



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

EMANUELE FERREIRA GOMES

**PERDAS DE VAZÃO E SEUS EFEITOS NA OPERAÇÃO DO SISTEMA
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CAMPINA GRANDE-PB**

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO DE 2013

EMANUELE FERREIRA GOMES

**PERDAS DE VAZÃO E SEUS EFEITOS NA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CAMPINA GRANDE-PB**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de mestre.

Área de Concentração:

ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANITÁRIA

Orientadora:

Profa. PATRÍCIA HERMÍNIO CUNHA FEITOSA – Dra.

Coorientadora– UFCG:

Profa. MÔNICA DE AMORIM COURA – Dra.

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G633p Gomes, Emanuele Ferreira.
Perdas da vazão e seus efeitos na operação do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande-PB / Emanuele Ferreira Gomes. – 2013.
82 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
"Orientação: Profa. Dra. Patrícia Hermínio Cunha Feitosa, Profa. Dra. Mônica de Amorim Coura".
Referências.

1. Esgotamento Sanitário. 2. Vazões. 3. Utilização Ilegal de Águas Residuais. 4. Irrigação com Esgoto. 5. Desvio de Águas Residuais.
I. Feitosa, Patrícia Hermínio Cunha. II. Coura, Mônica de Amorim.
II. Título.

CDU 628.2(043)

EMANUELE FERREIRA GOMES

**PERDAS DE VAZÃO E SEUS EFEITOS NA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CAMPINA GRANDE-PB**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 27 / 02 / 2013

COMISSÃO EXAMINADORA



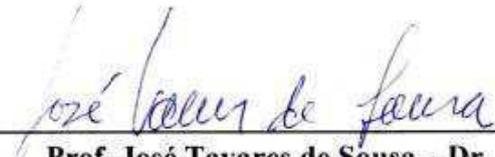
Profa. Patrícia Herminio Cunha Feitosa – Dra.
Orientadora – UFCG



Profa. Mônica de Amorim Coura – Dra.
Coorientadora – UFCG



Prof. Rui de Oliveira – Dr.
Examinador Interno - UFCG/UEPB



Prof. José Tavares de Sousa – Dr.
Examinador Externo – UEPB

Ao meu esposo, José Domingos, pelo imensurável apoio e incentivo durante a realização deste trabalho e ao meu filho Lucas, por proporcionar as horas mais alegres da minha vida. .

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais esta conquista;

Aos meus pais, Jader e Myron, pela compreensão e apoio e que por momentos diversos, viram-se privados da minha companhia enquanto superava mais esta etapa;

A toda equipe de professores da área de saneamento, em especial aos professores Rui de Oliveira, Patrícia Hermínio, Mônica Coura, Celeide Belmonte e Andréa, pela disposição em me orientar e pela confiança e cooperação durante todo o período de desenvolvimento do trabalho;

À amiga, colega de trabalho e companheira de mestrado, Maria Nilma, que sempre esteve comigo me apoiando e incentivando nessa caminhada;

A todos os companheiros de mestrado, em especial a Edilma Bento, pelas palavras de encorajamento;

Aos meus amigos Sr. Iratan e Bonádia Wilma pela imensurável contribuição;

À companheira de trabalho, Eng^a Érika Moraes, pelo apoio, compreensão e por ter se mostrado solidária desde os primeiros momentos deste trabalho;

Ao engenheiro Simão Almeida pelo apoio dispensado;

Aos companheiros de empresa Dr^aAlba e Paulo Américo, pelos dados fornecidos, tão atenciosamente. Ao funcionário da CAGEPA Antônio Ernesto do setor de pitometria pela colaboração e ao Sr. Severino (Biu) pela dedicação na aferição das alturas das lâminas de esgoto na ETE Catingueira;

Ao Professor José Tavares de Sousa por aceitar o convite para participar da comissão examinadora deste trabalho, contribuindo com sugestões enriquecedoras.

Em especial ao professor Rui de Oliveira pela atenção, incentivo e grande contribuição durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e familiares que indiretamente colaboraram com este estudo através de incentivo e apoio.

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”

**Constituição da República Federativa
do Brasil – Artigo 225**

RESUMO

GOMES, E. F. **Perdas de vazão e seus efeitos na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande-PB.** 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2013.

Estudos sobre a estimativa e a variação de vazões são de fundamental importância no projeto e operação de sistemas urbanos de esgotamento sanitário, porque o tamanho das tubulações e equipamentos, bem como o funcionamento de suas unidades são dependentes de tal fator. Este estudo teve como objetivo a identificação de pontos de desvio de águas residuárias do sistema de esgotos da cidade de Campina Grande, Paraíba, Nordeste do Brasil, principalmente para reutilização na agricultura. Também, a redução das vazões e os seus efeitos sobre o funcionamento do sistema de esgotos foram avaliados. O estudo foi desenvolvido em pontos de dois interceptores e do emissário do sistema, principalmente ao longo de áreas periurbanas de Campina Grande. Pontos com retirada ilegal de esgoto foram registrados, bem como pontos considerados vulneráveis a este tipo de prática. Lâminas de água medidas na calha Parshall na entrada da Estação de Tratamento de Esgoto da Catingueira foram utilizadas para estudar a variação da contribuição de esgoto ao longo de quatro anos (2009, 2010, 2011 e 2012). A análise de variância de um fator, a um nível de significância de 5%, foi utilizada para a comparação das vazões médias horárias obtidas ao longo dos quatro anos estudados. ANOVA demonstrou diferenças significativas entre as médias, sendo que as médias de 2012 foram significativamente menores que as dos anos anteriores. Essa redução foi atribuída ao desvio de águas residuárias usadas principalmente para a irrigação de capim em áreas periurbanas. Tal prática é perigosa para a saúde e para o meio ambiente e prejudicial à estrutura física do sistema pois as canalizações são frequentemente quebradas para facilitar a retirada das águas residuárias.

Palavras-chave: Vazões. Utilização ilegal de águas residuais. Irrigação com esgoto. Desvio de águas residuais.

ABSTRACT

GOMES, E. F. Flow Losses and their effects on the operation of the sewerage system of Campina Grande-PB. 2013. 82 p. Dissertation (Master) – Federal University of Campina Grande, Campina Grande. 2013.

Studies on both estimation and variation of flow rates are of fundamental importance in designing and operating urban sewerage systems because the size of pipes and equipment as well as the functioning of their units are dependent of such a factor. This study aimed the identification of wastewater diversion points of the sewerage system of Campina Grande City, Paraíba state, northeast Brazil, mainly for reuse in agriculture. Also, the decreasing of flow rates and their effects on the operation of the sewerage system were evaluated. The study was developed in points of two interceptor pipes and of the final pipeline of the system mainly along periurban areas of Campina Grande. Points with illegal withdrawal of sewage were registered, as well as points considered vulnerable to such a type of practice. Water heights measured in Parshall flume at the entrance of the Sewage Treatment Plant of Catingueira, measured hourly were used to study the variation of contribution of sewage over four years (2009, 2010, 2011 and 2012). Analysis of variance of one factor, at a level of significance of 5%, was applied for comparing hourly flow-rate means obtained along the four years studied. ANOVA results demonstrated significant differences amongst the means, being that of 2012 significantly less than those of preceding years. This reduction was attributed to the diversion of wastewater mainly used for irrigation of grass in periurban areas. Such a practice is dangerous for both health and environment and injurious to the physical structure of the system as pipelines are frequently broken to facilitate the wastewater withdrawal.

Keyword: Flow rates. Illegal use of wastewater. Irrigation with sewage. Withdrawal of wastewater.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 4 -	MATERIAL E MÉTODOS	31
Figura 4.1 -	Mapa das bacias drenadas pelo sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande	31
Figura 4.2 -	Representação da área de estudo no entorno dos interceptores Leste ou da Depuradora e Oeste ou do Bodocongó e emissário do sistema.	32
Figura 4.3 -	Interceptores da Depuradora e do Bodocongó e Emissário do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande-PB	36
Figura 4.4 -	Localização do novo sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.	37
Figura 4.5 -	Nova estação elevatória de esgotos - bairro da Catingueira.	37
Figura 4.6 -	Localização do novo sistema de tratamento preliminar- bairro da Catingueira.	38
Figura 4.7 -	Vista frontal e longitudinal da caixa de areia com as grades mecanizadas.	39
Figura 4.8 -	Chegada do emissário de recalque nas lagoas de estabilização.	39
Figura 4.9 -	Novo sistema de tratamento com lagoas de estabilização de Campina Grande.	40
Figura 4.10 -	Detalhe B: abastecimento das lagoas facultativas A1 e B1.	41
Figura 4.11 -	(a) lagoa facultativa A2 em funcionamento e (b) visualização das duas primeiras lagoas facultativas em carga.	41
Figura 4.12 -	Lagoas facultativas e de polimento em operação desde julho de 2012.	42
Figura 4.13 -	(a) local de aferição das alturas das lâminas de esgoto - calha Parshall desativada e (b) interligação do emissário à caixa de areia.	43
Capítulo 5 -	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
Figura 5.1 -	Contribuição média horária de esgotos afluentes a ETE Catingueira ao longo de 2012.	47
Figura 5.2 -	Perfil de contribuição média horária de esgoto durante os anos de 2009, 2010, 2011 e 2012.	48

Figura 5.3 -	Perfil de contribuição média mensal de esgoto durante os anos de 1984, 2011 e 2012.	49
Figura 5.4 -	Gráfico GT-2 da contribuição média horária de esgoto ao longo dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012 na ETE da Catingueira	51
Figura 5.5 -	Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2009	52
Figura 5.6 -	Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2010	53
Figura 5.7 -	Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2011	53
Figura 5.8 -	Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2012	54
Figura 5.9 -	Área do Interceptor Leste ou da Depuradora com indícios de alteração no padrão de umidade do solo	56
Figura 5.10 -	Área do Interceptor Leste ou da Depuradora com possível descarga de esgoto em riacho para manutenção da vazão do mesmo	56
Figura 5.11 -	Área do Interceptor Oeste ou do Bodocongó com possível descarga de esgoto em riacho.	57
Figura 5.12 -	Localização dos pontos danificados e uso da irrigação clandestina com esgoto bruto, ao longo dos interceptores da Depuradora e do Bodocongó do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.	58
Figura 5.13 -	Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização do ponto D7 com vazamento a céu aberto e utilização do esgoto bruto para irrigação de capim	59
Figura 5.14 -	Interceptor Oeste ou do Bodocongó: registro fotográfico com localização do ponto B4 com grande perda de vazão e utilização de esgoto bruto para irrigação de capim	60
Figura 5.15 -	Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização do ponto D1 com desvio de esgoto bruto para irrigação de capim.	61

Figura 5.16 -	Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização do ponto D2 ao ponto D4 com desvio de esgoto bruto para irrigação de capim.	62
Figura 5.17 -	Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização dos pontos D6, D10 e D11 de extração de esgoto bruto para irrigação de capim.	63
Figura 5.18 -	Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico da utilização de canais para o desvio de esgoto bruto e aplicação na irrigação de capim.	64
Figura 5.19 -	Representação da prevalência dos métodos aplicados para a retirada/desvios dos esgotos sanitários brutos dos Interceptores de Campina Grande.	65
Figura 5.20 -	Danos (furos) observados ao longo do Interceptor Oeste ou do Bodocongó na área periurbana de Campina Grande-PB.	67
Figura 5.21 -	Danos observados ao longo do Interceptor da Depuradora na área periurbana de Campina Grande-PB (Pontos D8, D15, D16 e D17).	67
Figura 5.22 -	Danos observados ao longo dos trechos aéreos do Interceptor da Depuradora na área periurbana de Campina Grande-PB (ponto D19 ao ponto D26).	68
Figura 5.23 -	Poços de visita danificados ao longo dos Interceptores na área periurbana de Campina Grande-PB.	69
Figura 5.24 -	Laje danificada da cobertura do canal do Interceptor Leste ou da Depuradora - Ponto D13.	70
Figura 5.25 -	Pequeno vazamento em ponto D18 do Interceptor Leste ou da Depuradora	70
Figura 5.26 -	Representação da distribuição dos pontos danificados nos Interceptores de Campina grande.	71
Figura 5.27 -	Interceptores da Depuradora e do Bodocongó e a proximidade dos corpos hídricos	74
Figura 5.28 -	Plantações de tomate irrigadas com as águas do riacho de Bodocongó	75
Figura 5.29 -	Área irrigada com as águas do riacho de Bodocongó	75

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3 -	REVISÃO DE LITERATURA	18
Tabela 3.1 -	Recomendações da OMS sobre a qualidade microbiológica de águas que recebem esgoto sanitário, quando empregados na agricultura (1).	24
Tabela 3.2 -	Orientações quanto aos riscos e consequências sobre a utilização de águas que recebem esgotos sanitários conforme os métodos de irrigação e suas características.	25
Capítulo 4 -	MATERIAL E MÉTODOS	31
Tabela 4.1 -	Vazões médias obtidas pelo sistema de esgotos de 1984- Campina Grande.	34
Capítulo 5 -	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
Tabela 5.1 -	Resumo da análise de variância (ANOVA- fator único) aplicada aos dados de vazão horária ao longo dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012	50
Tabela 5.2 -	Pontos com retiradas clandestinas de esgoto para irrigação ao longo dos interceptores do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.	58
Tabela 5.3 -	Pontos danificados dos Interceptores Oeste ou do Bodocongó e Leste ou da Depuradora, ao longo das áreas periurbanas de Campina Grande-PB.	66

