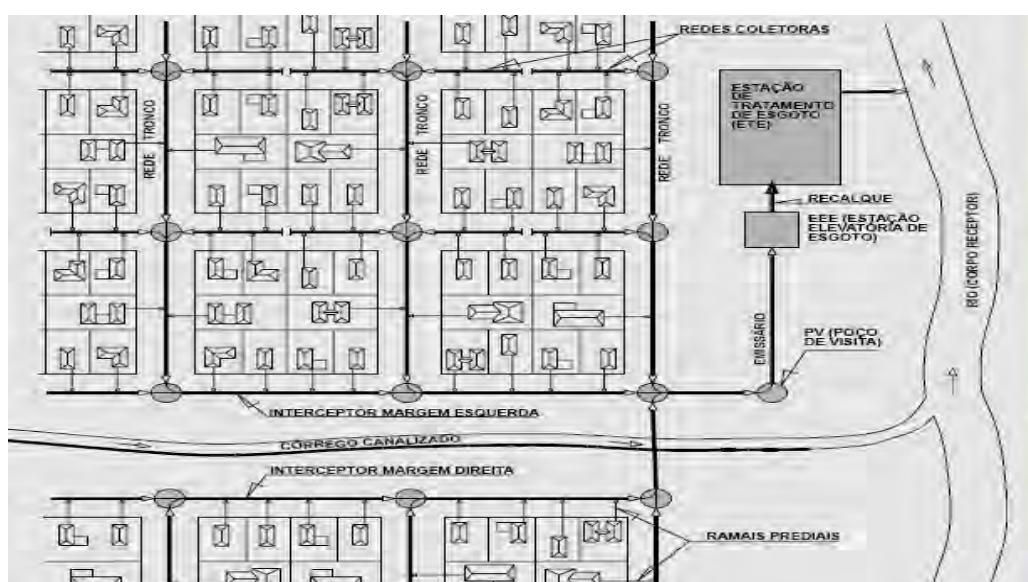
Essa solução, no entanto, apresenta uma desvantagem: sem uma política de aceitação condominial, poderão surgir conflitos entre os usuários do sistema.



**Figura 10:** Sistema Condominial  
Fonte: Von Sperling (2006)

No Brasil adota-se o sistema separador de esgotamento sanitário, o qual separa as águas pluviais em linhas de drenagem independentes e que não contribuem à Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).

Diversos componentes da rede coletora exemplificam-se na figura 11, abaixo:



**Figura 11:** Sistema Convencional – partes constitutivas  
Fonte: Von Sperling (2006).

Segundo Crespo (2001, p.12 a 35), em geral, os componentes podem agrupar-se nos seguintes elementos:

**Rede coletora** é o conjunto constituído por ligações prediais, coletores de esgoto e seus órgãos acessórios.

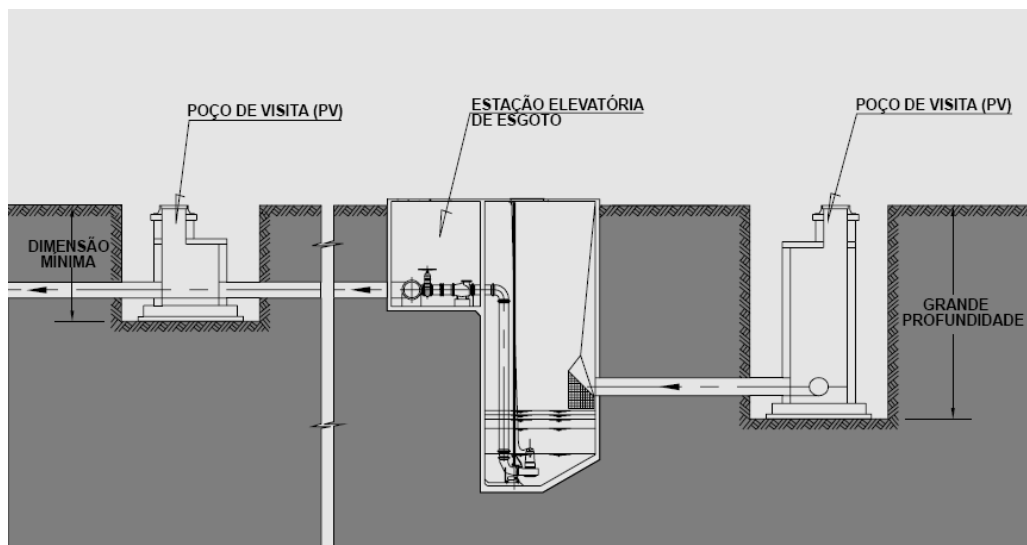
- Ligação predial: trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto;
- Coletor de esgoto: tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de sua extensão;
- Coletor principal: coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia;
- Coletor tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- Coletor predial: canalização instalada no interior de propriedade particular: casa, prédio ou edifício institucional;
- Órgãos acessórios: dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos. Podem ser poços de visita (PV), tubos de inspeção e limpeza (TIL), terminais de limpeza (TL) e caixas de passagem (CP).

**Interceptores** são as canalizações destinadas a interceptar e receber o fluxo esgotado pelos coletores. Esses condutos, regidos pelas Normas Brasileiras (NBR 12.207, 1992, p.6) não aceitam o lançamento de ramais domiciliares.

**Emissários e Lançamentos Finais** são as canalizações que recebem os resíduos na extremidade de montante e os lançam na estação de tratamento de esgotos ou no corpo de água receptor. Trata-se de rio, lago ou mar.

**Extravasores** são estruturas cujo objetivo é retirar o excesso de esgoto, ou de esgoto misturado com água pluvial, afluente a uma determinada unidade do sistema de coleta. Essa unidade pode ser uma estação elevatória ou uma estação de tratamento.

**Estações Elevatórias de Esgotos (EEE)** são instalações que se destinam ao transporte de esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluente (Figura 12).



**Figura 12:** Elevatórias de esgotos  
 Fonte: Von Sperling (2006)

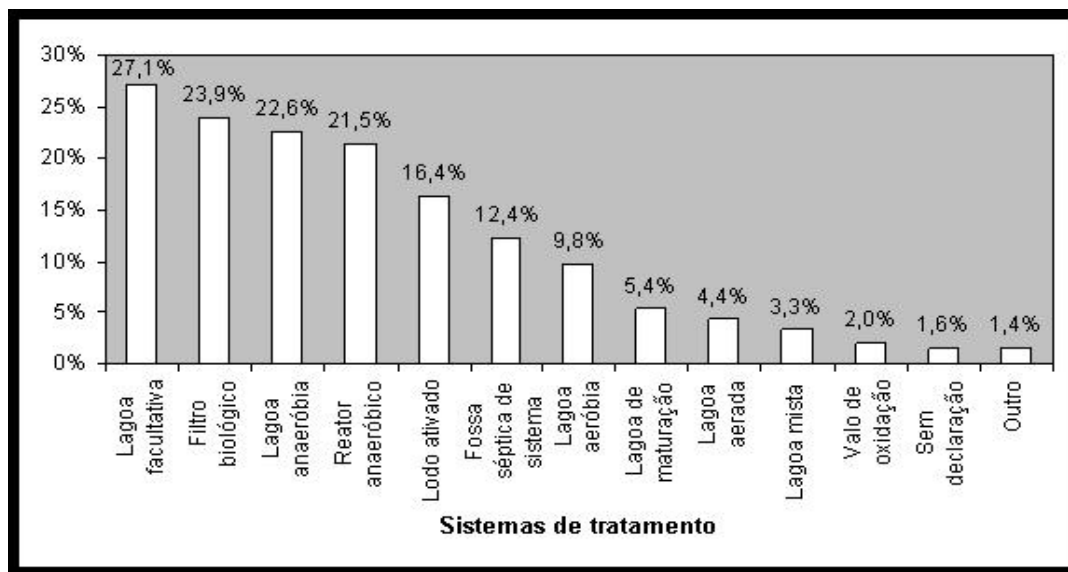
**Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)** são o conjunto de técnicas associadas às unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares (canais, caixas, vertedouros, tubulações) e sistemas de utilidades (água potável, combate a incêndio, distribuição de energia, drenagem pluvial), cuja finalidade é reduzir as cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento (BARATTA, 2004, p.16).

Nas unidades de tratamento, são realizadas as diversas operações e processos unitários que promovem a separação entre os poluentes em suspensão (dissolvidos) e a água a ser descarregada no corpo receptor, bem como o condicionamento dos resíduos retidos (BARATTA, 2004, p.16).

#### 1.4 Tratamento de esgotos

São vários os processos de tratamento, os quais são utilizados em função da composição do esgoto e das características que se desejam para o efluente da estação depuradora, as quais dependem da capacidade do corpo receptor de receber carga poluidora e dos usos da água a jusante do local de lançamento.

Quanto aos tipos de tratamento adotados no Brasil, o gráfico da figura 13, elaborado a partir dos dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 2000, apresenta a proporção de distritos que possuem cada um dos sistemas de tratamento listados.



**Figura 13:** Proporção de distritos (dentre aqueles que possuem tratamento de esgotos) no Brasil, por tipos de sistemas de tratamento existentes.

Fonte: Fonseca (2005).

O tratamento dos esgotos é usualmente classificado nos seguintes níveis (VON SPERLING, 2006, p.249).

- **Tratamento preliminar:** objetiva apenas a remoção de sólidos grosseiros (predominam mecanismos físicos na remoção de poluentes);
- **Tratamento primário:** visa à remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica (predominam mecanismos físicos na remoção de poluentes);
- **Tratamento secundário:** predominam mecanismos biológicos – o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes (nitrogênio e fósforo);
- **Tratamento terciário (apenas eventualmente):** objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis), ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

A definição do nível de tratamento de esgotos de uma determinada Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) está associada ao maior nível existente nela. Assim, uma ETE caracterizada por remoção de sólidos grosseiros (tratamento preliminar), sólidos sedimentáveis (decantadores primários - tratamento primário) e

matéria orgânica (processos biológicos - tratamento secundário) é classificada como uma ETE em nível secundário.

O tratamento preliminar deve existir em todas as estações de tratamento de esgotos sanitários em nível primário, secundário ou terciário, sendo que as unidades componentes do tratamento primário podem ou não estar incluídas no fluxograma de estações de nível secundário. Em outras palavras, o tratamento secundário (biológico) pode ou não vir imediatamente após o tratamento preliminar. O tratamento terciário é raro em países em desenvolvimento. A remoção de nutrientes e de organismos patogênicos pode ser considerada como integrante do tratamento secundário ou do tratamento terciário, dependendo do processo adotado (VON SPERLING, 2006, p.250).

O quadro 7 apresenta os níveis de tratamento juntamente com a respectiva remoção:

**Quadro 7:** Níveis de tratamento dos esgotos

| Nível      | Remoção                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preliminar | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos grosseiros em suspensão (materiais de maior dimensão e areia).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Primário   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos sedimentáveis em suspensão;</li> <li>DBO em suspensão (associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Secundário | <ul style="list-style-type: none"> <li>DBO em suspensão<sup>1</sup> (caso não haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto);</li> <li>DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associada à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário);</li> <li>DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes tanto nos esgotos brutos quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação).</li> </ul> |
| Terciário  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nutrientes<sup>2</sup></li> <li>Organismos patogênicos</li> <li>Compostos não biodegradáveis</li> <li>Metais pesados</li> <li>Sólidos inorgânicos dissolvidos</li> <li>Sólidos remanescentes em suspensão</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D..

Legenda:

- 1) DBO em suspensão é também denominada DBO particulada; DBO solúvel pode ser considerada como equivalente à DBO filtrada;
- 2) A remoção de nutrientes (por processos biológicos) e de organismos patogênicos pode ser considerada como integrante do tratamento secundário, dependendo do processo de tratamento adotado.

O quadro 8 lista as principais características dos níveis de tratamento de esgotos, como: eficiência, poluentes removidos, mecanismos predominantes e outros.

**Quadro 8:** Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos

| Item                                                  | Nível de tratamento <sup>(1)</sup>                                                                                                   |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | Preliminar                                                                                                                           | Primário                                                                                                                       | Secundário                                                                                                                                                                                              |
| Poluentes removidos                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos grosseiros</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos sedimentáveis;</li> <li>DBO em suspensão.</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sólidos não sedimentáveis;</li> <li>DBO em suspensão fina;</li> <li>DBO solúvel;</li> <li>Eventualmente nutrientes;</li> <li>Eventualmente patógenos.</li> </ul> |
| Eficiência de remoção                                 | -                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>SS: 60 a 70%;</li> <li>DBO: 25 a 35%;</li> <li>Coliformes: 30 a 40%</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>DBO: 60 a 98% <sup>(3)</sup>;</li> <li>Coliformes: 60 a 99% <sup>(3) (4)</sup></li> </ul>                                                                        |
| Mecanismo de tratamento predominante                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Físico</li> </ul>                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Físico</li> </ul>                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biológico</li> </ul>                                                                                                                                             |
| Cumprir padrões de lançamento usuais ? <sup>(2)</sup> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Não</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Não</li> </ul>                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Usualmente sim</li> </ul>                                                                                                                                        |
| Aplicação                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Montante de elevatória;</li> <li>Etapa inicial de todos os processos de tratamento</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamento parcial;</li> <li>Etapa intermediária de tratamento mais completo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamento mais completo (para remoção de matéria orgânica).</li> </ul>                                                                                          |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Legenda:

- 1) Uma ETE em nível secundário usualmente tem tratamento preliminar, mas pode ou não ter tratamento primário (depende do processo).
- 2) Padrão de lançamento tal como expresso nas legislações ambientais mais usuais. O órgão ambiental poderá autorizar outros valores para lançamento, caso estudos ambientais demonstrem que o corpo receptor continuará enquadrado dentro da sua classe.
- 3) As faixas de eficiência de remoção no tratamento secundário são as mesmas, independente se há ou não tratamento primário no fluxograma do processo (as eficiências de remoção no tratamento primário não são somadas às do tratamento secundário).
- 4) A eficiência de remoção de coliformes poderá ser superior caso haja alguma etapa de remoção específica.

Segundo Von Sperling (2006, p.251 a p.252), a porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no conjunto do tratamento ou numa etapa do mesmo é dada pela fórmula:

$$E = (C_o - C_e) \times 100 / C_o$$

Sendo:

E = eficiência de remoção (%).

C<sub>o</sub> = concentração afluente do poluente.

C<sub>e</sub> = concentração efluente do poluente.

Caso haja mais de uma etapa ou unidade em série ao longo do tratamento, as eficiências não são aditivas. O cálculo da eficiência global de remoção é feito de forma multiplicativa, com base nas frações remanescentes, sendo dado por:

$$E = 1 - [(1 - E_1) \times (1 - E_2) \times (1 - E_3) \times \dots (1 - E_n)]$$

Sendo:

E = eficiência de remoção global

E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>n</sub> = eficiência de remoção nas etapas 1, 2, 3,... n.

Esse cálculo é empregado, por exemplo, quando se tem a determinação da eficiência individual de cada etapa, ou para a estimativa de remoção de constituintes cujas características não mudam ao longo da linha de tratamento. Esse pode ser o caso da remoção de coliformes ao longo de lagoas em série.

No entanto, deve-se considerar que, “frequentemente, a eficiência de uma unidade situada após outras unidades é inferior à eficiência que se teria, caso ela fosse a primeira etapa da série” (VON SPERLING, 2006, p. 252). Isso ocorre particularmente no caso da matéria orgânica, a qual muda ao longo do tratamento, tornando-se, por exemplo, menos biodegradável, ou seja, de remoção mais difícil. Assim, numa ETE em nível secundário que contenha unidades associadas ao nível primário (decantadores primários), a eficiência global do sistema permanece a mesma típica do nível secundário e não há agregação das eficiências do tratamento

primário e do secundário, tal como apresentadas individualmente nas respectivas colunas do quadro 8 (VON SPERLING, 2006, p.252).

O quadro 9, a seguir, lista os principais processos, operações e sistemas de tratamento frequentemente utilizados no tratamento de esgotos domésticos em função do poluente a ser removido. Tais métodos são empregados para a fase líquida, que corresponde ao fluxo principal do líquido na estação de tratamento de esgotos.

**Quadro 9:** Operações, processos e sistemas de tratamento utilizados para a remoção de poluentes dos esgotos domésticos.

| <b>Poluente</b>                | <b>Operação, processo ou sistema de tratamento</b>                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sólidos em suspensão           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gradeamento</li> <li>• Remoção da areia</li> <li>• Sedimentação</li> <li>• Disposição no solo</li> </ul>                                                                                        |
| Matéria orgânica biodegradável | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagoas de estabilização e variações</li> <li>• Lodos ativados e variações</li> <li>• Reatores anaeróbios com biofilmes</li> <li>• Tratamento anaeróbio</li> <li>• Disposição no solo</li> </ul> |
| Organismos patogênicos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagoas de maturação</li> <li>• Disposição no solo</li> <li>• Desinfecção com produtos químicos</li> <li>• Desinfecção com radiação ultravioleta</li> <li>• Membranas</li> </ul>                 |
| Nitrogênio                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrificação e desnitrificação biológica</li> <li>• Lagoas de maturação e de alta taxa</li> <li>• Disposição no solo</li> <li>• Processos físico-químicos</li> </ul>                            |
| Fósforo                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção biológica</li> <li>• Lagoas de maturação e de alta taxa</li> <li>• Processos físico-químicos</li> </ul>                                                                                 |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

#### 1.4.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar de esgotos visa, basicamente, à remoção de sólidos grosseiros, estando presente em praticamente todas as estações de tratamento de esgotos. Consiste em uma preparação dos esgotos para tratamento posterior, evitando obstruções, danos em equipamentos eletromecânicos, redução do volume útil do reator biológico ocupado com biomassa etc. e conseqüente problema no tratamento. O tratamento preliminar é constituído de gradeamento, desarenação e medição de vazão.

**Gradeamento:** objetiva a remoção de sólidos bastante grosseiros, como materiais plásticos e papelões constituintes de embalagens. Os dispositivos de remoção desses sólidos (grades) são constituídos de barras paralelas de ferro ou aço carbono posicionadas transversalmente no canal de chegada dos esgotos na estação de tratamento. As grades devem permitir o escoamento dos esgotos sem produzir grandes perdas de carga (SANTOS, 2007, p.47).

**Desarenação (caixas de areia):** consiste na remoção da areia que se introduz no sistema principalmente devido à infiltração de água na rede coletora de esgotos. Entre outras finalidades da remoção de areia, citam-se: evitar danos em equipamentos como bombas centrífugas e aeradores; evitar danos nas tubulações devido à forte abrasão; reduzir a possibilidade de danos e obstruções nas unidades da ETE, como canalizações, elevatórias calhas etc.

**Medição de vazão:** a medição de vazão da ETE é importante para se ter uma idéia da evolução temporal desse parâmetro, de forma a estimar se a ETE está trabalhando abaixo ou no seu limite de projeto. A medição da vazão pode ser feita através de uma calha Parshall (Figura 14), vertedouros e sensores eletromagnéticos ou ultrassônicos.



**Figura 14:** Tratamento preliminar: grade, caixas de areia e calha Parshall.  
Fonte: Von Sperling (2006)

### 1.4.2 Tratamento primário

O tratamento primário (Figura 15) objetiva a retirada dos sólidos sedimentáveis a partir do fornecimento de condições favoráveis à deposição e remoção dos sólidos orgânicos e inorgânicos. Tal condição é dada nos decantadores primários, em que o esgoto passa inicialmente pelo tratamento preliminar. São obtidas remoções da ordem de 40% a 60% dos sólidos em suspensão presentes nos esgotos sanitários, correspondendo a cerca de 30% a 40% da DBO. O lodo gerado no tratamento primário não é estabilizado e necessita de posterior estabilização antes de ser encaminhado a um destino final ou a reuso agrícola na forma de bioossólidos (SANTOS, 2007, p.48).



**Figura 15:** Decantadores primários – ETE Suzano, em SP  
Fonte: Von Sperling (2006)

### 1.4.3 Tratamento secundário

O principal objetivo do tratamento secundário é a remoção da matéria orgânica que se apresenta nas seguintes formas (VON SPERLING, 2006, p.273 - 274).

- *Matéria orgânica dissolvida* (DBO solúvel ou filtrada), a qual não é removida por processos meramente físicos (como a sedimentação), que ocorrem no tratamento primário;

- *Matéria orgânica em suspensão* (DBO suspensa ou particulada), a qual é, em grande parte, removida no eventual tratamento primário, mas cujos sólidos de sedimentabilidade mais lenta persistem na massa líquida.

A essência do tratamento secundário de esgotos domésticos é a inclusão de uma *etapa biológica*. Enquanto nos tratamentos preliminar e primário predominam mecanismos de ordem física, no tratamento secundário, a remoção da matéria orgânica é efetuada por reações bioquímicas realizadas por microrganismos.

O tratamento secundário inclui as unidades do tratamento preliminar, mas pode ou não incluir as unidades do tratamento primário. Existe uma grande variedade de métodos de tratamento em nível secundário, sendo que os mais comuns são (VON SPERLING, 2006, p.274):

- Lagoas de estabilização e variantes;
- Processos de disposição sobre o solo;
- Reatores anaeróbios;
- Lodos ativados e variantes;
- Reatores aeróbios com biofilmes.

A escolha do tipo de tratamento, além das características do esgoto, do corpo receptor e do local de lançamento, deve levar em consideração os recursos necessários para execução da ETE, a disponibilidade da área e as características climáticas da região.

### **1.5 Lagoas de estabilização**

Sistemas de lagoas de estabilização têm sido amplamente utilizados na prática de tratamento de esgoto sanitário em todo o Brasil, tendo-se observado resultados satisfatórios em termos da qualidade do efluente sempre que o projeto é tecnicamente adequado e existe um mínimo de operação e manutenção (SANTOS, 2007, p.57).

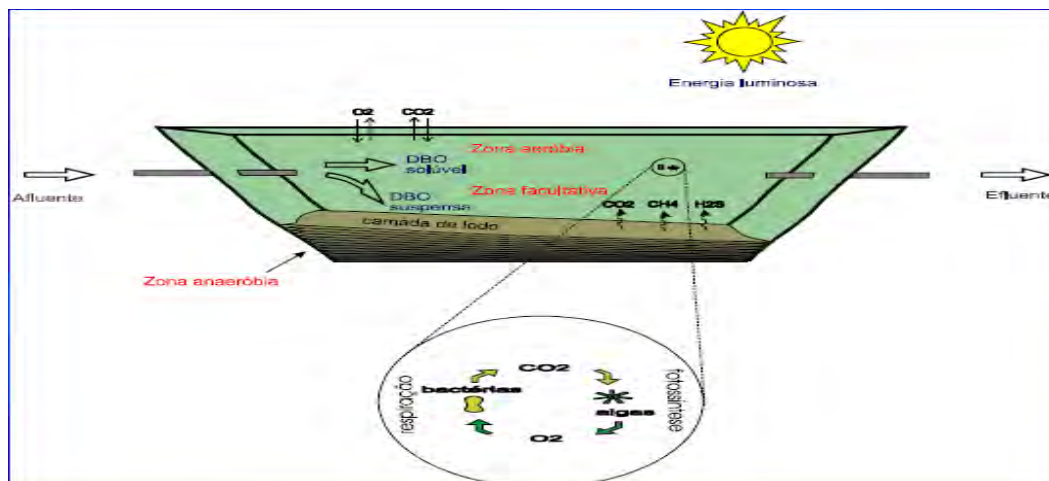
O objetivo principal das lagoas de estabilização, como diz o próprio nome, é estabilizar, ou seja, transformar em produtos mineralizados o material orgânico presente na água residuária a ser tratada. De uma forma mais grosseira, as lagoas de estabilização podem ser classificadas, quanto ao suprimento de oxigênio, em convencionais ( $O_2$  é fornecido pelas algas) e aeradas artificialmente ( $O_2$  é fornecido pelo uso de aeradores) (SANTOS, 2007, p.57).

Para atingir a estabilização do material carbonáceo, são utilizados nesse sistema de tratamento processos que envolvem a atividade metabólica de microrganismos, particularmente bactéria e algas. As algas, através da fotossíntese, produzem oxigênio, utilizando o  $CO_2$  produzido pelas bactérias, as quais usam o oxigênio formado para oxidar o material orgânico biodegradável, liberando mais  $CO_2$ , dando assim continuidade ao processo. De forma complementar, na ausência de oxigênio, microrganismos anaeróbios podem transformar o material orgânico em biogás, por meio do processo de digestão anaeróbia (SANTOS, 2007, p.58).

Entretanto, para as algas alcançarem crescimento satisfatório, mesmo no Brasil, onde se têm normalmente condições favoráveis, como temperatura elevada, alta incidência de irradiação solar etc., longos tempos de detenção hidráulica (TDH) são requeridos. Consequentemente são sistemas que demandam grandes áreas, limitando assim sua utilização em áreas densamente povoadas (SANTOS, 2007, p.59).

O longo TDH (de ordem de 20 a 30 dias), necessário para a estabilização do material orgânico, é extremamente benéfico tanto para a remoção dos ovos de helmintos, que se sedimentam no fundo da lagoa, quanto de coliformes termotolerantes. Assim, produz-se um efluente com boa qualidade sanitária, podendo muitas vezes ser utilizado em irrigação irrestrita.

A figura 16 esquematiza todos os processos que envolvem a atividade metabólica de microrganismos, particularmente bactérias e algas, nas lagoas de estabilização.



**Figura 16:** Esquema simplificado de uma lagoa facultativa  
 Fonte: Von Sperling (2006)

O sistema de lagoas de estabilização promove boa remoção de DBO, eficiência na remoção de coliformes termotolerantes (superior a 99,99%), apresentando efluentes com concentrações de coliformes termotolerantes inferiores a  $10^3$  CF/100mL.

Segundo Santos (2007, p.59), os principais tipos de lagoas de estabilização convencional são:

- Lagoa anaeróbia;
- Lagoa facultativa;
- Lagoa de maturação;
- Lagoa aerada facultativa;

### 1.5.1 Lagoa anaeróbia

Construída em grandes profundidades (superiores a 3 metros) recebe o esgoto bruto proveniente do tratamento preliminar, suportando elevadas cargas de  $DBO_5$ . A digestão anaeróbia é o mecanismo de remoção predominante do material orgânico. Devido aos baixos TDHs, não há praticamente ocorrência de fotossíntese. As lagoas anaeróbias (Figura 17) normalmente são seguidas de lagoas facultativas (SANTOS, 2007, p.59 a 61). Têm como características:

- Mais profundidade e com menor volume, normalmente é usada, antes das outras lagoas, para estabilizar rapidamente parte da DBO, diminuindo a área necessária para o sistema;
- A DBO remanescente é removida na lagoa facultativa ou na aeróbia;

- Vantagens: ocupa menores áreas; recebe cargas orgânicas elevadas; baixo custo; ausência de equipamentos mecânicos; construção, operação e manutenção simples.
- Desvantagens: emite maus odores; necessita de um afastamento razoável das residências circunvizinhas.



**Figura 17:** Lagoa anaeróbia – facultativa: ETE Brazilândia, no DF  
Fonte: Von Sperling (2006)

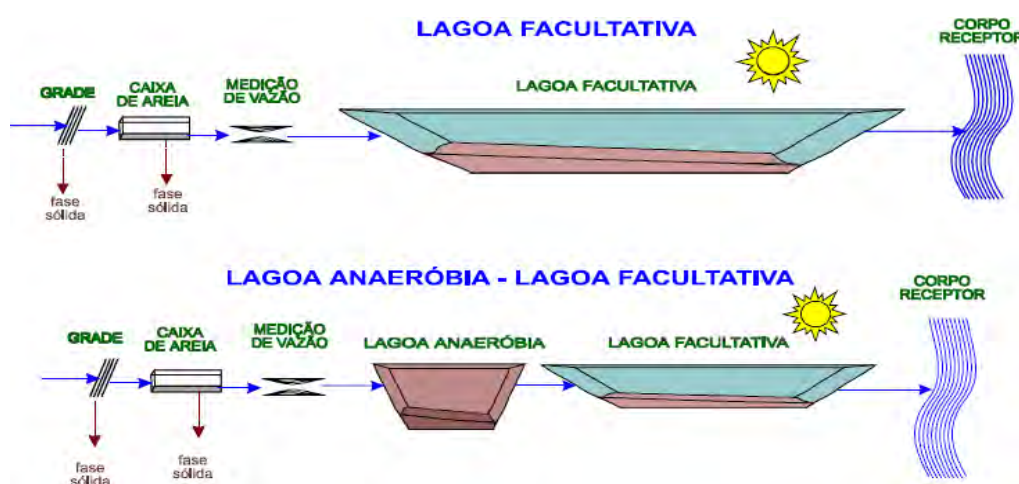
#### 1.5.2 Lagoa facultativa

Representa a segunda lagoa em série (ou primeira lagoa, quando não se inclui a lagoa anaeróbia). Devido a sua menor profundidade (1,5 a 2,5 metros), há um ambiente aeróbio na camada superior, decorrente da produção fotossintetizante das algas, e anaeróbio na camada inferior. Na lagoa facultativa, ocorrem os dois processos de remoção do material orgânico: oxidação nas camadas mais próximas da superfície e digestão anaeróbia no fundo da lagoa (SANTOS, 2007, p.61). Apresenta como características principais:

- A DBO solúvel é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, com oxigênio fornecido pelas algas, através da fotossíntese. A DBO em suspensão tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa;

- Vantagens: não produz mau cheiro; é eficiente; recebe carga orgânica elevada; baixo custo; razoável eficiência na remoção de patógenos; ausência de equipamentos mecânicos.
- Desvantagens: ocupa grandes áreas; possibilidade de crescimento de insetos; desempenho variável com as condições climáticas (temperatura e insolação); a simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento da vegetação).

A figura 18 apresenta um fluxograma de um sistema de lagoas facultativas e de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.



**Figura 18:** Fluxograma típico de um sistema de lagoas facultativas e de um sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas.

Fonte: Von Sperling (2006)

### 1.5.3 Lagoa de maturação

Construída após as lagoas anaeróbia e facultativa, em profundidade da ordem de 1,0 m, para proporcionar um ambiente predominantemente aeróbio, a lagoa de maturação permite elevados tempos de detenção dos esgotos e o decaimento dos coliformes devido à incidência da radiação ultravioleta da luz solar, associada às condições mantidas de pH e oxigênio (altos valores) (SANTOS, 2007, p.59). Têm como características principais:

- O objetivo maior é a remoção de patogênicos, que se dá pela radiação solar, elevado pH e elevado OD.

- Vantagens: elevado poder de desinfecção; baixíssimo custo, quando comparado com processos convencionais de desinfecção; razoável eficiência na remoção de nutrientes.
- Desvantagens: requisito de áreas bastante elevadas; alta produção de matéria orgânica em suspensão (proliferação de algas).

A figura 19 apresenta o fluxograma de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação em série.



**Figura 19:** Fluxograma típico de um sistema de lagoas de estabilização seguidas por lagoas de maturação em série.

Fonte: Von Sperling (2006)

#### 1.5.4 Lagoa aerada facultativa

Nas lagoas facultativas aeradas, o mecanismo de tratamento é bem diferente daquele que ocorre em lagoas facultativas convencionais, pois sua fonte de oxigênio não é proveniente da fotossíntese, mas sim da aeração mecânica fornecida por aeradores de superfície.

Nessas lagoas, o nível de energia introduzido pelos aeradores é suficiente apenas para a oxigenação da massa de água, não tendo influência na manutenção dos sólidos (bactérias e sólidos do esgoto) em suspensão, os quais tendem a sedimentar, formando uma camada de lodo que será decomposta anaerobiamente. Apenas a DBO solúvel e finamente particulada permanece na massa líquida, vindo a sofrer decomposição aeróbia. A lagoa se comporta, portanto, como uma lagoa facultativa tradicional (SANTOS, 2007, p.62), tendo como características:

- Vantagens: construção, operação e manutenção relativamente simples; requisitos de áreas inferiores aos sistemas de lagoas facultativas e

anaeróbio – facultativo; maior independência das condições climáticas; reduzidas possibilidades de maus odores.