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	15
INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 2.....	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO 3.....	18
3.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 Reúso.....	18
3.1.1 Conceito de Reúso.....	18
3.1.2 Reúso na agricultura.....	20
3.1.3 Riscos associados ao reúso.....	22
3.1.4 Legislação de Reúso no Brasil.....	26
3.2 Estudo das vazões.....	27
3.2.1 Principais elementos constituintes de um sistema de esgotamento sanitário.....	27
3.2.2 Vazão de esgoto.....	28
3.2.3 Algumas Condições a serem observadas acerca do funcionamento hidráulico-sanitário da rede coletora de esgotos.....	29
CAPÍTULO 4.....	31
4.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Caracterização da Área de Estudo	31
4.2 O Sistema de esgotamento sanitário da cidade de Campina Grande.....	32
4.2.1 Histórico do esgotamento sanitário de Campina Grande.....	34
4.2.2 Componentes do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande.....	36
4.2.2.1 Ligações Prediais de Esgoto.....	35

4.2.2.2	Rede Coletora de Esgoto.....	35
4.2.2.3	Coletores troncos, interceptores e emissário.....	35
4.2.2.4	Estação elevatória.....	36
4.2.2.5	O sistema de tratamento de Campina Grande.....	38
4.3	Metodologia.....	42
4.3.1	Determinação da vazão de contribuição de esgoto na ETE da Catingueira.....	42
4.3.2	Identificação dos pontos de fuga de esgoto dos interceptores do Bodocongó e Depuradora e das Áreas Irrigadas no entorno da área de estudo.....	44
4.3.3	Análise da influência da Pluviometria no Sistema de Esgotamento Sanitário.....	44
4.4	Análise Estatística.....	45
	CAPÍTULO 5.....	46
5.0	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	46
5.1	Contribuição de esgotos sanitários do município de Campina Grande.....	46
5.1.1	Dados de contribuição.....	46
5.1.2	Contribuição da vazão de esgotos sanitários (Q).....	46
5.1.3	Perfil diurno da contribuição média horária encontrada para os meses estudados em 2012.....	47
5.1.4	Perfil da contribuição média horária encontrada para os anos de 2009 até 2012.....	48
5.2	Avaliação de influências climáticas.....	52
5.3	Influências da diminuição da vazão no Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande.....	54
5.4	Desvio de águas residuárias.....	55
5.4.1	Identificação dos pontos de retirada clandestina de esgoto.....	57
5.4.2	Análise dos dados sobre as condições de funcionamento dos Interceptores e emissários de Campina Grande.....	72
5.4.3	Discussão: A exploração clandestina de esgoto bruto para fins agrícolas nas áreas periurbanas de Campina Grande.....	72

CAPÍTULO 6	76
6.1 Conclusões.....	76
6.2 Recomendações.....	77
CAPÍTULO 7	78
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
APÊNDICE - A.....	81

Pontos com retiradas clandestinas de esgoto bruto dos interceptores do Bodocongó e da Depuradora e pontos vulneráveis a este tipo de atividade com situação geral de conservação dos locais visitados

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A preocupação com o saneamento básico tem aumentado a cada dia, principalmente por este estar diretamente relacionado às questões de saúde pública e à poluição das águas. O desenvolvimento de ações na área de saneamento é fator que contribui para o progresso do nível sanitário de um país. Nesse contexto, a implantação de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) composto de estruturas físicas, equipamentos e diversos procedimentos operacionais para a realização das etapas de coleta, tratamento e disposição final das águas residuárias, influencia diretamente na proteção e qualidade do meio ambiente e na saúde da população.

Segundo o Atlas de Saneamento 2011, publicação do IBGE, foi verificado que em 2008 apenas 45,7% dos domicílios tinham acesso à rede de esgotos e 30,5% dos municípios brasileiros lançavam o esgoto não tratado em rios, lagos ou lagoas e utilizavam as águas destes mesmos escoadouros para outros fins.

Ainda segundo o IBGE 2011, somente 29% dos municípios brasileiros (1.587) tinham algum sistema de tratamento de esgoto instalado e os estados com os menores acessos aos serviços de saneamento, foram os que apresentaram as maiores taxas de internações por diarreia no país.

Visando a minimização de danos ambientais e à saúde pública, faz-se necessária a elaboração de projetos eficientes de esgotamento sanitário, de forma tal, que a coleta, o transporte e o tratamento dos esgotos possa atender ao maior número possível de habitantes. Como os esgotos sanitários apresentam essencialmente 99,9% de água em sua composição, nos projetos de esgotamento são utilizados os mesmos coeficientes dos projetos de abastecimento de água, sendo provido que, o escoamento das águas residuárias deve obedecer a certas condições que mantenham o pleno funcionamento hidráulico-sanitário da rede.

Quando da elaboração do dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário, a vazão dos esgotos domésticos é calculada com base no consumo de água de abastecimento da localidade e pode variar conforme o clima, a cultura, o padrão de vida e as atividades econômicas. No estudo das vazões, torna-se importante o conhecimento da sua distribuição

horária, diária e anual, sendo um dos principais parâmetros do projeto, uma vez que, a apreciação das vazões a serem coletadas e transportadas influencia no dimensionamento de tubulações e equipamentos, interferindo diretamente nos custos dos projetos como um todo.

As operadoras dos sistemas de esgotamento sanitário (SES) enfrentam muitos problemas no que se refere às vazões, principalmente em relação à operação das estações elevatórias e estações de tratamento. Um problema bastante estudado consiste no aumento excessivo das vazões nas redes coletoras de esgotos devido a ligações clandestinas de águas pluviais e as águas de infiltrações, causando uma sobrecarga no sistema e interferindo no custo do bombeamento e também na eficiência do tratamento.

Muitos são os estudos que visam analisar interferências que aumentem a vazão no sistema de esgotamento sanitário. No entanto, a diminuição excessiva da vazão, por falta de manutenção (vazamentos e obstruções) e/ou lançamento de esgotos nas galerias de águas pluviais e/ou por desvio clandestino dos esgotos para fins agrícolas, também interferem na operacionalização de um SES, ocasionando vazões inferiores aos valores estabelecidos em projeto nas chegadas das elevatórias e estações de tratamento de esgotos.

Os estudos voltados a determinar e combater interferências de exploração de esgoto bruto para irrigação em um SES são escassos, embora determinantes para se obter o efetivo funcionamento do sistema. Assim, esta pesquisa visa identificar as possíveis origens que conduzem à redução da vazão de esgoto na chegada da ETE da Catingueira e os seus possíveis efeitos na operação do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Campina Grande-PB.

CAPÍTULO 2

2.0 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Avaliar as origens e os efeitos de perdas de vazão ao longo do Emissário e dos Interceptores Leste (Depuradora) e Oeste (Bodocongó), pertencentes ao Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande-PB.

2.2 – Objetivos Específicos

- Demarcar os pontos de fuga de esgoto que contribuem para a redução da vazão de esgoto na chegada da ETE da Catingueira, identificando as causas e tipos de uso a que se destinam;
- Estudar a variação de vazão no sistema de esgotamento sanitário com base nas contribuições de esgotos afluentes à ETE da Catingueira, comparando os resultados encontrados com os valores estabelecidos em projeto;
- Identificar as áreas irrigadas com esgoto bruto captado clandestinamente do sistema de esgotos, destacando os riscos e vulnerabilidades do ambiente e das pessoas;
- Avaliar a existência de influências climáticas sazonais nas variações de vazões de chegada na ETE da Catingueira;
- Examinar a influência das perdas de vazões na operação da Estação Elevatória e Sistema de Tratamento em consequência da utilização clandestina de esgoto para fins agrícolas.

CAPÍTULO 3

3.0 – REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – REÚSO

3.1.1 – Conceito de Reúso

Nas regiões áridas e semi-áridas do mundo, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica dessas áreas. Mas, o fenômeno da escassez não é, entretanto, atributo exclusivo das regiões áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. O conceito de "substituição de fontes" se mostra como alternativa plausível para satisfazer a demandas menos restritivas (Hespanhol, 2002).

O reúso de água, envolve um conjunto de tecnologias desenvolvidas para o tratamento das águas, em maior ou menor grau, a depender do fim a que se destinam, tornando possível o reaproveitamento de águas servidas no suprimento das necessidades de usos menos nobres.

Segundo Hespanhol, (2002), uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reuso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Brega Filho e Mancuso (2007), atestam ser impossível a conceituação precisa da expressão “reuso de água” por não se ter a definição do exato momento a partir do qual se admite que o reuso está sendo feito, devendo-se levar em consideração para caracterização do reúso o volume de esgoto recebido pelo corpo aquático e o volume de água do rio . Em cidades cortadas por ecossistemas lóticos como Campina Grande na Paraíba, parte de seus esgotos são lançados aos córregos e riachos e os agricultores a jusante coletam a água para irrigação de culturas, sendo a água reutilizada por uma ou várias vezes.

Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS, 1973 apud Brega Filho e Mancuso, (2007), o reúso da água pode ocorrer de maneira direta ou indireta, sendo praticada por ações planejadas ou não. Conforme as seguintes definições:

- *Reúso Indireto*: Ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída. Este tipo de reúso quando feito através de ações planejadas são tidas como reúso indireto intencional, do contrário, será reúso indireto não intencional.

O conceito de reúso indireto implica, evidentemente, que o corpo receptor intermediário, seja um corpo hídrico não poluído, para, através de diluição adequada, reduzir a carga poluidora a níveis aceitáveis (Hespanhol, 2002).

- *Reúso Direto*: É o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;

A Organização Mundial da Saúde não recomenda o reúso direto, visualizado como a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação de tratamento de águas e, em seguida, ao sistema de distribuição (Hespanhol, 2002).

- *Reciclagem interna*: É o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição;

Por sua praticidade, em 1992, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental adotou e divulgou a classificação de Westerhof apud Brega Filho e Mancuso (2007) o qual separa o reúso da água em duas categorias: Potável e não potável.

Assim, para o reúso potável, estabeleceu-se que quando o esgoto recuperado por meio de tratamento avançado for diretamente injetado no sistema de água potável, o reúso potável é tido como direto. Os casos em que o esgoto, após tratamento, é disposto nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, autodepuração e subsequente captação, tratamento e utilização como água potável, o reúso potável é tido como indireto. Para a categoria de reúso não potável, Westerhof apud Brega Filho e Mancuso (2007) estabeleceu os seguintes tipos: Reúso

não potável para fins agrícolas; Reúso não potável para fins industriais; Reúso não potável para fins recreacionais e reúso não potável para fins domésticos.

Segundo Hespanhol, (2002), os elevados riscos associados à utilização de esgotos, mesmo domésticos, para fins potáveis, exigem cuidados extremos para assegurar proteção efetiva e permanente dos consumidores. Os sistemas de tratamento a serem implantados, devem ter unidades de tratamento suplementares, além daquelas teoricamente necessárias. É recomendável, quando possível, reter os esgotos já tratados, em aquíferos subterrâneos, por períodos prolongados, antes de se encaminhar a água para abastecimento público.

Brega Filho e Mancuso, (2007), incorporaram em seu trabalho três classificações complementares para o reúso não potável: Reúso para manutenções de vazões de cursos de água, reúso na aquicultura e recarga de aquíferos subterrâneos.

Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia, localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável. Entre esses, o Japão vem utilizando efluentes secundários para diversas finalidades. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados a nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segundo estágio), para uso em descarga de toaletes em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases e alguns usos industriais. Diversas outras cidades do Japão, entre as quais Ooita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis (Hespanhol, 2002).

3.1.2 – Reúso na agricultura

Os problemas associados ao reúso urbano não potável são, principalmente, os custos elevados de sistemas

Uma nova conceituação vem se firmando pela importância do reúso na atual gestão da água: A de que a água de reúso é um novo tipo de recurso hídrico, como observado por Silva et al., (2003).

No Brasil, o reúso da água ainda não está institucionalizado e geralmente vem sendo praticado de maneira não intencional e não planejada. Dentro desta ótica, o tratamento das águas residuárias no controle da poluição ambiental é fundamental. No contexto atual de baixa disponibilidade hídrica em algumas regiões, o reúso da água configura-se como peça fundamental na utilização para fins agrícolas, assim, destinando-se a água de melhor qualidade para outros fins mais nobres.

Hespanhol, (2002), ressalta que as águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

O setor agrícola demanda um suprimento alto de água, chegando só neste setor a quase 80% do total da demanda de água de vários países. Motta (2002), apud Silva et al., (2003). Assim, tem crescido lentamente o uso de esgotos na irrigação de culturas, dentre outros fatores pelo aumento da conscientização acerca do controle de desperdícios e a dificuldade crescente de identificar outras fontes alternativas de água destinadas à irrigação.