- Desvantagens: introdução de equipamentos; ligeiro aumento no nível de sofisticação; requisitos de área ainda elevados; requisitos de energia relativamente elevados; baixa eficiência na remoção de coliformes; necessidade de remoção contínua ou periódica (intervalo de alguns anos) do lodo.

A figura 20 apresenta o fluxograma de um sistema com lagoa aerada facultativa.



**Figura 20:** Fluxograma típico de uma lagoa aerada facultativa.  
Fonte: Von Sperling (2006)

## 1.6 Parâmetros de projeto – qualidade esperada dos efluentes – tecnologias empregadas nos sistemas de lagoas de estabilização

A figura 21 apresenta os principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização.

| Parâmetro de projeto                                                               | Lagoas anaeróbias | Lagoas facultativas | Lagoas aera das facultativas | Lagoas aeradas de mistura completa | Lagoas de decantação | Lagoas de maturação |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Tempo de detenção t (d)                                                            | 3 - 6             | 15 - 45             | 5 - 10                       | 2 - 4                              | ≈ 2                  | (b)                 |
| Taxa de aplicação superficial $L_s$ (kgDBO <sub>5</sub> /ha.d)                     | -                 | 100 - 350           | -                            | -                                  | -                    | -                   |
| Taxa de aplicação volumétrica $L_v$ (kgDBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> .d)        | 0,10 - 0,35       | -                   | -                            | -                                  | -                    | -                   |
| Profundidade H (m)                                                                 | 3,0 - 5,0         | 1,5 - 2,0           | 2,5 - 4,0                    | 2,5 - 4,0                          | 3,0 - 4,0            | 0,8 - 1,2           |
| Relação L/B (comprimento/largura) usual                                            | 1 a 3             | 2 a 4               | 2 a 4                        | 1 a 2                              | -                    | (c)                 |
| Coef. K rem. DBO (mist. completa) (20°C) (d <sup>-1</sup> )                        | -                 | 0,25 - 0,40         | 0,6 - 0,8                    | 1,0 - 1,5                          | -                    | -                   |
| Coef. temperatura $\theta$ (mist. completa)                                        | -                 | 1,05 - 1,085        | 1,035                        | 1,035                              | -                    | -                   |
| Coef. K rem. DBO (fluxo disperso) (20°C)(d <sup>-1</sup> )                         | -                 | 0,13 - 0,17         | -                            | -                                  | -                    | -                   |
| Coef. temperatura $\theta$ (fluxo disperso)                                        | -                 | 1,035               | -                            | -                                  | -                    | -                   |
| Número de dispersão d (L/B=1)                                                      | -                 | 0,4 - 1,3           | -                            | -                                  | -                    | 0,4 - 1,1           |
| Número de dispersão d (L/B=2 a 4)                                                  | -                 | 0,1 - 0,7           | -                            | -                                  | -                    | 0,1 - 0,5           |
| Número de dispersão d (L/B≥5)                                                      | -                 | 0,02 - 0,3          | -                            | -                                  | -                    | 0,03 - 0,23         |
| DBO particulada efluente (mgDBO <sub>5</sub> /mgSS)                                | -                 | 0,3 - 0,4           | 0,3 - 0,4                    | 0,3 - 0,6                          | -                    | -                   |
| Requisitos médios de O <sub>2</sub> (kgO <sub>2</sub> /kgDBO <sub>5 remov.</sub> ) | -                 | -                   | 0,8 - 1,2                    | 1,1 - 1,4                          | -                    | -                   |
| Densidade de potência (W/m <sup>3</sup> )                                          | -                 | -                   | < 2,0                        | ≥ 3,0                              | -                    | -                   |
| Taxa de acúmulo de lodo (m <sup>3</sup> /ha.ano)                                   | 0,01 - 0,04       | 0,03 - 0,08         | 0,03 - 0,08                  | -                                  | (a)                  | -                   |
| Coef. decaim. colif. K <sub>b</sub> (mist. compl.) (20°C) (d <sup>-1</sup> )       | -                 | 0,4 - 5,0           | -                            | -                                  | -                    | 0,6-1,2 (d)         |
| Coef. temperatura $\theta$ (mist. completa)                                        | -                 | 1,07                | -                            | -                                  | -                    | 1,07                |
| Coef. decaim. colif. K <sub>b</sub> (fluxo disp.) (20°C) (d <sup>-1</sup> )        | -                 | 0,2 - 0,3           | -                            | -                                  | -                    | 0,4 - 0,7           |
| Coef. temperatura $\theta$ (fluxo disp.)                                           | -                 | 1,07                | -                            | -                                  | -                    | 1,07                |

**Figura 21:** Principais parâmetros de projeto das lagoas de estabilização.

Fonte: Von Sperling (2006)

Legenda:

- Ver fórmula para estimativa do acúmulo de lodo em lagoas de decantação.
- O tempo de detenção em uma lagoa de maturação é função do formato da lagoa e da eficiência requerida.
- Relação L/B em lagoas de maturação chicanadas em célula única > 10; relação L/B em cada lagoa de uma série de mais de 3 lagoas: 1 – 3.
- Coeficiente K<sub>b</sub> (mistura completa) para lagos de maturação: valor apresentado é para lagoas em série (lagoas chicanadas não são bem representadas pelo regime de mistura completa).

No Anexo 4 encontram-se tabelas com a qualidade esperada dos efluentes das lagoas de estabilização para alguns principais parâmetros (DBO, DQO, SS, amônia, nitrogênio total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos), as concentrações médias efluentes dos principais poluentes nos sistemas de lagoas de estabilização e as características típicas dos principais sistemas no que se refere à área requerida, potência instalada, lodo, custo de implantação e custo de operação.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas descritas a seguir:

### 1ª) Etapa

A primeira etapa consistiu na coleta de dados censitários apresentados por setores e bairros e disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tendo por base o Censo Demográfico realizado em 2000. Foram coletados os dados da população relativos a renda média mensal por domicílio, formas de abastecimento de água, tipo de esgotamento sanitário e destino do lixo, em 26 bairros que compõem a Zona Leste de Teresina (Anexo 1).

Com esses dados, foi feita uma distribuição espacial dos bairros, com a confecção de mapas temáticos e os respectivos percentuais de atendimento no que se refere às formas de abastecimento de água (rede geral, poço ou nascente e outras fontes); tipo de esgotamento sanitário (rede de esgoto, fossa séptica, domicílios com e sem banheiro ou sanitário); destino do lixo (serviço de limpeza e outros destinos) e renda média mensal por domicílio. O objetivo principal foi o de se visualizar a situação atual do setor saneamento básico entre os bairros pesquisados.

### 2ª) Etapa

A segunda etapa consistiu na coleta de dados de notificações dos casos de hepatite e de internações por enteroinfecções e doenças parasitárias (doenças tipicamente relacionadas com a falta de esgotamento sanitário), nos bairros da Zona Leste de Teresina. Esses dados foram obtidos no banco de dados da Fundação Municipal de Saúde (FMS/PMT) e na Central Geral do Sistema Único de Saúde (CGSUS), órgão vinculado à Fundação Municipal de Saúde (FMS/PMT). Os dados epidemiológicos de notificações de hepatite referem-se aos anos 2005 e 2006, e os de internações por enteroinfecções e doenças parasitárias, aos anos de 2006 e 2007 (Anexo 2). Infelizmente, a FMS não possuía no momento da realização dessa pesquisa, os dados de notificações de hepatite do ano de 2007, assim sendo, na verificação do perfil epidemiológico, foram usados segmentos temporais diferentes.

De posse desses dados, foram confeccionados mapas dos casos notificados de hepatite e das internações causadas por enteroinfecções e doenças parasitárias, com o intuito de verificar o perfil epidemiológico dos bairros, buscando-se contribuir

com elementos que permitirão uma melhor interferência da gestão pública no setor saneamento básico.

O *software* de geoprocessamento utilizado para a confecção dos mapas temáticos (tanto da 1ª etapa, quanto da 2ª), foi o *Geomedia Professional* versão 6.1, Intergraph Corporation – EUA. O sistema de coordenadas utilizado nos mapas temáticos é o *Universal Transverse de Mercator* – UTM, Fuso 23 e Datum SAD – 69 (UTM – 23 SAD - 69).

### 3ª) Etapa

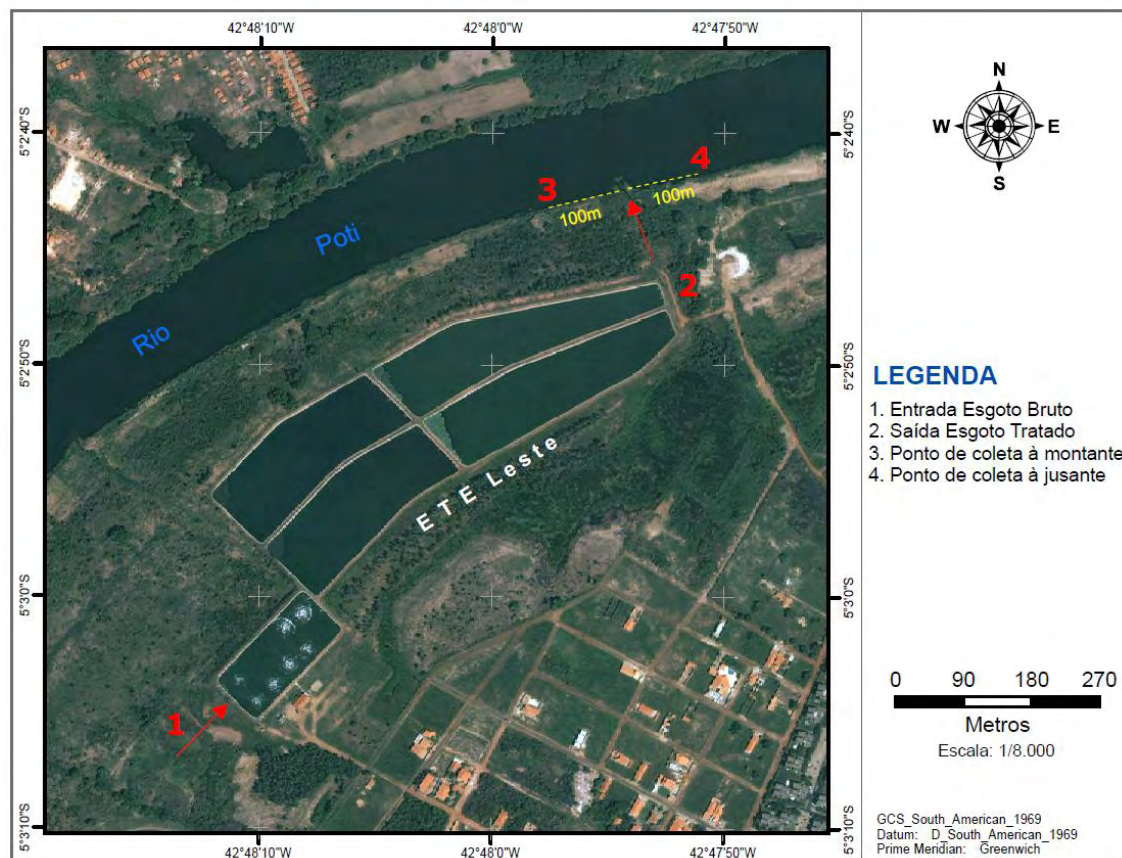
A terceira etapa consistiu na coleta de dados, na ETE Leste e no rio Poti das concentrações dos seguintes parâmetros:

- Parâmetros físico-químicos: Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L) e Oxigênio Dissolvido - OD (mg/L).
- Parâmetros biológicos: Coliformes Fecais - CF (CF/100mL).

Eles foram obtidos no laboratório da ETE-Leste (AGESPISA), no período de janeiro de 2006 a fevereiro de 2008 (Anexo 3). A metodologia de determinação dos parâmetros em laboratório seguiu os procedimentos recomendados pelo *Stander Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA & WPCF, 1995) e pela metodologia de espectrofotometria da Hach.

Foram selecionados quatro pontos de coleta de amostras simples (Figura 22):

- Ponto 1: entrada da ETE – esgoto bruto.
- Ponto 2: saída da ETE – esgoto tratado.
- Ponto 3: no rio Poti, a 100m a montante do ponto do lançamento do esgoto tratado.
- Ponto 4: no rio Poti, a 100m a jusante do ponto do lançamento do esgoto tratado.



**Figura 22:** ETE Leste e seu corpo receptor, o rio Poti  
Fonte: PRODATER/PMT (2005), elaborado por Arcoverde, D.

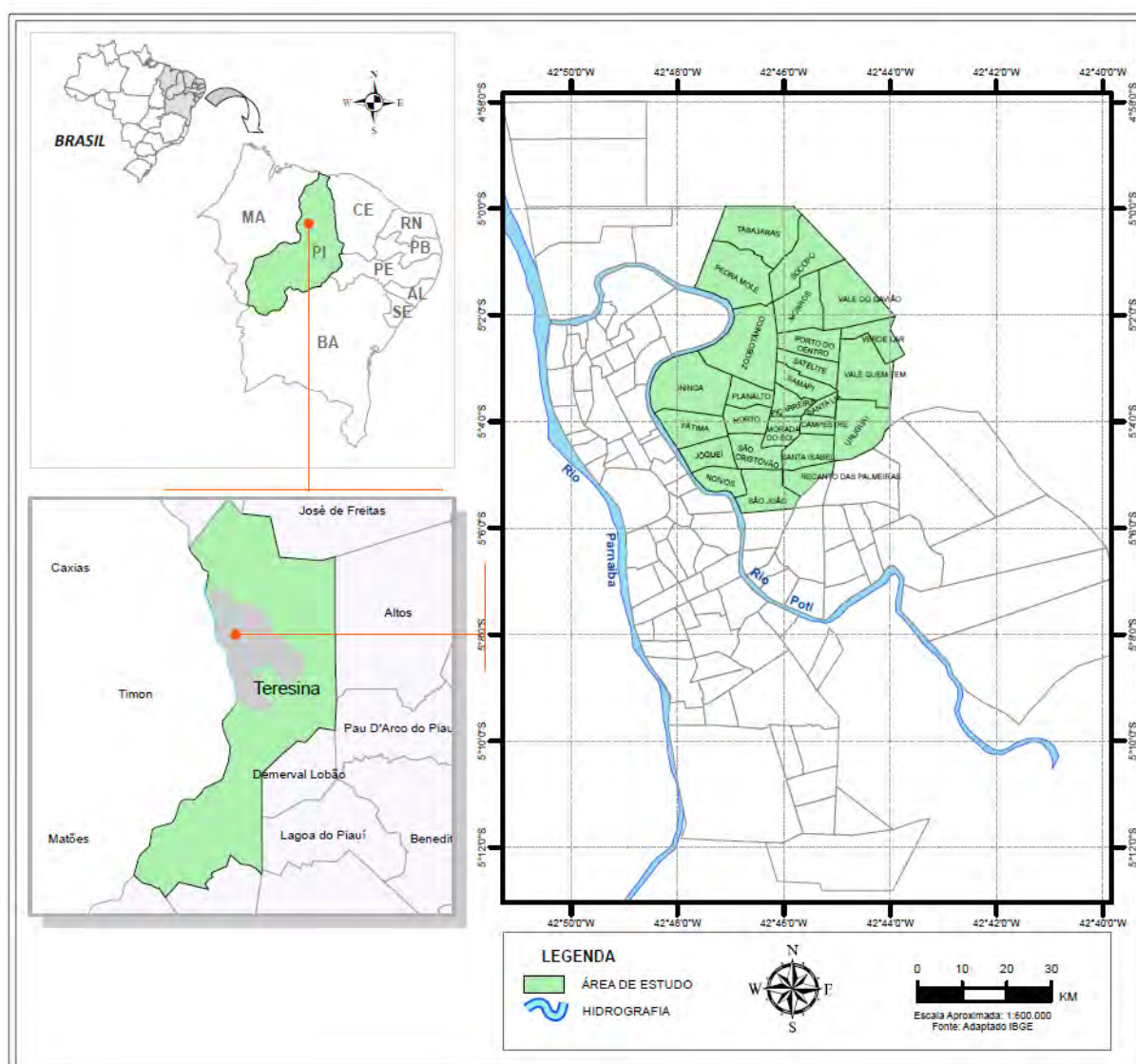
Os dados foram submetidos à análise através de processamento eletrônico, utilizando-se funções de estatística do *software* Excel 2007, com elaboração de gráficos para melhor interpretação e compreensão dos resultados. A intenção foi fazer uma verificação do comportamento da ETE-Leste em relação à eficiência na remoção das concentrações de DBO e de coliformes fecais, confrontando os resultados obtidos com os seus parâmetros de projeto.

Também foi feita uma avaliação da qualidade das águas do rio Poti nos pontos 3 e 4, confrontando os resultados obtidos quanto às concentrações de DBO, OD e coliformes fecais, com os estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05, na sua classe de enquadramento (classe 02).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

#### 3.1 A cidade de Teresina

A cidade de Teresina, capital do estado do Piauí, está circunscrita entre as coordenadas  $4^{\circ} 58' - 5^{\circ} 12' S$  e  $42^{\circ} 40' - 42^{\circ} 50' W$  (Figura 23 e Anexo 5). Está localizada à margem direita do rio Parnaíba e é entrecortada pelo rio Poti, afluente da margem direita daquele rio.



**Figura 23:** Mapa de localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste

Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

A área urbana tem 248,47 km<sup>2</sup> e população de 677.470 habitantes, enquanto a zona rural ocupa 1.560,53 km<sup>2</sup>, com população de 37.890 habitantes, correspondendo, respectivamente, a 13,74% e 86,26% da área total. No contexto do estado do Piauí, o município representa o equivalente a 0,72% de sua área total (IBGE, 2000).

Com a criação dos novos municípios entre 1990 – 2003, o Piauí passou a ter 222 municípios e os limites de Teresina passaram a ter a seguinte configuração: ao norte com os municípios de União, Lagoa Alegre e José de Freitas; ao sul, com os municípios de Palmeiras, Curralinho e Monsenhor Gil; a oeste, com o Estado do Maranhão; e a leste com os municípios de Demerval Lobão e Lagoa do Piauí.

É grande a atração que a cidade de Teresina exerce sobre os municípios próximos pela sua capacidade de oferecer emprego, melhores condições de saúde e educação aos seus cidadãos (SALES, 2004, p.93).

Segundo Sales (2004, p.93), a cidade de Teresina, favorecida como entroncamento rodoviário que interliga os estados da região Norte aos demais estados do Nordeste, caracteriza-se atualmente como um centro regional urbano do Nordeste, com influência direta sobre o meio-norte do país, disputando com São Luís do Maranhão a liderança da região.

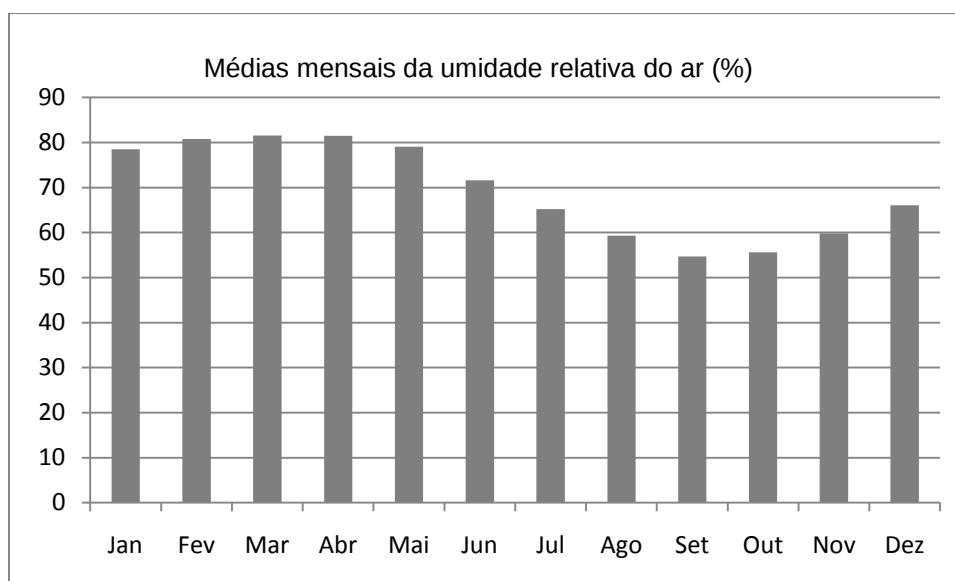
A caracterização da cidade como metrópole regional tem se fundado na observação dos seguintes pontos:

Em um raio de 100 Km, encontram-se trinta municípios, dos quais vinte e cinco pertencentes ao Estado de Piauí e cinco ao Estado do Maranhão;  
A população total envolvida alcança um milhão e trezentos mil habitantes;  
Os municípios, nesse raio de influência, apresentam taxa de urbanização relativamente baixa, associada a um fraco dinamismo econômico, o que demonstra a dependência em relação à capital (SALES, 2004, p. 94).

Teresina apresenta-se, nesse aglomerado, como um centro distribuidor de bens e principalmente de serviços, consolidando-se como centro de excelência no atendimento à saúde (médico-hospitalar), além de caracterizar-se como referência no setor educacional.

A localização geográfica de Teresina lhe confere aspectos peculiares em relação à umidade relativa do ar, ao sistema de chuvas, à ausência de ventos e às altas temperaturas durante o ano todo. O conjunto dessas condições traz certo desconforto térmico para a população, conferindo-lhe uma percepção historicamente

popularizada como “cidade quente”. Sua localização, entre dois rios, aumenta a sensação de calor nessa região. A umidade relativa média do ar de 69% também contribui para isso (Sales, 2004, p. 97). De acordo com a figura 24, de agosto a outubro ocorrem os menores valores de umidade relativa, que variam de 54% a 59%.



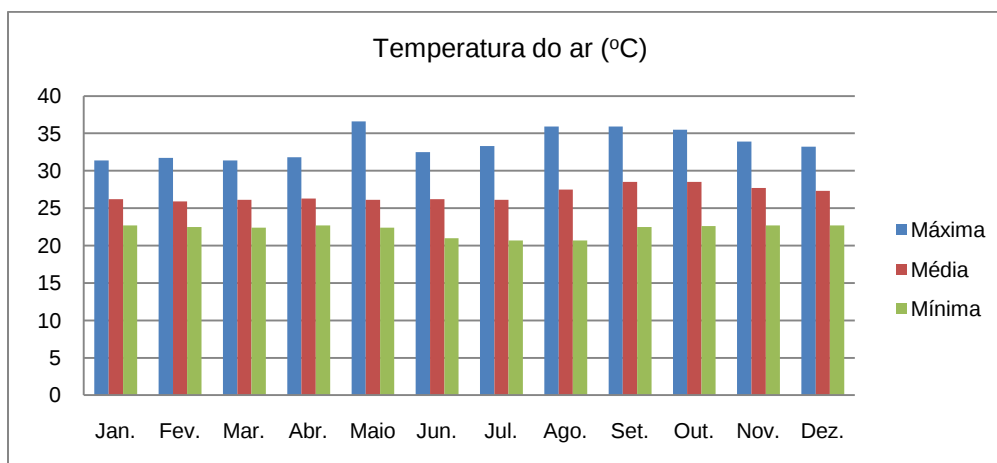
**Figura 24:** Umidade relativa do ar em Teresina – média mensal

Fonte: Sales (2004), adaptado por Arcoverde, D.

Os modelos climáticos regionais classificam a área de Teresina como pertencente ao tipo tropical, com chuvas de verão e outono (Aw'), na classificação de Köppen, e o tipo termoxeroquimênico de caráter médio, no método de Gaussen. Dessa forma, esse clima não apresenta as características típicas das estações do ano, tendo o mês mais frio temperaturas acima de 18°C (PMT, 2004, p.4).

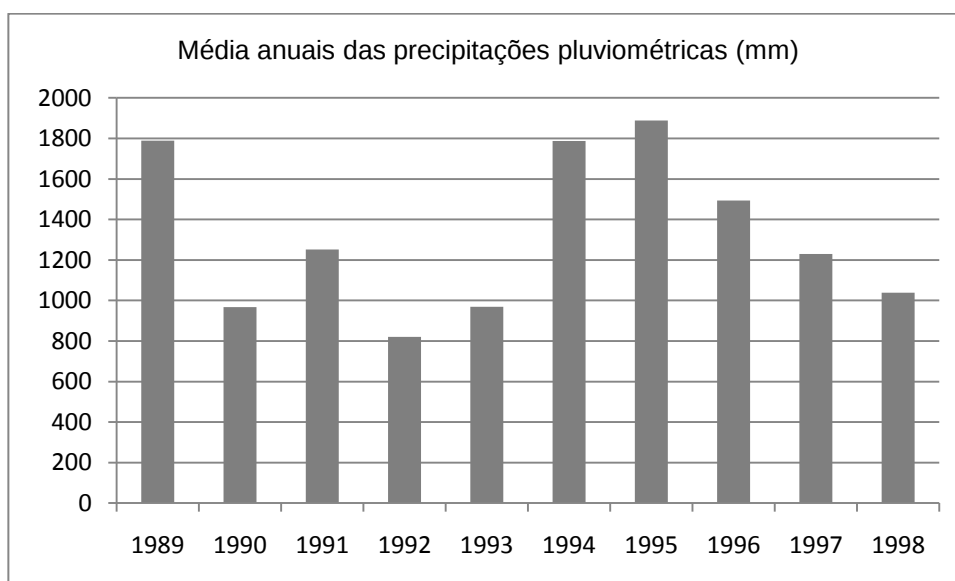
Os registros dos dados de temperatura, para Teresina (Figura 25), indicam que a média anual compensada é de 26,7°C. Os maiores valores são registrados nos meses de agosto, setembro e outubro, sendo que a média das máximas é de 35,9°C. Os meses de temperaturas mais amenas correspondem a maio, junho e julho, período em que são registradas as mínimas próximas de 20°C (PMT, 2004, p.4).

A figura 25 fornece os dados das temperaturas máxima, média e mínima do ar na cidade de Teresina:



**Figura 25:** Dados da temperatura do ar (°C) de Teresina  
 Fonte: PMT - Agenda 2015 (2004), adaptado por Arcoverde, D.

Analisando-se uma série mais recente (Figura 26), os dados mostram que no período de 1989 a 1998, a média de precipitação foi de 1.323,57 mm. Neste período, as maiores precipitações anuais ocorreram no ano de 1995, com 1.888,30 mm e a menor no ano de 1992, com apenas 820,00 mm (SALES, 2004, p. 100).



**Figura 26:** Médias das precipitações pluviométricas de Teresina  
 Fonte: Sales (2004), adaptado por Arcoverde, D.

Teresina está inserida na bacia hidrográfica do rio Parnaíba, a qual apresenta uma área aproximada de 330.000 km<sup>2</sup> - 75% no estado do Piauí, 19% no território maranhense e 6% no estado do Ceará. A bacia do Parnaíba é considerada a segunda em importância no Nordeste brasileiro, sendo permanentemente

alimentada por águas subterrâneas oriundas do excelente aquífero existente na região (PMT, 2004, p.5).

Como citado anteriormente, o rio Parnaíba recebe, na cidade de Teresina, um de seus principais afluentes, o rio Poti, sendo que a confluência se dá na região norte da cidade, na cota de 55 m. O Poti é um dos grandes afluentes do Parnaíba, com bacia de aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup>, o que corresponde a cerca de 16% da área total da bacia do Parnaíba. Trata-se assim de uma sub-bacia cujo rio principal tem regime intermitente, de natureza torrencial, apresentando uma vazão média anual de 121 m<sup>3</sup>/s, com descarga máxima atingindo valores excepcionais de 3.636 m<sup>3</sup>/s, em contraste com um mínimo de 1,30 m<sup>3</sup>/s.

Os efeitos das inundações na planície têm sido agravados pela expansão urbana desordenada. Por outro lado, os dois rios apresentam hoje águas impróprias para consumo humano, já que estão sem tratamento e poluídas pelo lançamento de esgoto e lixo, ocorrendo o mesmo com as lagoas da várzea. Além disso, há risco de contaminação por agroquímicos a partir de plantações de arroz e soja existentes nos chapadões do sul do Piauí, a montante de Teresina (PMT, 2004, p.5).

Teresina tem base geológica em formação do tipo Piauí (datada do período Carbonífero Superior) e do tipo Pedra de Fogo (datada do Período Permiano). Essas formações podem ser identificadas nas áreas da periferia do sítio urbano e nos topos dos platôs do interflúvio Parnaíba/Poti. Nas áreas centrais do sítio urbano, essas formações são encontradas já revestidas por asfalto ou calçamentos (SALES, 2004, p. 105).

As formações Piauí e Pedra de Fogo pertencem à estrutura geológica regional da bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão. Essa bacia sedimentar ocupa uma área de 600.000 Km<sup>2</sup>, abrangendo aproximadamente 80% do território do Piauí (SALES, 2004, p. 105).

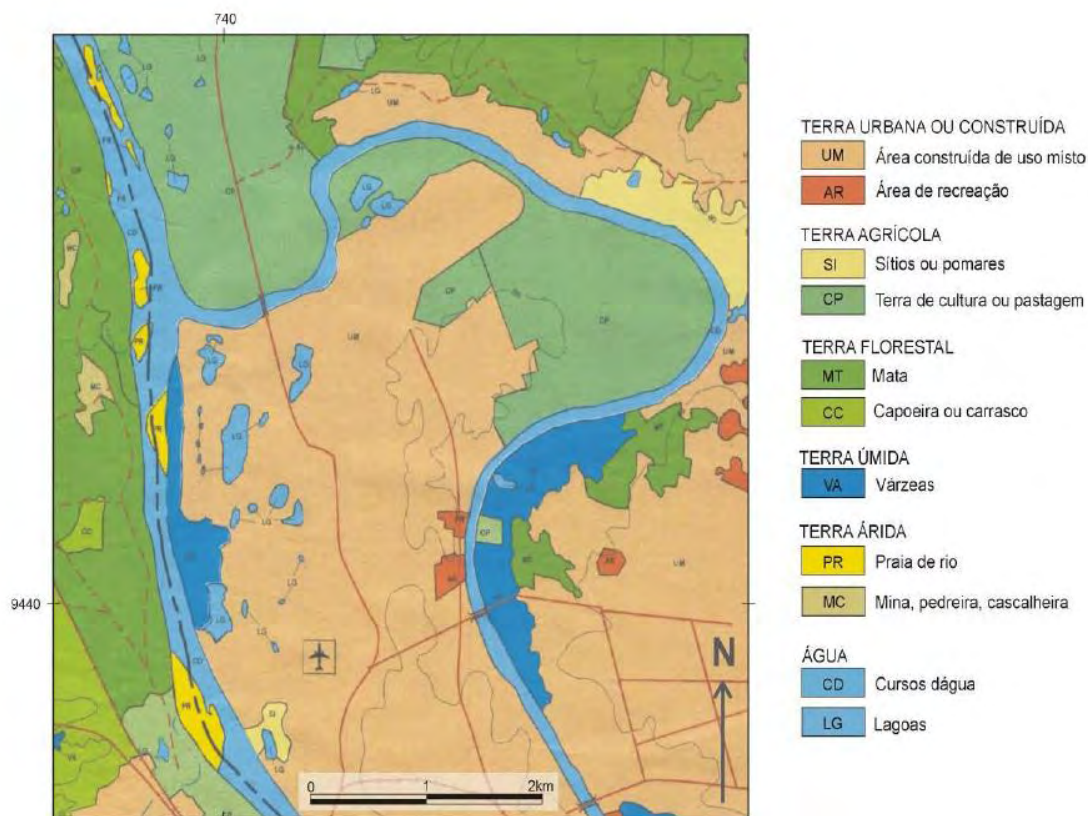
Nas porções mais altas de Teresina predominam solos arenosos permeáveis, com fertilidade limitada. Latossolos mais férteis estão presentes em áreas de ocorrência de folhelhos, calcários e diabásios.

As várzeas são formadas por solos hidromórficos, ora mais arenosos, ora mais argilosos em função dos sedimentos dominantes no local. Os trechos mais ricos em matéria orgânica resultam em solos férteis propícios ao cultivo de hortas,

porém sujeitos a inundações periódicas pela elevação do nível das águas na estação chuvosa (cheias de abril).