A utilização de esgotos sanitários para fins diversos tem seus inegáveis atrativos, dentre os quais: o alívio na demanda e preservação de oferta de água para usos múltiplos; reciclagem de nutrientes, proporcionando economia significativa de insumos, tais como fertilizante; a ampliação de áreas irrigadas e a recuperação de áreas improdutivas ou degradadas; a redução do lançamento de esgotos em corpos receptores, contribuindo para a redução de impactos de poluição, contaminação e eutrofização (Bastos et al, 2006).

Os sistemas de tratamento de esgotos oferecem um grande potencial para o uso de efluentes na irrigação, entretanto, podem provocar no solo, a dispersão de argilas, que obstruem os poros do solo, dificultando o fluxo das soluções na superfície e consequentemente interferindo no desenvolvimento de certos cultivos. Um exemplo de interferência da aplicação de águas residuárias no solo é que poderá alterar a taxa de decomposição da matéria orgânica, ocasionando diminuição nos teores de C e N (Falkiner; Smith,1997, apud Bastos et al, 2006).

Segundo Bond (1998), os fatores limitantes para uma aplicação sustentável de esgotos tratados no solo são modificações na salinidade e na sodicidade, a lixiviação do nitrato para as águas subterrâneas e, em algumas circunstâncias, a própria lixiviação do fósforo ou o seu acúmulo no solo, podendo modificar as propriedades do solo de modo irreversível. Outra preocupação tem sido os metais pesados presentes nos esgotos, que também podem migrar para o subsolo, chegando a atingir as águas subterrâneas.

Bastos et al (2006), relatam experiências de utilização de esgotos para fins de irrigação de frutíferas, pastagens e outros vegetais, em países como Austrália, México e Estados Unidos, com resultados positivos, demonstrando que quando existe um planejamento e o reúso de águas é praticado de forma controlada/planejada pode-se chegar a resultados benéficos.

Uma das boas opções de culturas para a disposição de esgotos tratados, tem sido as forrageiras e as gramíneas, pois além de contribuir com o tratamento das águas residuárias na remoção de nutrientes, também servem para alimentação animal, e no âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), são relatadas algumas experiências com a irrigação de capim no Rio Grande do Norte, onde foram alcançadas boas produtividades.

Muitos são os exemplos positivos de reúso de esgotos tratados na irrigação em todo o mundo. 100% da contribuição de esgotos sanitários da Cidade do México, com população acima de 20 milhões de habitantes, são utilizados para irrigação de 80.000 ha no vale do Mesquital; O esgoto é transportado por um complexo de canais e reservatórios ao longo de 60km. (Strauss;Blumenthal,1989 apud Bastos et al, 2006).

Em solos brasileiros, as práticas de irrigação com efluentes tratados são recentes e poucos são os resultados de monitoramento da qualidade de água subterrânea nas áreas submetidas à irrigação. O que se observa em cidades como Campina Grande, na Paraíba, é a prática descontrolada e não planejada do reúso, onde produtores rurais utilizam águas residuárias brutas no cultivo de capim para alimentação animal, sem a menor consciência dos riscos sanitários a que estão submetidos e desconsiderando os danos ambientais acarretados ao meio ambiente e à população vizinha às áreas irrigadas.

3.1.3 – Riscos associados ao reúso

O reúso da água está interligado à gestão do saneamento e o planejamento de políticas e projetos de reúso devem considerar os aspectos de saúde pública e educação ambiental, pois

o que se vê na prática são ações de reúso feitas de maneira não planejada, acarretando diversos riscos à saúde e ao ambiente. Logo torna-se imprescindível ações que visem a regulação deste tipo de atividade.

A atividade de reúso de água coloca diferentes grupos populacionais em contato com a água reciclada, a qual traz consigo alguma concentração de agentes patogênicos e químicos que possibilitam a transmissão de doenças. Logo, a promoção do desenvolvimento deste tipo de atividade, exige que os processos de tratamento reduzam estes elementos a níveis que sejam aceitáveis e que não causem efeito negativo de saúde na população exposta.

As diretrizes para o uso seguro de esgotos, produzidas pela OMS, são baseadas em pesquisas científicas e estudos epidemiológicos, proporcionando informação básica e orientação para a tomada de decisões que envolvem riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Diretrizes, não são estabelecidas com a finalidade de aplicação direta e absoluta em todos os países. Elas são de natureza meramente orientativa, direcionadas para o estabelecimento de uma base de riscos aceitáveis e, como tal, proporcionam uma referência comum, para o estabelecimento de normas e padrões, a nível nacional (Hespanhol, 2002).

De acordo com Bastos et al, 2006, a utilização de águas residuárias para produção agrícola, somente resultará em risco real (probabilidade de ocorrência de casos de doença), se as seguintes premissas forem satisfeitas:

- a) O organismo patogênico excretado alcançar o meio ambiente em quantidades correspondentes à dose infectante, ou o organismo patogênico se multiplicar no meio ambiente em quantidades correspondentes à dose infectante;
- b) A dose infectante alcançar um hospedeiro humano ou animal;
- c) O hospedeiro se infectar;
- d) A infecção resultar em doença ou transmissão posterior (casos secundários)

Bastos et al, 2006, destacam que na utilização de efluentes domésticos na irrigação de forrageiras, devem ser considerados os riscos relacionados aos consumidores de produtos oriundos de animais alimentados com pastagem irrigada com esgoto, aos trabalhadores e à circunvizinhança das áreas irrigadas, destinando especial atenção aos organismos patogênicos

com potencial zoonótico, o seja, que podem ser transmitidos de humanos para animais e vice-versa.

Os grupos de risco associados a sistemas de reúso agrícola são os seguintes: consumidores de culturas, carne e leite originários de campos irrigados com esgotos, operários agrícolas e suas famílias, manuseadores/transportadores de colheitas, e populações localizadas nas proximidades de campos irrigados através de sistemas de aspersores (Hespanhol, 2002).

A saúde desses grupos de risco pode ser protegida pela aplicação de quatro medidas básicas: Tratamento dos esgotos, seleção e restrição de culturas, técnicas de aplicação dos esgotos e controle da exposição humana (Brega Filho e Mancuso (2007).

Com base nos critérios epidemiológicos e da eficiência dos processos de tratamento de esgotos, a Organização Mundial da Saúde adotou as recomendações apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Recomendações da OMS sobre a qualidade microbiológica de águas que recebem esgoto sanitário, quando empregadas na agricultura (1).

Categoria	Tipo de Irrigação e cultura	Grupos de Risco	Nematóide intestinal (2)	Coliformes fecais (3)	Processo de Tratamento
A	Culturas para serem consumidas cruas	Consumidores agrícolas, público em geral	≤ 1	$\leq 1000(4)$	Lagoas de estabilização em série, ou tratamento equivalente em termos de remoção de patogênicos
B	Cereais, plantas, têxteis, forrageiras, pastagens, árvores (5)	Agricultores	≤ 1	Sem recomendação	Lagoas da estabilização com 8-10 dias de tempo de detenção ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais
C	Irrigação localizada de plantas da categoria B na ausência de riscos para os agricultores		Não Aplicável	Não Aplicável	Pré - tratamento de acordo com o método de irrigação, no mínimo sedimentação primária

Observações: 1. Em casos específicos, as presentes recomendações devem ser adaptadas a fatores locais de ordem ambiental, sócio-cultural e epidemiológica. 2. *Ascaris, Trichuris, Necator e Ancylostoma*: média aritmética do número de ovos por litro. 3. Média geométrica do número de CF-coliformes fecais, por 100ml durante o período de irrigação. 4. Para parques e jardins onde o acesso do público é permitido: 2 CF/100ml. 5. No caso de árvores frutíferas a irrigação deve terminar duas semanas antes da colheita e nenhum fruto deve ser apanhado do chão. Irrigação por aspersão, não deve ser empregada.

Fonte: Nuvolari, 2003

As limitações para utilização de águas residuárias na agricultura, de maneira alguma se apresentam como impeditivas, podem ser superadas através de manejo agrícola adequado que, também é necessário na irrigação com “águas limpas” (Nuvolari, 2003). A Tabela 3.2 resume as consequências da utilização de águas que recebem esgotos sanitários na irrigação de culturas segundo alguns métodos de irrigação. Segundo Nuvolari, 2003, a magnitude da contaminação dependerá do tratamento dessas águas, das condições climáticas predominantes, da cultura irrigada e do próprio sistema de irrigação.

Tabela 3.2 – Orientações quanto aos riscos e consequências sobre a utilização de águas que recebem esgotos sanitários conforme os métodos de irrigação e suas características.

Método	Características	Riscos/Consequências
Inundação	Água estacionada no tabuleiro enquanto infiltra	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores
	Muito contato do irrigante com a água	Risco de contaminação do irrigante
Sulcos	Água caminha lentamente nos sulcos enquanto infiltra	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores
	Contato do irrigante com a água	Risco de contaminação do irrigante
Micro-aspersão	A água é aspergida em pequenos círculos junto ao pé das plantas	Risco de contaminação do irrigante, das plantas e fruto é mínimo
	O Sistema geralmente envolve filtração da água e orifícios com pequenos diâmetros dos emissores	Pode haver entupimentos dos orifícios, devido a sólidos em suspensão e algas exigindo maiores cuidados na manutenção dos filtros
Gotejamento	A água é colocada em gotas, junto ao pé da planta	Risco de contaminação do irrigante, das plantas e fruto é mínimo
	O Sistema envolve filtração da água e orifícios com pequenos diâmetros dos emissores	Prováveis problemas com os filtros e com entupimento dos emissores, prejudicando a distribuição da água
Subterrânea: Elevação do nível do lençol freático	A água caminha lentamente nos canais para elevação do nível da água	Mau cheiro e aspecto. Atração e desenvolvimento de moscas e vetores
	Contato do irrigante com a água de irrigação	Contaminação do irrigante
Subterrânea: Aplicação da água no interior do solo	A água é ‘injetada’ no solo através de tubulações enterradas porosas ou perfuradas	Praticamente não há riscos de contaminação do irrigante, das plantas e dos frutos. Problemas com fechamento dos poros e furos

Fonte: Nuvolari, 2003

A salmonelose e a cisticercose são doenças identificadas como os principais riscos associados à irrigação de pastagens com esgoto. Estudos através da Universidade Federal de Viçosa – UFV, durante os anos de 2004, 2005 e 2006, utilizando águas residuárias tratadas para a produção de milho para fins de alimentação animal, mesmo simulando condições bastante desfavoráveis em termos de qualidade da água de irrigação, não foram observados

riscos reais à saúde animal. Entretanto, é relevante o aprofundamento em pesquisas com irrigação de culturas com a prática do reúso de águas, visando a segurança sanitária das populações envolvidas, sejam humanas ou animais, de forma sustentável (Bastos et al, 2006).

Utilizar programas de educação ambiental para promover esclarecimentos nas comunidades que praticam o reúso e esclarecer sobre a importância do tratamento das águas residuárias, dos benefícios e dos riscos, podem colaborar para uma melhor gestão do saneamento e dos recursos hídricos.

3.1.4 – Legislação de reúso no Brasil

No Brasil a regulamentação do reúso de água encontra-se em curso, mas o crescimento desta atividade é ainda pequeno em relação ao seu grande potencial, pois o tratamento precário e a falta de normas, retardam o avanço neste sentido (SABESP, 2012). Na prática, o que se observa em muitas cidades brasileiras e em particular na cidade de Campina Grande – PB, é uma rotina desordenada da atividade de reúso, onde sem qualquer controle ou forma de diluição ou tratamento, os esgotos sanitários estão sendo aplicados diretamente na irrigação.

A Resolução Nº 54 de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece modalidades, diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água, e coloca o reúso da água como parte integrante das políticas de gestão de recursos hídricos vigentes no país.

Em dezembro de 2010 foi publicada a Resolução Nº 121/2010, que veio para estabelecer diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005.

Neste contexto de reúso de águas, segundo a Resolução Nº 54/2005 do CNRH, a água de reúso deve estar dentro de certos padrões exigidos de acordo com a sua utilização. Assim, a água residuária deve passar por algum processo de tratamento antes de ser empregado de acordo com o fim a que se destina.

A Resolução Nº 121/2010 considerada como um avanço em relação a Resolução Nº 54/2005, estabelece em seu artigo 5º que a aplicação de água de reúso para fins agrícolas e florestais não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e à saúde pública. Desta forma, casos de uso de esgotos “in natura” para irrigação de culturas infringem as normas e não podem ser conceituadas como reúso, podendo ser classificadas como crime ambiental.

3.2 – ESTUDO DE VAZÕES

3.2.1 – Principais elementos constituintes de um sistema de esgotamento sanitário

Com base em Fernandes (1997) e Nuvolari (2003), têm-se as seguintes definições das unidades constituintes de um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) e os seus órgãos acessórios.

- Rede Coletora: Conjunto de tubulações constituídas por ligações prediais ou domiciliares, coletores de esgoto, coletores troncos e seus órgãos acessórios. Sua função é receber as contribuições dos domicílios, prédios e economias, promovendo o afastamento das águas residuárias em direção aos grandes condutos de transporte (interceptores e emissários) para o local de disposição final;
- Coletor de Esgoto: Tubulação subterrânea da rede coletora que recebe contribuição de esgotos em qualquer ponto ao longo de seu comprimento;
- Ligação Domiciliar: Trecho do coletor predial compreendido entre o lote e o coletor público;
- Coletor Principal: Coletor de maior extensão dentro de uma mesma bacia de esgotamento, os demais são chamados de secundários ou simplesmente coletores;
- Coletor Tronco: Geralmente é o coletor de maior diâmetro que recebe apenas contribuição de outros coletores, em pontos determinados (Poços de Visita);
- Poço de Visita (PV): Câmara visitável destinada a permitir a inspeção e trabalhos de manutenção preventiva ou corretiva nas tubulações, sendo construído nos pontos singulares da rede, como início dos coletores, mudança de direção, declividade, material ou diâmetro e reunião de coletores;

- **Interceptor:** Canalização que recolhe contribuições de uma série de coletores de modo a evitar que desaguem em uma localidade a proteger;
- **Emissário:** Canalização que recebe esgoto exclusivamente em sua extremidade de montante, pois se destina apenas ao transporte das vazões reunidas anteriormente;
- **Estação Elevatória de Esgotos (EEE):** Conjunto de equipamentos, em geral sob o abrigo de uma edificação subterrânea, destinada a promover o recalque das vazões de esgoto coletadas a montante;
- **Estação de Tratamento de Esgotos (ETE):** Unidade destinada a dar condições ao esgoto recolhido de ser devolvido à natureza sem prejuízo ao meio ambiente.

Cada unidade componente de um Sistema de Esgotamento Sanitário possui uma função específica. Uma interferência ou interrupção de suas atividades acarreta em problemas de ordem operacional e ineficácia do sistema, podendo desencadear riscos ao meio ambiente e à saúde do homem.

3.2.2 – Vazão de esgoto

Segundo Jordão & Pessoa (1995), a vazão ou descarga de esgotos é a mais importante característica dos esgotos, acompanhada da sua variação, pois influenciam no projeto das canalizações, no dimensionamento da ETE (estação de tratamento de esgoto), influi diretamente na estimativa da massa de poluentes presentes no esgoto e na avaliação dos impactos do meio ambiente (ar, água e solo).

No dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário com todas as suas unidades, incluindo o sistema de tratamento, é indispensável o conhecimento das magnitudes a variações das vazões, sendo levados em consideração, os seguintes componentes:

- Contribuição dos esgotos domésticos;

- Contribuição dos esgotos industriais;
- Vazão de esgoto concentrada, referente às significativas contribuições localizadas de grandes hospitais, clubes, escolas, etc;
- Vazão de infiltração, devida a águas do subsolo que se infiltram no sistema de esgotamento, sendo indesejáveis ao sistema;
- Contribuição pluvial parasitária, parcela de águas pluviais que inevitavelmente são absorvidas pela rede coletora de esgotos.

A vazão de esgotos normalmente representada pela letra Q , está relacionada com a quantidade de águas residuárias transportadas durante certo período de tempo, indicando assim o transporte de todos os elementos componentes do esgoto: Água, matéria orgânica e inorgânica, produtos químicos, microrganismos, micro e macro parasitas.

O dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário depende fundamentalmente do conhecimento dos volumes de líquidos a serem recebidos pelo sistema: tanto no que se refere às parcelas domésticas, como industriais, concentradas e às inevitáveis vazões de infiltrações ao longo de toda a rede coletora e das ligações domiciliares que também são portas de entrada de águas indesejáveis.

A vazão é um dos principais parâmetros para se dimensionar um SES, sendo fundamental sua determinação desde o projeto de uma rede coletora, passando pelas unidades como estação elevatória, até as caixas de areia e as unidades de tratamento.

3.2.3 – Algumas condições a serem observadas acerca do funcionamento hidráulico-sanitário da rede coletora de esgotos

Os líquidos esgotáveis possuem, em seu meio, materiais mais pesados que a água e que conseqüentemente são naturalmente sedimentáveis. Desta maneira, torna-se essencial que se evitem estes depósitos indesejáveis de sedimentos para que, com o tempo não ocorram reduções sucessivas da seção útil ou que se aglomerem em volumes sólidos maiores

provocando a abrasão nas paredes internas dos condutos quando arrastadas pelo líquido, prejudicando o escoamento e danificando a canalização (Fernandes, 1997)

A NBR 9649/1986, estabelece que as lâminas de água devem ser sempre calculadas admitindo o regime de escoamento uniforme e permanente, sendo seu valor máximo, para a vazão final, igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

À medida que o esgoto escoar pela rede de grandes extensões, por vezes com velocidade baixa, a concentração de oxigênio diminui gradualmente, prevalecendo às condições anaeróbias no esgoto e propiciando o aparecimento de sulfetos, cujos efeitos são notados principalmente nos coletores tronco, interceptores e emissários, pois os materiais que os constituem oferecem baixa resistência à ação do ácido sulfúrico formado. (Sobrinho;Tsumiya,2000, apud Pereira,2006). Logo, havendo uma vazão abaixo da mínima de projeto, a velocidade de escoamento do líquido dentro das tubulações não terá força suficiente para o arraste das partículas sólidas que se depositarão no fundo das tubulações, diminuindo a seção útil e ocasionando problemas de ordem operacional ao sistema de esgotamento sanitário.

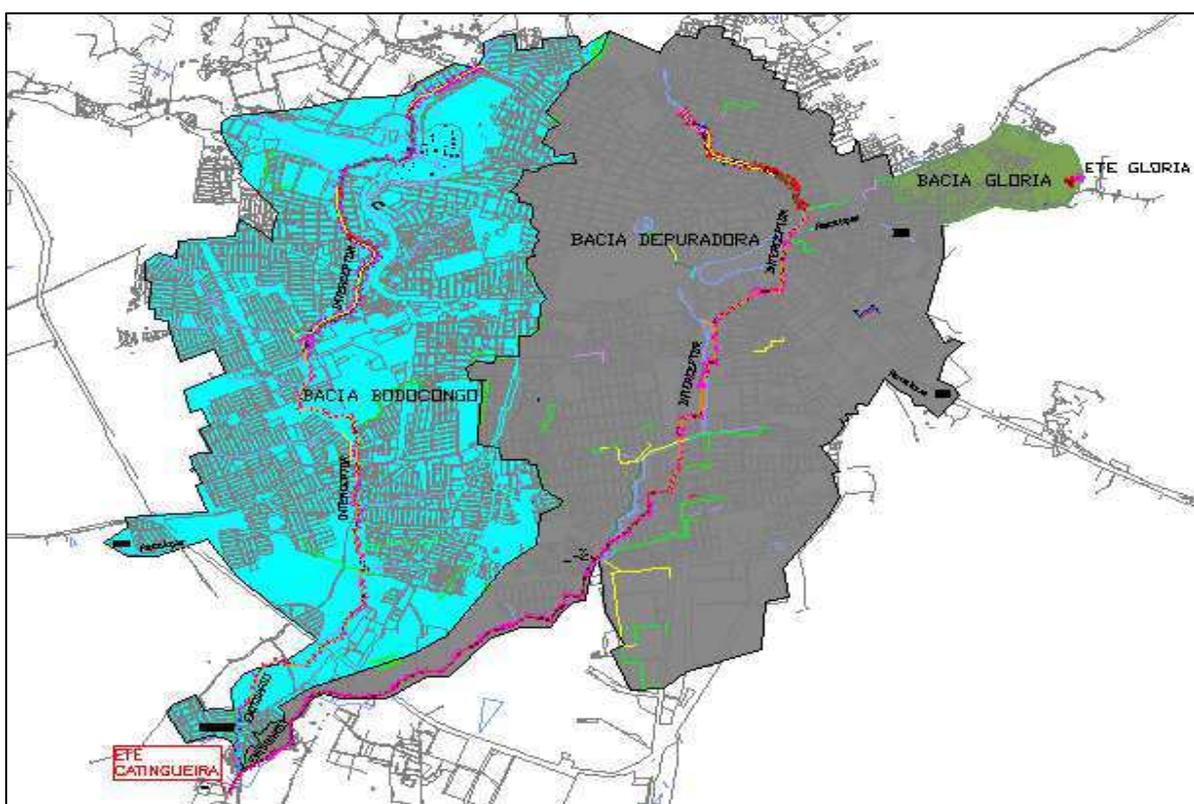
CAPÍTULO 4

4.0 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Caracterização da Área de Estudo

A cidade de Campina Grande, situada no Agreste Paraibano, possui um sistema de esgotamento sanitário composto pelas bacias do Glória, Depuradora e Bodocongó (Figura 4.1). No presente estudo foram avaliadas as perdas de vazão de esgoto dos interceptores e emissário que contribuem para a ETE da Catingueira.

Figura 4.1 – Mapa das bacias drenadas pelo sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande

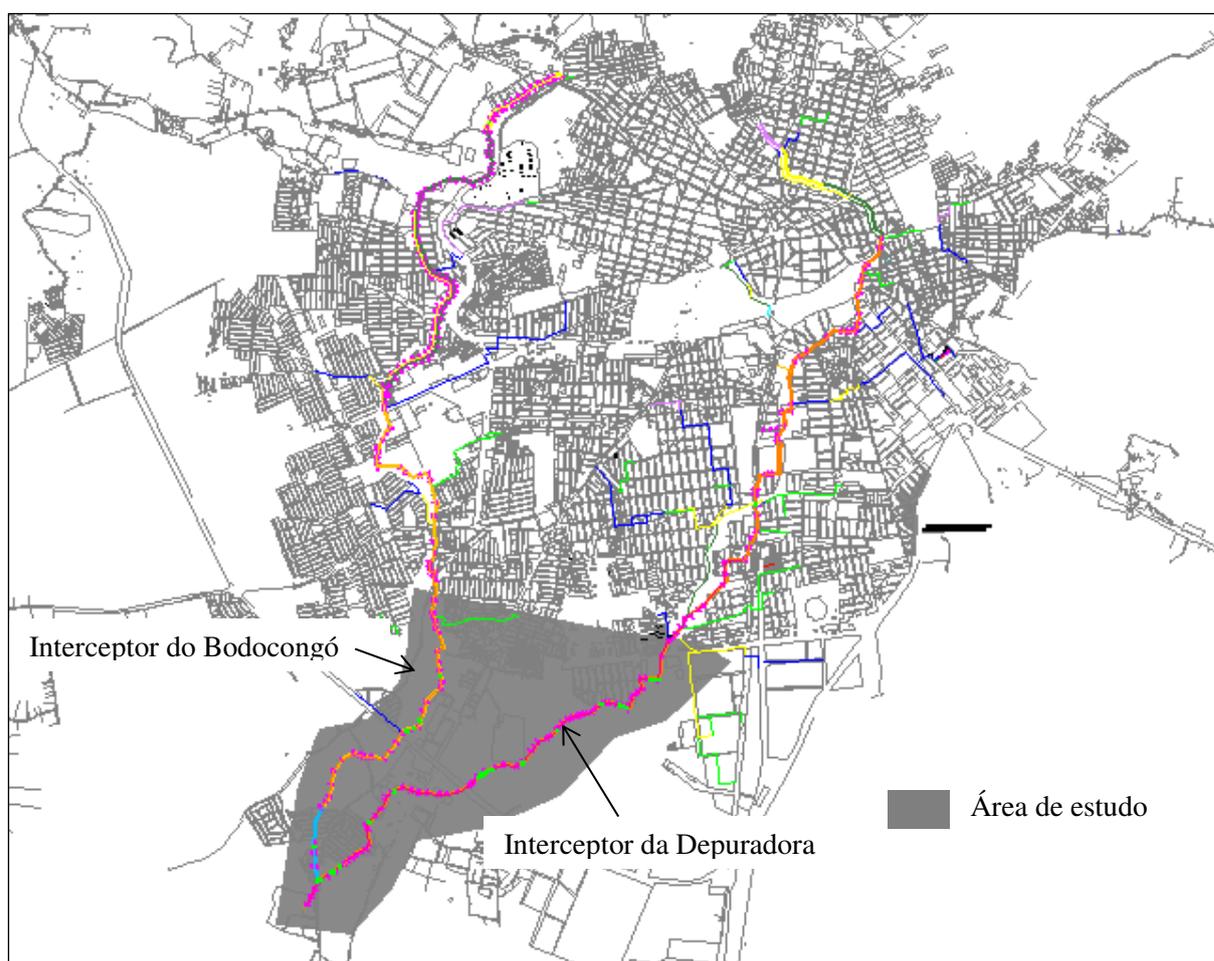


Fonte: Adaptado CAGEPA, 2012

A ETE da Catingueira foi projetada para tratar as águas residuárias transportadas pelo emissário que reúne as contribuições dos Interceptores Leste ou da Depuradora e do Oeste ou Bodocongó que recolhem as vazões drenadas das respectivas bacias homônimas.