Em geral, as variedades mais arenosas associam-se a barras de deposição fluvial e apresentam permeabilidade natural elevada, favorável à drenagem do terreno. Por outro lado, os solos argilosos, resultantes de deposição lacustre, são caracteristicamente impermeáveis, em detrimento da infiltração das águas.

Na Zona Leste de Teresina, a extensa ocupação dos solos, ilustrada na figura 27, dificulta o reconhecimento dos atributos físicos e resulta em ampla descaracterização da várzea, a começar pela impermeabilização dos terrenos.



**Figura 27:** Uso e ocupação dos solos na barra do Poti  
Fonte: PMT – Projeto Lagoas do Norte (2004).

As dificuldades na implementação das políticas ambientais têm se refletido na falta de mecanismos para a contratação e treinamento de pessoal e na falta de definição de um plano de trabalho que inclua infra-estrutura, como a instalação de laboratórios e aquisição de equipamentos para auxiliar a gestão da água, do solo e do ar.

A cidade apresenta dificuldades em planejar as ações voltadas para a proteção do meio ambiente, com deficiências no controle ambiental das obras, na

fiscalização, no acompanhamento e no controle de diferentes ações desenvolvidas dentro do município. Dentre os principais problemas ambientais identificados na cidade é possível destacar (PMT, 2004, p.8 e 9):

- a) Construção de estradas e casebres sobre o dique marginal do rio Poti;
- b) Pequeno número de parques e com áreas reduzidas;
- c) Descontrole da perfuração de poços tubulares;
- d) Despejos de esgoto bruto no rio Poti;
- e) Falta de monitoramento e de fiscalização de atividades como lançamento de efluentes, aterramento de lagoas para habitação, construções nos diques marginais, etc.;
- f) Construção de suspiros de esgotos inadequados, gerando mau cheiro;
- g) Postos de gasolina lançando seus efluentes diretamente na rede de galerias pluviais.

A cidade de Teresina tem os rios Parnaíba e Poti à sua disposição, seja na condição de manancial d'água (rio Parnaíba) ou como corpo receptor de efluentes de esgotos ou de drenagem das vias públicas (rios Parnaíba e Poti), além de outras formas de utilização, como recreação, lazer e irrigação.

Em função do seu relevo e da sua hidrografia, tornou-se comum o uso desses rios como corpos receptores dos efluentes finais do esgoto sanitário da cidade. Essa condição indica a extrema vulnerabilidade desses recursos hídricos, já que a cobertura da rede coletora de esgoto sanitário na zona urbana de Teresina é bem menor que a demanda desse serviço. Os rios são utilizados, portanto, como receptores dos esgotos produzidos, sejam eles tratados ou *in natura* (na sua maior quantidade).

O problema dos esgotos foi agravado com a grande oferta de água potável na década de 1980, e o consequente aumento dos esgotos domésticos sem coleta, transporte e tratamento adequado. Segundo Baratta (2004, p.23), a Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA) constatou, em inúmeros relatórios técnicos, a crescente contaminação do lençol d'água subterrâneo em Teresina, tanto pelo uso indiscriminado de fossas sépticas, como também pelo lançamento de esgotos a céu aberto escoando rumo aos mananciais (rios Poti e Parnaíba) e infiltrando-se neles.

Os estudos feitos pela empresa de engenharia GEOTÉCNICA (1988a/1989b/1989 apud BARATTA, 2004, p.88), apontavam resultados que sugeriam a urgência na ampliação da rede de coleta de esgoto com respectivo tratamento, para garantir que esses cursos d'água outrora classificados na Classe 3, com base em dispositivos legais, pudessem alcançar a classificação estabelecida pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR), ou seja, Classe 2 (Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA).

Algumas considerações devem ser feitas em se tratando da exploração desses mananciais tanto para o abastecimento d'água da população quanto para recepção de efluentes de esgotos e drenagem de vias públicas.

O que há na atualidade são dificuldades crescentes. No rio Parnaíba (Figura 28), a dificuldade de captação é grande devido ao assoreamento da calha desse curso d'água, resultado do desmatamento indiscriminado das suas margens e das margens de seus afluentes, destruindo a vegetação ciliar responsável pela coesão do talude ribeirinho. Além do mais, o crescente assoreamento reduz a vazão na calha do rio e, como resultado, têm-se as enchentes acompanhadas de todas as conseqüências próprias das calamidades públicas.



**Figura 28:** Rio Parnaíba – Ponte da Amizade  
Fonte: Prof. Cleto Baratta (2004).

O rio Poti (Figura 29), é comprometido com o lançamento indiscriminado dos esgotos brutos, elevando a demanda bioquímica de oxigênio (DBO)<sup>3</sup>, o que dificulta a capacidade de autodepuração<sup>4</sup> desse manancial em curto prazo.

Quanto aos os aquíferos e lençóis, esses sofrem com a carga oriunda do precário tratamento das fossas sépticas, elevando a colimetria, que impede uso dessas fontes para fins potáveis.



**Figura 29:** Rio Poti - Ponte Juscelino Kubitschek.  
Fonte: Prof. Cleto Baratta (2004).

Nas figuras 30, 31, 32 e 33, registram-se alguns exemplos do lançamento de esgoto bruto no rio Poti, bem como o lançamento de esgoto doméstico a céu aberto nas ruas dos bairros Pedra Mole e Satélite, na Zona Leste de Teresina.

---

<sup>3</sup> Quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea, (VON SPERLING, 2006).

<sup>4</sup> Restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos efluentes. (VON SPERLING, 2006).



**Figura 30:** Galeria pluvial - lançamento de esgoto bruto no rio Poti.  
Fonte: Prof. Carlos Gomes Correia Lima (2004).



**Figura 31:** Lançamento de esgoto bruto no rio Poti.  
Fonte: Prof. José Medeiros de Noronha (2004).



**Figura 32:** Esgoto bruto escoando a céu aberto no bairro Pedra Mole, Zona Leste.  
Fonte: Prof. Carlos Gomes Correia Lima (2004).



**Figura 33:** Esgoto bruto escoando a céu aberto no bairro Satélite, Zona Leste.  
Fonte: Prof. Carlos Gomes Correia Lima (2004).

No ano de 2002, o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Piauí (CREA/PI), em conjunto com o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Rio de Janeiro (CREA/RJ) e em parceria com a Organização Não-Governamental (ONG) Lagoa Viva, elaborou a Carta Náutica do Encontro dos Rios Poti e Parnaíba (Figura 34), cujo objetivo foi de mapear e levantar a situação dos rios na mesopotâmica Teresina. Essa iniciativa teve o apoio de vários órgãos: Prefeitura Municipal de Teresina (PMT), Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR), Águas e Esgotos do Piauí S/A (AGESPISA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) e Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí (CT/UFPI).

Além de importante trabalho batimétrico, essa Carta identificou os pontos georeferenciados do lançamento de efluentes de esgotos no Poti e no Parnaíba, permitindo conferir os efeitos dos impactos ambientais<sup>5</sup> frutos das ações antrópicas nesses ecossistemas<sup>6</sup>.

O referido levantamento apresentou em números, os seguintes resultados para os lançamentos mapeados:

- Rio Poti: 17 pontos na margem esquerda, além da Estação de Tratamento de Esgoto Alegria (esgoto do Conjunto Habitacional Morada Nova). Na margem direita foram contabilizados 06 pontos e mais o lançamento da Estação de Tratamento de Esgoto ETE Leste de Teresina;
- Rio Parnaíba: foram identificados 16 pontos, na sua margem à direita, além da Estação de Tratamento de Esgoto Pirajá (esgotos do Centro e Norte de Teresina).

---

<sup>5</sup> Alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana. (SÁNCHEZ, 2006).

<sup>6</sup> Sistemas integrados de seres vivos e ambientes físicos. (MOTA, 2000).

Os resultados obtidos na Carta Náutica atestam uma situação preocupante, com o aumento das cargas poluidoras lançadas nos rios, em razão da baixa cobertura urbana alcançada pelos sistemas de esgotos sanitários existentes.

Segundo Baratta (2004, p.93), ao desembarcar perpendicularmente no rio Parnaíba, em Teresina, e por ser um rio de menor porte em termos de quantidade de movimento, o rio Poti sofre em seu leito um barramento natural que, em épocas de estiagens (de maio a dezembro), forma um lago de 16 Km de comprimento, com 100 metros de largura média, profundidades variando de 0,3 a 2,0 metros e velocidades de fluxo muito baixas (0,2 a 0,6 m/s), ocorrendo, às vezes, até refluxo junto à foz.

Nesse “lago”, são feitos lançamentos de esgotos brutos em grande parte domésticos, produzidos pela cidade de Teresina, vindos, na sua maioria, através da rede de drenagem pluvial.

Observa-se no trecho urbano do rio Poti, em épocas de estiagem, uma recuperação muito lenta do oxigênio dissolvido nas águas, consumido pelos seres vivos que degradam a matéria orgânica lançada no curso d'água. Isso ocorre devido, principalmente, à baixa agitação da massa d'água, provocada pela pequena velocidade do curso. Como consequência, a autodepuração fluvial vem sofrendo, ao longo do tempo, uma diminuição, na mesma proporção do aumento substancial dos

lançamentos de cargas poluidoras no leito do Poti sem qualquer tratamento prévio (BARATTA, 2004, p.93).

Acrescente-se que a quantidade excessiva de nutrientes no corpo d'água é um estímulo ao crescimento exagerado das plantas aquáticas, incluindo os aguapés e as algas (Figura 35).



**Figura 35:** Rio Poti coberto de aguapés.

Fonte: Arcoverde, D. (2007)

O aguapé prolifera rapidamente, duplicando sua massa a cada 15 dias, sendo que, aproximadamente, uma planta produz cerca de 40 mil novas congêneres a cada oito meses (PESSOA, 2001 apud BARATTA, 2004, p.95). Outro problema é a dificuldade na remoção e posterior destino e/ou utilização dessas plantas, ação necessária dado que a presença de aguapé costuma desencadear uma proliferação de mosquitos, infestando a região de vetores de algumas doenças.

Ademais, o efluente do sistema de tratamento adotado (lagoas de estabilização) para os esgotos domésticos de Teresina é riquíssimo em nutrientes e algas, contribuindo excessivamente para acelerar o grau de eutrofização<sup>7</sup> do rio Poti (BARATTA, 2004, p.95).

Silva et al (2001, apud BARATTA, 2004, p.96), em trabalho de iniciação científica denominado “Avaliação da Qualidade Ambiental do Rio Poti com Base em Características Físico-Químicas da Água”, realizado no período de novembro

---

<sup>7</sup> É o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. (VON SPERLING, 2006).

de 2000 a outubro de 2001, analisaram diversos parâmetros físico-químicos, como temperatura, pH e OD (oxigênio dissolvido), fósforo, nitrogênio e outros, confrontando-os com os parâmetros normativos (Resolução 020/86 do CONAMA), e concluíram que o rio Poti apresentava problemas ambientais significativos, principalmente durante o período de estiagem, devido ao represamento das suas águas pelo rio Parnaíba, dificultando, assim, a diluição dos efluentes daquele rio.

De acordo com Baratta (2004, p.96), existem fortes evidências de que os efluentes de esgotos tratados ou não contribuem decisivamente para o fenômeno da eutrofização verificado nesse rio quando o seu regime de escoamento estabelece uma condição semelhante à de um grande lago.

Quanto ao rio Parnaíba, os impactos ambientais oriundos do efluente de esgoto da ETE Pirajá não produzem o mesmo fenômeno da eutrofização, em virtude de as características hidráulicas e hidrográficas desse outro rio serem completamente desfavoráveis a tal ocorrência. Entretanto, outros tipos de impactos podem acontecer especialmente nas flutuações de parâmetros importantes, como a colimetria (presença de coliformes) (BARATTA, 2004, p.95).

Como já citado anteriormente, a ameaça à qualidade da água dos aquíferos da região de Teresina se faz, principalmente, pela contaminação que provém do alto índice de utilização de fossas domésticas. É possível constatar a contaminação principalmente no período chuvoso, quando os esgotos de fossas domésticas comumente sobem à superfície nos próprios banheiros das residências.

Embora novas redes de esgotos comecem a ser implantadas em Teresina, ainda é bastante acentuada a diferença entre a demanda e a oferta (apenas 14% dos domicílios urbanos são servidos por rede coletora de esgotos), contribuindo de modo significativo para inúmeros problemas de saúde pública e ambiental. A mídia tem noticiado com frequência a ocorrência de situações insalubres verificadas em várias regiões da cidade que estão fora de qualquer proteção sanitária, principalmente quanto ao sistema público de esgotos.

Até a década de 1960, quando Teresina era uma cidade pequena, apenas em casas com grandes áreas disponíveis, suficientes para absorver os despejos domésticos *in natura* ou através de fossas e sumidouros, os esgotos “sumiam” no terreno sem, praticamente, deixar vestígios. Apenas um ou outro ponto mais pobre da cidade apresentava esgotos correndo pelas sarjetas, evidenciando focos de

doenças, sujeira e má condição de vida. Na maior parte da cidade, entretanto, destacavam-se nas ruas e quintais muitas árvores, médias ou grandes, sempre verdes, que davam a Teresina o título de “Cidade Verde,” sendo alimentadas pelo esgoto doméstico infiltrado no solo.

Aos poucos, ao longo de décadas, devido ao crescimento da cidade, à pavimentação poliédrica e, posteriormente, ao asfalto, e ainda à construção de edifícios de apartamentos em áreas que não poderiam mais suportar a infiltração dos despejos, os esgotos passaram a correr pelas sarjetas destinadas às águas pluviais.

A construção de conjuntos habitacionais e a redução das áreas disponíveis para as casas individuais faziam com que, muito cedo, os sumidouros das casas ficassem cheios e sem possibilidade de substituição. Tornava-se então prática comum aos novos moradores de conjuntos que uma das primeiras medidas na nova casa fosse retirar as águas servidas das fossas e sumidouros e direcioná-las para as sarjetas, as quais passaram a ser o caminho “natural” dos esgotos. Com o tempo, essas providências foram se generalizando, e até mesmo algumas residências de bairros nobres, com grandes áreas disponíveis, deixaram de realizar a manutenção e limpeza de suas fossas, passando a lançar os esgotos nas sarjetas. Como consequência, Teresina se tornou uma cidade onde os esgotos (muitos vezes oriundos de fossas cheias ou diretamente de aparelhos sanitários) escorrem pelas sarjetas, ruas, fundos de quintais e terrenos, desaguardo nos rios Parnaíba e Poti, diretamente ou através de lagoas ribeirinhas. Essas lagoas, terrenos, córregos e rios poluídos se transformam em focos de doenças, que vêm ressurgindo cada vez mais fortes e assustando a todos com sua continuidade, permanência e descontrole, em pleno século XXI.

Em 1962, já como decorrência da situação de sujeira e poluição na área central da cidade, a Companhia de Águas e Esgotos do Nordeste (CAENE), subsidiária da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), contratou um projeto de sistema de esgotamento sanitário para Teresina, o qual foi concluído em 1965, devendo atender a 219 mil habitantes até 1985, numa área de 1.499 hectares, abrangendo as regiões da cidade que então dispunham de abastecimento de água. Utilizava-se o critério de atendimento por bacias.

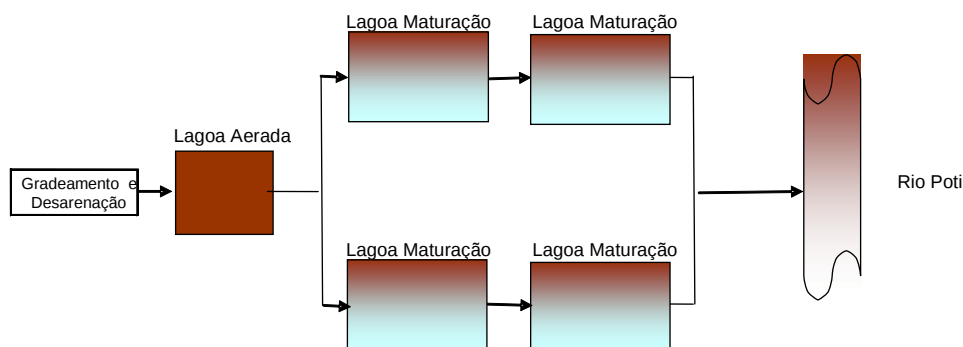
Em decorrência dos elevados investimentos necessários, em 1969, com recursos do Governo do Estado e da SUDENE, foram iniciadas apenas as obras de

uma primeira etapa de implantação do projeto, com tubos de 150 a 300 mm, em manilhas de barro vidrado, para atender, principalmente, à bacia 3, que englobava a área central de Teresina, onde se concentravam as zonas comercial e de serviços, com grande parte dos prédios públicos, inclusive hospitais, correspondendo, então, a aproximadamente 10% da população atendida com o sistema de abastecimento de água. Essas obras, entretanto, não foram totalmente concluídas pela empresa contratada, ficando o sistema sem poder funcionar.

Em 1971, o Estado do Piauí aderiu ao Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que utilizaria recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) para financiar obras e serviços de água e esgoto em todo o país, tendo como órgão gestor o Banco Nacional de Habitação (BNH). Com novos recursos, a AGESPISA contratou outra empresa para concluir os serviços do projeto de esgotamento sanitário: interceptor da Avenida Maranhão, junto ao rio Parnaíba; suas interligações com a rede coletora construída; poços de visitas e a Estação Elevatória EE-4, a maior do projeto e a única da obra.

Em 1974, foi implantada a primeira lagoa de estabilização da estação de tratamento de esgotos ETE-Pirajá. Em 1995, foi implantado o sistema de coleta e tratamento de esgotos do Conjunto Morada Nova, conhecido como Sistema Alegria, ETE-Alegria. Em 1998, com o Projeto SANEAR, do Governo Federal, o sistema de esgotos de Teresina atingiu 200 km de rede coletora e passou a contar com a estação de tratamento de esgotos da Zona Leste, a ETE-Leste. Em 2002, a rede coletora da cidade passou a 325 km, correspondendo a um atendimento de 14% dos domicílios, tendo como grande vantagem o tratamento de 100% do esgoto coletado.

A estação de tratamento ETE-Leste, objeto de nosso estudo, trata os esgotos coletados de alguns bairros da Zona Leste de Teresina, sendo composta de gradeamento, desaneração e cinco lagoas de estabilização. A primeira lagoa é do tipo facultativa, com aeração artificial, enquanto as demais são do tipo maturação ou polimento. A lagoa aerada funciona em série com pares de lagoas de maturação, que, por sua vez, funcionam em paralelo entre si, como mostrados na figura 36.



**Figura 36:** Esquema de funcionamento da ETE-Leste

Fonte: PMT – Projeto Lagoas do Norte (2004).

Compondo ainda a ETE-Leste e precedendo todo o sistema de lagoas, foi concebido um tratamento preliminar, com gradeamento e desarenação. A grade de barras é prevista para reter o material grosseiro, prejudicial ao processo de tratamento em lagoas. “Essa mesma grade é composta de barras de aço com espessura de 3/8”, largura de 1 ½ ” e espaçamento de 2,00cm.

A carga orgânica per capita adotada foi de 50 g/hab.dia, quantidade empregada em projetos dessa natureza, na região nordestina (BARATTA, 2004, p. 78).

Características de projeto da lagoa aerada (BARATTA, 2004, p. 78):

- Comprimento: 160 m
- Largura: 70 m
- Inclinação dos taludes: 1:2
- Área média: 1,15 ha
- Altura dos diques: 3,50 m
- Largura do coroamento: 3,00 m
- Tempo de detenção: 2,05 dias
- Vazão média: 17.280 m<sup>3</sup>/dia
- Oxigênio necessário: 5.896.800 g/dia
- DBO inicial: 312,5 mg/L
- DBO final: 50 mg/L

Características de projeto das lagoas de maturação (BARATTA, 2004, p.79):

- Vazão média: 17.280 m<sup>3</sup>/dia
- Vazão de cálculo de cada conjunto: 8.640 m<sup>3</sup>/dia
- Tempo de detenção médio de cada lagoa: 6 dias
- Volume de cada lagoa: 51.840 m<sup>3</sup>
- Comprimento médio: 345,60 m

- Largura média: 100,00 m
- Profundidade: 1,50 m
- Área da lagoa 1: 3,69 ha
- Área da lagoa 2: 3,07 ha
- Área da lagoa 3: 3,69 ha
- Área da lagoa 4: 3,60 ha
- Área total: 14,05 ha
- Número de coliformes do afluente:  $4 \times 10^7$  CF/100 mL
- Número de coliformes do efluente: 444 CF/100 mL
- DBO inicial: 50 mg/L
- DBO final: 13,59 mg/L (primeira lagoa) e 3,65 mg/L (segunda lagoa).
- 

As quatro lagoas de maturação, as quais trabalham em série duas a duas, são dimensionadas, portanto, para metade da vazão diária.

A eficiência final do sistema na remoção de DBO é de 98,83% e de coliformes fecais é de 99,99% (BARATTA, 2004, p.79). O Poti é o principal corpo receptor dos efluentes tratados pela ETE-Leste.

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMAR) enquadra as águas desse rio na Classe 2, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA. Segundo essa Resolução, os corpos d'água pertencentes à Classe 2 têm suas águas apropriadas ao abastecimento doméstico após passarem por tratamento convencional; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas; a parques e jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir ter contato direto; à aquicultura, à atividade de pesca e à recreação de contato primário.

Como mencionado, em relação ao esgotamento sanitário, a cobertura por meio de redes coletoras se restringe a apenas 14% dos domicílios da cidade de Teresina (IBGE, 2000). As fossas sépticas e rudimentares são bastante disseminadas no município, uma vez que 74% dos domicílios dispõem de uma unidade local de disposição de esgotos, entretanto, considerando o elevado grau de urbanização (94,7%), a densidade demográfica (3.400 habitantes/km<sup>2</sup>) e o fato de, em alguns locais do município, o abastecimento de água ser feito a partir de poços artesianos, a adoção disseminada de fossas sépticas pode constituir risco elevado tanto ao meio ambiente quanto, em especial, à saúde da população (PMT, 2004, p.63).

A tabela 8 ilustra a distribuição da rede coletora do sistema de esgotos de Teresina conforme as bacias:

**Tabela 8:** Extensão da rede coletora de esgoto de Teresina

| <b>Bacia</b> | <b>Material</b>      | <b>D(mm)</b> | <b>Extensão (km)</b> |
|--------------|----------------------|--------------|----------------------|
| Leste        | PVC VINILFORT        | 150 - 300    | 220                  |
| Centro       | Cerâmica Vitrificada | 150 - 300    | 42                   |
| Norte        | PVC VINILFORT        | 150 - 400    | 60                   |
| Alegria      | Cerâmica Vitrificada | 150          | 3                    |
| <b>TOTAL</b> |                      |              | <b>325</b>           |

Fonte: Baratta (2004), adaptado por Arcoverde, D.

O sistema de abastecimento de água de Teresina atende aproximadamente a 90% da população local com água potável de boa qualidade e, para a grande maioria desses consumidores, em quantidade também suficiente (IBGE, 2000). Apresenta, entretanto, intermitência no abastecimento em várias áreas da cidade e o não atendimento de algumas outras, devido a problemas e dificuldades de natureza técnica, administrativa e/ou operacional, que também resultam em desperdícios e perdas elevadas, precário estado de conservação de algumas unidades de produção, elevatórias e reservatórios e ainda em uma tarifa média elevada para as condições econômicas da população (PMT, 2004, p.58).

A cidade de Teresina possui um sistema eficiente de coleta de resíduos sólidos cuja operação é realizada com contrato de concessão com a empresa Enterpa Ambiental S/A, responsável por 80% da coleta total de resíduos domiciliares, incluindo as coletas especiais, hospitalares e coleta de penas e vísceras. A Prefeitura faz a coleta dos 20% restantes na área da Zona Norte, próximo ao aeroporto, nos bairros Matadouro, Memorare, Poti Velho, Vila Operária, Matinha, Cabral, Marquês e Acarape. Essa coleta atende toda a área urbana de Teresina, não sendo proporcionada para a área rural do município.

A coleta de resíduos especiais e entulho de construção é realizada por concessionárias sem vínculos financeiros com a Prefeitura, porém o despejo desses resíduos é realizado no aterro sanitário público. A tabela 9 demonstra o peso dos resíduos sólidos coletados em Teresina no ano de 2001.

**Tabela 9:** Peso dos resíduos sólidos coletados em Teresina (2001)

| <b>Tipo</b>                                                                                            | <b>Peso<br/>(ton.)</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Domiciliar                                                                                             | 146.181,08             |
| Resíduos sólidos de saúde                                                                              | 2.090,53               |
| Coleta especial (capina e varrição de vias)                                                            | 196.185,60             |
| Resíduos especiais (carros-fossa e resíduos pastosos de cervejaria)                                    | 18.125,55              |
| Penas e vísceras (coleta de pequenos abatedouros próximos ao aeroporto para evitar presença de urubus) | 1.186,01               |
| Entulho de construção                                                                                  | 77.373,00              |

Fonte: PMT (2004), adaptado por Arcoverde, D.

Todos os resíduos sólidos coletados são depositados no aterro sanitário existente no Km 7 da rodovia BR-316, o qual, segundo estimativas da Prefeitura, possui capacidade para o horizonte de 20 anos, porém nota-se o crescimento da urbanização nas áreas próximas, fato que certamente gerará problemas para a população em período próximo.

A Superintendência de Desenvolvimento Urbano Sul (SDU Sul) é a responsável pela operação do aterro sanitário. A Prefeitura paga R\$ 44,32 por tonelada de lixo coletado e lançado no aterro e tem despesa de R\$ 7,00 por m<sup>3</sup> para operação e manutenção do aterro (PMT, 2004, p.67). Cobra-se uma pequena taxa da população, embutida no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), pelos serviços de limpeza e coleta de lixo.

O aterro sanitário apresenta-se em condições razoáveis de operação, com células de expansão, lagoa de chorume e início de processo de reciclagem de lixo (Figuras 37 e 38).



**Figura 37:** Aterro sanitário de Teresina  
Fonte: PMT – Projeto Lagoas do Norte (2004).



**Figura 38:** Lagoa de chorume: aterro sanitário de Teresina  
Fonte: PMT – Projeto Lagoas do Norte (2004).

De acordo com o Plano de Desenvolvimento Sustentável de Teresina – Teresina Agenda 2015 (TERESINA, 2002, p. 42 a 45), a cidade apresenta os seguintes pontos fortes, pontos fracos, ameaças, oportunidades e tendência:

## Pontos Fortes

- A situação de submetrópole regional, situada em importante entroncamento rodoviário regional e nacional, constituindo centro político, de comércio e serviços para uma grande área de influência nas regiões Nordeste e Norte do país;
- O setor educacional da cidade, que oferece para todo o meio-norte cursos técnicos de nível médio, cursos tecnológicos de 3º grau, cursos de graduação, desenvolvendo ainda a pós-graduação e a pesquisa acadêmica;
- A existência de alguns conjuntos de atividades competitivas e dinâmicas formadas por pequenas e médias empresas, especialmente no pólo de saúde, no setor de moda, na indústria de cerâmica e no turismo de eventos;
- A existência de diversas instituições e programas, públicos e privados, voltados para a qualificação profissional, o fomento ao empreendedorismo e a oferta de crédito para o setor informal e aos micro e pequenos empresários;
- A abundância dos recursos hídricos devido à presença dos rios Parnaíba e Poti, com disponibilidade de água em qualidade e quantidade para os diversos usos da cidade, atendendo atualmente a 95% da população;
- A abundância de minerais para a construção civil, indústria e artesanato de cerâmica;
- A malha viária básica da cidade, com corredores de tráfego bem definidos e com bom traçado;
- A existência do Sistema Municipal de Habitação e do Programa Vila Bairro, de atuação multisetorial integrada, com o objetivo de transformar as vilas e favelas de Teresina em bairros com adequada urbanização e orientados para o desenvolvimento socioeconômico;
- A existência de um grande número de programas e projetos sociais executados por diversas instituições governamentais e não governamentais, atendendo a uma parcela expressiva da população;
- A universalização do ensino fundamental, com a extensão da oportunidade de educação a todas as crianças do município;
- Ampliação do atendimento na educação infantil, ensino médio, ensino superior e programas de alfabetização de adultos;

- A extensão do Programa de Agentes Comunitários de Saúde da Família (PSF);
- A grande rede de equipamentos de saúde públicos e privados, com resolutividade do sistema e acesso da população a cirurgias de alta complexidade através do Sistema Único de Saúde (SUS) e operadoras de Planos de Saúde;
- A existência de diversos programas e campanhas, na área de saúde, com resultados positivos, como DTS/AIDS, imunização, prevenção de câncer, controle da diabetes e hipertensão arterial, raiva, aleitamento materno, problemas de visão e portadores de necessidades especiais.

#### Pontos Fracos

- Pequena diversificação econômica no município, limitando as oportunidades de desenvolvimento e emprego e mantendo elevada dependência em relação à renda gerada no setor público;
- Baixo salário médio da população empregada, com parcela significativa trabalhando na informalidade, além de grande dificuldade dos jovens de incluir-se no mercado de trabalho;
- Baixa cobertura do sistema de saneamento da cidade, com os esgotos escorrendo pelas sarjetas, ruas e terrenos, bem como deficiências operacionais no serviço de abastecimento de água, com intermitência e altas perdas, encarecendo o serviço;
- A existência de grandes vazios urbanos, provocando uma extensão significativa da área urbana e causando encarecimento nos investimentos, nos custos de transporte e no tempo despendido pela população para se locomover;
- Insuficiência no número de pontes sobre os rios Poti e Parnaíba e interrupções provocadas pela ferrovia em diversas ruas da cidade;
- Grande parte da população vivendo em vilas e favelas, com precariedade na estrutura física das habitações, adensamento excessivo e saneamento inadequado, evidenciando um grande déficit habitacional.

### Ameaças

- Perda de competitividade em relação às cidades concorrentes em atividades em que Teresina é pólo regional;
- Crescimento da violência, com a disseminação das “gangues” e do narcotráfico, promovendo a insegurança e a violência urbana.

### Oportunidades

- Investimentos no setor saúde e nos elos faltantes e incipientes, levando à formação de um *cluster de saúde*.
- Turismo de eventos, ligado principalmente aos pólos de saúde e de educação, e o papel de porta de entrada para o turismo de lazer no estado;
- Crescimento dos agronegócios no estado do Piauí, com a expansão da produção de soja, frutas (inclusive para exportação), aves, caprinos, mel de abelhas, castanha de caju e camarões;
- Disponibilidade de recursos federais para novos programas habitacionais e infraestrutura urbana para a população de baixa renda.

### Tendência

- Diminuição do crescimento da população, inclusive das vilas e favelas, o que reduz a pressão sobre os equipamentos urbanos e sociais da cidade, o meio ambiente e os recursos naturais, permitindo um melhor enfrentamento das questões provocado pelo inchamento da cidade em anos anteriores.

## 3.2 A Zona Leste de Teresina

A Zona Leste da cidade de Teresina (Figura 39) é uma região composta de 26 bairros (Campestre, Fátima, Horto, Ininga, Jóquei, Morada do Sol, Morros, Noivos, Pedra Mole, Piçarreira, Planalto, Porto do Centro, Recanto das Palmeiras, Samapi, Santa Isabel, Santa Lia, São Cristóvão, São João, Satélite, Socopo, Tabajaras, Uruguai, Vale do Gavião, Vale Quem Tem, Verde Lar, Zoobotânico), ocupando uma área de 6.345 hectares, que corresponde a 22,78% do perímetro urbano teresinense. No ano de 2000, a população dessa zona era de 132.340

habitantes, com base nos ajustamentos censitários do IBGE, correspondendo a 19,53% da população urbana da capital, sendo a densidade populacional de 20,86 hab/ha (IBGE, 2000).

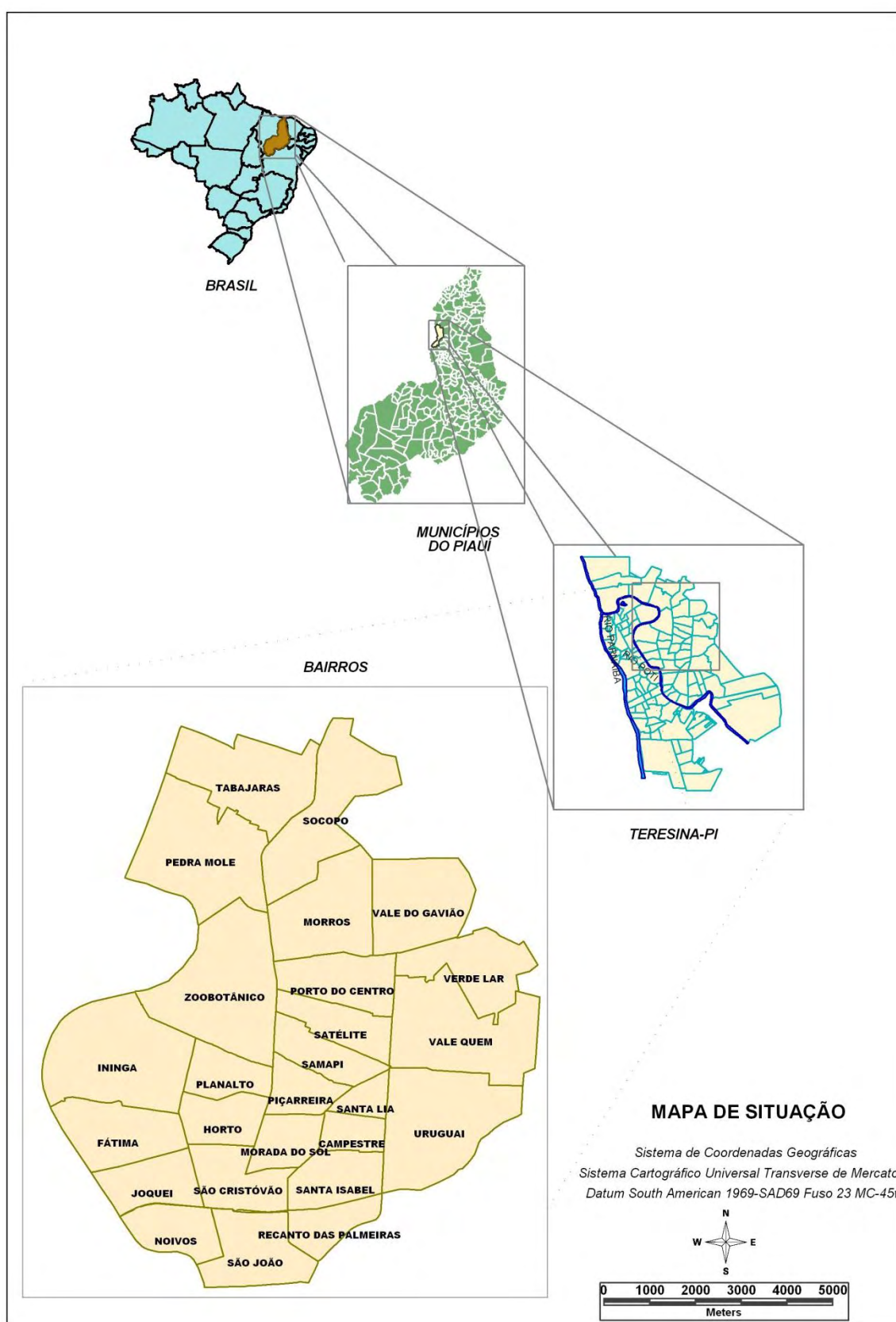
Segundo Abreu (1983, p.1), esse setor de Teresina era, no começo da década de 60, considerado área de lazer, com chácaras principalmente habitadas por “moradores de fim-de-semana,” havendo também populações pobres que se aproveitavam dos espaços vazios para erguer casebres de “taipa” (barro amassado não cozido colocado entre estacas de madeira e cobertas de palha), cujos moradores não tinham, na maioria das vezes, documentos que lhes assegurassem a posse do terreno ou habitação. Essa ocupação se deu em razão do melhor micro-clima da Zona Leste, com habitações esparsas, baixa densidade populacional e quase inexistência de infraestrutura.

A partir dos meados dos anos 60, esse “novo espaço” tornou-se extremamente valorizado, passando a ser vendido a preços cada vez mais elevados. Transformou-se então em uma “nova área residencial”, em um “novo espaço segregado”, visto que para ali se deslocaram populações de extratos sociais mais elevados, motivadas pela possibilidade de construírem residências espaçosas e distantes do crescente congestionamento do centro da cidade.

Em Abreu (1983, p.28), encontramos definições do que seja “espaço segregado”:

(...) a segregação é conseqüência da urbanização, que por sua vez, é resultante de formas de divisão social e territorial do trabalho (...),  
 (...) la tendencia e la organización del espacio em zonas de fuerte homogeneidad social interna y fuerte disparidad social entre ellas (...),  
 (...) a expressão concreta de processos sociais na forma de ambiente físico construído sobre o espaço geográfico (...), (ABREU, 1983, p.28).

Alguns fatores concorreram para o efetivo povoamento da área: a instalação do *campus* universitário da Universidade Federal do Piauí; a ampliação da Avenida Nossa Senhora de Fátima, que corta a Zona Leste no sentido sul-norte e que dá acesso ao *campus*; a abertura e asfaltamento de novas ruas e avenidas paralelas (Avenidas Homero Castelo Branco e Kennedy) e transversais (Avenidas D. Severino e Jóquei Clube) à referida avenida. Tudo isso motivou uma intensa especulação imobiliária na Zona Leste.



**Figura 39:** Mapa de Localização do estado do Piauí, da cidade de Teresina e dos bairros da Zona Leste de Teresina  
 Fonte: PMT (2008), elaborado por Arcoverde, D.

A cidade de Teresina, pela sua própria localização numa área relativamente pequena entre os rios Parnaíba e Poti, teve o espaço entre os dois rios ocupados gradativamente de 1852 a 1962 (ABREU, 1993 p. 3). A expansão que se daria para oeste da cidade encontrou a barreira administrativa do estado do Maranhão, à margem esquerda do Parnaíba, portanto, a expansão do espaço urbano municipal teria de se fazer nos sentidos norte, sul e leste. A expansão para o norte foi lenta e espontânea; para o sul, foi parcialmente induzida (com a criação do Distrito Industrial, ampliação e asfaltamento da Avenida Barão de Gurguéia e a construção do conjunto habitacional Parque Piauí) e, para o leste, deu-se a partir dos anos 60, para além do rio Poti.

A Zona Leste é cortada pela BR-343 (sentido oeste-leste), que liga Teresina ao norte do estado e dá acesso à cidade de Fortaleza-Ceará. Seu crescimento e ocupação mais intensos são à oeste da citada BR-343, não só pelas razões mencionadas, como a instalação do *campus* universitário e a abertura da Avenida Nossa Senhora de Fátima, mas também pelo fato de que os grandes proprietários da área, ao tomarem consciência de que as realizações mencionadas poderiam ser transformadas em lucros, acresceram às suas atividades as de proprietários de imobiliárias ou de corretores autônomos.

Iniciaram, assim, loteamentos que atraíram para a área, primeiramente, parentes e amigos dos proprietários e, posteriormente, através de intensa propaganda imobiliária, considerável parcela da população que antes habitava o centro da cidade, bem como pessoas recém-chegadas à capital, quase todas do mais alto poder aquisitivo.

Inicialmente, a organização sócioespacial da Zona Leste se deu de forma bem distinta em seus extremos, destacando-se:

- 1) Área de alto *status* familiar, correspondendo aos bairros Jóquei Clube, Fátima, Horto e São Cristóvão;
- 2) Área de baixo *status* familiar, correspondendo aos bairros Satélite e Piçarreira;
- 3) Áreas onde se mesclam residências de médio e baixo *status* familiar, correspondendo aos bairros Noivos, São João e Morada do Sol (ABREU, 1983, p.3).

A partir da década de 90, o aparecimento de edifícios residenciais de luxo, concentrados principalmente nos bairros Jóquei Clube, Fátima e Horto, gerou o processo espacial conhecido como verticalização. Os incentivos para os maiores investimentos do setor imobiliário ocorreram devidos ao conjunto de vantagens oferecidas nessa área, reflexo da existência das populações de alto poder aquisitivo.

É pertinente destacar os fatores responsáveis pela concentração de edifícios em alguns bairros da Zona Leste da cidade de Teresina, tais como:

(...) As localizações privilegiadas, próximas ao centro e às vias de acesso aos diversos bairros da cidade; as amenidades, decorrentes da proximidade do rio Poti e dos parques ambientais, bem como dos serviços dos Shoppings Centers e da boa infra-estrutura, com avenidas pavimentadas, esgoto sanitário, energia elétrica etc., aliados à segurança, ao modismo e à comodidade (...), (VIANA, 2005, p.7).

A verticalização é um símbolo de uma geografia dos espaços metropolitanos, o qual representa o surgimento de edifícios em uma determinada área da cidade, implicando alterações na propriedade e no uso do solo urbano. A compreensão dessa geografia da verticalização obriga que se adentre nos meandros do processo de modernidade. Essa geografia tem “um efeito de sobrevalorização do espaço visto que se instala em áreas bem equipadas, do ponto de vista de infra-estrutura, e vai projetar-se como valor” (FAÇANHA, 1998, p.211).

O crescimento vertical da cidade “só traz vantagens”, de acordo com a visão de um empresário do setor imobiliário,

(...) pois o poder público fica menos vulnerável, isto é, não precisa levar infra-estrutura para longe, aproveitando melhor o espaço, visto que, no mesmo espaço dá para agregar mais unidades habitacionais, racionalizando mais o uso de água, energia elétrica, telefone, etc. (...) (FAÇANHA, 1998, p.216)

Existe toda uma relação entre o aparecimento de áreas verticalizadas e a valorização dos terrenos em áreas de infraestrutura e acessibilidade, as quais atraem as frações da população da classe dominante devido à presença de fatores favoráveis à reprodução social da mesma (FAÇANHA, 1998, p.211). Consequentemente estimula-se a vinda de outras frações da população tanto da classe dominante quanto dos outros setores de classe média alta, criando áreas de segregação residencial verticalizada (FAÇANHA, 1998, p.211).

Os agentes que participam dessa geografia verticalizada são:

- 1) os proprietários fundiários urbanos e periurbanos; os proprietários urbanos;
- 2) os produtores de materiais de construção;
- 3) os produtores (promotores) fundiários e os produtores (promotores) imobiliários ou os incorporadores;
- 4) os detentores de capital que investem na produção (promoção) imobiliária;
- 5) os compradores de terrenos e de habitação; os ocupantes de terrenos (invasão) e moradias urbanas (proprietários e locatários);
- 6) o poder público e as empresas transnacionais, (FAÇANHA, 1998, p.212).

O processo de verticalização começa a orientar o uso e ocupação do tecido urbano devido às ações mais concretas dos agentes produtores do espaço urbano.

O fluxo dessa fração da população em direção aos edifícios de luxo foi motivado por um conjunto de fatores além dos já citados. Segundo Façanha (1998), a segurança é o principal motivo para a escolha, citada em 32 dos 33 questionários respondidos, sendo que 75% deles apontam-na como primeiro lugar na escolha; a comodidade vem em segundo lugar, citada em 24 dos 33 questionários; a localização e a dificuldade de encontrar doméstica vêm quase empatadas, citadas em 13 e 14 questionários, respectivamente (FAÇANHA, 1998, p.215).

As classes médias altas foram as consumidoras dessa nova forma de habitar, acentuando, assim, o processo de segregação espacial, com o “progressivo esvaziamento do uso residencial da área central e a consolidação da verticalização em bairros nobres da cidade, a exemplo dos bairros Fátima e Jóquei” (VIANA, 2005, p.5).

A cidade cresce, e a população excluída desse processo é jogada fora da área que se valoriza. “O resultado será necessariamente, a segregação social gerada pela disputa pelo acesso aos espaços da cidade” (VIANA, 2005, p.5). O espaço da Zona Leste, desse modo, apresenta características de segregação de “alto *status*”, apresentando um padrão elitista ocupado por grupos sociais com certa homogeneidade social e econômica. Por outro lado, a classe pobre também promove a expansão da cidade, com a ocupação progressiva e indiscriminada das áreas periféricas ao sabor da especulação imobiliária.

(...) Desta forma, as contradições existentes no tecido urbano são percebidas num mesmo processo, o da verticalização. No entanto, seguem lógicas diferentes quanto ao tipo de agente imobiliário, ao perfil do consumidor e ao valor das áreas que os imóveis estão localizados, merecendo, no espaço, análises diferentes quanto à forma de ocupação no espaço e quanto ao tempo e velocidade que tais processos acontecem no tecido urbano (...), (VIANA, 2005, p.8).

Habitou-se e valorizou-se ao mesmo tempo a Zona Leste, onde hoje há uma concentração intensa de estabelecimentos comerciais e de negócios, como dois *shoppings centers*, supermercados, bares, restaurantes, grande rede bancária, hotéis, igrejas, centros médicos, hospitais públicos e particulares, escolas e faculdades públicas e particulares, além de um acelerado processo de verticalização, com a construção de edifícios tanto para fins residenciais como para escritórios.

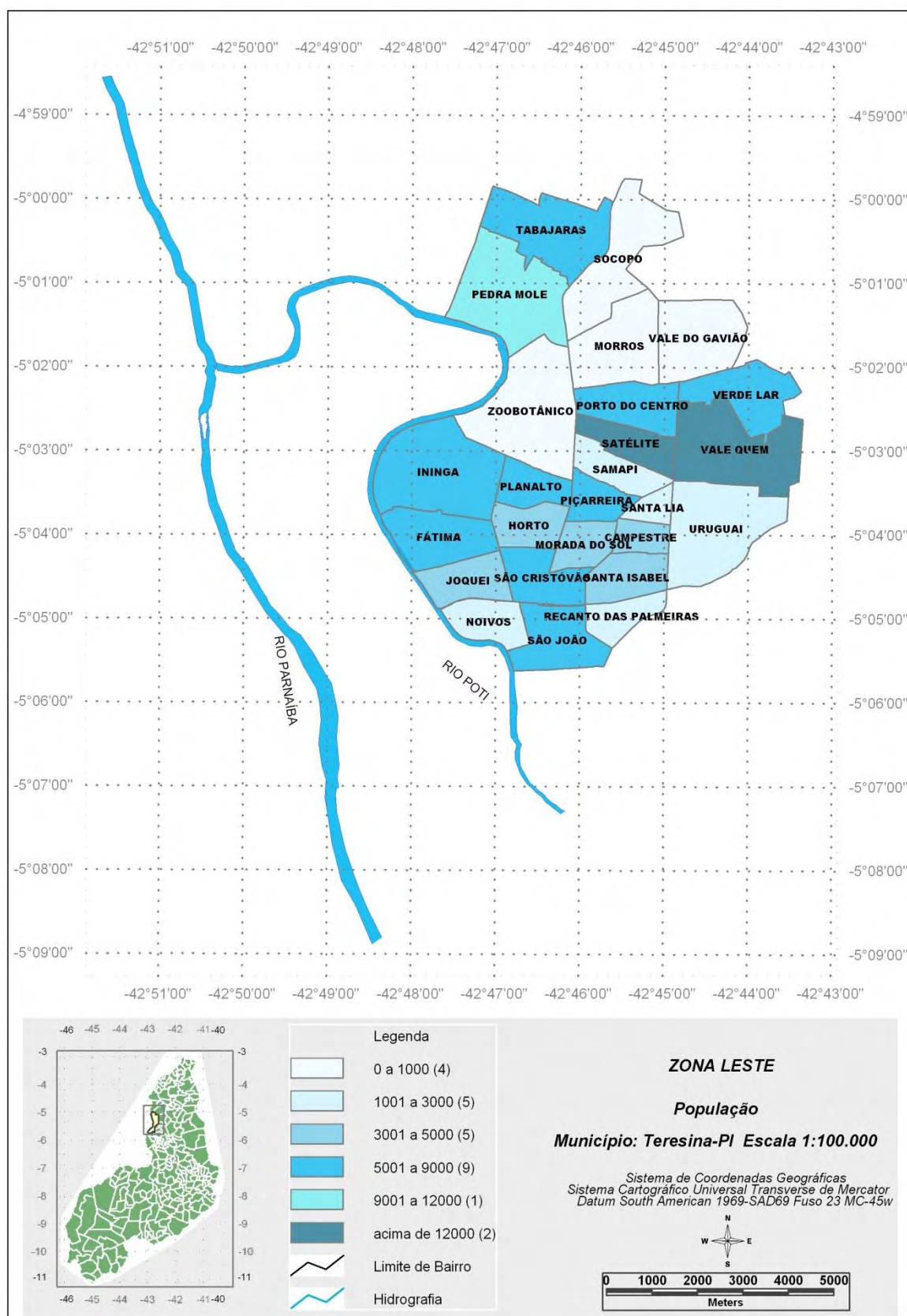
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de ocupação do espaço da Zona Leste de Teresina apresenta um quadro de marcantes desigualdades entre os 26 bairros que a compõem. Ao observarmos os dados coletados em nossa pesquisa, constatamos que alguns bairros apresentam algum tipo de homogeneidade, entretanto é possível identificar extremos e espaços segregados entre alguns outros, principalmente no tocante à infraestrutura (abastecimento de água, coleta de esgotos e coleta de lixo), à renda média mensal das pessoas responsáveis pelos domicílios e à população alfabetizada, conforme vemos nos mapas temáticos a seguir:

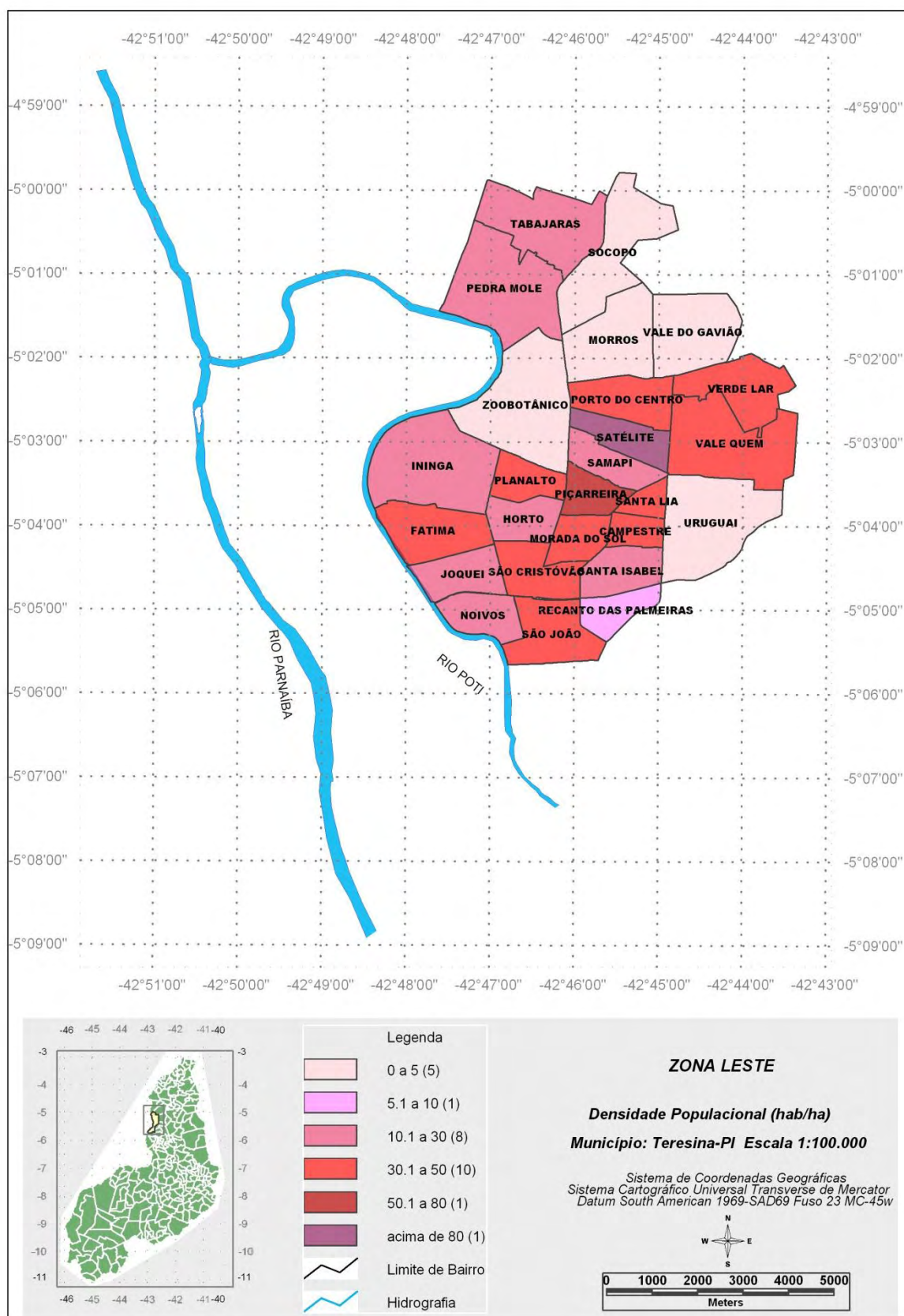
Em termos populacionais, podemos observar (Figura 40) que apenas dois bairros têm uma população acima de 12.000 habitantes: o Vale Quem Tem, com 15.128 habitantes, e o bairro Satélite, com 12.653 habitantes. Juntos, eles concentram 21% da população de toda a Zona Leste. Quatro bairros possuem população abaixo de 1.000 habitantes: Vale do Gavião, Morros, Socopo e Zoobotânico. Dos 26 bairros da Zona Leste, 14, portanto mais da metade, possuem uma população entre 3.000 e 9.000 habitantes.

Em relação à densidade populacional (Figura 41), observa-se que 10 bairros possuem entre 30 e 50 hab./ha; 08 bairros apresentam entre 10 e 30 hab./ha, e apenas em um bairro (Satélite) encontra-se uma densidade populacional elevada, acima de 80 hab./ha. Verifica-se ainda que 05 bairros possuem uma baixa densidade populacional, entre 0 e 5 hab/ha, sendo que o Vale do Gavião apresenta a menor (0,06 hab/ha).

O bairro de maior área é o Zoobotânico (493,68 ha), enquanto a menor pertence ao Santa Lia (61,26 ha), entretanto a média de moradores por domicílio na Zona Leste varia de 4,0 hab./ha a 4,7 hab./ha, sendo que, em apenas dois bairros, observa-se uma média menor que 4,0 hab./ha: o Verde Lar (3,6 hab./ha) e o Vale Quem Tem (3,8 hab./ha).



**Figura 40:** Zona Leste: distribuição da população por bairros.  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



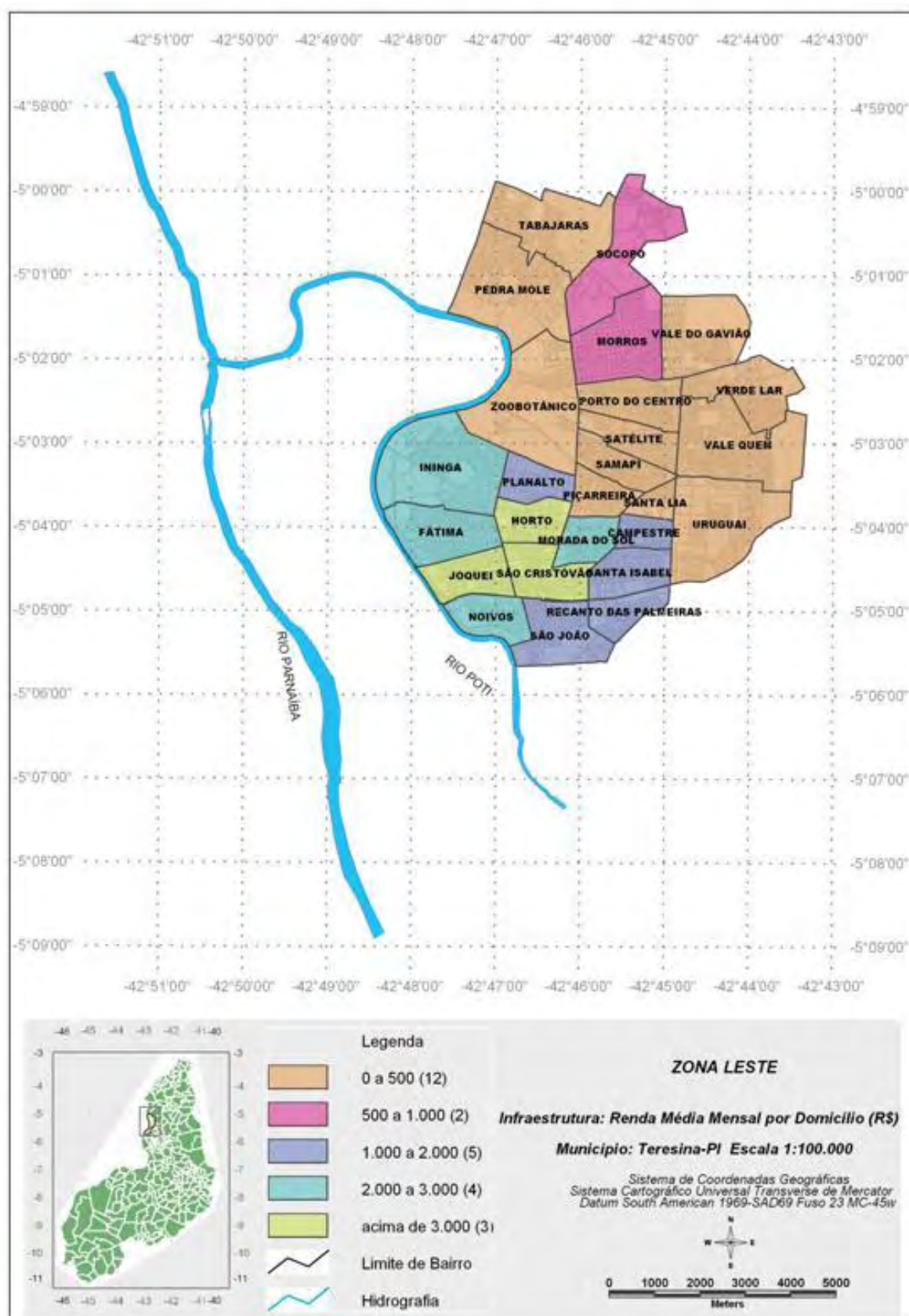
**Figura 41:** Zona Leste: densidade populacional por bairros.  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

Os dados do Censo 2000 (IBGE) mostram a Zona Leste de Teresina com seus 26 bairros, nos quais se evidenciam as disparidades de renda e suas repercussões (Figura 42).

No ano 2000, apenas 03 bairros tinham renda média acima de R\$ 3.000,00 por domicílio. Os chefes de família com renda média mais elevada estavam residindo, em 2000, sobretudo nos bairros mais próximos da margem direita do rio Poti, a começar pelo Jóquei (R\$ 4.559,49), Horto (R\$ 3.107,48) e São Cristóvão (R\$ 3.073,58). Observa-se que essa área é palco de inúmeros investimentos, com infraestrutura que beneficia setores estratégicos da economia, como o comércio, para as classes de renda alta.

Por outro lado, quase a metade dos bairros da Zona Leste (12), tinha uma renda média mensal por domicílio muito baixa, com valores inferiores a R\$ 500,00. Vale ainda ressaltar que esses 12 bairros concentram 55% da população da Zona Leste (72.416 habitantes), enquanto que os 03 bairros com maior renda média concentram apenas 10% da população (13.499 habitantes). Isso caracteriza um quadro de grande desigualdade e mostra muito bem a distribuição da miséria e da riqueza entre grupos da população no espaço urbano daquela zona.

Chama à atenção a localização dos bairros de renda média mais baixa, verificando-se que, quanto menor a renda média mensal, mais distante da área “dita nobre” (que se situa à margem direita do rio Poti) encontram-se essas populações. Acompanha esse processo de valorização do espaço a segregação dos mais ricos e a desapropriação ou a retirada dos mais pobres, determinando-se, com essas medidas, melhores condições de moradia para as classes de maior renda. Essa desigualdade na posse da terra urbana depende dos usos desses espaços pela atividade econômica (principalmente o comércio), reforçada pela mediação dos poderes públicos (Estado) em termos de financiamento da infraestrutura que valoriza o solo enquanto mercadoria no mercado imobiliário.



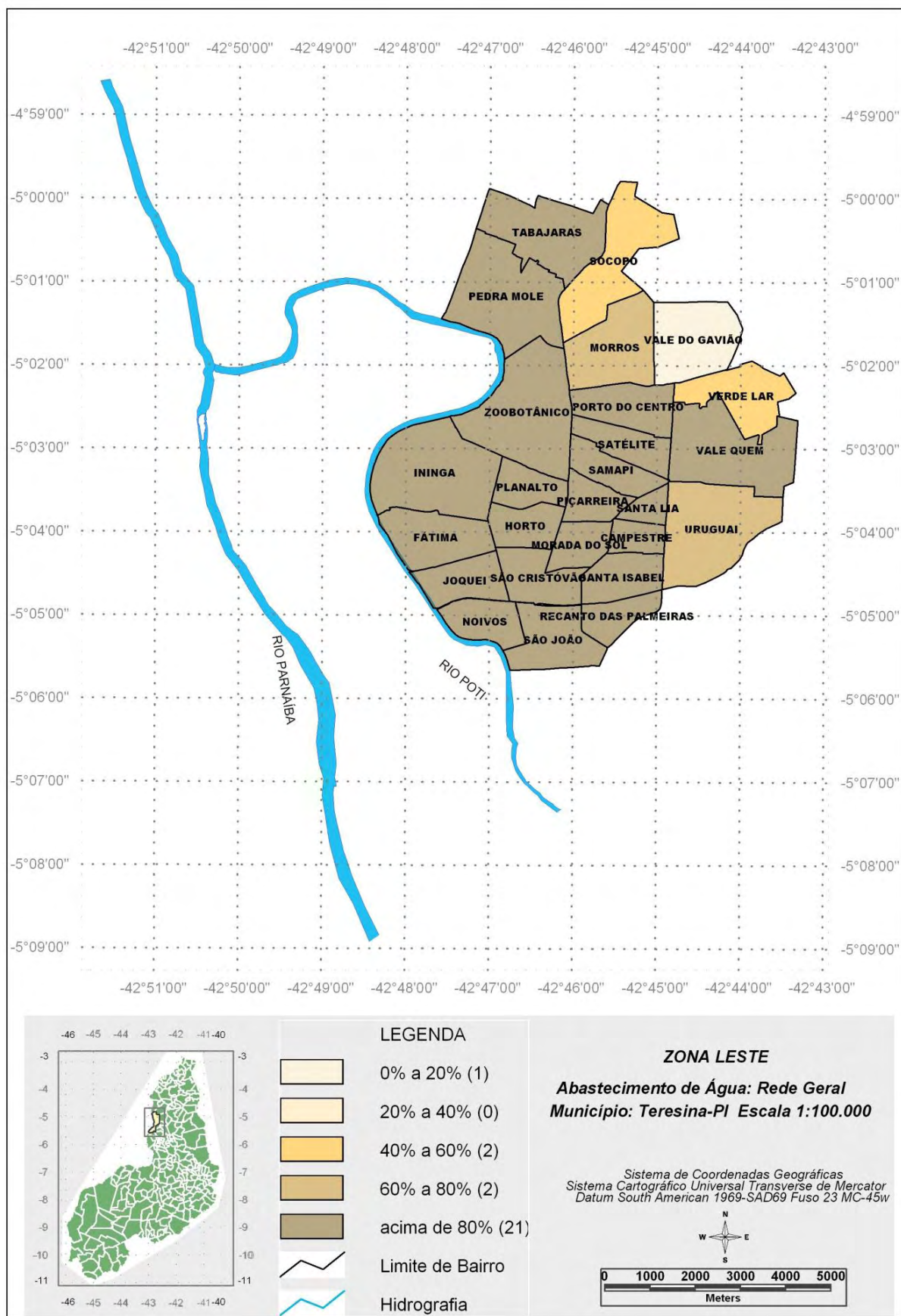
**Figura 42:** Zona Leste: renda média mensal dos domicílios por bairros.  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

A Zona Leste destaca-se em termos de abastecimento de água, sendo que o atendimento supera por pouco o índice nacional, que é de 89,8%. No ano de 2000, cerca 92% dos domicílios particulares permanentes eram abastecidos com água tratada, distribuída através de rede geral da AGESPISA (Figuras 43 e 44).