A avaliação e identificação dos possíveis pontos de retirada clandestina de esgoto bruto tiveram como cenário o entorno dos Interceptores e do Emissário, referidos, mais especificamente nas áreas que atualmente apresentam pequena taxa de ocupação e que se configuram com algumas características rurais (áreas periurbanas). Estas por apresentarem maior vulnerabilidade à captação clandestina de esgoto bruto, para fins de irrigação, passaram a ser o foco deste trabalho (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Representação da área de estudo no entorno dos interceptores Leste ou da Depuradora e Oeste ou do Bodocongó e emissário do sistema.



Fonte: Adaptado CAGEPA, 2012

4.2 - O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Campina Grande

O Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Campina Grande é constituído de rede secundária, coletores troncos, interceptores, emissário e sistema de tratamento, hoje realizado através de lagoas de estabilização, que recebe a maior parte dos esgotos domiciliares

gerados no município. As soluções individuais, como fossas sépticas e sumidouros, lançamento de esgoto a céu aberto ou diretamente nos corpos hídricos e ligação clandestina de esgotos na rede de drenagem pluvial, são formas de disposição de águas residuárias na cidade, quando na ausência ou deficiência do sistema de esgotamento sanitário.

Atualmente, Campina Grande possui aproximadamente 81.540 ligações domiciliares cadastradas que deveriam direcionar seus esgotos para a ETE Catingueira, sendo 35.370 ligações da bacia Bodocongó e 46.170 ligações da bacia Depuradora. Possui ainda 2921 ligações da bacia do Glória, 3.526 ligações fora das citadas bacias e ainda 733 ligações com tratamento isolado feito por fossões (Companhia de Água e Esgotos da Paraíba -CAGEPA 2010). O sistema de esgotamento sanitário da cidade conta com cerca de 565.575,41 metros de rede coletora, estando em execução cerca de 13.000 metros de rede e mais 900 ligações domiciliares, levando ao atendimento de 65,31% da população da cidade (CAGEPA, 2012).

4.2.1 - Histórico do esgotamento sanitário de Campina Grande

O primeiro projeto de esgotamento sanitário de Campina Grande data de 1936, com execução de 1937 a 1938 (Arquivo CAGEPA,1964). Nesse projeto, executado pelo Escritório Saturnino de Brito, foi adotado o escoamento por gravidade, dispensando-se a utilização de estações elevatórias, correspondendo atualmente aos bairros da Prata, São José e Centro da cidade. Além da rede coletora, ligações domiciliares e um emissário, este mesmo escritório apresentou o projeto de uma estação de tratamento secundário de esgotos com capacidade prevista para 100L/s que se denominou Estação da Depuradora. Esta foi prevista por não existir nas imediações da cidade nenhum rio de elevada vazão capaz de suportar o lançamento direto dos despejos. A estação Depuradora encontra-se hoje desativada, sendo utilizada para fins de pesquisas pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG e a Universidade Estadual da Paraíba - UEPB.

Entre 1969 e 1972, a PLANIDRO- Engenharia e Consultoria contratada pela CAGEPA, elaborou um novo projeto que compreenderia além da ampliação da rede coletora e projeto dos interceptores da Depuradora e Bodocongó, o projeto de uma estação de tratamento através de duas lagoas retangulares com dimensões (105m x 140m), aeradas em série, prevendo-se em cada uma delas a instalação de 12 aeradores. Foram instalados 10 aeradores na primeira e dois na segunda (Arquivo CAGEPA,1985).

O projeto da Planidro de 1972 estabelecia duas etapas: a primeira destinada às lagoas aeradas e ao interceptor e emissário da Depuradora e a segunda ao interceptor e emissário do Bodocongó. A primeira etapa iniciada em 1973 e finalizada em 1974 foi dimensionada para atender uma população de 250.000 habitantes, com alcance de plano fixado em 25 anos (ALMEIDA, 2007). No final de 1984, dez anos depois, foram iniciadas as obras do emissário e interceptor do Bodocongó, partindo das lagoas aeradas de jusante para montante (Arquivo CAGEPA, 1985). Atualmente, pelas características de funcionalidade, existe apenas um emissário de gravidade do sistema que reúne as contribuições dos Interceptores da Depuradora e do Bodocongó.

Em janeiro de 1985 a TECNOSAN Engenharia S/A apresentou à CAGEPA um diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande, sendo constatado que no ano de 1980 existiam em Campina Grande 121.206,00 metros de rede coletora e 11.735 ligações domiciliares de esgoto cadastradas. As vazões médias afluentes à ETE medidas nos primeiros 7 meses de 1984, estão apresentadas na Tabela 4.1, segundo dados da Divisão de Operação e Manutenção da Cagepa na época.

Tabela 4.1 – Vazões médias mensais afluentes à ETE Catingueira 1984- Campina Grande

Vazões médias mensais			
Mês	Volume Mensal (m ³ /mês)	Vazão Média Diária (l/s)	Número de Dias Medidos
Janeiro	256.706	95,84	31
Fevereiro	226.937	90,57	29
Março	298.486	111,43	31
Abril	358.070	142,90	29
Mai	440.143	164,33	31
Junho	375.883	145,01	30
Julho	465.534	173,81	31

Fonte: CAGEPA, 1984

Em 2000, mediante convênio com a Cagepa, a empresa ATECEL digitalizou toda a rede coletora de esgotos de Campina Grande através do programa Autocad, possibilitando e facilitando o desenvolvimento de projetos complementares desenvolvidos pela própria Cagepa, e alguns projetos isolados executados pela Prefeitura Municipal de Campina Grande em atendimento aos bairros não contemplados no projeto da Planidro e também, aos novos bairros situados nas zonas de expansão da cidade.

4.2.2- Componentes do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande

4.2.2.1 Ligações Prediais de Esgoto

Aproximadamente 81.540 ligações prediais de esgoto estão conectadas à rede coletora, sendo divididas em ligações individuais, radiais (caixa de inspeção conectada a uma ou mais caixas, antes de conexão com a rede coletora) e de fundo de lote (CAGEPA, 2010). Atualmente está em andamento a obra do Jardim Tavares, onde serão executadas cerca de 900 ligações domiciliares.

4.2.2.2 Rede Coletora de Esgoto

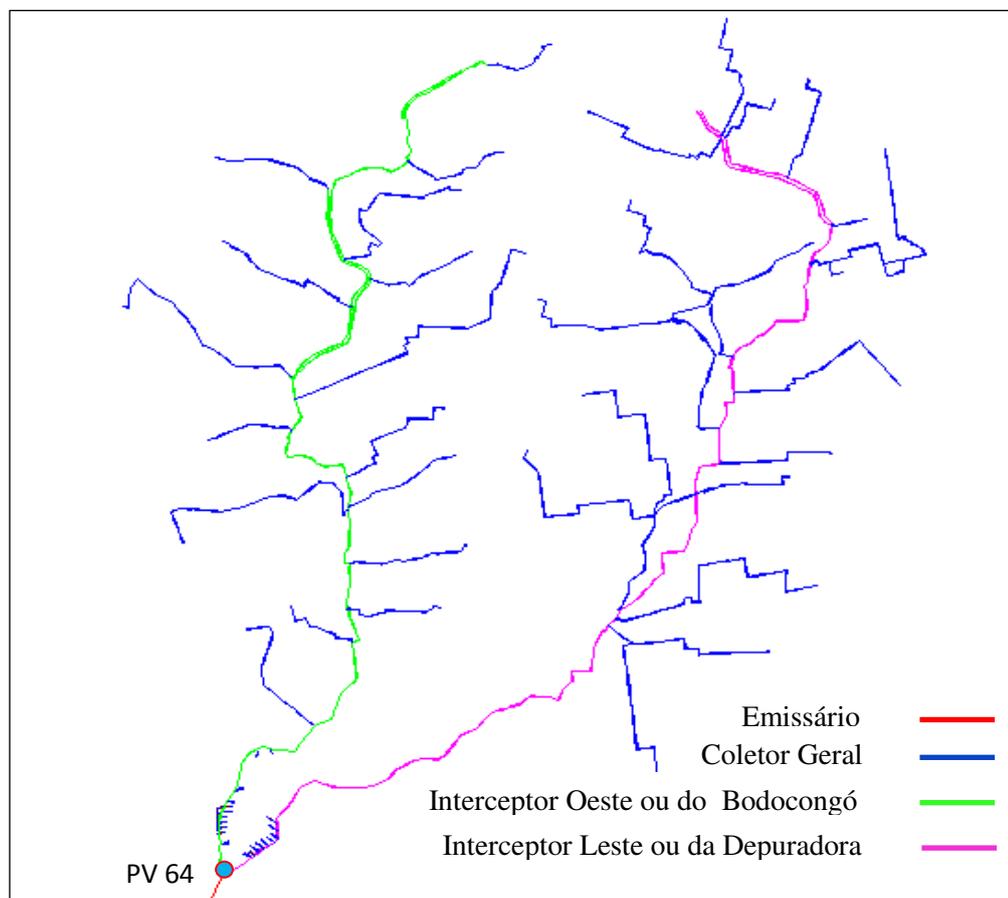
A rede coletora da cidade de Campina Grande, em função de sua condição topográfica, se apresenta sob a forma do traçado tipo leque, com materiais em PVC rígido, concreto e tubos cerâmicos, sendo sua extensão de aproximadamente 565.575 metros, com diâmetros que variam de 150 mm até 500 mm.

4.2.2.3 Coletores Troncos, Interceptores e Emissário

A cidade de Campina Grande, por apresentar uma topografia acidentada, permitiu a utilização de coletores principais bem definidos, lançados nos fundos de vales, recebendo as contribuições dos coletores de ambos os lados e fluindo para dois interceptores que se interligam em um poço de visita comum (PV 64), do qual inicia-se o emissário do sistema, conforme ilustrado na Figura 4.3. Funcionando por gravidade e executado em tubulações de concreto armado com diâmetro de 1200 mm, o emissário do sistema, que por definição deve receber contribuição exclusivamente de montante, possui 248,62 metros de extensão. O Interceptor de Bodocongó também construído em tubos de concreto armado, possui aproximadamente 14.250,00 metros de extensão.

O Interceptor da Depuradora em concreto armado com diâmetro variando 800mm a 1200mm, transporta uma vazão de 495 L/s , correspondente a 75% da área urbana, o do Bodocongó conduz uma vazão de 165 L/s, relativa ao restante da área urbana da cidade (ALMEIDA, 2007).

Figura 4.3 – Interceptores da Depuradora e do Bodocongó e Emissário do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande-PB.



Fonte: Adaptado CAGEPA, 2012

4.2.2.4 Estação Elevatória

Atualmente o Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande possui cinco estações elevatórias em operação, sendo a mais antiga instalada no bairro do José Pinheiro com vazão de 36 L/s, cujo recalque em ferro fundido apresenta diâmetro de 200 mm. Com as obras de ampliação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande iniciadas no ano de 2006, foram construídas as Unidades Elevatórias dos bairros do Mirante, Ligeiro e Jardim Verdejante. Em agosto de 2012 foi concluída a construção da nova Estação Elevatória de Esgotos de Campina Grande, no bairro da Catingueira que recalca o efluente das lagoas anaeróbias da antiga estação de tratamento até as Lagoas Facultativas e de Polimento, que fazem parte da ampliação do sistema de tratamento de esgotos (Figura 4.4).

A nova elevatória é automatizada e equipada com quatro bombas centrífugas de eixo horizontal (sendo uma de reserva com vazão de 643,70 L/s), instaladas em paralelo e com capacidade de vencerem uma altura manométrica de 25,22 metros (Figura 4.5).

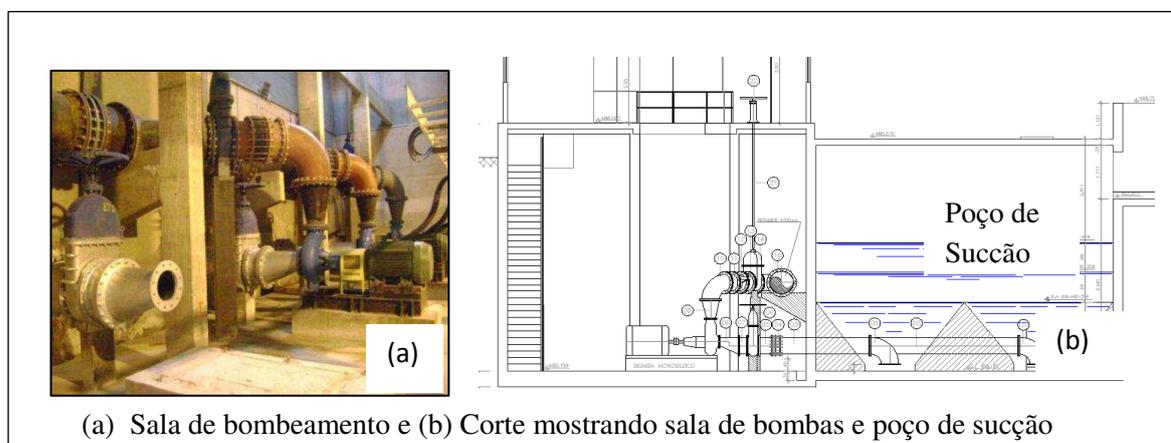
O Emissário de recalque foi construído em tubos de Ferro Dúctil Cimentado TDK7, revestido com argamassa de cimento aluminoso e anel de borracha em polímero EPDM, com diâmetro de 700 mm e extensão de 2.570,50 metros.

Figura 4.4 – Localização do novo sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.



Fonte: Google Earth, outubro 2012

Figura 4.5 – Nova estação elevatória de esgotos - bairro da Catingueira.



(a) Sala de bombeamento e (b) Corte mostrando sala de bombas e poço de sucção

Fonte: CAGEPA 2012

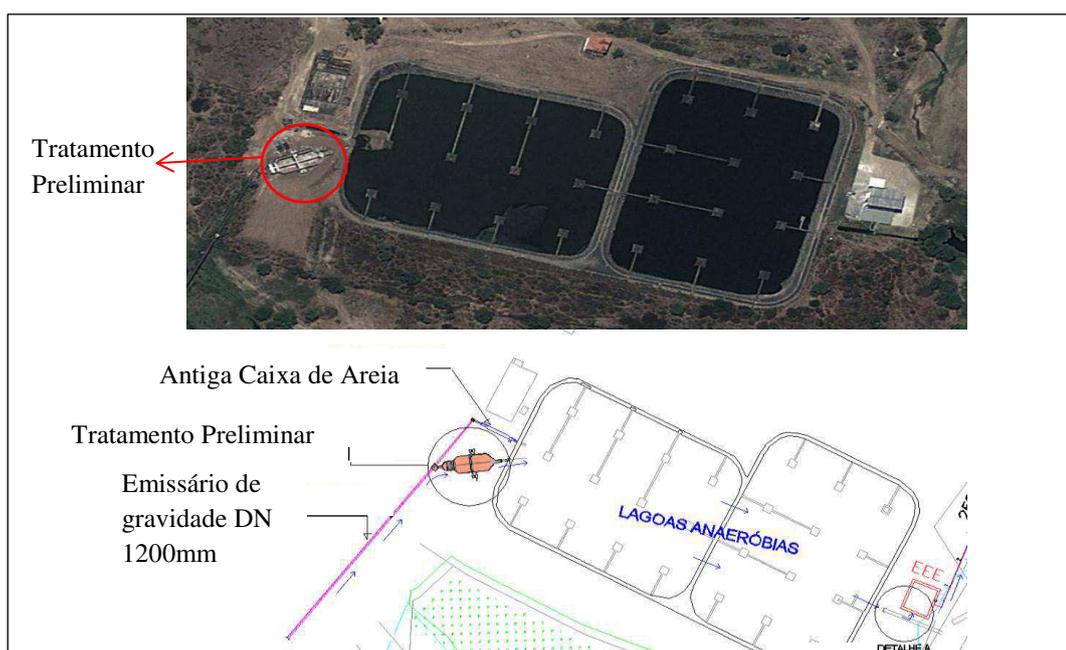
4.2.2.5 O Sistema de Tratamento de Campina Grande

O Sistema de Tratamento da cidade de Campina Grande era composto por tratamento preliminar (Grade de barras, Caixa de Areia com calha Parshall) e um sistema de duas Lagoas aeradas em série, retangulares, com dimensões de 105m x 140m, construídas entre os anos de 1973 e 1974.

Com o crescimento da cidade, o processo de tratamento de esgotos passou a ser ineficiente, necessitando de uma ampliação. O novo Sistema de Tratamento das águas residuárias foi projetado para atender toda a malha urbana de Campina Grande, incluindo as áreas consideradas como zonas de expansão, visando desta forma, contribuir para a despoluição dos rios Bodocongó e Paraíba, beneficiando, assim, uma população de projeto estimada em 443.934 habitantes (ano de 2024). Sua construção foi dividida em duas etapas, estando a primeira em operação e projetada para atender uma população de até 395.968 habitantes no ano de 2014.

Este novo sistema de tratamento de esgotos foi projetado considerando o aproveitamento das lagoas anteriormente aeradas, como complementares ao processo de tratamento, hoje funcionando como anaeróbias. A caixa de Areia e a Calha Parshall foram desativadas, sendo construída uma nova unidade de tratamento preliminar composta de Caixa de Areia com grade mecanizada e calha Parshall (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Localização do novo sistema de tratamento preliminar- bairro da Catingueira



Fonte: imagem superior: Google Earth- outubro 2012 e CAGEPA 2012 : esquema inferior

As Bacias da Depuradora e do Bodocongó interligam-se e conduzem os esgotos em um trecho de 248,62 metros de tubos em concreto armado com diâmetro de 1200 mm para o tratamento preliminar recém-construído.

A nova caixa de areia com grade de barras mecanizadas localiza-se antes da entrada das Lagoas Anaeróbias existentes, dimensionadas para a vazão máxima horária de 1.087,64 L/s e calha Parshall de 1,5 pés. A caixa de areia possui duas câmaras, com dimensões de 25,00 x 3,65 x 0,30 metros (CAGEPA, 2007), conforme ilustrado na Figura 4.7.

Figura 4.7 – Vista frontal e longitudinal da caixa de areia com as grades mecanizadas.



Fonte: Autora, 2012

Após tratamento preliminar, as lagoas recebem os esgotos da nova caixa de areia e seu efluente é recalcado através de um emissário de 700 mm para as novas Lagoas de Tratamento de Esgotos de Campina Grande (Figura 4.8).

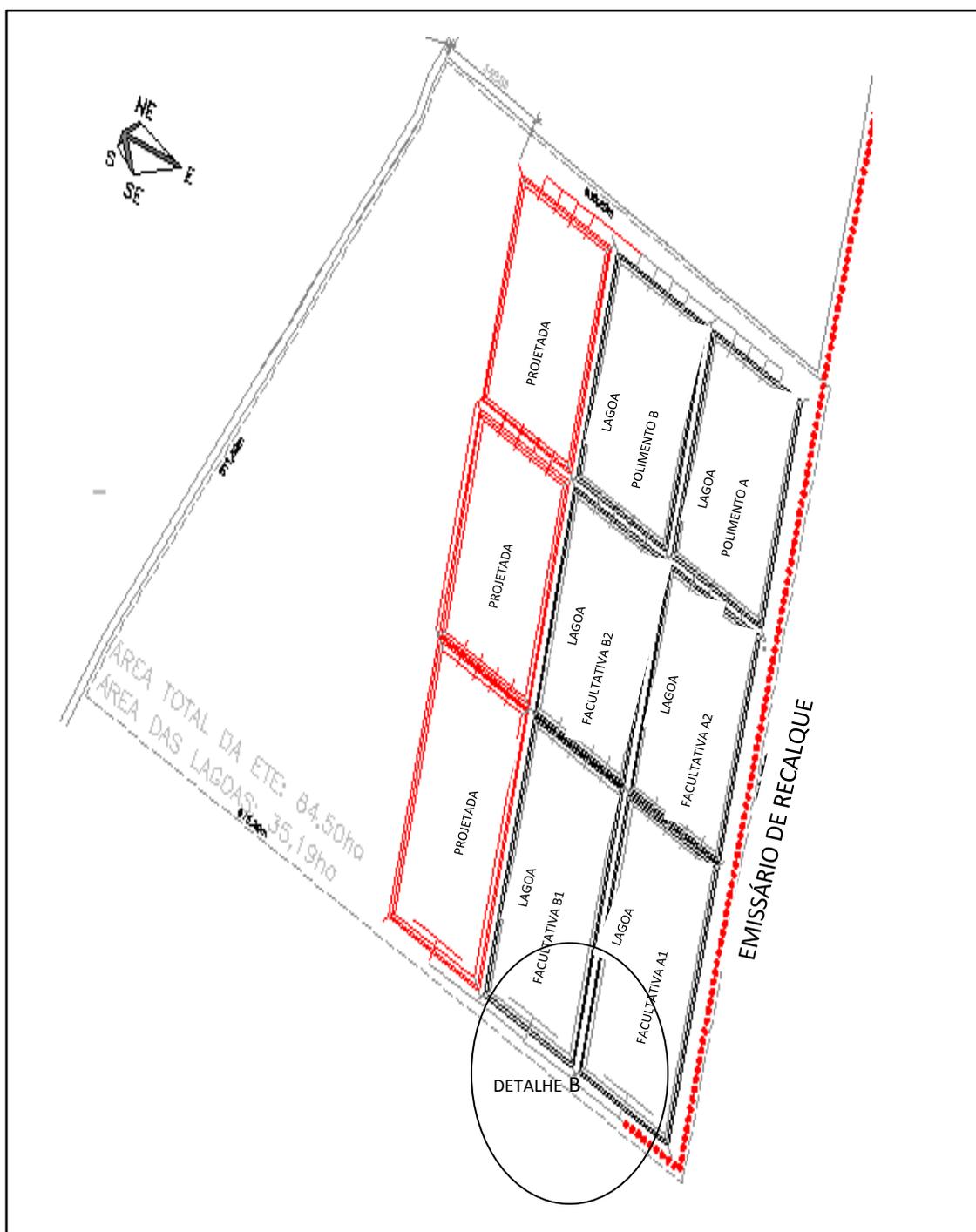
Figura 4.8 – Entrada do emissário de recalque nas lagoas facultativas



Fonte: CAGEPA 2012

O sistema de lagoas de estabilização é composto por três módulos em série, cada módulo possui duas lagoas facultativas e uma de polimento, com capacidade de tratar a vazão média de 643,70 L/s. A primeira etapa com dois módulos encontra-se em operação, ficando o último módulo para uma etapa posterior (Figura 4.9) (CAGEPA, 2007). A Figura 4.10 ilustra a tubulação de alimentação das lagoas facultativas.

Figura 4.9 – Novo sistema de tratamento com lagoas de estabilização de Campina Grande



Fonte: CAGEPA 2012

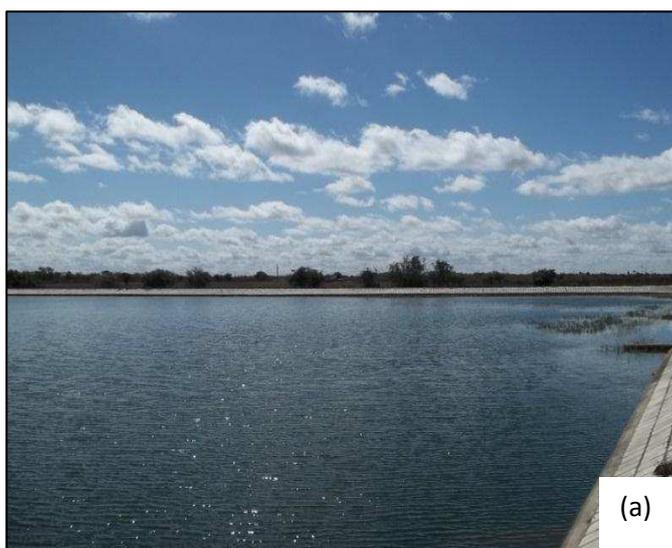
Figura 4.10 – Detalhe B: Alimentação das lagoas facultativas A1 e B1



Fonte: Autora. 2012

O abastecimento do primeiro módulo foi iniciado em fevereiro de 2012 e em maio, as duas lagoas facultativas em série encontravam-se completamente cheias, conforme observado na Figura 4.11(b). A Figura 4.12 mostra os dois módulos de lagoas de estabilização cheios ao final do mês de julho.

Figura 4.11 – (a) lagoa facultativa A2 em funcionamento e (b) visualização das duas primeiras lagoas facultativas em carga.



Fonte: (a) Própria 2012 e (b) Google Earth, maio de 2012

Figura 4.12 – Lagoas facultativas e de polimento em operação desde julho de 2012

Fonte: Google Earth, agosto de 2012

A terceira bacia de esgotamento da cidade de Campina Grande, a bacia do Glória, conta com um sistema de tratamento através de uma lagoa Anaeróbia e uma lagoa facultativa secundária, em série, que recebem as contribuições de esgotos dos bairros do Glória I, Glória II, Belo Monte e Jardim América. As águas residuárias chegam à ETE através de três emissários e o efluente final tratado é descarregado no Riacho Cardoso (ARAÚJO, 2007), não tendo esta ETE sido contemplada nesse estudo.