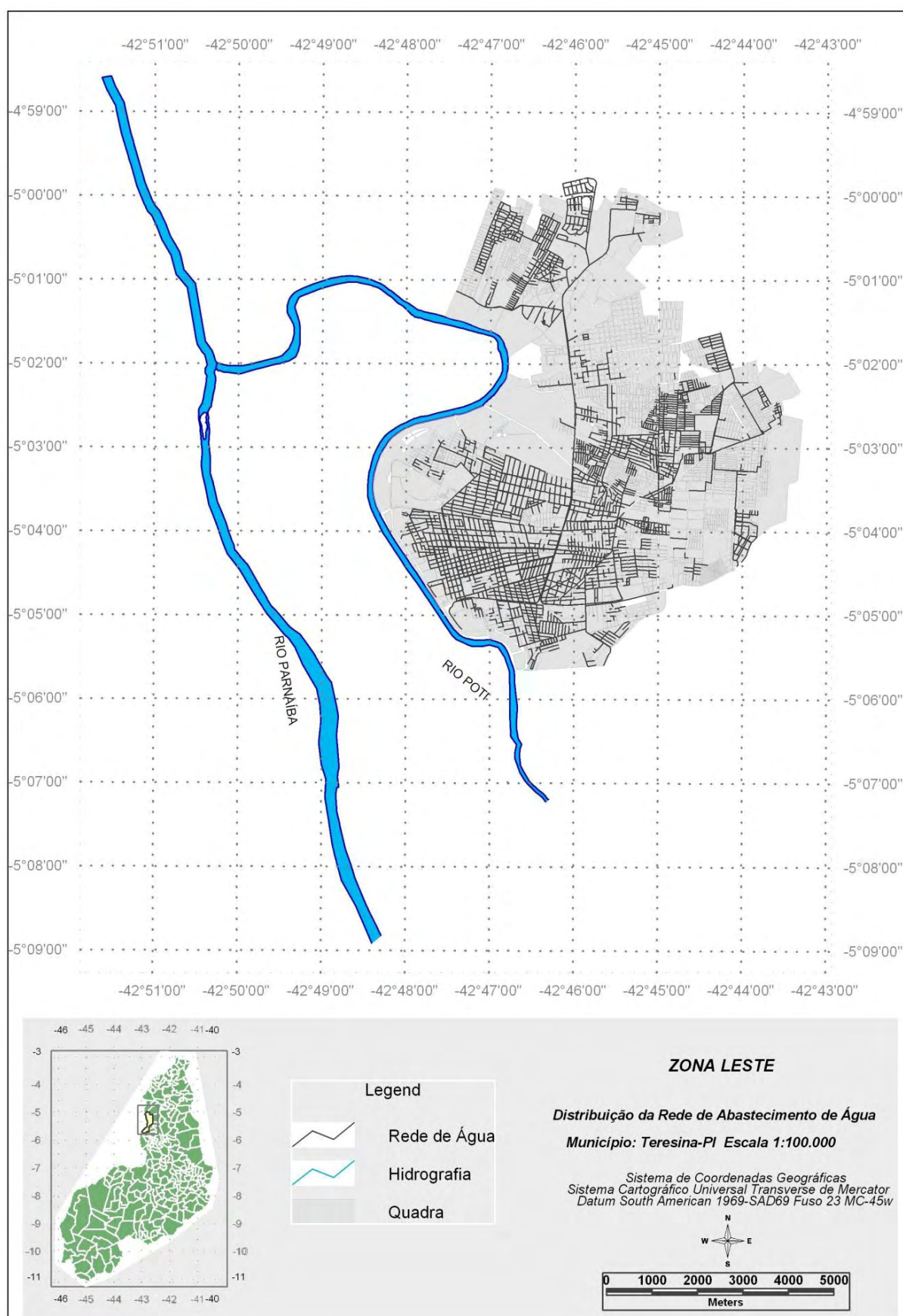
A desigualdade social no acesso, entretanto, mantém semelhança com o restante da cidade, uma vez que, entre alguns domicílios com renda mensal de até R\$ 400,00, a cobertura dos serviços não alcança 60%, caso dos bairros Verde Lar e Uruguai, enquanto que, no bairro Morada do Sol, com uma renda média mensal de R\$ 2.793,60 por domicílio, esse serviço alcança 98% de atendimento.

Quanto ao abastecimento através de poços ou nascentes na propriedade, representa cerca de (3%) (Figura 45). Chamam à atenção os 16% de atendimento no Jôquei Clube, bairro de maior renda média domiciliar da Zona Leste, com um comércio de alto poder aquisitivo e edifícios residenciais de alto padrão. Até pouco tempo atrás era comum nesse bairro a perfuração de poços para o atendimento principalmente desses edifícios, mesmo o espaço sendo bem servido pela rede de abastecimento de água. Alegava-se o valor da tarifa da concessionária e vislumbrava-se uma economia com o abastecimento através de poços, o que não deixava de ser muito arriscado para a saúde, em função da possibilidade de contaminação dessas águas. Felizmente, essa forma de abastecimento tem sido reduzida dia a dia, principalmente pelo rigor na autorização da perfuração de novos poços por parte da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR), bem como pela conscientização da própria população do bairro acerca dos riscos que corre com essa forma de abastecimento.

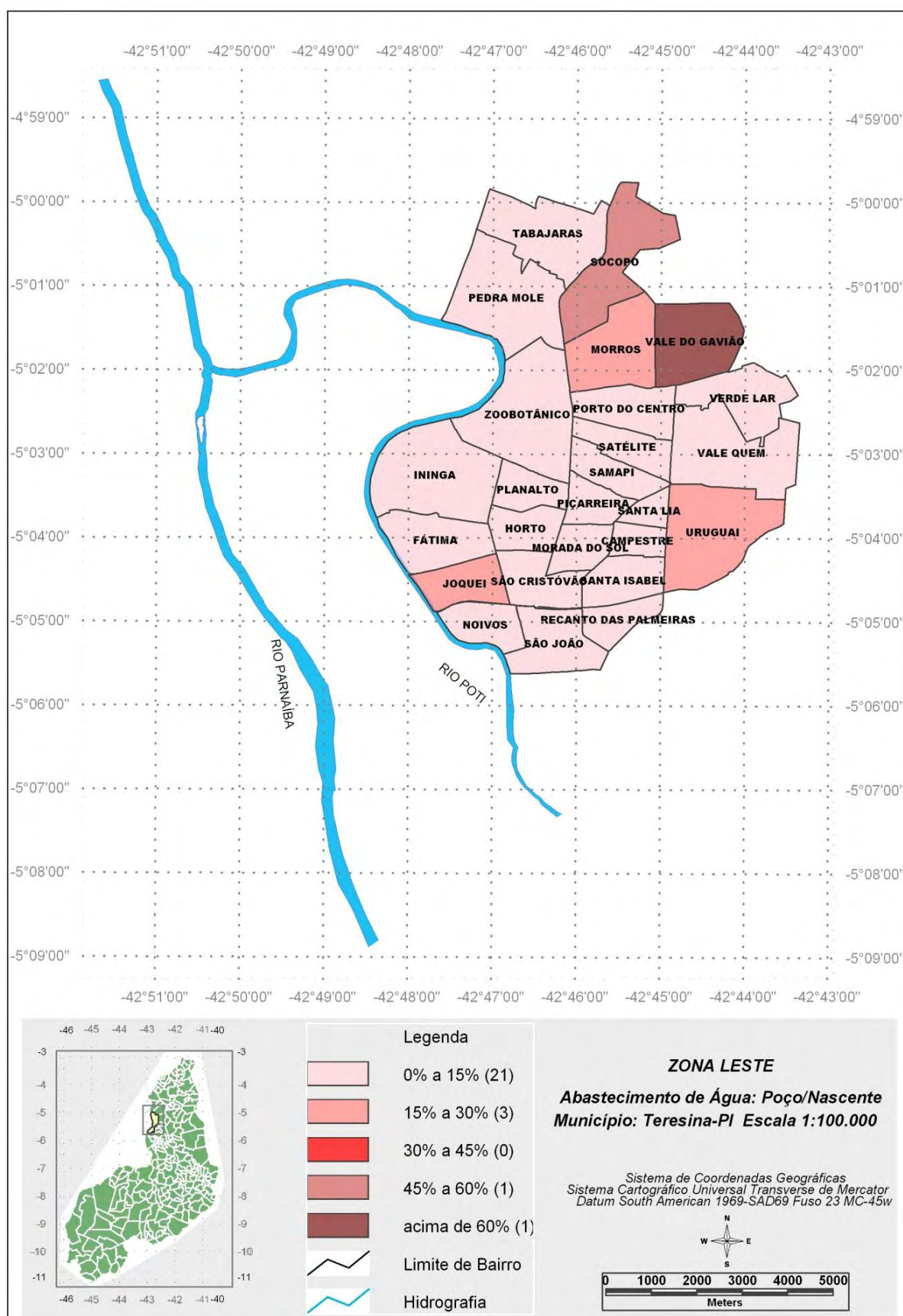
O abastecimento através de poços nos bairros Morros (25%) e Socopo (55%) ocorre principalmente por, nesses dois bairros, se localizarem, até os dias de hoje, muitas chácaras e sítios, com ocupação principalmente nos finais de semana para lazer e diversão. Já no bairro Vale do Gavião (80%), o abastecimento através de poços se dá em função de ser um bairro novo, de ocupação recente, com pequena população, não contando ainda com a rede geral da AGESPISA. O abastecimento da comunidade é feito através de chafarizes mantidos pela Prefeitura ou pela própria AGESPISA e alimentados por poços tubulares. O tratamento da água é feito pelo processo de cloração simples na saída do poço.



**Figura 43:** Zona Leste: abastecimento de água – rede geral por bairros.  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



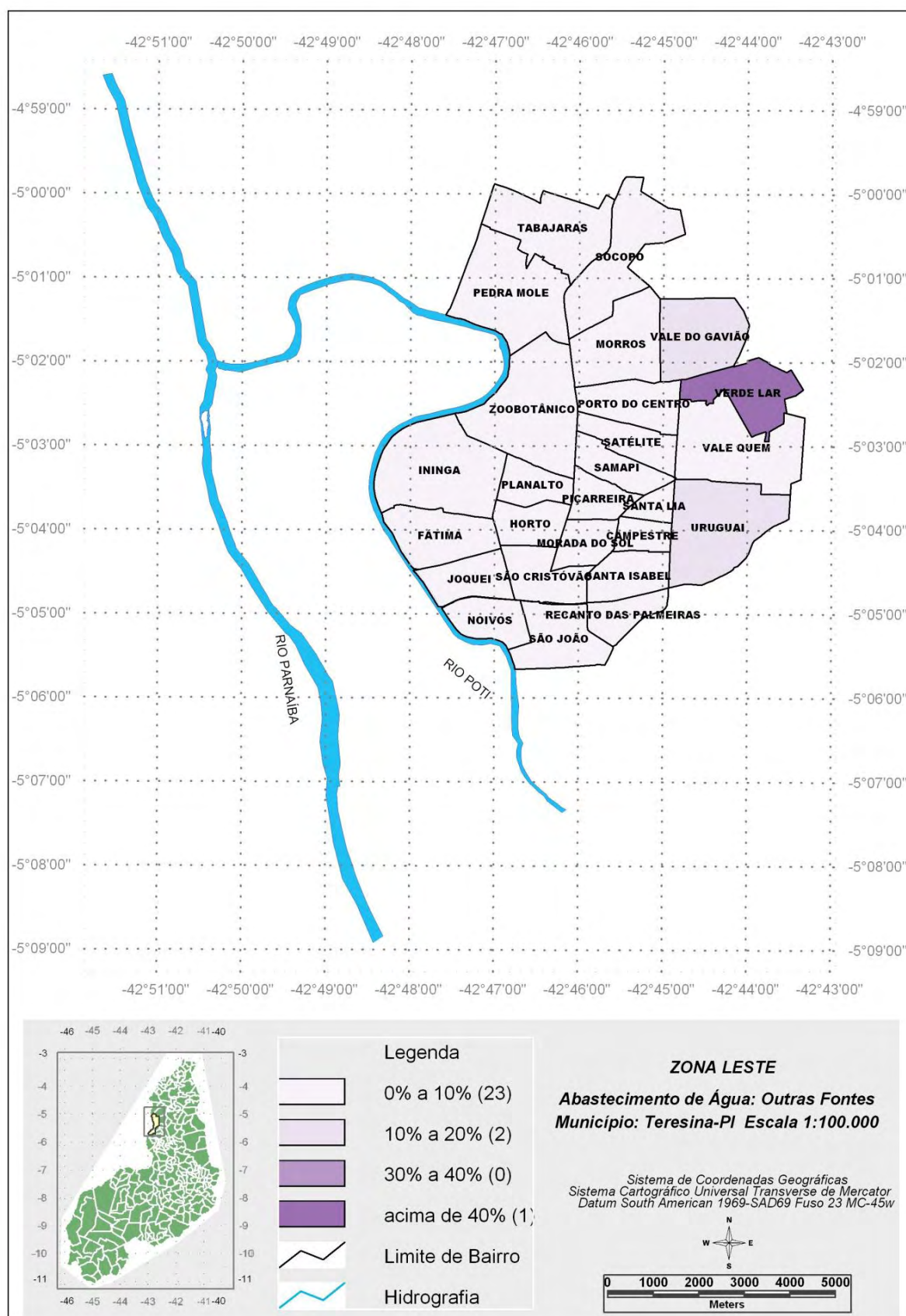
**Figura 44:** Zona Leste: rede de distribuição de água  
 Fonte: AGESPISA (2009), elaborado por Arcoverde, D.



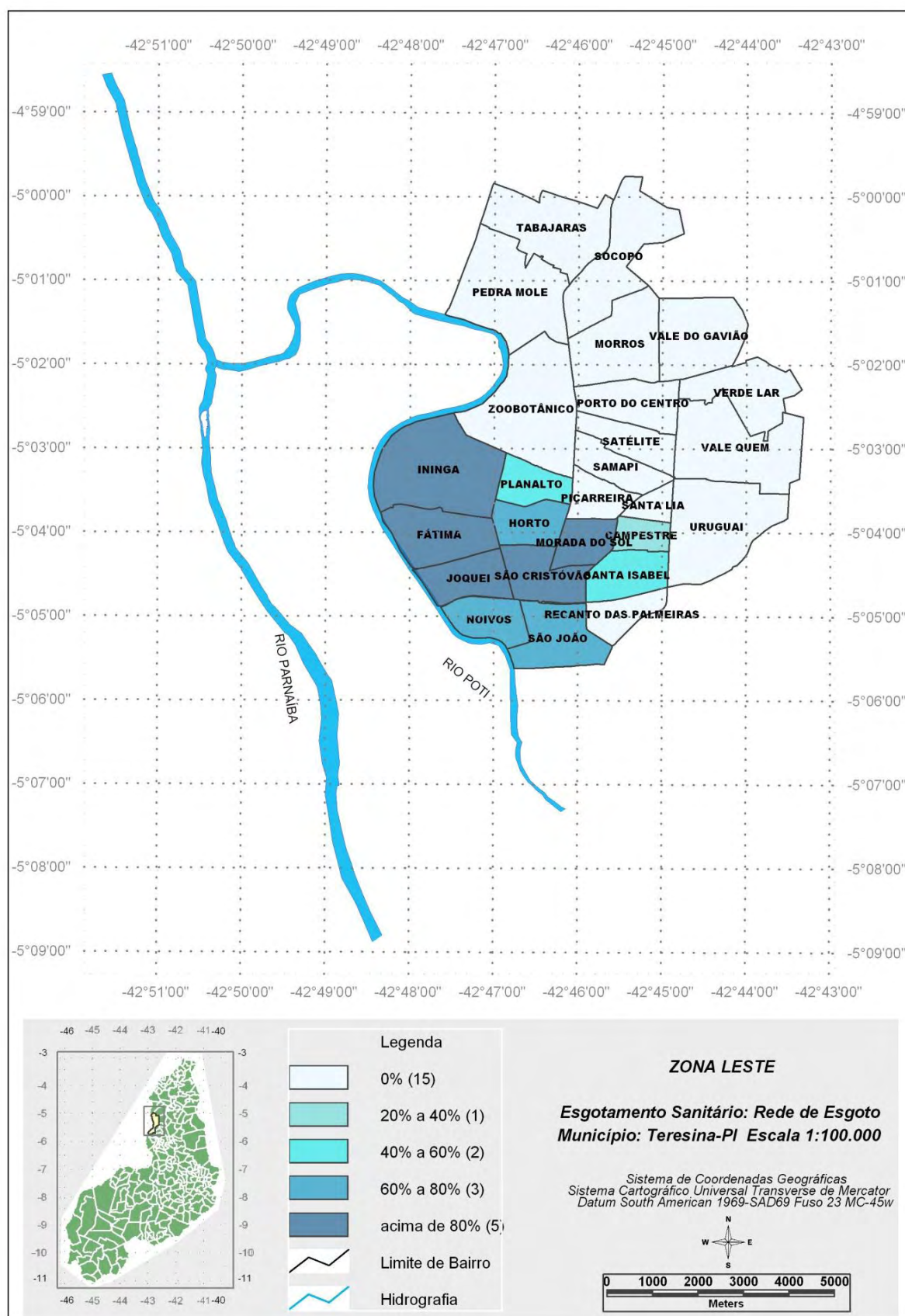
**Figura 45:** Zona Leste: abastecimento de água – poço ou nascente por bairros.  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

Outras formas de abastecimento de água (cerca de 5%) ocorrem devido à carência de rede geral nos bairros com baixo índice de atendimento por parte da AGESPISA, como no Uruguai (57%) e no Verde Lar (53%) (Figura 46). O abastecimento desses domicílios é feito com de carros-pipa, enquanto outros moradores conseguem água com algum vizinho, fazendo o transporte até suas residências através de utensílios (latas, baldes, etc.). Outra forma de abastecimento muito comum é feita através de ligações clandestinas realizadas pelos próprios moradores, que utilizam eletrodutos flexíveis, os quais são enterrados e levados até um ponto da rua que seja abastecida por rede geral. O armazenamento dessa água nas casas é feito em manilhas de concreto pré-moldado colocadas na entrada da propriedade.

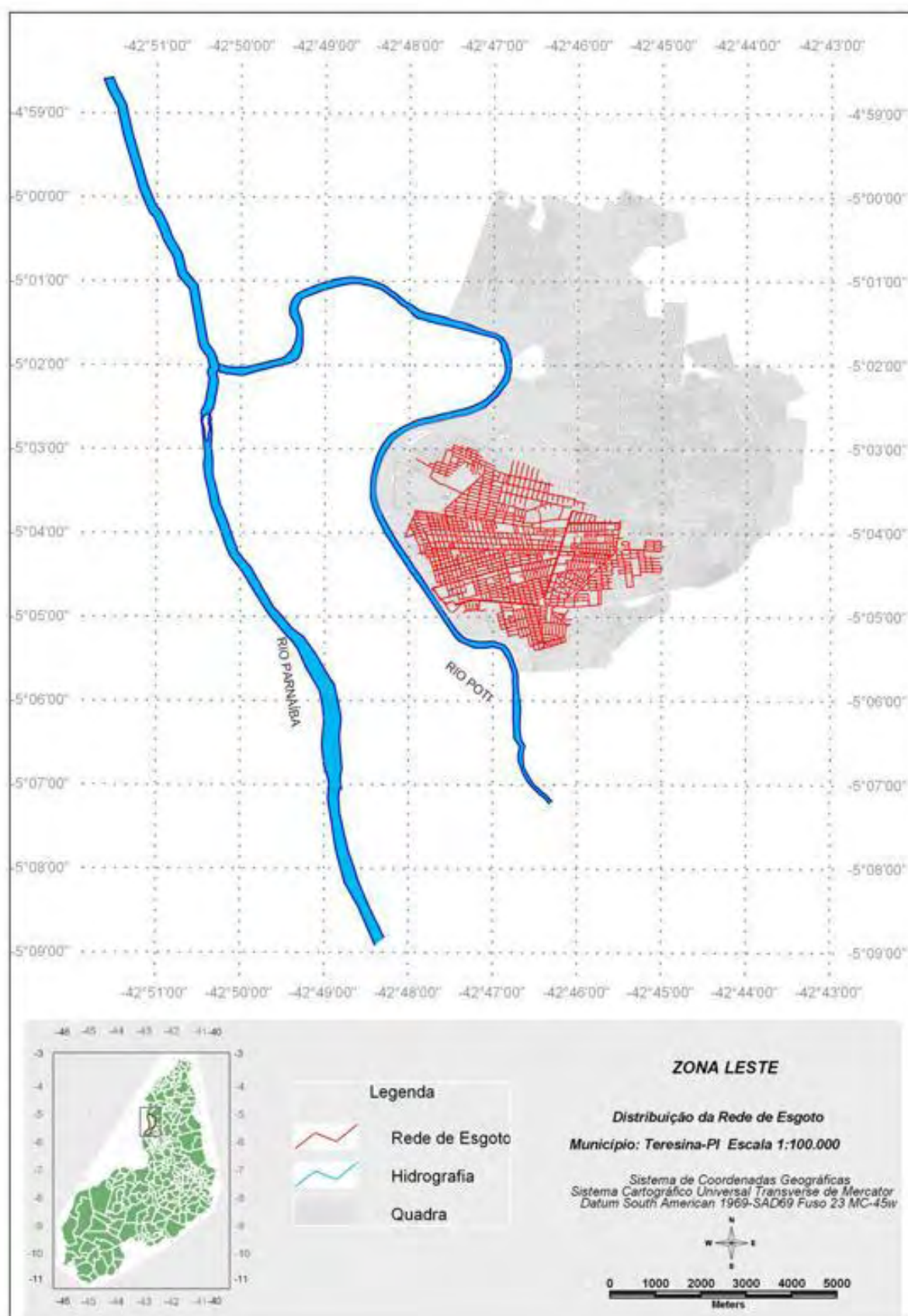
Semelhante ao que se observa em Teresina como um todo, também se verifica grande desigualdade territorial no acesso aos serviços de saneamento básico entre os bairros da Zona Leste. O esgotamento sanitário da Zona Leste por meio de redes coletoras de esgotos se restringe a apenas 35% (10.892) dos domicílios (Figuras 47 e 48). Se entre os vários bairros não existem grandes diferenças na cobertura dos serviços de água, o mesmo não acontece em relação aos serviços de esgotamento sanitário, setor que apresenta maior precariedade. Nesse sentido, quando analisados os dados relativamente aos diversos bairros pesquisados pelo IBGE no Censo 2000, verifica-se a existência de grandes disparidades no acesso aos serviços de saneamento básico, mesmo em bairros mais populosos. No Vale Quem Tem, por exemplo, o mais populoso bairro da região, com mais de 3.941 domicílios e população de 15.128 habitantes, a cobertura de água alcança 96,8% dos domicílios, sendo que praticamente não existe rede de esgotamento sanitário, somente fossas sépticas, com alcance de 99% dos domicílios.



**Figura 46:** Zona Leste: abastecimento de água – outras fontes por bairros.  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



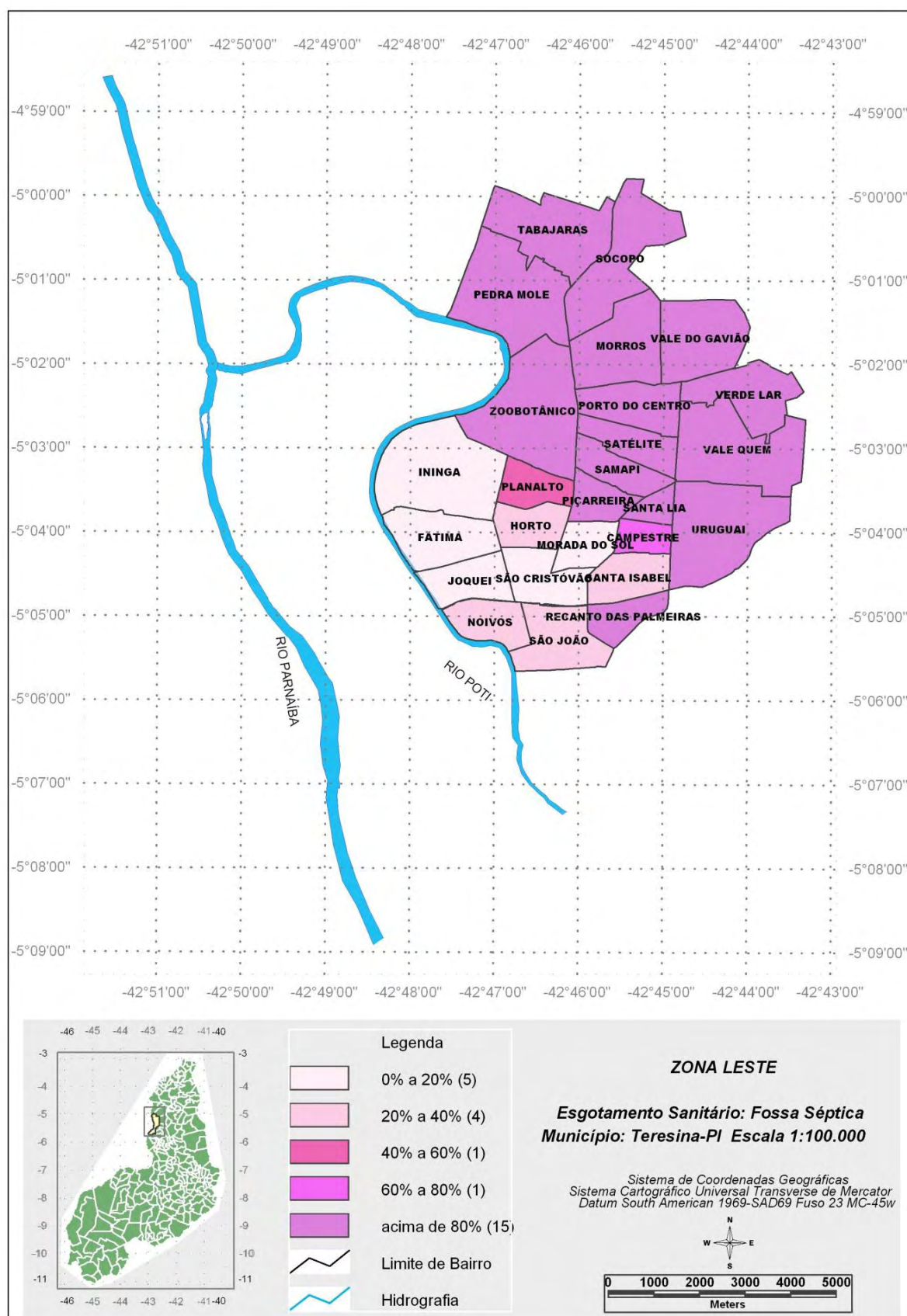
**Figura 47:** Zona Leste: esgoto sanitário – rede geral por bairros.  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



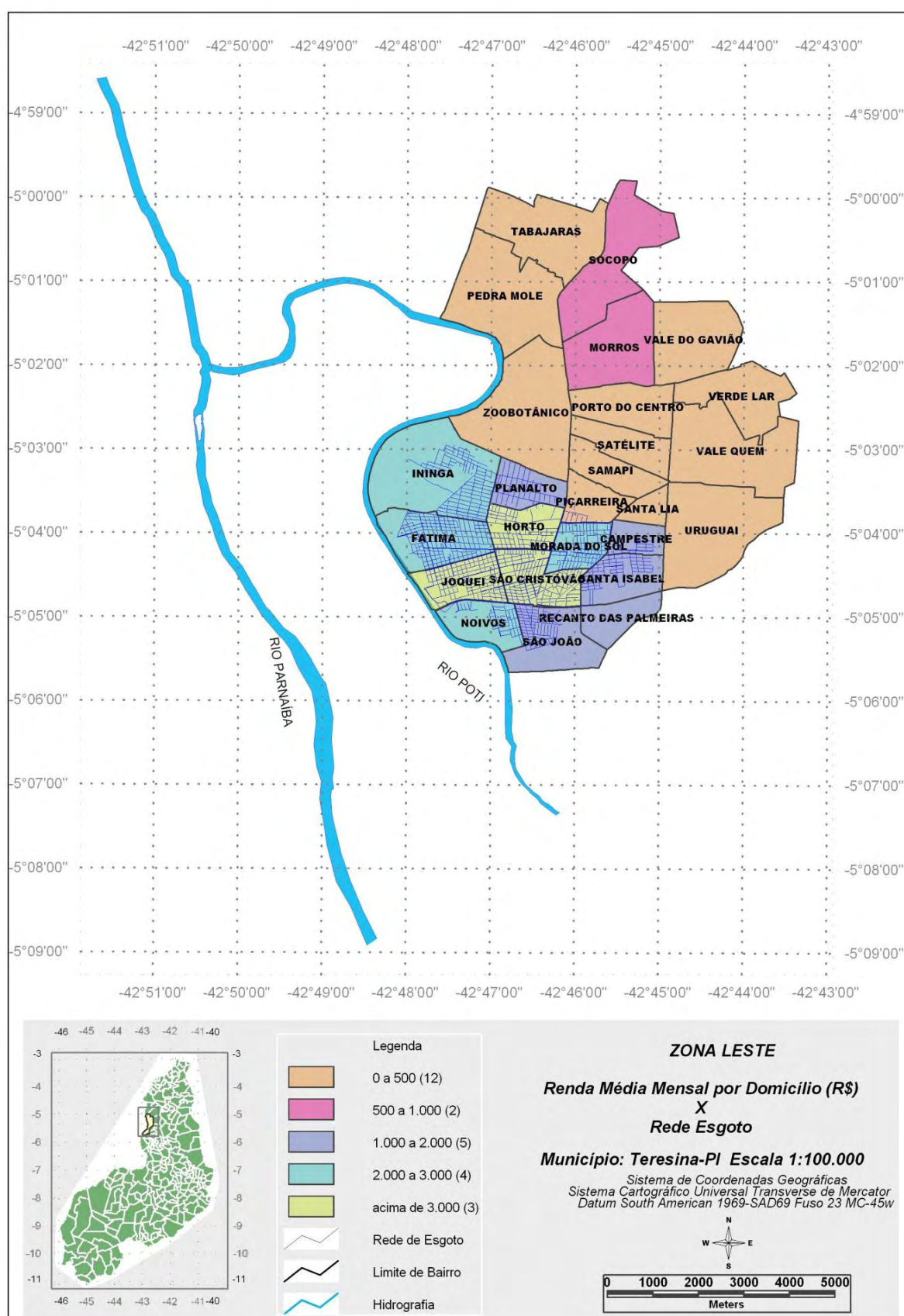
**Figura 48:** Zona Leste: rede de esgoto sanitário  
 Fonte: AGESPISA (2009), elaborado por Arcoverde, D.

As fossas sépticas são bastante disseminadas entre os bairros da zona investigada (Figura 49). Elas surgem como alternativa de solução popular e vão complementando os espaços deixados pela ausência da rede coletora, uma vez que 64% (19.917) dos domicílios dispõem de uma unidade local de disposição de esgotos. Entretanto, considerando a densidade demográfica (20,86 habitantes/ha) e o fato de, em alguns bairros, o abastecimento de água ser feito a partir de poços artesianos, a adoção disseminada de fossas sépticas pode constituir risco elevado tanto ao meio ambiente quanto, em especial, à saúde da população.

Quando confrontadas a renda média por domicílio e a rede de esgotamento sanitário (Figura 50), podemos constatar que, nos bairros de maior renda média por domicílio, como Jóquei Clube (R\$ 4.559,49), Fátima (R\$ 2.694,29), Ininga (R\$ 2.515,34), Morada do Sol (R\$ 2.793,60) e São Cristóvão (R\$ 3.073,58), é onde se encontra grande parte da rede de esgotos da Zona Leste. O índice de atendimento nesses bairros é superior a 80%, enquanto nos bairros com renda média mensal por domicílio mais baixa esse índice cai a 0%. Interessante notar que esses bairros sem atendimento são exatamente aqueles que detêm a maior parcela da população, ou seja, mais uma vez é patente a discriminação dos serviços de saneamento. Assim, cerca de quinze bairros, com 85.000 de um total de 132.340 moradores da Zona Leste de Teresina, não têm acesso ao serviço de coleta de esgoto em sua residência.



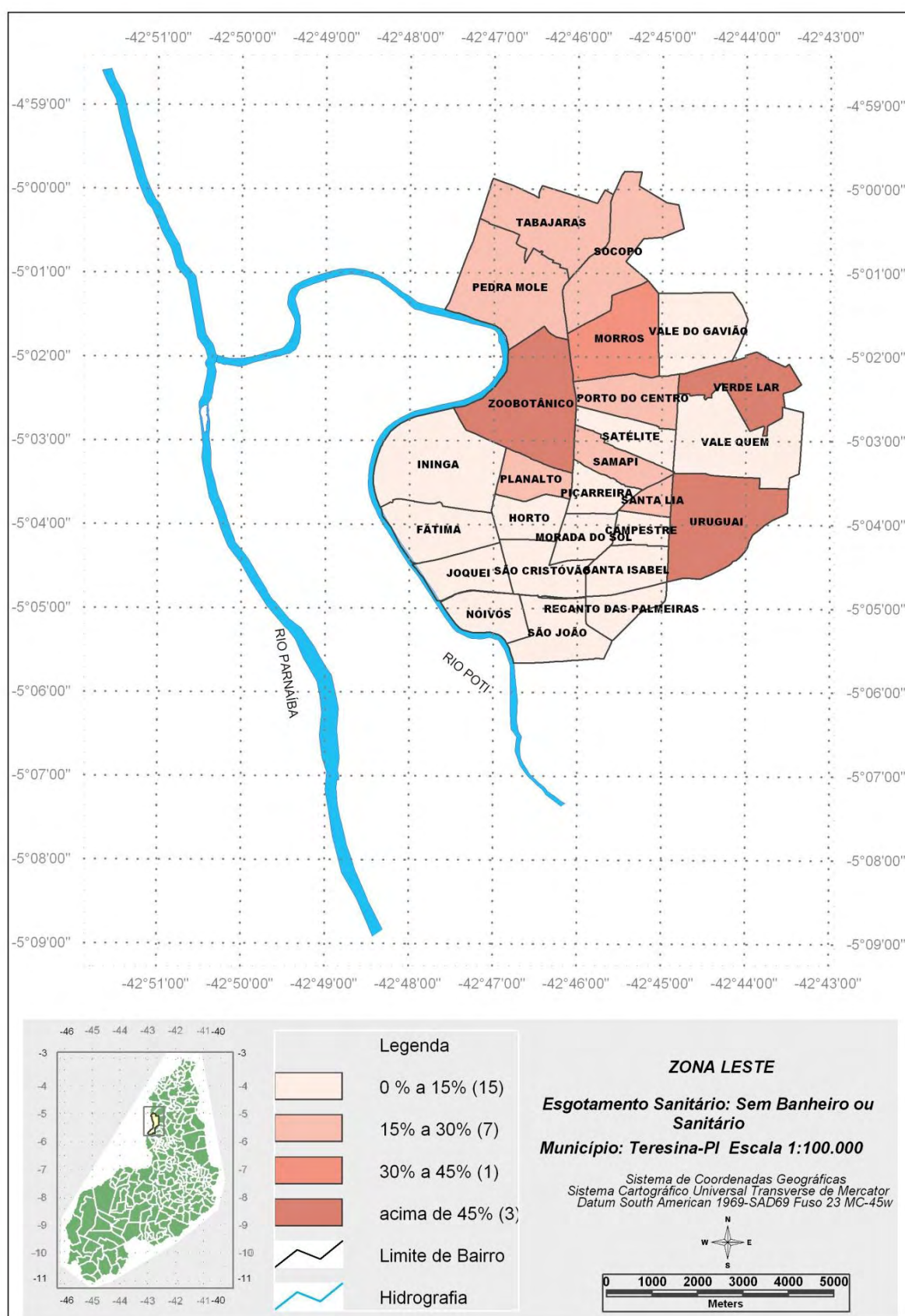
**Figura 49:** Zona Leste: fossas sépticas por bairros.  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



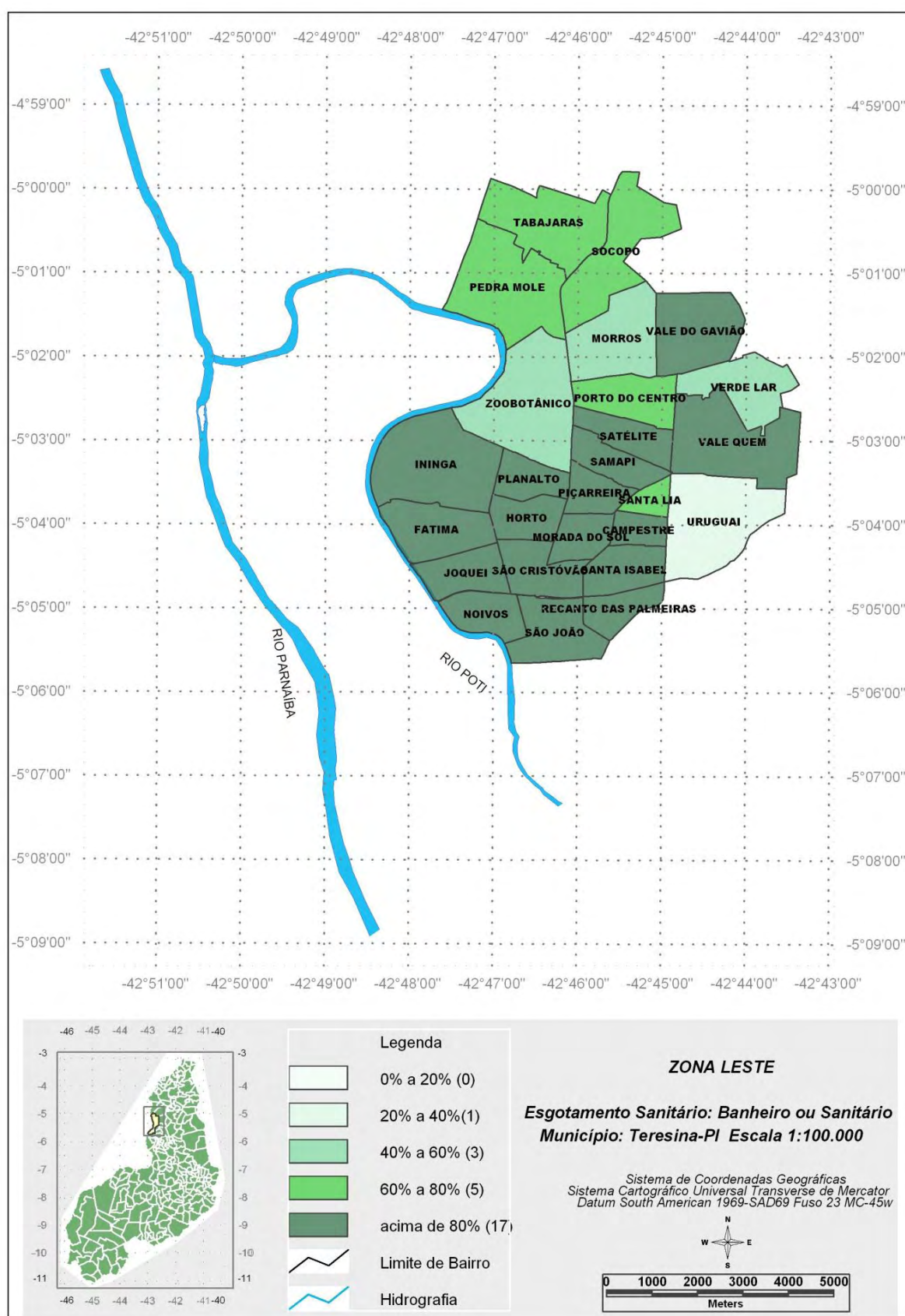
**Figura 50:** Zona Leste: rede geral de esgoto X renda média mensal por bairros  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

É importante registrar ainda que 14% dos domicílios da Zona Leste de Teresina (cerca de 4.400 domicílios) não estão equipados sequer com um banheiro ou sanitário (Figuras 51 e 52). No bairro Verde Lar, por exemplo, esse percentual atinge 59,40%, enquanto no Jóquei Clube, bairro de maior renda mensal por domicílio, esse percentual é de 0,65%. Isso demonstra que a gravidade na situação do saneamento básico na região também está vinculada a um grande percentual de habitações precárias, indicando que, em bairros mais pobres, a solução do saneamento local precisa estar articulada a ações de melhoria habitacional.

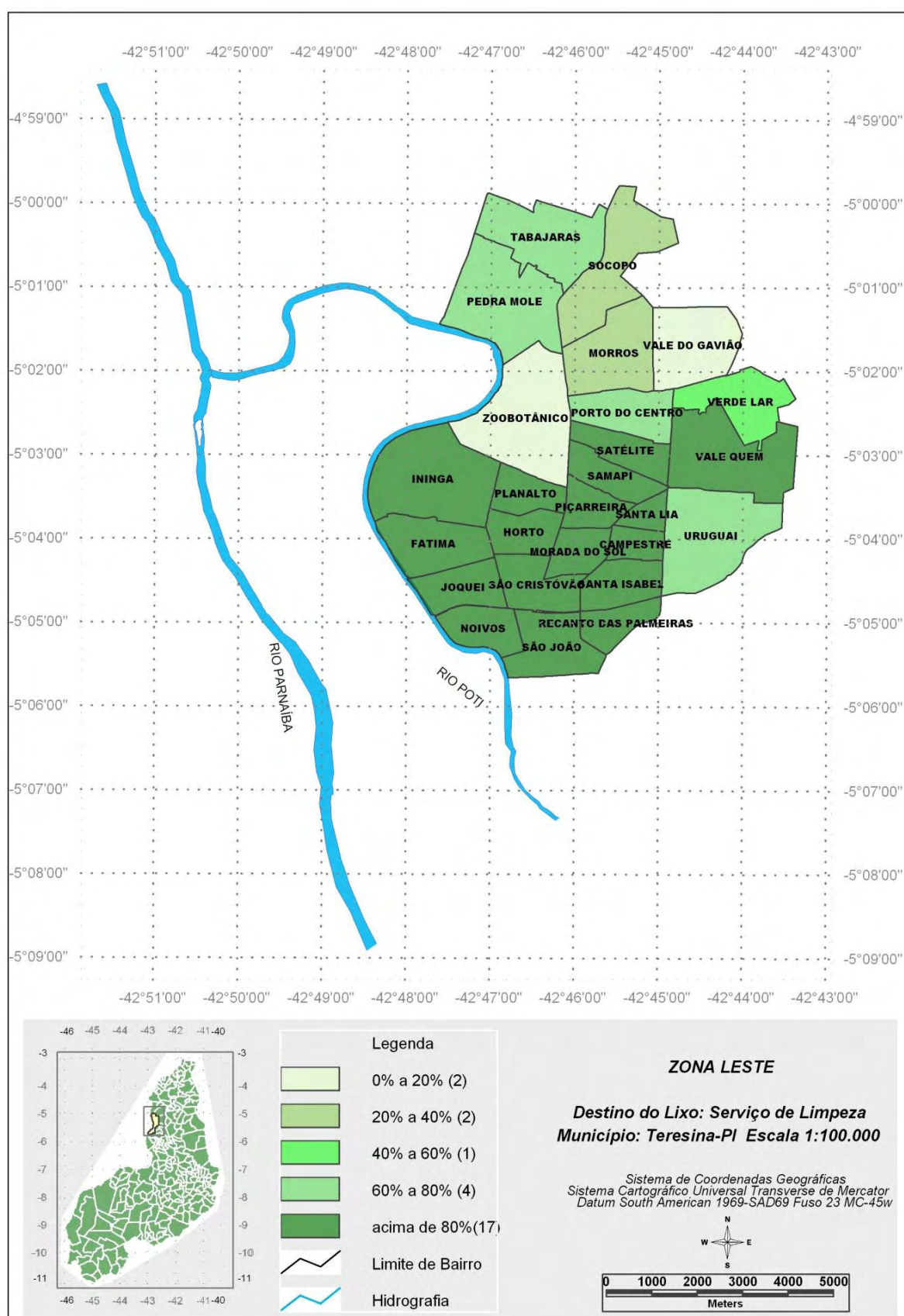
Por seu turno, o sistema de coleta domiciliar de lixo encontra-se em boa situação na Zona Leste, já que 85% dos domicílios têm o lixo coletado por serviço de limpeza pública (Figuras 53 e 54), muito embora antigas práticas de destinação do lixo, mais comuns em áreas rurais, ainda persistam em alguns bairros. Cerca de 15% dos domicílios da Zona Leste ainda têm seu lixo queimado ou enterrado na propriedade, sendo que a desigualdade também persiste nesse setor, já que, em bairros como Morros, Socopo, Verde Lar e Zoobotânico, o percentual de lixo queimado ou enterrado na propriedade vai além de 60%. Chama a atenção, inclusive, que, em bairros mais ricos, como o Jóquei Clube, ainda se adote a prática de depositar os resíduos sólidos em terrenos baldios e logradouros.



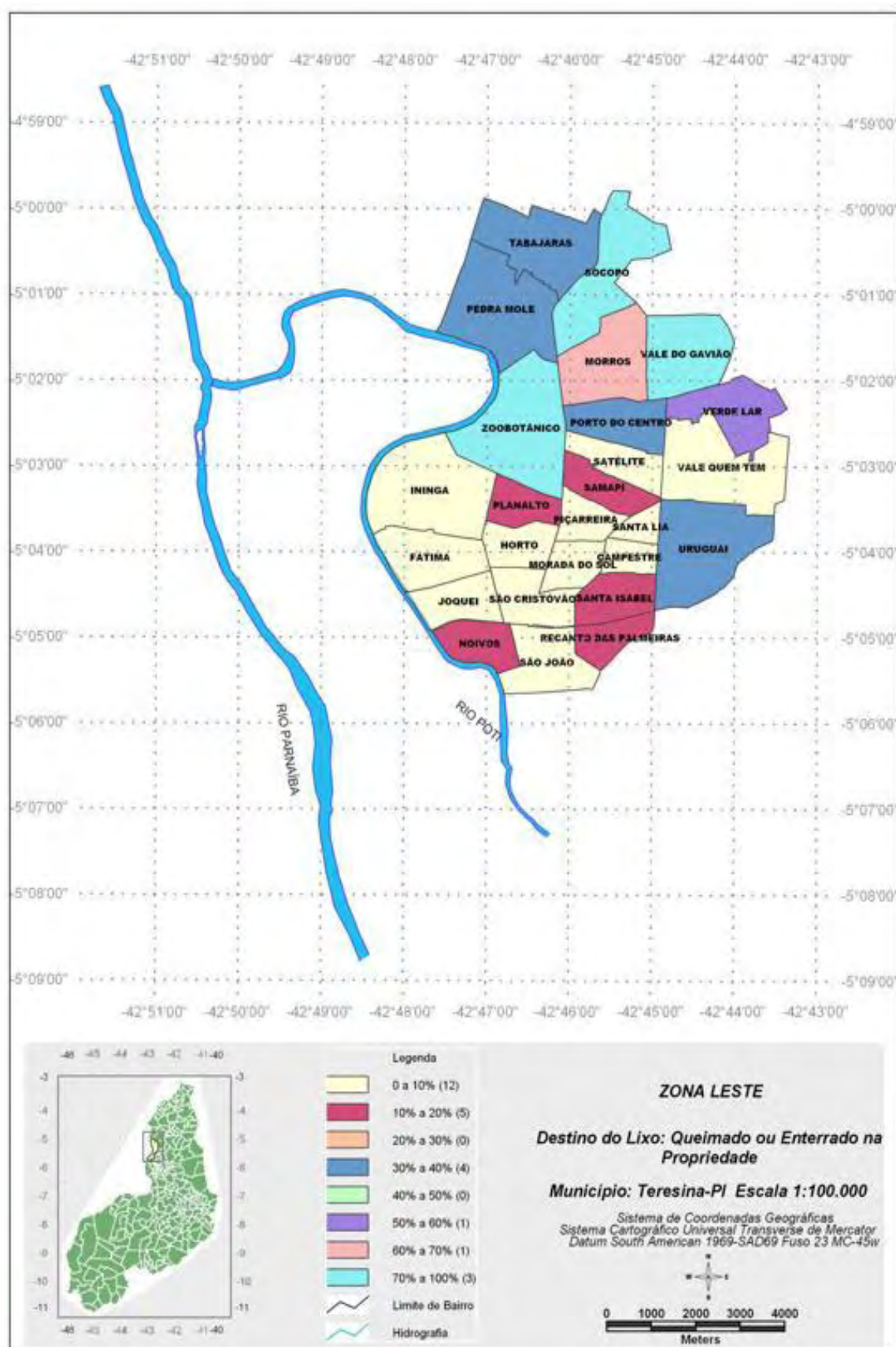
**Figura 51:** Zona Leste: domicílios particulares permanentes sem banheiro ou sanitário por bairros  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



**Figura 52:** Zona Leste: domicílios particulares permanentes com banheiro ou sanitário por bairros  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



**Figura 53:** Zona Leste: destino do lixo – serviço de limpeza por bairros  
 Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.



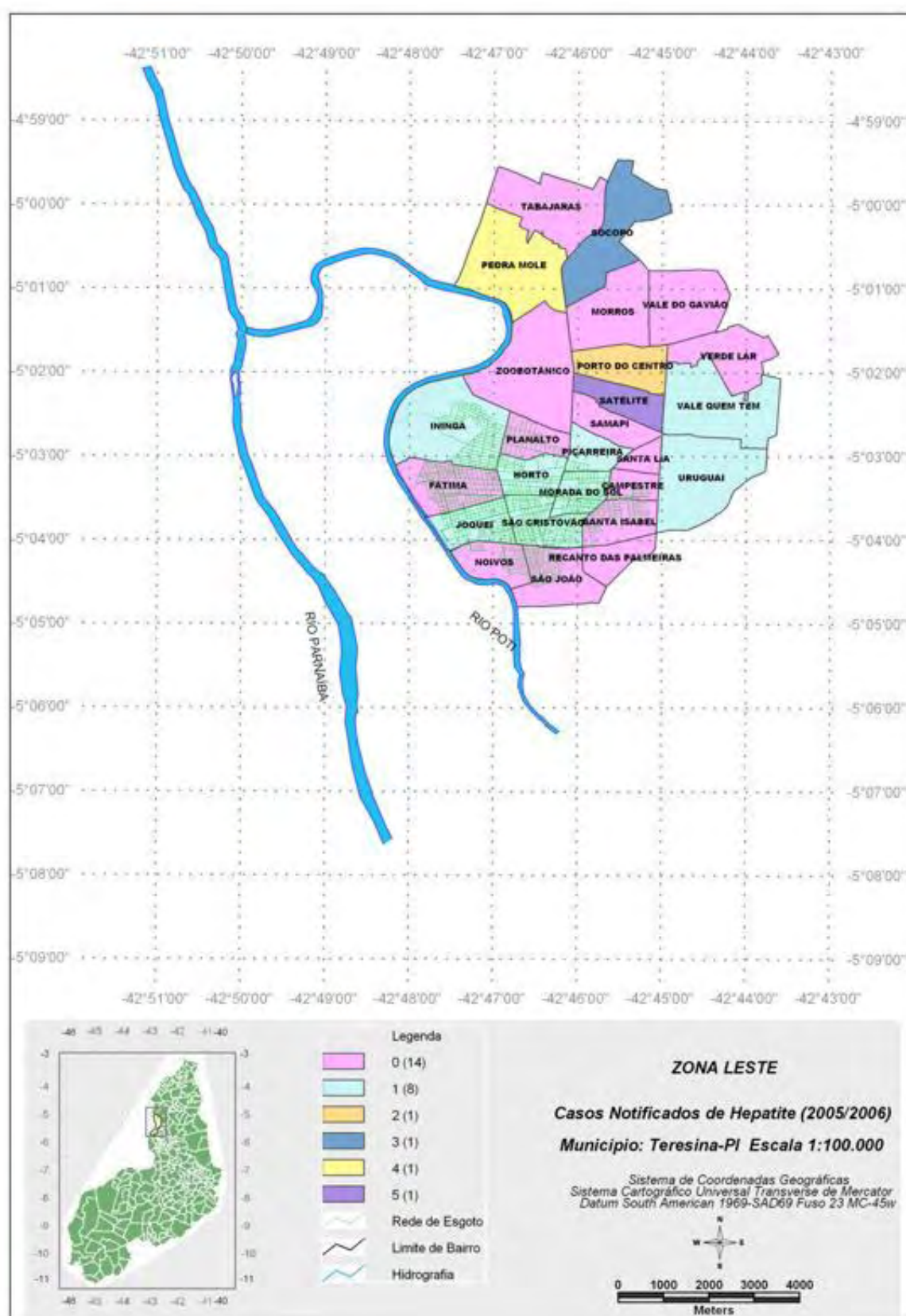
**Figura 54:** Zona Leste: destino do lixo – queimado ou enterrado na propriedade  
Fonte: IBGE (2000), elaborado por Arcoverde, D.

Com relação aos aspectos sanitário-epidemiológicos, na Zona Leste, as notificações de hepatite referem-se às especificações A e E. Obviamente que o registro de casos dessa doença não é necessariamente exclusivo para indicar a relação causa-efeito, pois, em áreas urbanas, a distribuição espacial e temporal dos casos de uma doença pode ser influenciada por uma combinação de fatores geográficos, climáticos, biológicos e antrópicos. Usualmente, estatísticas dos casos da doença e de algumas co-variáveis estão disponíveis como dados agregados definidos sobre as unidades geopolíticas, como, por exemplo, setor censitário, bairro ou região administrativa. A variação espacial da doença pode ser significativa ainda dentro dessas áreas. Por outro lado, em função da alta prevalência da doença estar associada a precárias condições socioeconômicas, principalmente de higiene e de saneamento, constitui-se em um indicador das condições sanitárias da população. Assim, a melhoria dessas condições pode reduzir a transmissão pessoa a pessoa, diminuindo sua força de infecção.

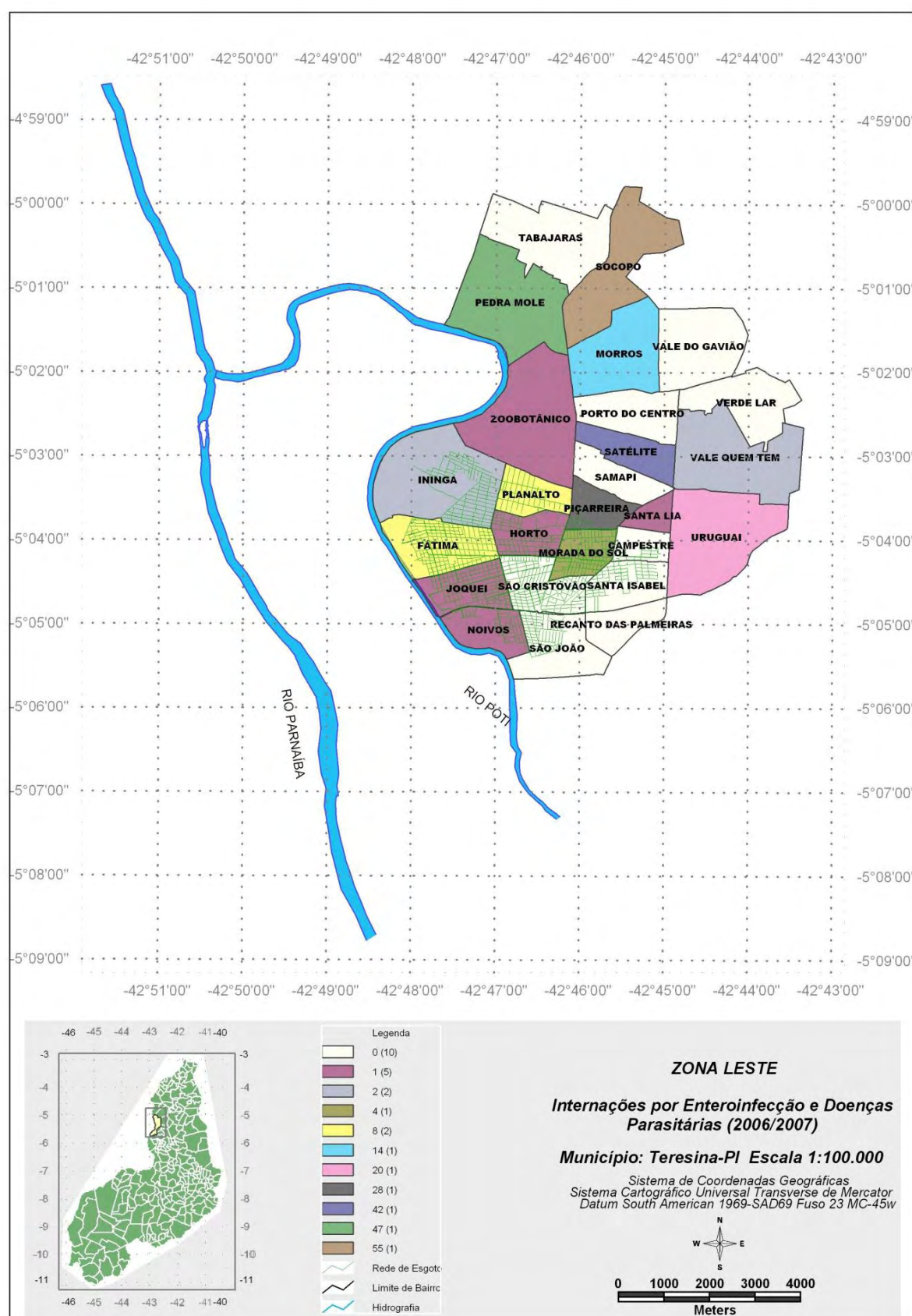
Nos anos 2005 e 2006, observaram-se 22 notificações de casos de hepatite na Zona Leste (Figura 55), sendo 5 notificações (22,7%) em bairros com rede coletora de esgotos e 17 notificações (77%) em bairros sem rede coletora.

Em relação às internações por enteroinfecções e doenças parasitárias, na Zona Leste, observaram-se 235 casos nos anos 2006 e 2007. Nos bairros contemplados com rede coletora de esgotos, esse número chegou a 25, portanto 10,6% dos casos, enquanto que, nos bairros sem rede coletora, o número de internações elevou-se para 210, ou 89,4% (Figura 56). Nesse caso, a situação é bem realista, pois se trata de casos de internações com números preocupantes e que expressam a disparidade na qualidade de vida nas áreas objeto desta pesquisa.

Percebe-se, portanto, a influência da água e seu ciclo para a qualidade de vida das pessoas, mas apenas ter água não é suficiente para as necessidades existentes: é imprescindível ter água potável e tratada, coleta e tratamento de esgotos. Resumindo, é necessário ter saneamento básico.



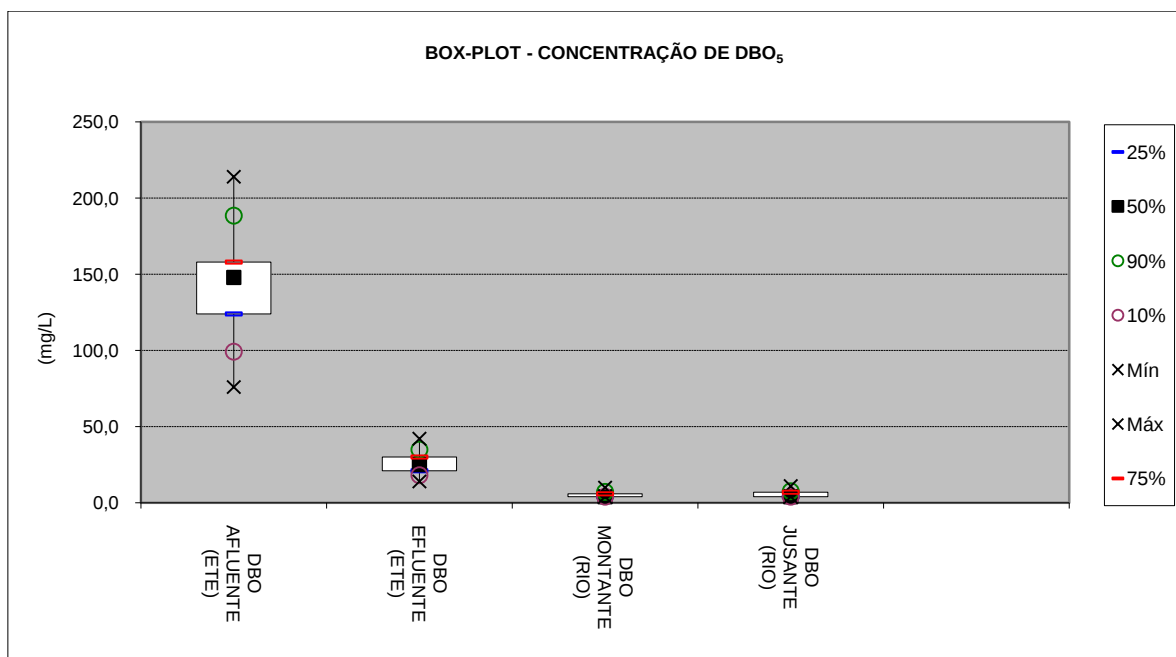
**Figura 55:** Zona Leste: notificações dos casos de hepatite X rede coletora de esgoto por bairros  
Fonte: AGESPISA (2008), PMT/FMS (2005 e 2006), elaborado por Arcoverde, D.



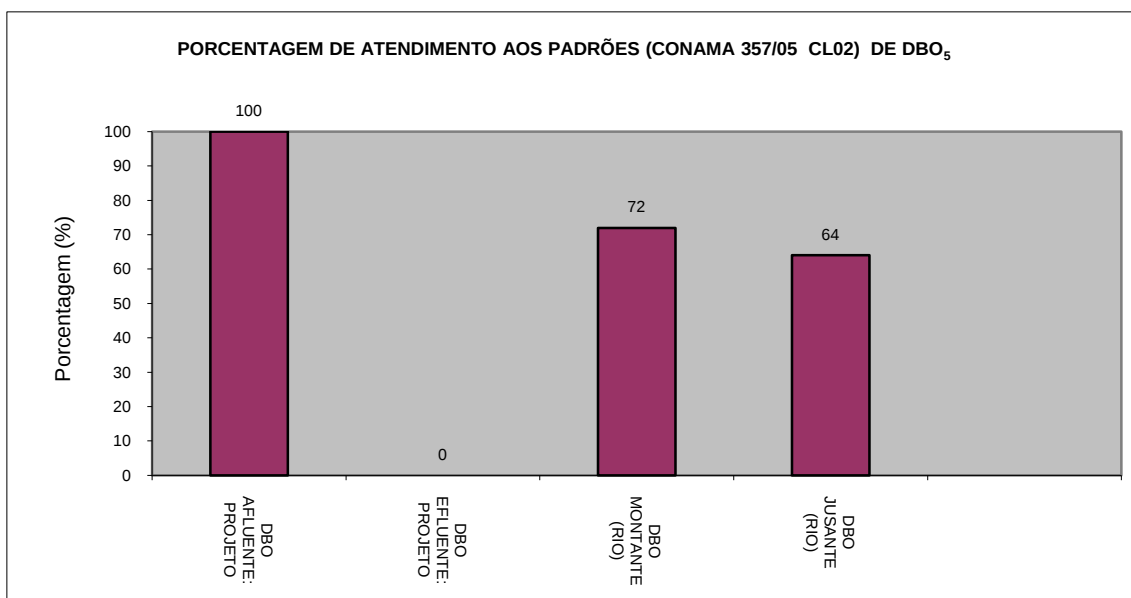
**Figura 56:** Zona Leste: internações por enteroinfecções e doenças parasitárias X rede coletora de esgoto por bairros  
 Fonte: AGESPISA (2008), PMT/FMS (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.