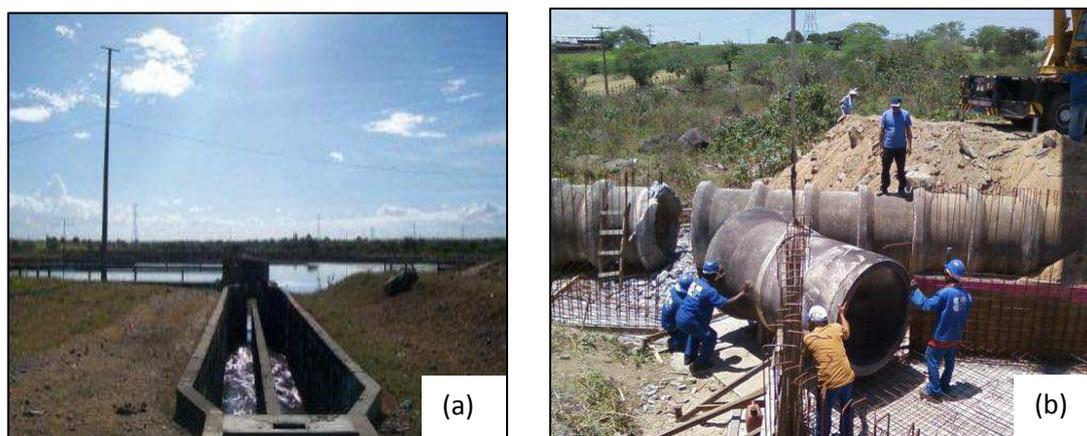
4.3- Metodologia

4.3.1 Determinação da vazão de contribuição de esgoto na ETE da Catingueira

No período de janeiro a agosto e no mês de outubro de 2012 foram efetuadas medidas de altura da lâmina líquida a 2/3 do início da garganta da Calha Parshall (Tratamento Preliminar) da antiga ETE de Campina Grande localizada a montante das lagoas anaeróbias. Hoje, as lagoas anteriormente aeradas complementam o processo de tratamento do novo sistema exercendo a função de anaeróbias. A Calha Parshall da antiga caixa de areia foi desativada a partir de novembro de 2012. A Figura 4.13 mostra a antiga calha Parshall da ETE Catingueira e a interligação do emissário em concreto armado (DN 1200mm) ao novo sistema de tratamento preliminar.

Para a continuidade dos serviços de construção do novo sistema de tratamento preliminar, foi necessário interromper o fluxo dos esgotos sanitários na entrada da antiga caixa de areia, o que inviabilizou a continuidade do monitoramento das lâminas líquidas.

Figura 4.13 – (a) Local de aferição das alturas das lâminas de esgoto - calha Parshall desativada e (b) Interligação do emissário à caixa de areia.



Fonte: (a) Própria e (b) CAGEPA 2012

Foram realizadas medições ao longo do ciclo diurno com leituras a cada 2 horas, das 7 às 17 horas durante os meses de janeiro a agosto de 2012 e durante o mês de outubro. Como as leituras das lâminas na Calha Parshall eram acompanhadas pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), empresa responsável pela operação e manutenção da ETE, foi possível utilizar dados das alturas da lâmina durante alguns meses dos anos de 2009, 2010 e 2011 para fins de comparação com os dados levantados em 2012.

Com os valores da altura da lâmina (H) e através da Equação 4.1 para Calha Parshall Padrão (CAGEPA, 2005) e (AZEVEDO NETTO e ALVAREZ, 1996), foi possível estimar os dados de vazão afluente ao sistema de tratamento de esgotos de Campina Grande, referentes às contribuições das bacias da Depuradora e do Bodocongó.

$$Q = 0,022WH^{3/2} \text{ (L/s)} \quad \text{(Equação 4.1)}$$

Onde : W = Largura da Garganta (W = 45,7 cm)

Com base nos memoriais descritivos e especificações técnicas de obra de conclusão do Sistema de Tratamento de Esgotos de Campina Grande e outros relatórios complementares também da CAGEPA, foi possível fazer comparações dos valores encontrados com as vazões estimadas em projeto.

4.3.2– Identificação dos pontos de fuga de esgoto dos Interceptores do Bodocongó e Depuradora e das áreas irrigadas na área de estudo.

Através da utilização de imagens de satélites (Google Earth 2005 e 2010) foi possível proceder uma análise prévia de alterações no padrão de umidade do solo no entorno dos interceptores e emissário avaliados.

A partir dos dados obtidos com as imagens, foi realizada visita, in loco, ao longo dos interceptores e emissário, objetos deste estudo. Assim, foi efetuado o cadastramento dos pontos com desvio/exploração clandestina de esgoto bruto para irrigação de capim, registrados com o auxílio do GPS 12 marca Garmin (precisão de 15metros) e fotografias. Alguns pontos das canalizações considerados vulneráveis ao desvio de esgoto bruto para irrigação, por apresentarem-se bastante danificados, também foram cadastrados.

Posteriormente, os pontos georreferenciados foram sobrepostos à imagem de satélite do ano de 2010 (cedida pela Prefeitura Municipal de Campina Grande), cujo processamento de dados foi realizado no programa Arc GIS, tornando possível avaliar o entorno dos interceptores. A identificação das áreas irrigadas foi realizada através da imagem de satélite de setembro de 2012 (obtida no Google Earth).

4.3.3– Análise da influência da pluviometria no sistema de esgotamento sanitário

Os dados pluviométricos utilizados para efeito de cruzamento com as variações de vazões no sistema foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA para os anos de 2009 até 2012. A precipitação média diária ao longo dos meses de cada ano foi representada por gráficos de dispersão, executados pelo programa Excel 2010, para avaliar a existência de influências climáticas sazonais nas variações de vazões de chegada na ETE da Catingueira.

4.4 – Análise estatística

Foi realizada análise gráfica da variação das vazões de chegada na ETE da Catingueira, através da utilização do Programa Excel 2010.

Foi aplicada a análise estatística descritiva realçando a média aritmética como parâmetro da tendência central dos diferentes conjuntos de dados.

Para verificar se os conjuntos de dados brutos e os respectivos conjuntos de dados transformados tinham distribuição normal, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov, utilizando o programa estatístico SPSS.

A todos os conjuntos de dados amostrais, obtidos com o monitoramento das vazões de esgoto bruto, afluente à ETE Catingueira, foi aplicada a análise da variância (ANOVA - Fator único), ao nível de significância de 5%, para determinar a existência ($F > F_{cr}$), ou não ($F < F_{cr}$), de diferenças significativas entre eles.

O método gráfico GT-2, no qual uma igualdade estatística entre um par de valores médios é demonstrada pela intercessão dos respectivos limites de comparação e a diferença significativa fica evidenciada pela não intercessão desses limites, foi utilizado, de modo complementar, para mostrar onde ocorreram estas igualdades ou diferenças significativas.

CAPÍTULO 5

5.0 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 – Contribuição de esgotos sanitários do sistema de Campina Grande

5.1.1 – Dados de contribuição

Para executar as medições da contribuição de esgotos do sistema, foi adquirido pela CAGEPA, um medidor de vazão e nível do tipo ultrassônico acoplado com data-logger, que seria instalado inicialmente na Calha Parshall da antiga caixa de areia que antecede as lagoas anaeróbias e, posteriormente, após construção do novo sistema de tratamento preliminar, seria transferido para a nova Calha Parshall. No entanto, devido a problemas técnicos com o equipamento ao longo dos primeiros meses de 2012, foi feita opção pelo acompanhamento das alturas das lâminas líquidas de esgoto na antiga calha Parshall, acompanhamento realizado por funcionários da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, e acompanhada de perto pela equipe de pesquisa.

Foi realizado o acompanhamento durante os meses de janeiro a agosto de 2012, sem interrupções, no período de 7h da manhã às 17h. No mês de setembro não foi realizado medições devido aos serviços realizados na caixa de areia. Ao final do mês de outubro foram encerradas as leituras devido às obras de construção da nova caixa de areia com grade mecanizada e nova calha Parshall. Em novembro de 2012, a antiga calha Parshall, local das coletas das alturas das lâminas de esgoto, foi desativada.

5.1.2 – Contribuição da vazão de esgotos sanitários (Q)

Durante o ano de 2012, as medições de altura de lâmina de esgoto na calha Parshall convencional de garganta $W = 45,7\text{cm}$, foram feitas durante 229 dias, perfazendo um total de 1.351 leituras de lâmina, cuja altura média diária (h) foi de 10,6 cm ao longo dos meses acompanhados. Assim:

$$Q = 0,022 \times (45,7) \times (10,6)^{3/2}$$

$$Q = 34,70 \text{ L/s}$$

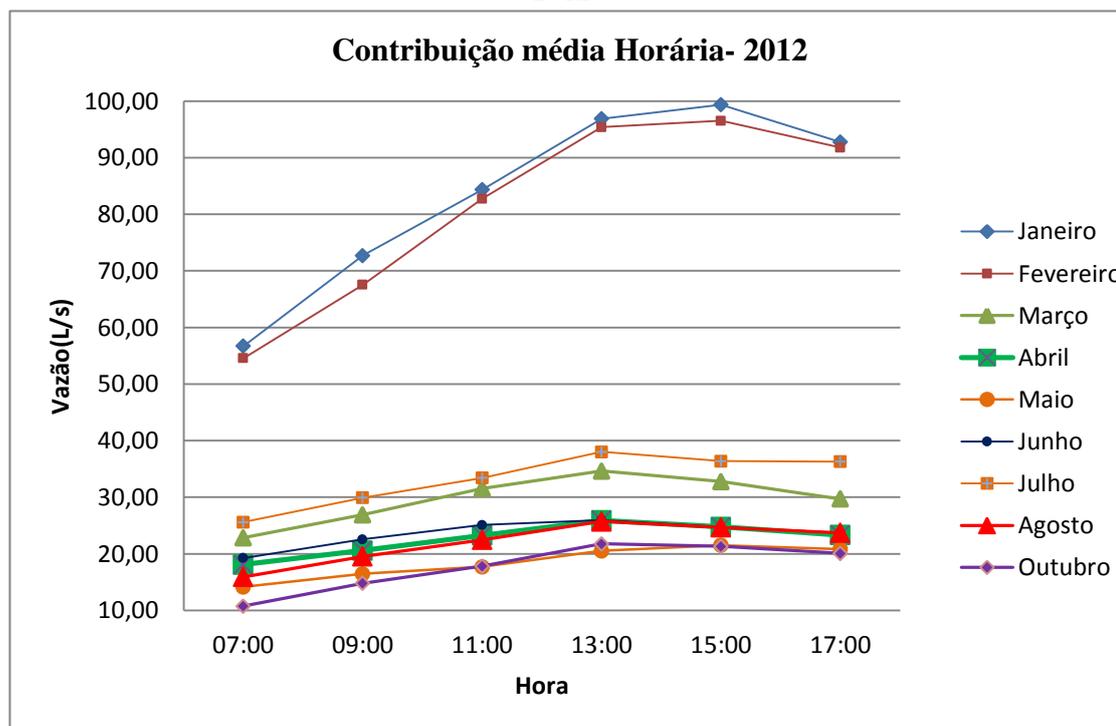
$$Q = 0,0345 \text{ m}^3/\text{s} \longrightarrow Q = 124,20 \text{ m}^3/\text{h}$$

A vazão média diária para o ano de 2012 foi de 34,70L/s, bem abaixo da vazão média diária de 494,96 L/s estabelecida para a primeira etapa da ETE Catingueira. Apenas 7% do valor estabelecido em projeto.

5.1.3 – Perfil diurno da contribuição média horária estimada para os meses estudados em 2012.

A Figura 5.1 ilustra a evolução média da contribuição de esgoto ao longo o ciclo diurno para os meses de janeiro a agosto e o mês de outubro de 2012. As medidas das alturas das lâminas em cada horário particular foram convertidas em vazão, constituindo uma subamostra de dados cuja média aritmética foi empregada para representar a contribuição de esgotos naquele horário específico.

Figura 5.1 – Contribuição média horária de esgotos afluentes a ETE da Catingueira ao longo de 2012.