No que se refere ao tratamento do esgoto e à qualidade da água do rio Poti a montante e a jusante do ponto de lançamento da ETE-Leste, as análises dos dados de  $\text{DBO}_5$ , coliformes fecais e oxigênio dissolvido apresentam as seguintes condições.

A  $\text{DBO}_5$  é o parâmetro usado para o controle de poluição das águas por matéria orgânica. No campo do tratamento de esgotos, é um parâmetro importante no controle das eficiências das estações tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios quanto nas de tratamentos físico-químicos. As figuras 57 e 58 ilustram as concentrações (nos esgotos bruto e tratado) de  $\text{DBO}_5$  na ETE-Leste, bem como no rio Poti, a montante e a jusante do ponto de lançamento do esgoto tratado.



**Figura 57:** Comportamento da concentração de  $\text{DBO}_5$  na ETE-Leste e no rio Poti.  
Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.



**Figura 58:** Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA 357/05) da concentração  $DBO_5$  na ETE-Leste e no rio Poti.

Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.

\* As estatísticas computam o percentual de valores inferiores ao limite do padrão

Nas figuras 57 e 58, podemos verificar o seguinte:

- A concentração de  $DBO_5$  afluyente apresentou uma concentração média de 144 mg/l, portanto inferior à concentração de projeto, que é de 312,5 mg/L.
- 100% dos valores das concentrações de  $DBO_5$  afluyente são inferiores à concentração de projeto, 312,5 mg/L.
- A concentração de  $DBO_5$  efluente apresentou uma média de 26 mg/L, portanto superior à concentração de projeto que é de 3,65 mg/L. A mínima foi de 14 mg/L, e a máxima de 42 mg/L.

Como o Piauí não possui uma legislação estadual sobre padrões de lançamento nos corpos receptores, para a análise desses padrões, no caso da concentração de  $DBO_5$  da ETE-Leste, consideramos como instrumento legal o Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976, do Estado de São Paulo, que aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, a qual dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente, prevendo em seu artigo 18:

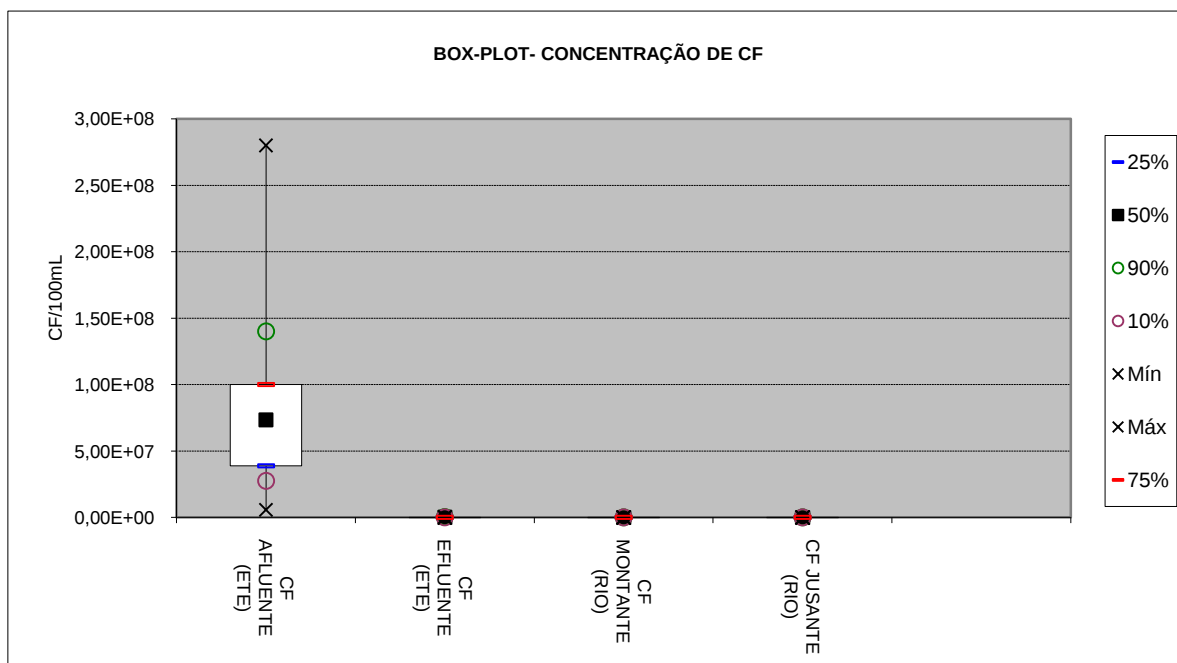
“Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedecem às seguintes condições: DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligrama por litro). Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento) ”. (SÃO PAULO, 1976, p. 145)

Assim, apesar da eficiência de remoção da DBO<sub>5</sub> na ETE-Leste ser inferior à estabelecida no projeto, podemos considerar o lançamento do efluente como dentro dos padrões, já que a concentração média de DBO<sub>5</sub> efluente foi de 26 mg/L, e sua remoção é superior a 80%.

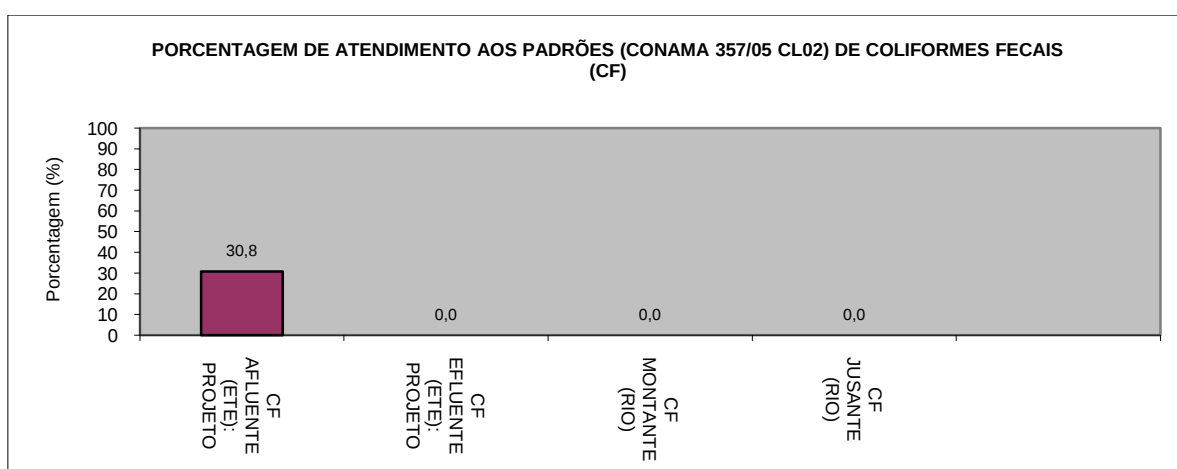
- A eficiência média de remoção de DBO<sub>5</sub> na ETE-Leste foi de 81,5%, portanto inferior à eficiência de projeto, 98,83%.
- A concentração média de DBO<sub>5</sub> no rio Poti a montante do ponto de lançamento do esgoto tratado da ETE-Leste é de 5 mg/L, sendo que 72% dos valores estão abaixo do limite e atendem ao padrão CONAMA 357/05 para Classe 2,  $\leq 5$  mg/L.
- A concentração média de DBO<sub>5</sub> no rio Poti a jusante do ponto de lançamento do esgoto tratado de ETE leste é de 5 mg/L, sendo que 64% dos valores estão abaixo do limite e atendem ao padrão CONAMA 357/05 para Classe 2,  $\leq 5$  mg/L.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, sendo associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme “total”, pois as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. Desse modo, a determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desinteria bacilar e cólera.

As figuras 59 e 60 ilustram as concentrações de coliformes fecais nos esgotos (bruto e tratado) da ETE-Leste, bem como no rio Poti a montante e a jusante do ponto de lançamento de esgoto tratado.



**Figura 59:** Comportamento da concentração de CF na ETE-Leste e no rio Poti.  
 Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.



**Figura 60:** Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA 357/05) da concentração de CF na ETE-Leste e no rio Poti.

Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.

\* As estatísticas computam o percentual de valores inferiores ao limite do padrão

Analisando as figuras 59 e 60, podemos verificar o seguinte:

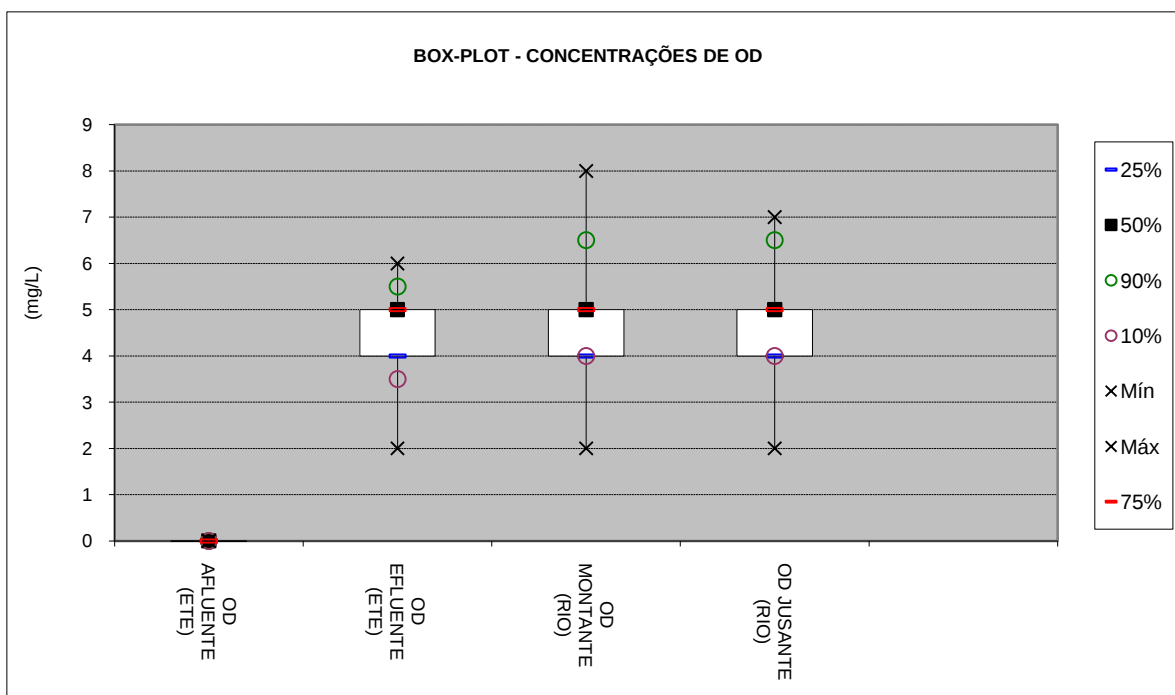
- A concentração média de CF afluente à ETE-Leste é de  $8,12 \times 10^7$  CF/100mL, praticamente igual à concentração média de projeto,  $4 \times 10^7$  CF/100mL.
- 30,8% dos valores de concentração de CF afluente são inferiores à concentração de projeto.

- A concentração de CF efluente apresentou uma média de  $1,35 \times 10^5$  CF/100mL, bastante superior à de projeto, que é de  $4,4 \times 10^2$  CF/100mL. Todos os valores da concentração de CF efluente ficaram acima da estabelecida em projeto: 90% abaixo de  $2,45 \times 10^5$  CF/100mL e 75% abaixo de  $1,83 \times 10^5$  CF/100mL.
- A eficiência média de remoção de CF na ETE-Leste foi de 99,69%, portanto inferior à eficiência de projeto, que é de 99,99%.
- A concentração média de CF no rio Poti a montante do ponto de lançamento do esgoto tratado da ETE-Leste é de  $1,39 \times 10^4$  CF/100 mL, com todos os valores superiores ao padrão CONAMA 357/05 para Classe 2, que é de  $10^3$  CF/100mL.
- A concentração média de CF no rio Poti a jusante do ponto de lançamento do esgoto tratado de ETE leste é de  $2,38 \times 10^4$  CF/100 mL, com todos os valores superiores ao padrão CONAMA 357/05 para Classe 2, que é de  $10^3$  CF/100mL.

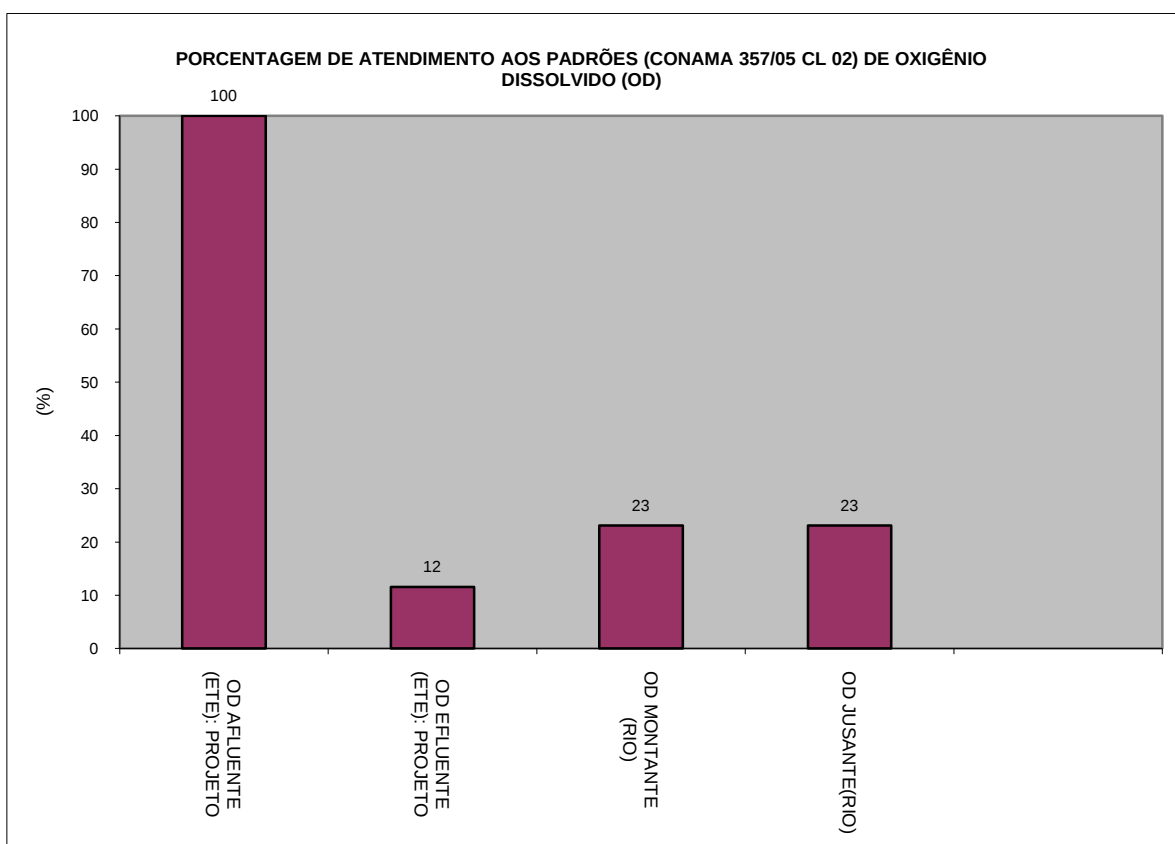
Uma das mais importantes medidas da qualidade da água é o teor de oxigênio dissolvido, que intervém em muitas reações químicas e biológicas da dinâmica do ecossistema, sendo indispensável ao metabolismo respiratório de grande parte dos seres vivos. O gás entra na água por meio de trocas com a atmosfera e da fotossíntese aquática. A determinação do oxigênio dissolvido é, pois, de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais, como a eutrofização e a poluição orgânica. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias, nos seus processos respiratórios, fazem uso do oxigênio, podendo causar uma redução desse gás no meio.

A referência normativa indica valores de 5 mg/L para rios Classe 02. Assim sendo, aqueles valores que estão próximos do limite superior podem indicar a presença de algas, enquanto que valores mais baixos para OD significam a presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos. Inicialmente, no esgoto bruto (afluente), as concentrações de oxigênio dissolvido são nulas.

As figuras 61 e 62 ilustram as concentrações de oxigênio dissolvido nos esgotos (bruto e tratado) da ETE-Leste, bem como no rio Poti a montante e a jusante do ponto de lançamento de esgoto tratado.



**Figura 61:** Comportamento da concentração de OD na ETE-Leste e no rio Poti.  
 Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.



**Figura 62:** Porcentagem de atendimento aos padrões (Resolução CONAMA 357/05) da concentração de OD na ETE - Leste e no rio Poti.  
 Fonte: AGESPISA (2006 e 2007), elaborado por Arcoverde, D.

\* As estatísticas computam o percentual de valores inferiores ao limite do padrão

Analizando as figuras 61 e 62, podemos verificar o seguinte:

- A concentração média de OD no efluente tratado é de 5 mg/L, com um valor mínimo de 2 mg/L e máximo de 6 mg/L.
- 12% dos valores das concentrações de OD no efluente tratado situam-se abaixo de 5 mg/L.
- A concentração média de OD no rio a montante é de 5 mg/L, com mínima de 2 mg/L e máxima de 8 mg/L, sendo que 23% dos valores se encontram abaixo do limite padrão da resolução CONAMA 357/05 para Classe 2,  $\geq 5$  mg/L.
- A concentração média de OD no rio a jusante é de 5 mg/L, com mínima de 2 mg/L e máxima de 7 mg/L, sendo que 23% dos valores se encontram abaixo do limite padrão da resolução CONAMA 357/05 para Classe 2,  $\geq 5$  mg/L.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de um processo de segregação sócioespacial pode ser evidenciado em parte da Zona Leste de Teresina – criando um “diferencial urbano” para alguns desses bairros dotados pelo poder público com equipamentos urbanos (rede de água e rede de esgotamento sanitário) com qualidade e em quantidade diferenciada. Tal área é habitada por população de nível econômico elevado cuja expressão dessa diferença é o alto padrão residencial.

Do ponto de vista dos resultados deste estudo, observa-se que o aspecto mais crítico do saneamento nos bairros da região estudada está indubitavelmente relacionado às condições de esgotamento sanitário. Nesse setor, a situação é de fato alarmante quando se observam especialmente os números da pesquisa. Ao analisarmos os dados do Censo Demográfico do ano 2000 (IBGE), verificamos ser inquestionável que a baixa cobertura produzida pelo sistema de esgotamento sanitário na Zona Leste de Teresina é o principal aspecto do problema ambiental verificado nesse espaço urbano em grande parte sem acesso a esse tipo de serviço.

Como pode ser facilmente constatado, o percentual de domicílios atendidos é muito baixo (35%). Com uma população de 132.340 habitantes, esse índice é bem inferior ao índice de atendimento de cidades que apresentam a mesma faixa populacional. Segundo o próprio Censo Demográfico (IBGE, 2000), o percentual de atendimento em cidades acima de 100.000 habitantes chega a ser de 53,8%.

Nesse universo de domicílios não atendidos por rede coletora de esgotos, podemos estimar que somente 44.000 habitantes (35%) usufruem desse tipo de serviço, em detrimento de outros 88.000 habitantes (65%), que sofrem com a falta de acesso a esse benefício. Para estes, a alternativa encontrada é a utilização de fossas sépticas ou o afastamento do esgoto para logradouros públicos e até mesmo o escoamento a céu aberto, tornando-se fonte de difusão de doenças, mercê da grande proliferação de vetores nessas regiões.

As fossas sépticas, utilizadas em larga escala como alternativas para processar o esgoto não alcançado pela rede coletora do sistema público constituem um tratamento primário, com baixa eficiência de remoção de matéria orgânica, sendo frequentemente adotado um sistema complementar de tratamento, do tipo infiltração no solo (sumidouros e valas de infiltração). Essa alternativa é usada extensivamente em qualquer tipo de terreno cuja saturação pode causar o

extravasamento do esgoto bruto ou a interação com os lençóis d'água subterrâneos, com riscos ambientais potenciais nesse processo.

Já o esgoto doméstico que escoar a céu aberto e flui pelas sarjetas deriva para as galerias de águas pluviais e têm acesso direto aos corpos receptores, entre os quais o rio Poti, lançando grandes volumes de dejetos *in natura* nesse curso d'água que cruza a zona urbana de Teresina. A contribuição de esgotos *in natura* como carga poluente lançada em um corpo d'água implica que a matéria orgânica objeto da depuração por microrganismos presentes no meio influirá na queda dos níveis de oxigênio dissolvido e, por consequência, no equilíbrio do ecossistema local. Os esgotos brutos lançados no rio Poti proporcionam o aporte de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, criando condições propícias ao processo de eutrofização, caracterizado pela rápida proliferação de plantas aquáticas, como os aguapés. Os efluentes dos esgotos tratados da ETE-Leste também contribuem para o processo de eutrofização que se verifica a jusante dessa estação, já que eles contêm fósforo, nitrogênio e algas.

O déficit dos serviços de saneamento básico na Zona Leste de Teresina, sobretudo quanto à falta de coleta e tratamento dos resíduos líquidos, resulta em grande degradação ambiental, com o comprometimento da qualidade das águas do rio Poti, havendo perdas significativas da qualidade para o abastecimento humano e se restringindo o seu aproveitamento para o lazer, a recreação e demais usos, inclusive como insumo ao processo produtivo, além de afetar a saúde da população.

O problema do saneamento básico é mais grave junto às populações mais vulneráveis habitantes dos bairros de extratos socioeconômicos menos privilegiados, excluídas dos benefícios oriundos do processo de desenvolvimento, ficando elas mais suscetíveis aos riscos decorrentes da insalubridade do meio físico e, consequentemente, às doenças de saneamento. Exatamente por isso, aumentar os investimentos para a universalização dos serviços de saneamento básico nos bairros da Zona Leste de Teresina é medida fundamental para fornecer água adequada às populações carentes e prover os aglomerados urbanos dos serviços de coleta e tratamento de efluentes sanitários.

Essas ações induzem redução de gastos com a saúde pública, promovem melhorias na qualidade de vida da população, trazem benefícios econômicos, além de proteger a diversidade nos ecossistemas hídricos. Assim, a meta da universalização de serviços básicos como o abastecimento de água e a destinação

dos esgotos sanitários passa necessariamente a requerer o atendimento à demanda ambiental, sobretudo para o equacionamento dos graves problemas de poluição.

Há necessidade, portanto, de que sejam implementadas medidas cujas ações mitigadoras estabeleçam um novo e favorável quadro no saneamento básico dos bairros da Zona Leste de Teresina, tais como:

- Complementação da rede de abastecimento de água, com atendimento dos 8% de domicílios carentes de rede geral de água.
- Ampliação da rede coletora de esgotos, perseguindo, na medida do possível, os preceitos da universalização desse serviço e a eliminação do uso de fossas sépticas.
- Adoção de programa para confecção e fornecimento de banheiro ou sanitário para os 14% de domicílios que não possuem esse equipamento.
- Implantação, na Estação de Tratamento ETE-Leste, de um sistema de gestão ambiental capaz de dotar essa estação de procedimentos e processos sistematizados.
- Implemento de ações que contribuam para a melhoria da qualidade do corpo receptor (rio Poti), mantendo sempre o efluente tratado em condições de não oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente, respeitando seu enquadramento segundo os dispositivos legais normativos vigentes.
- Levantamento sistemático, nos bairros, da Zona Leste, das fontes poluidoras do rio Poti com esgotos *in natura*, para controle e planejamento de medidas mitigadoras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICALIL, M.T. Presidência da República. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano – SEDU/PR. **O Pensamento do Setor Saneamento no Brasil**: perspectivas futuras. Brasília. Ministério das Cidades, 2002. (Série Modernização do Setor Saneamento, v.16). Disponível em: <http://www.pmss.gov.br/pmss/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=47>. Acesso em: 04 de julho de 2008.

ABREU, Irlane Gonçalves. **O Crescimento da Zona Leste de Teresina** – Um Caso de Segregação? Teresina: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Piauí, 1983.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Saneamento Básico: Situação Atual**. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/6-1Saneamento4\\_04\\_03.pdf](http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/6-1Saneamento4_04_03.pdf). Acesso em: 15 de junho de 2008.

ÁGUA e Cidade. **Dossiê do Saneamento – Esgoto é Vida**: pela incorporação da coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário na agenda de prioridades dos municípios brasileiros. 4. ed. São Paulo: Cediaplac, 2006.

ÁGUAS E ESGOTOS DO PIAUÍ S/A – AGESPISA. Coordenação de Operação e Tratamento de Esgotos – COTES. **Relatório de análises mensais – ETE Leste**. Teresina, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9648**. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. São Paulo, 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 9649**. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. São Paulo, 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 12207**. Projeto de interceptores de esgoto sanitário. São Paulo, 1992.

BARATTA, Cleto Augusto Monteiro. **Caracterização do Esgotamento Sanitário de Teresina**: Eficiência, Restrições e Aspectos Condicionantes. 2004. 215 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**: o Desafio do Desenvolvimento Sustentável. 2. ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA ARQUITETURA E AGRONOMIA DO ESTADO DO PIAUÍ – CREA/PI. **Carta Náutica do Encontro dos Rios Poti e Parnaíba**. Teresina, 2002.

CRESPO, Patrício Gallegos. **Sistemas de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

EMPRESA TERESINENSE DE PROCESSAMENTO DE DADOS – PRODATER. QUICK BIRD: **Imagem de Satélite**. Resolução Espacial: 0,60 m. Teresina, 2005.

FAÇANHA, Antônio Cardoso. **A Evolução Urbana de Teresina**: Agentes, Processos e Formas Espaciais da Cidade. 1998. 233 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

FONSECA, Patrícia Weibert. **Avaliação do Desempenho e Caracterização de Parâmetros em Lagoas Facultativas e de Maturação**. 2005. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico do ano 2000**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 14 de abril de 2008.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do ano 2000**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 24 de junho de 2008.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO 357, de 17 de Março de 2005**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2008.

NERI, Marcelo Cortes (coord.). **Trata Brasil**: Saneamento e Saúde. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas - FGV/Centro de Políticas Sociais - CPS, 2007. Disponível em: [www.fgv.br/cps/tratabrasil5/](http://www.fgv.br/cps/tratabrasil5/). Acesso em: 08 de agosto de 2009.

NOZAKI, Victor Toyoji. **Análise do Setor de Saneamento Básico no Brasil**. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NUVOLARI, Ariovaldo et al. **Esgoto Sanitário**: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola. São Paulo: Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC, 2003.

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SOARES, Jaqueline Maria. **Rede Coletora de Esgoto Sanitário**: Projeto, Construção e Operação. Belém: Editora da Universidade do Pará/EDUFPA, 2006.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **LEI Nº 11.445 de 05 de Janeiro de 2007**. Brasília, 2007. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 07 de agosto de 2008.

\_\_\_\_\_. **LEI Nº 8.987 de 13 de Fevereiro de 1995**. Brasília, 1995. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/L8987cons.htm). Brasília, 1995. Acesso em: 07 de agosto de 2008.

SALES, Maria do Socorro Teixeira Mello. **Educação Ambiental**: A preservação do verde na zona urbana de Teresina - Pí. 2004. 217 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

SANCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo. Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, André Bezerra. **Avaliação Técnica de Sistemas de Tratamento de Esgotos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil - BNB, 2007.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468**, de 08 de setembro de 1976. Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, a qual dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Disponível em [http://www.unesp.br/pgr/pdf/decreto\\_8468\\_1976.pdf](http://www.unesp.br/pgr/pdf/decreto_8468_1976.pdf). Acesso em: 08 de agosto de 2009.

SOUSA, Ana Cristina Augusto. Por uma Política de Saneamento Básico: A Evolução do Setor no Brasil. **Revista de Ciência Política**, Rio de Janeiro, v.30, 2006. Disponível em [www.achegas.net/número30/ana\\_cristina\\_30.pdf](http://www.achegas.net/número30/ana_cristina_30.pdf). Acesso em: 04 de dezembro de 2008.

TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina. **Projeto Lagoas do Norte**. Adequação da Concepção Proposta do Sistema de Esgotamento Sanitário de Teresina ao Programa Lagoas do Norte. Teresina, 2004.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de Teresina. Fundação Municipal de Saúde - FMS. **Casos de hepatite em Teresina: Frequência por ano da notificação segundo bairros residenciais**. Teresina, 2008.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de Teresina. Central Geral do Sistema Único de Saúde - CGSUS. **Internações por enteroinfecção e doenças parasitárias por bairros da Zona Leste**. Teresina, 2008.

\_\_\_\_\_. Prefeitura Municipal de Teresina. Plano de Desenvolvimento Sustentável de Teresina – **Teresina Agenda 2015**. Teresina, 2002.

VIANA, Bartira Araújo da Silva. O Sentido da Cidade: Entre a Evolução Urbana e o Processo de Verticalização. **Carta Cepro**, Teresina, v. 23, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias** - Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. v. 1.

\_\_\_\_\_. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lagoas de Estabilização.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. v. 3.

**ANEXOS**

## **ANEXO 1**

**Censo Demográfico (ano 2000) dos bairros da Zona Leste de Teresina.**

Domicílios particulares permanentes: população, área, densidade populacional, número de domicílios e média de moradores por domicílio

| <b>Bairros</b>           | <b>População</b> | <b>Área<br/>(ha)</b> | <b>Densidade<br/>(hab/ha)</b> | <b>Domicílios</b> | <b>Média de moradores<br/>por domicílio</b> |
|--------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|
| Campestre                | 3.499            | 72,68                | 48,14                         | 877               | 4,0                                         |
| Fátima                   | 7.352            | 238,55               | 30,82                         | 1.635             | 4,5                                         |
| Horto                    | 4.091            | 145,19               | 28,17                         | 918               | 4,5                                         |
| Ininga                   | 7.339            | 474,20               | 15,48                         | 1.777             | 4,1                                         |
| Jóquei Clube             | 3.108            | 161,21               | 19,27                         | 773               | 4,0                                         |
| Morada do Sol            | 4.637            | 120,44               | 38,50                         | 1.037             | 4,5                                         |
| Morros                   | 944              | 267,43               | 3,53                          | 206               | 4,6                                         |
| Noivos                   | 2.750            | 147,68               | 18,62                         | 648               | 4,2                                         |
| Pedra Mole               | 9.748            | 430,39               | 22,65                         | 2.227             | 4,4                                         |
| Piçarreira               | 7.483            | 113,00               | 66,22                         | 1.644             | 4,6                                         |
| Planalto                 | 5.983            | 129,08               | 46,35                         | 1.276             | 4,7                                         |
| Porto do Centro          | 8.468            | 204,99               | 41,31                         | 2.099             | 4,0                                         |
| Recanto das<br>Palmeiras | 1.129            | 122,70               | 9,20                          | 254               | 4,4                                         |
| Samapi                   | 2.669            | 142,18               | 18,77                         | 668               | 4,0                                         |
| Santa Isabel             | 3.679            | 178,63               | 20,60                         | 811               | 4,5                                         |
| Santa Lia                | 2.566            | 61,26                | 41,88                         | 603               | 4,3                                         |
| São Cristóvão            | 6.250            | 184,24               | 33,92                         | 1.522             | 4,1                                         |
| São João                 | 8.627            | 240,20               | 35,91                         | 1.992             | 4,3                                         |
| Satélite                 | 12.653           | 150,45               | 84,10                         | 2.683             | 4,7                                         |
| Socopo                   | 536              | 337,26               | 1,59                          | 128               | 4,2                                         |
| Tabajaras                | 5.951            | 446,18               | 13,34                         | 1.375             | 4,3                                         |
| Uruguai                  | 2.470            | 542,64               | 4,55                          | 604               | 4,1                                         |
| Vale do Gavião           | 22               | 399,35               | 0,06                          | 5                 | 4,4                                         |
| Vale Quem Tem            | 15.128           | 382,13               | 39,59                         | 3.941             | 3,8                                         |
| Verde Lar                | 5.068            | 158,70               | 31,93                         | 1.394             | 3,6                                         |
| Zoobotânico              | 190              | 493,68               | 0,20                          | 23                | 4,4                                         |
| <b>TOTAL</b>             | <b>132.340</b>   | <b>6.344,61</b>      | <b>20,86</b>                  | <b>31.120</b>     | <b>4,3</b>                                  |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000).

## Renda média das pessoas responsáveis pelo domicílio particular permanente

| <b>Bairros</b>        | <b>Economia</b>                                                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|
|                       | <b>Renda média das pessoas responsáveis pelo domicílio (R\$)</b> |
| Campestre             | 1.018,06                                                         |
| Fátima                | 2.694,29                                                         |
| Horto                 | 3.107,48                                                         |
| Ininga                | 2.515,34                                                         |
| Jóquei Clube          | 4.559,49                                                         |
| Morada do Sol         | 2.793,60                                                         |
| Morros                | 873,01                                                           |
| Noivos                | 2.512,26                                                         |
| Pedra Mole            | 316,74                                                           |
| Piçarreira            | 462,28                                                           |
| Planalto              | 1.026,15                                                         |
| Porto do Centro       | 307,44                                                           |
| Recanto das Palmeiras | 1.988,18                                                         |
| Samapi                | 283,13                                                           |
| Santa Isabel          | 1.966,62                                                         |
| Santa Lia             | 243,16                                                           |
| São Cristóvão         | 3.073,58                                                         |
| São João              | 1.239,39                                                         |
| Satélite              | 263,13                                                           |
| Socopo                | 941,73                                                           |
| Tabajaras             | 193,38                                                           |
| Uruguai               | 452,56                                                           |
| Vale do Gavião        | 328,40                                                           |
| Vale Quem Tem         | 436,56                                                           |
| Verde Lar             | 191,05                                                           |
| Zoobotânico           | 331,30                                                           |
| <b>MÉDIA</b>          | <b>1.312,24</b>                                                  |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000)

## Domicílios particulares permanentes: forma de abastecimento de água

| Bairros               | Domicílios particulares permanentes |                             |                                 |                              |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
|                       | Total de domicílios                 | Formas de abastecimento (%) |                                 |                              |
|                       |                                     | Rede geral                  | Poço ou nascente na propriedade | Outra forma de abastecimento |
| Campestre             | 877                                 | 95,7                        | 1,2                             | 3,1                          |
| Fátima                | 1.635                               | 99,1                        | 0,3                             | 0,6                          |
| Horto                 | 918                                 | 92,7                        | 0,9                             | 6,4                          |
| Ininga                | 1.777                               | 98,8                        | 0,8                             | 0,4                          |
| Jóquei Clube          | 773                                 | 84,0                        | 16,0                            | 0,0                          |
| Morada do Sol         | 1.037                               | 97,8                        | 0,9                             | 1,3                          |
| Morros                | 206                                 | 71,4                        | 25,2                            | 3,4                          |
| Noivos                | 648                                 | 92,9                        | 3,1                             | 4,0                          |
| Pedra Mole            | 2.227                               | 92,7                        | 4,6                             | 2,7                          |
| Piçarreira            | 1.644                               | 99,4                        | 0,2                             | 0,4                          |
| Planalto              | 1.276                               | 93,7                        | 1,6                             | 4,7                          |
| Porto do Centro       | 2.099                               | 87,9                        | 4,3                             | 7,8                          |
| Recanto das Palmeiras | 254                                 | 87,0                        | 9,5                             | 3,5                          |
| Samapi                | 668                                 | 94,6                        | 0,5                             | 4,9                          |
| Santa Isabel          | 811                                 | 95,3                        | 2,5                             | 2,2                          |
| Santa Lia             | 603                                 | 97,3                        | 0,5                             | 2,2                          |
| São Cristóvão         | 1.522                               | 98,1                        | 1,4                             | 0,5                          |
| São João              | 1.992                               | 94,2                        | 5,3                             | 0,5                          |
| Satélite              | 2.683                               | 98,0                        | 0,7                             | 1,3                          |
| Socopo                | 128                                 | 41,4                        | 55,5                            | 3,1                          |
| Tabajaras             | 1.375                               | 90,6                        | 3,4                             | 6,0                          |
| Uruguai               | 604                                 | 57,3                        | 18,7                            | 24,0                         |
| Vale do Gavião        | 5                                   | 0,0                         | 80,0                            | 20,0                         |
| Vale Quem Tem         | 3.941                               | 96,8                        | 0,5                             | 2,7                          |
| Verde Lar             | 1.394                               | 53,1                        | 0,3                             | 46,7                         |
| Zoobotânico           | 23                                  | 100,0                       | 0,0                             | 0,0                          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>31.120</b>                       | <b>92,1</b>                 | <b>2,9</b>                      | <b>5,0</b>                   |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000)

Domicílios particulares permanentes por existência de banheiro ou sanitário e tipo de esgotamento sanitário

| Bairros               | Domicílios particulares permanentes |                                  |                                   |                             |                                        |                                      |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|                       | Total de domicílios                 | Tinham banheiro ou sanitário (%) |                                   |                             |                                        | Não tinham banheiro ou sanitário (%) |
|                       |                                     | Tinham banheiro ou sanitário (%) | Tipo de esgotamento sanitário (%) |                             |                                        |                                      |
|                       |                                     |                                  | Rede geral de esgoto              | Fossa séptica ou rudimentar | Outro escoadouro (vala, rio ou lagoa). |                                      |
| Campestre             | 877                                 | 88,83                            | 34,27                             | 65,73                       | 0,00                                   | 11,17                                |
| Fátima                | 1.635                               | 99,08                            | 89,32                             | 10,49                       | 0,19                                   | 0,92                                 |
| Horto                 | 918                                 | 93,36                            | 68,38                             | 31,27                       | 0,35                                   | 6,64                                 |
| Ininga                | 1.777                               | 94,43                            | 82,42                             | 17,04                       | 0,54                                   | 5,57                                 |
| Jóquei Clube          | 773                                 | 99,35                            | 90,36                             | 9,64                        | 0,00                                   | 0,65                                 |
| Morada do Sol         | 1.037                               | 96,24                            | 83,57                             | 16,13                       | 0,30                                   | 3,76                                 |
| Morros                | 206                                 | 58,74                            | 0,00                              | 100,00                      | 0,00                                   | 41,26                                |
| Noivos                | 648                                 | 88,89                            | 76,56                             | 23,26                       | 0,17                                   | 11,11                                |
| Pedra Mole            | 2.227                               | 78,36                            | 0,63                              | 99,08                       | 0,29                                   | 21,64                                |
| Piçarreira            | 1.644                               | 91,85                            | 6,03                              | 93,71                       | 0,26                                   | 8,15                                 |
| Planalto              | 1.276                               | 82,99                            | 45,14                             | 52,88                       | 1,98                                   | 17,01                                |
| Porto do Centro       | 2.099                               | 71,84                            | 0,13                              | 99,80                       | 0,007                                  | 28,16                                |
| Recanto das Palmeiras | 254                                 | 93,31                            | 0,42                              | 97,89                       | 1,69                                   | 6,69                                 |
| Samapi                | 668                                 | 84,28                            | 4,26                              | 95,38                       | 0,36                                   | 15,72                                |
| Santa Isabel          | 811                                 | 93,09                            | 56,56                             | 38,68                       | 4,77                                   | 6,91                                 |
| Santa Lia             | 603                                 | 79,27                            | 0,21                              | 99,58                       | 0,21                                   | 20,73                                |
| São Cristóvão         | 1.522                               | 97,57                            | 87,74                             | 12,26                       | 0,00                                   | 2,43                                 |
| São João              | 1.992                               | 97,54                            | 62,64                             | 37,21                       | 0,15                                   | 2,46                                 |
| Satélite              | 2.683                               | 93,29                            | 1,84                              | 97,64                       | 0,52                                   | 6,71                                 |
| Socopo                | 128                                 | 74,22                            | 0,00                              | 100,00                      | 0,00                                   | 25,78                                |
| Tabajas               | 1.375                               | 72,51                            | 4,11                              | 82,25                       | 13,64                                  | 27,49                                |
| Uruguai               | 604                                 | 35,60                            | 0,47                              | 99,53                       | 0,00                                   | 64,40                                |
| Vale do Gavião        | 5                                   | 100,00                           | 0,00                              | 100,00                      | 0,00                                   | 0,00                                 |
| Vale Quem Tem         | 3.941                               | 91,80                            | 1,22                              | 98,67                       | 0,11                                   | 8,20                                 |
| Verde Lar             | 1.394                               | 40,60                            | 0,88                              | 98,59                       | 0,53                                   | 59,40                                |
| Zoobotânico           | 23                                  | 52,17                            | 0,00                              | 100,00                      | 0,00                                   | 47,83                                |
| TOTAL                 | 31.120                              | 85,77                            | 35,01                             | 64,05                       | 0,94                                   | 14,23                                |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000)

## Domicílios particulares permanentes por destino do lixo

| Bairros               | Domicílios particulares permanentes |                                 |                                                      |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
|                       | Total de domicílios                 | Destino do lixo (%)             |                                                      |
|                       |                                     | Coletado por serviço de limpeza | Queimado/enterrado (na propriedade) ou outro destino |
| Campestre             | 877                                 | 94,30                           | 5,70                                                 |
| Fátima                | 1.635                               | 98,59                           | 1,41                                                 |
| Horto                 | 918                                 | 91,83                           | 8,17                                                 |
| Ininga                | 1.777                               | 93,53                           | 6,47                                                 |
| Jóquei Clube          | 773                                 | 99,22                           | 0,78                                                 |
| Morada do Sol         | 1.037                               | 97,20                           | 2,80                                                 |
| Morros                | 206                                 | 36,41                           | 63,59                                                |
| Noivos                | 648                                 | 88,27                           | 11,73                                                |
| Pedra Mole            | 2.227                               | 63,04                           | 36,96                                                |
| Piçarreira            | 1.644                               | 96,72                           | 3,28                                                 |
| Planalto              | 1.276                               | 81,50                           | 18,50                                                |
| Porto do Centro       | 2.099                               | 63,79                           | 36,21                                                |
| Recanto das Palmeiras | 254                                 | 89,76                           | 10,24                                                |
| Samapi                | 668                                 | 83,98                           | 16,02                                                |
| Santa Isabel          | 811                                 | 87,18                           | 12,82                                                |
| Santa Lia             | 603                                 | 92,87                           | 7,13                                                 |
| São Cristóvão         | 1.522                               | 99,87                           | 0,13                                                 |
| São João              | 1.992                               | 98,29                           | 1,71                                                 |
| Satélite              | 2.683                               | 91,84                           | 8,16                                                 |
| Socopo                | 128                                 | 29,69                           | 70,31                                                |
| Tabajas               | 1.375                               | 60,73                           | 39,27                                                |
| Uruguai               | 604                                 | 61,75                           | 38,25                                                |
| Vale do Gavião        | 5                                   | 0,00                            | 100,00                                               |
| Vale Quem Tem         | 3.941                               | 96,09                           | 3,91                                                 |
| Verde Lar             | 1.394                               | 42,54                           | 57,46                                                |
| Zoobotânico           | 23                                  | 17,39                           | 82,61                                                |
| <b>TOTAL</b>          | <b>31.120</b>                       | <b>84,73</b>                    | <b>15,27</b>                                         |

Fonte: IBGE, Censo Demográfico (2000)

## **ANEXO 2**

**Internações por enteroinfecção, doenças parasitárias e notificações dos casos de hepatite, nos bairros da Zona Leste de Teresina.**

Internações por enteroinfecção e doenças parasitárias (2006-2007): frequência por ano da notificação

| <b>BAIRRO</b>         | <b>2006</b> | <b>2007</b> | <b>TOTAL</b> |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| Campestre             |             |             |              |
| Fátima                | 3           | 5           | 8            |
| Horto                 |             | 1           | 1            |
| Ininga                | 1           | 1           | 2            |
| Jóquei Clube          |             | 1           | 1            |
| Morada do Sol         | 1           | 3           | 4            |
| Morros                | 4           | 10          | 14           |
| Noivos                |             | 1           | 1            |
| Pedra Mole            | 21          | 26          | 47           |
| Piçarreira            | 9           | 19          | 28           |
| Planalto              | 4           | 4           | 8            |
| Porto do Centro       |             |             |              |
| Recanto das Palmeiras |             |             |              |
| Samapi                |             |             |              |
| Santa Isabel          |             |             |              |
| Santa Lia             | 1           |             | 1            |
| São Cristóvão         |             |             |              |
| São João              |             |             |              |
| Satélite              | 20          | 22          | 42           |
| Socopo                | 33          | 22          | 55           |
| Tabajaras             |             |             |              |
| Uruguai               | 14          | 6           | 20           |
| Vale do Gavião        |             |             |              |
| Vale Quem Tem         | 1           | 1           | 2            |
| Verde Lar             |             |             |              |
| Zoobotânico           |             | 1           | 1            |
| <b>TOTAL</b>          | <b>112</b>  | <b>123</b>  | <b>235</b>   |

Fonte: Coordenação de Gestão do SUS (CGSUS), 2008

## Casos de Hepatite em Teresina (2005-2006): frequência por ano da notificação

| <b>BAIRRO</b>         | <b>2005</b> | <b>2006</b> | <b>TOTAL</b> |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| Campestre             |             |             |              |
| Fátima                |             |             |              |
| Horto                 | 0           | 1           | 1            |
| Ininga                | 1           | 0           | 1            |
| Jóquei Clube          | 0           | 1           | 1            |
| Morada do Sol         | 1           | 0           | 1            |
| Morros                |             |             |              |
| Noivos                |             |             |              |
| Pedra Mole            | 3           | 1           | 4            |
| Piçarreira            | 0           | 1           | 1            |
| Planalto              |             |             |              |
| Porto do Centro       | 1           | 1           | 2            |
| Recanto das Palmeiras |             |             |              |
| Samapi                |             |             |              |
| Santa Isabel          |             |             |              |
| Santa Lia             |             |             |              |
| São Cristóvão         | 0           | 1           | 1            |
| São João              |             |             |              |
| Satélite              | 2           | 3           | 5            |
| Socopo                | 0           | 3           | 3            |
| Tabajaras             |             |             |              |
| Uruguai               | 0           | 1           | 1            |
| Vale do Gavião        |             |             |              |
| Vale Quem Tem         | 0           | 1           | 1            |
| Verde Lar             |             |             |              |
| Zoobotânico           |             |             |              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>8</b>    | <b>14</b>   | <b>22</b>    |

Fonte: Fundação Municipal de Saúde (FMS/PMT), 2008

### **ANEXO 3**

**Estatística das análises mensais da estação de tratamento de esgotos – ETE Leste em Teresina (janeiro de 2006 a fevereiro de 2008).**

Concentrações de DBO<sub>5</sub> (mg/L) na ETE-Leste e no rio Poti

| <b>Estatística</b>          | <b>DBO AFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 1</b> | <b>DBO EFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 2</b> | <b>DBO MONTANTE<br/>(RIO): Ponto 3</b> | <b>DBO JUSANTE<br/>(RIO): Ponto 4</b> |
|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Núm dados</b>            | 25                                     | 25                                     | 25                                     | 25                                    |
| <b>Média</b>                | <b>144</b>                             | <b>26</b>                              | <b>5</b>                               | <b>5</b>                              |
| <b>Mínimo</b>               | 76                                     | 14                                     | 4                                      | 4                                     |
| <b>Máximo</b>               | 214                                    | 42                                     | 10                                     | 11                                    |
| <b>Coef. Var</b>            | 0,24                                   | 0,27                                   | 0,32                                   | 0,35                                  |
|                             |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>Médias</b>               |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>Média</b>                | 144,2                                  | 26,0                                   | 5,0                                    | 5,3                                   |
| <b>Mediana</b>              | 148,0                                  | 25,0                                   | 4,0                                    | 4,0                                   |
| <b>Média<br/>geométrica</b> | 140,1                                  | 25,0                                   | 4,8                                    | 5,1                                   |
|                             |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>Variação</b>             |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>Desvio padrão</b>        | 34,0                                   | 7,1                                    | 1,6                                    | 1,9                                   |
| <b>Méd - 1<br/>desvpad</b>  | 110,3                                  | 18,9                                   | 3,4                                    | 3,5                                   |
| <b>Méd + 1<br/>desvpad</b>  | 178,2                                  | 33,1                                   | 6,6                                    | 7,2                                   |
|                             |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>Percentis</b>            |                                        |                                        |                                        |                                       |
| <b>10%</b>                  | 99,2                                   | 18,0                                   | 4,0                                    | 4,0                                   |
| <b>25%</b>                  | 124,0                                  | 21,0                                   | 4,0                                    | 4,0                                   |
| <b>50%</b>                  | 148,0                                  | 25,0                                   | 4,0                                    | 4,0                                   |
| <b>75%</b>                  | 158,0                                  | 30,0                                   | 6,0                                    | 7,0                                   |
| <b>90%</b>                  | 188,4                                  | 34,8                                   | 7,2                                    | 7,6                                   |

Fonte: AGESPISA (2006 a 2008), elaborado por Arcoverde, D.

Concentrações de coliformes fecais (CF/100mL) na ETE-Leste e no rio Poti

| <b>Estatística</b>          | <b>CF AFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 1</b> | <b>CF EFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 2</b> | <b>CF MONTANTE<br/>(RIO): Ponto 3</b> | <b>CF JUSANTE<br/>(RIO): Ponto 4</b> |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Núm dados</b>            | 26                                    | 26                                    | 26                                    | 26                                   |
| <b>Média</b>                | <b>8,12E+07</b>                       | <b>1,35E+05</b>                       | <b>1,39E+04</b>                       | <b>2,38E+04</b>                      |
| <b>Mínimo</b>               | 5,80E+06                              | 2,20E+04                              | 3,00E+03                              | 9,40E+03                             |
| <b>Máximo</b>               | 2,80E+08                              | 2,90E+05                              | 2,90E+04                              | 5,60E+04                             |
| <b>Coef. Var</b>            | 7,05E-01                              | 5,43E-01                              | 5,49E-01                              | 4,91E-01                             |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Médias</b>               |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Média</b>                | 8,12E+07                              | 1,35E+05                              | 1,39E+04                              | 2,38E+04                             |
| <b>Mediana</b>              | 7,35E+07                              | 1,15E+05                              | 1,20E+04                              | 1,85E+04                             |
| <b>Média<br/>geométrica</b> | 6,31E+07                              | 1,15E+05                              | 1,17E+04                              | 2,15E+04                             |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Variação</b>             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Desvio padrão</b>        | 5,72E+07                              | 7,35E+04                              | 7,63E+03                              | 1,17E+04                             |
| <b>Méd - 1<br/>desvpad</b>  | 2,40E+07                              | 6,18E+04                              | 6,26E+03                              | 1,21E+04                             |
| <b>Méd + 1<br/>desvpad</b>  | 1,38E+08                              | 2,09E+05                              | 2,15E+04                              | 3,55E+04                             |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Percentis</b>            |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>10%</b>                  | 2,75E+07                              | 5,10E+04                              | 4,80E+03                              | 1,35E+04                             |
| <b>25%</b>                  | 3,90E+07                              | 8,80E+04                              | 8,40E+03                              | 1,50E+04                             |
| <b>50%</b>                  | 7,35E+07                              | 1,15E+05                              | 1,20E+04                              | 1,85E+04                             |
| <b>75%</b>                  | 1,00E+08                              | 1,83E+05                              | 2,13E+04                              | 3,08E+04                             |
| <b>90%</b>                  | 1,40E+08                              | 2,45E+05                              | 2,40E+04                              | 4,10E+04                             |

Fonte: AGESPISA (2006 a 2008), elaborado por Arcoverde, D.

Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) na ETE-Leste e no rio Poti

| <b>Estatística</b>          | <b>OD AFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 1</b> | <b>OD EFLUENTE<br/>(ETE): Ponto 2</b> | <b>OD MONTANTE<br/>(RIO): Ponto 3</b> | <b>OD JUSANTE<br/>(RIO): Ponto 4</b> |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Núm dados</b>            | 26                                    | 26                                    | 26                                    | 26                                   |
| <b>Média</b>                | 0                                     | 5                                     | 5                                     | 5                                    |
| <b>Mínimo</b>               | 0                                     | 2                                     | 2                                     | 2                                    |
| <b>Máximo</b>               | 0                                     | 6                                     | 8                                     | 7                                    |
| <b>Coef. Var</b>            |                                       | 0                                     | 0                                     | 0                                    |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Médias</b>               |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Média</b>                | 0                                     | 5                                     | 5                                     | 5                                    |
| <b>Mediana</b>              | 0                                     | 5                                     | 5                                     | 5                                    |
| <b>Média<br/>geométrica</b> |                                       | 4                                     | 5                                     | 5                                    |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Variação</b>             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Desvio padrão</b>        | 0                                     | 1                                     | 1                                     | 1                                    |
| <b>Méd - 1<br/>desvpad</b>  | 0                                     | 4                                     | 4                                     | 4                                    |
| <b>Méd + 1<br/>desvpad</b>  | 0                                     | 5                                     | 6                                     | 6                                    |
|                             |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>Percentis</b>            |                                       |                                       |                                       |                                      |
| <b>10%</b>                  | 0                                     | 4                                     | 4                                     | 4                                    |
| <b>25%</b>                  | 0                                     | 4                                     | 4                                     | 4                                    |
| <b>50%</b>                  | 0                                     | 5                                     | 5                                     | 5                                    |
| <b>75%</b>                  | 0                                     | 5                                     | 5                                     | 5                                    |
| <b>90%</b>                  | 0                                     | 6                                     | 7                                     | 7                                    |

Fonte: AGESPISA (2006 a 2008), elaborado por Arcoverde, D.

## **ANEXO 4**

**Lagoas de estabilização: qualidade esperada dos efluentes, concentrações médias e características dos principais sistemas**

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (DBO<sub>5</sub>).

| Sistema                                    | DBO <sub>5</sub> |      |      |      |      |
|--------------------------------------------|------------------|------|------|------|------|
|                                            | 100              | 80   | 60   | 40   | 20   |
|                                            | mg/L             | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Lagoa Facultativa                          | X                | X    |      |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        | X                | X    |      |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                   | X                | X    | X    |      |      |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. | X                | X    | X    |      |      |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X                | X    | X    |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (DQO).

| Sistema                                    | DQO  |      |      |
|--------------------------------------------|------|------|------|
|                                            | 200  | 150  | 100  |
|                                            | mg/L | mg/L | mg/L |
| Lagoa Facultativa                          | X    |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        | X    |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                   | X    |      |      |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. | X    |      |      |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X    |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (SS).

| Sistema                                    | SS   |      |      |
|--------------------------------------------|------|------|------|
|                                            | 90   | 60   | 30   |
|                                            | mg/L | mg/L | mg/L |
| Lagoa Facultativa                          | X    |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        | X    |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                   | X    |      |      |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. | X    |      |      |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X    |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (Amônia- N).

| Sistema                                    | Amônia - N |      |      |      |      |
|--------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
|                                            | 20         | 15   | 10   | 5    | 0    |
|                                            | mg/L       | mg/L | mg/L | mg/L | mg/L |
| Lagoa Facultativa                          |            |      |      |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        |            |      |      |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                   |            |      |      |      |      |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. |            |      |      |      |      |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X          | X    |      |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (N - Total).

| Sistema                                    | N - Total |      |      |
|--------------------------------------------|-----------|------|------|
|                                            | 20        | 15   | 10   |
|                                            | mg/L      | mg/L | mg/L |
| Lagoa Facultativa                          |           |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        |           |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                   |           |      |      |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. |           |      |      |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X         |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (Coliformes termotolerantes).

| Sistema                                    | Coli Termotolerantes (NMP/100mL) |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                            | $1 \times 10^6$                  | $1 \times 10^5$ | $1 \times 10^4$ | $1 \times 10^3$ | $1 \times 10^2$ |
| Lagoa Facultativa                          | X                                |                 |                 |                 |                 |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        | X                                | X               |                 |                 |                 |
| Lagoa Facultativa Aerada                   | X                                |                 |                 |                 |                 |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. | X                                |                 |                 |                 |                 |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X                                | X               | X               | X               |                 |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Qualidade esperada dos efluentes dos sistemas de lagoas de estabilização (Ovos helmintos).

| Sistema                                    | Ovos Helmintos |
|--------------------------------------------|----------------|
|                                            | $\leq 1$ Ovo/L |
| Lagoa Facultativa                          | X              |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa        | X              |
| Lagoa Facultativa Aerada                   |                |
| Lagoa Aerada Mist. Comp. + Lagoa de Sedim. |                |
| Lagoas + Lagoa de Maturação                | X              |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Concentrações médias efluentes dos principais poluentes nos sistemas de lagoas de estabilização

| Sistema                                                  | Qualidade média do efluente |         |       |          |         |         |                 |            |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|-------|----------|---------|---------|-----------------|------------|
|                                                          | DBO <sub>5</sub>            | DQO     | SS    | Amônia-N | N total | P total | CF              | Ovos helm. |
|                                                          | mg/L                        | mg/L    | mg/L  | mg/L     | mg/L    | mg/L    | NMP/100 mL      | Ovo/L      |
| Lagoa Facultativa                                        | 50-80                       | 120-200 | 60-90 | > 15     | > 20    | > 4     | $10^6$ - $10^7$ | < 1        |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                      | 50-80                       | 120-200 | 60-90 | > 15     | > 20    | > 4     | $10^6$ - $10^7$ | < 1        |
| Lagoa Facultativa Aerada                                 | 50-80                       | 120-200 | 60-90 | > 20     | > 30    | > 4     | $10^6$ - $10^7$ | > 1        |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação | 40-70                       | 100-180 | 50-80 | 10-15    | 15-20   | < 4     | $10^2$ - $10^4$ | < 1        |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Área requerida nos sistemas de lagoas de estabilização (m<sup>2</sup>/hab)

| Sistema                                                | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lagoa Facultativa                                      |     |     |     |     | X   | X   | X   | X   |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                    |     |     |     | X   | X   | X   | X   | X   |
| Lagoa Facultativa Aerada                               | X   |     |     |     |     |     |     |     |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa Maturação. |     |     |     |     |     |     | X   | X   |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Potência instalada para operação nos sistemas de lagoas de estabilização (W/hab).

| Sistema                                                | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lagoa Facultativa                                      |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                    |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Lagoa Facultativa Aerada                               |     |     | X   | X   |     |     |     |     |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa Maturação. |     |     |     | X   | X   |     |     |     |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Lodo a ser disposto nos sistemas de lagoas de estabilização (L/hab.ano)

| Sistema                                                | 12,5 | 25,0 | 37,5 | 50,0 | 62,5 | 75,0 | 87,5 | 100,0 |
|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Lagoa Facultativa                                      |      | X    | X    |      |      |      |      |       |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                    |      | X    | X    | X    | X    |      |      |       |
| Lagoa Facultativa Aerada                               | X    | X    | X    |      |      |      |      |       |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa Maturação. |      | X    | X    | X    | X    |      |      |       |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

Custo de implantação dos sistemas de lagoas de estabilização (R\$/hab.ano)

| Sistema                                                | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 |
|--------------------------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Lagoa Facultativa                                      |    | X  | X  |     |     |     |     |     |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                    | X  | X  | X  |     |     |     |     |     |
| Lagoa Facultativa Aerada                               |    | X  | X  | X   |     |     |     |     |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa Maturação. |    | X  | X  | X   |     |     |     |     |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

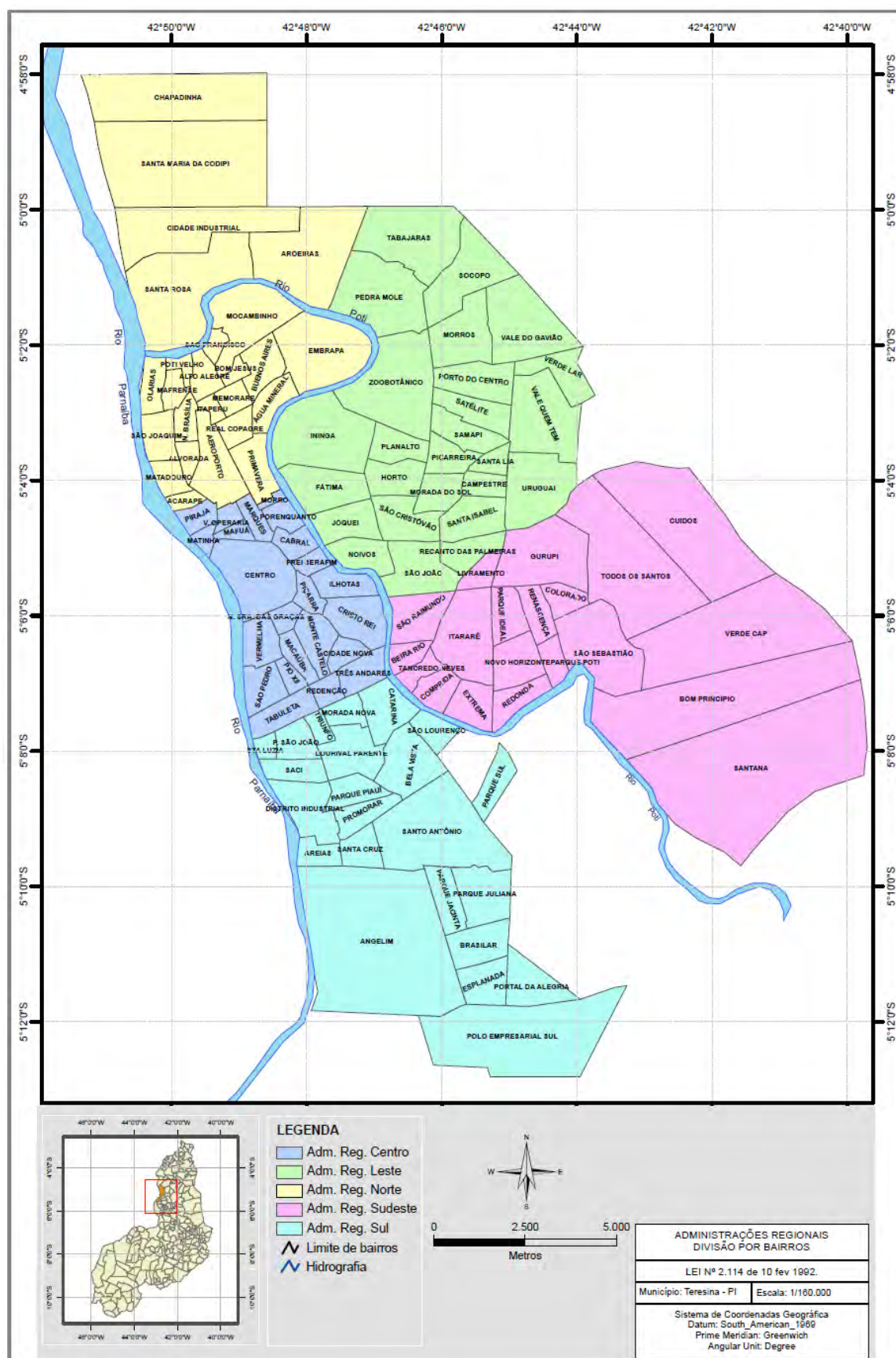
Custo de operação dos sistemas de lagoas de estabilização (R\$/hab.ano)

| Sistema                                                | 2,5 | 5,0 | 7,5 | 10,0 | 12,5 | 15,0 | 17,5 | 20,0 |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Lagoa Facultativa                                      | X   | X   |     |      |      |      |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa                    | X   | X   |     |      |      |      |      |      |
| Lagoa Facultativa Aerada                               |     | X   | X   | X    |      |      |      |      |
| Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa Maturação. | X   | X   |     |      |      |      |      |      |

Fonte: Von Sperling (2006), adaptado por Arcoverde, D.

## **ANEXO 5**

### **Mapa das administrações regionais de Teresina**



Fonte: PMT (2008), elaborado por Arcoverde, D.