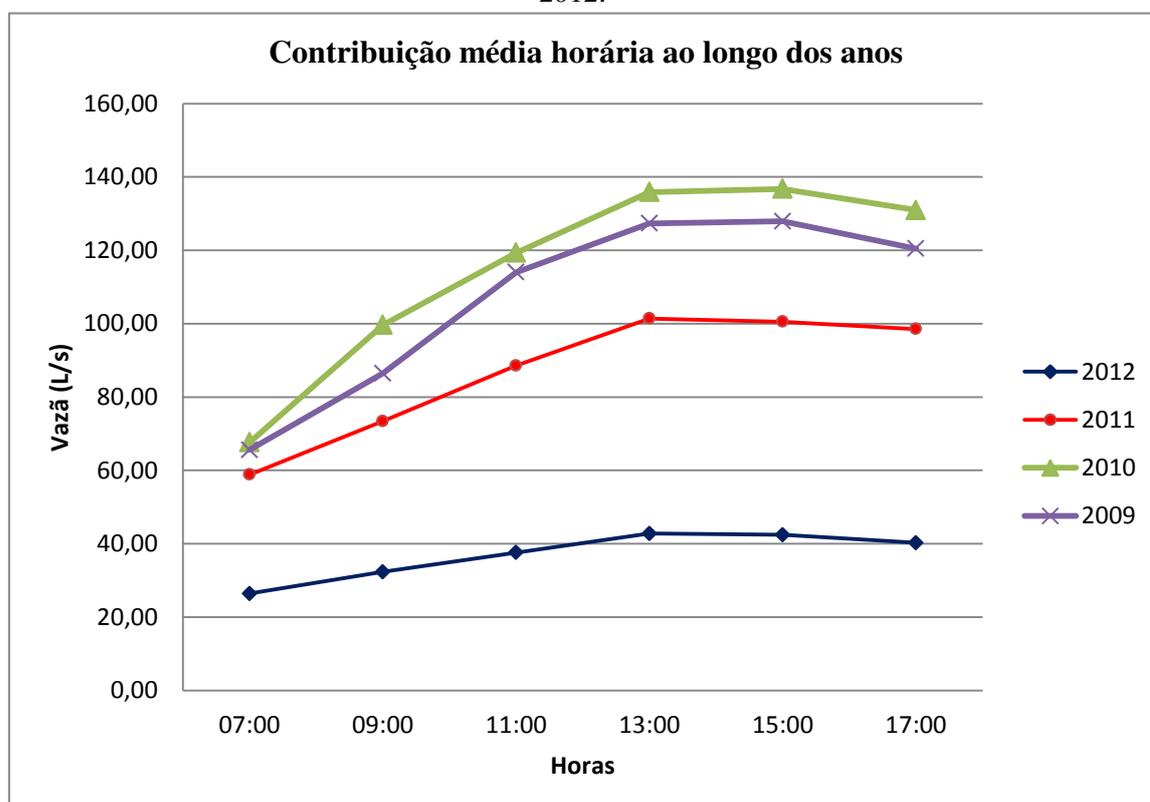
Fonte: Autora, 2012

A comparação das curvas de vazão de contribuição horária para os meses estudados permite verificar uma grande similaridade, em termos de comportamento, nos quais são verificadas a partir das sete horas, curvas ascendentes até a chegada aos picos (entre 13 e 15 horas), entrando, a partir desse horário em curvas decrescentes. Apesar do comportamento similar de chegada de esgoto ao longo do período diurno na ETE, é perceptível que a contribuição de esgotos ao longo dos meses apresentou diferenças significativas, particularmente no intervalo entre os meses de fevereiro e março.

5.1.4 – Perfil da contribuição média horária estimada para os anos de 2009 até 2012.

Os dados de vazão referentes às medidas obtidas em cada horário específico do ciclo diurno ao longo da totalidade do período de amostragem constituíram uma subamostra cuja média aritmética foi usada para representar a contribuição média daquele determinado horário durante o ano particular. A Figura 5.2 representa a evolução média da contribuição de esgoto definida com base na média de cada horário para cada um dos anos de 2009 a 2012.

Figura 5.2– Perfil de contribuição média horária de esgoto durante os anos de 2009, 2010, 2011 e 2012.

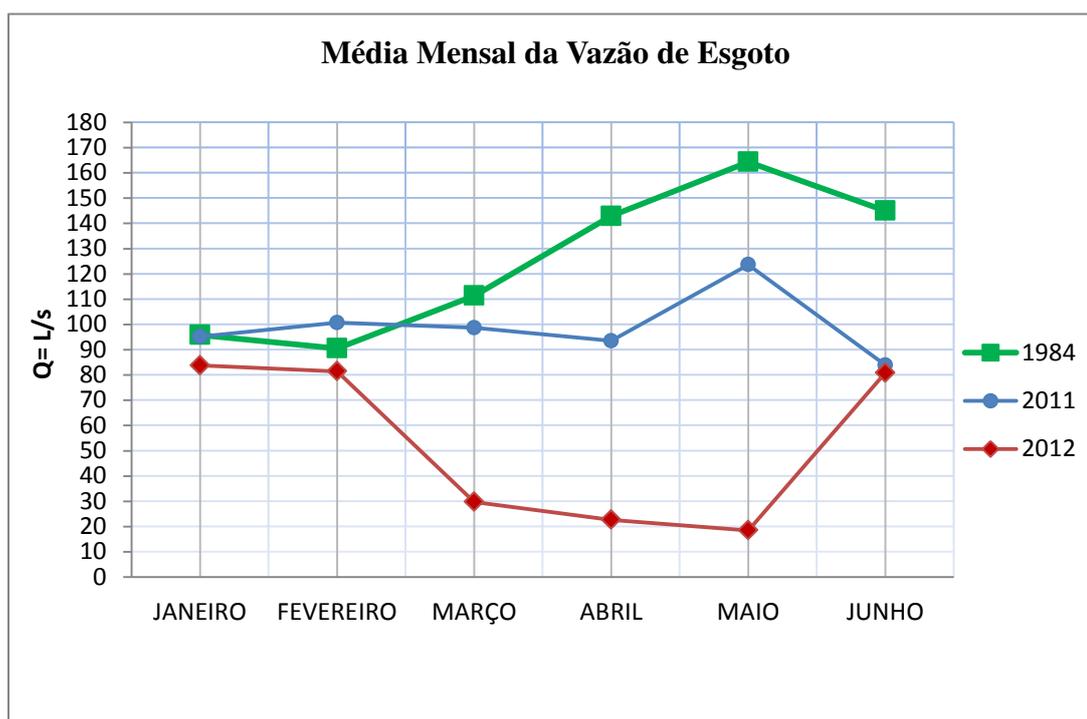


Fonte: Autora, 2012

Analisando o perfil de contribuição horária dos anos estudados durante o horário de maior vazão (13h), verifica-se que ao longo dos anos houve uma significativa diminuição da contribuição de esgoto partindo de seu valor máximo (135,85 L/s) em 2009, decaindo até o valor mínimo (42,76 L/s) em 2012.

Buscando comparar as vazões dos anos de 2011 e 2012 com dados mais antigos, foi possível comparar os meses que fazem parte de um mesmo período do ano (janeiro a junho) com as vazões do ano de 1984 adquiridas no arquivo da CAGEPA. Os dados médios de contribuição mensal constituíram uma subamostra de dados cuja média aritmética foi utilizada para representar a contribuição de esgotos naquele determinado mês. A comparação das curvas de contribuição de janeiro a junho dos anos 1984, 2011 e 2012, está ilustrada na Figura 5.3.

Figura 5.3 – Perfil de contribuição média mensal de esgoto durante os anos de 1984, 2011 e 2012.



Fonte: Autora, 2012

Levando em consideração que os 6 (seis) meses estudados e plotados na Figura 5.3, fazem parte das mesmas estações do ano; foi possível constatar que as contribuições médias de cada mês ao longo dos anos também se mostraram com redução de vazão com o passar dos anos. Levando em consideração o mês de abril, no qual não houve picos de vazão e nem picos

de precipitação, conforme pode ser visto mais adiante, a vazão mensal de esgoto decaiu de 142,91L/s em 1984 para 22,66 L/s, embora a população de contribuição tenha aumentado.

Tal fato pode ser atribuído a ações antrópicas como o desvio de esgoto bruto para irrigação, o lançamento clandestino de ligações de esgotos na rede drenagem, e a falta de manutenção do sistema de esgotos sanitários. É possível uma tendência de decréscimo de contribuição de águas residuárias na ETE da Catingueira ao longo dos anos, caso as interferências não sejam contidas.

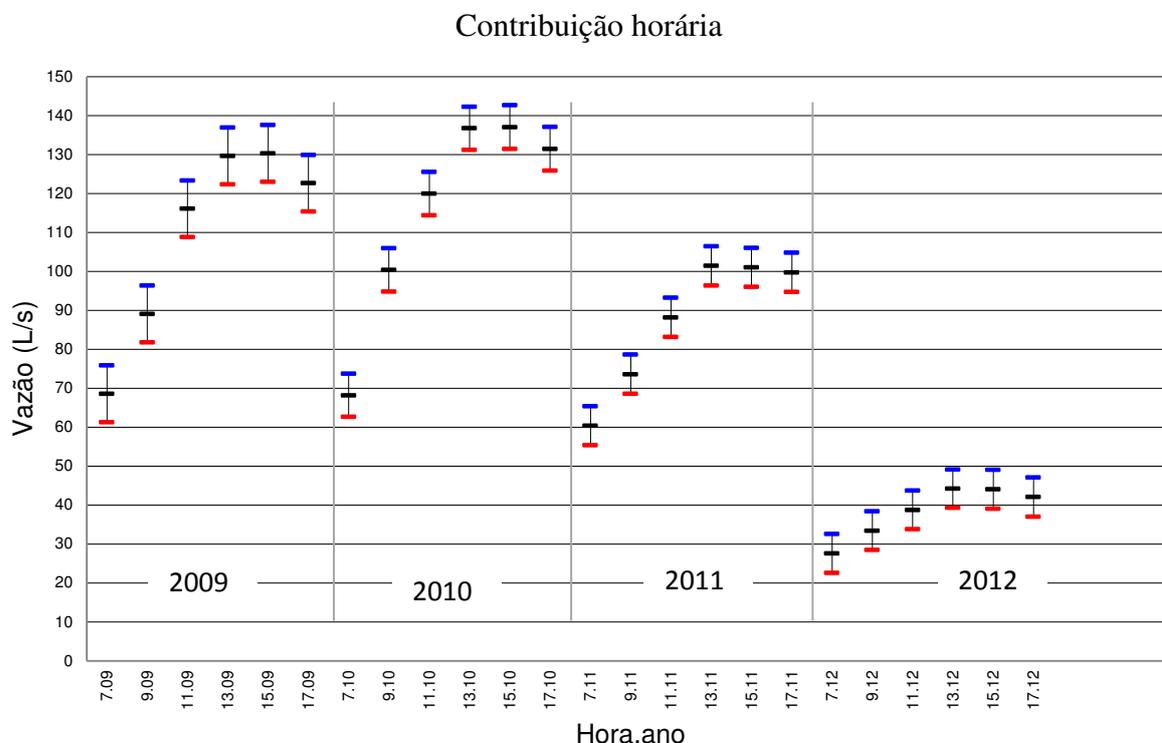
O conjunto de todas as vazões obtidas das alturas das lâminas de esgoto, durante o período diurno, nos horários específicos, dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012, foi submetido à análise de variância (ANOVA-fator único), ao nível de significância de 5%, cujos resultados demonstraram a existência de diferenças significativas ($F > F_{crítico}$), conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Resumo da análise de variância (ANOVA- fator único) aplicada aos dados de vazão horária ao longo dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	5633388	23	244929,9	152,9484	0	1,531731
Dentro dos grupos	6958037	4345	1601,389			
Total	12591424	4368				

A demonstração de diferenças significativas e igualdades estatísticas podem ser feitas com base no método gráfico GT-2, conforme ilustrado na Figura 5.4, através da qual uma diferença significativa fica evidenciada pela não intercessão dos limites de comparação entre um par de valores médios.

Figura 5.4 – Gráfico GT-2 da contribuição média horária de esgoto ao longo dos anos 2009, 2010, 2011 e 2012 na ETE da Catingueira.



Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.4 também permite várias observações importantes:

- Comparação das vazões para as 7h: Não foram observadas diferenças significativas neste horário entre os anos de 2009, 2010 e 2011. Porém, houve redução significativa da vazão das sete horas entre 2011 e 2012;
- Comparação das vazões para as 9h: Não é possível dizer que há diferenças significativas entre os três primeiros anos, mas a vazão da média das 9h em 2012 é significativamente menor que as vazões correspondentes dos anos anteriores;
- Comparação das vazões para as 11, 13, 15 e 17h: Nos dois primeiros anos, não houve diferenças significativas. No entanto, as médias horárias das vazões do ano 2011 são significativamente menores que as correspondentes médias

horárias dos anos anteriores e as de 2012 significativamente menores que as de 2011;

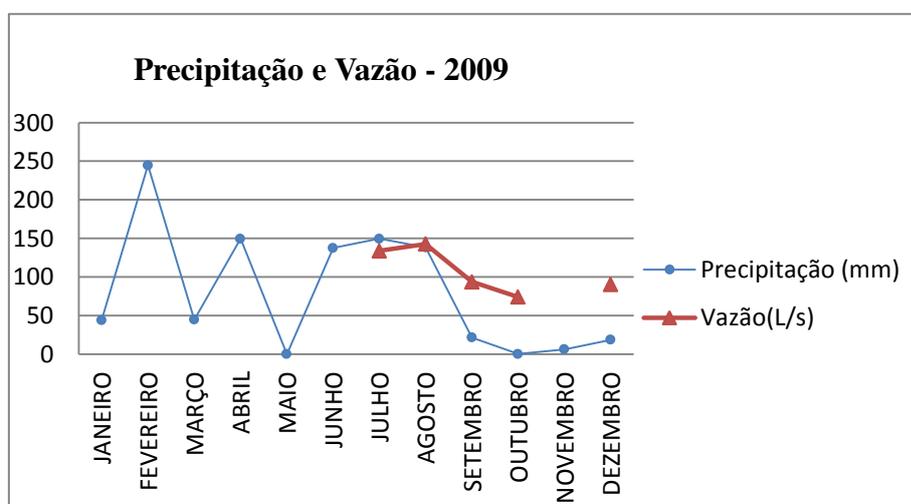
- De fato, todas as vazões médias horárias do ano de 2012 foram significativamente menores que todas as vazões médias horárias, inclusive as mínimas, de todos os anos anteriores.

Logo, analisando o gráfico GT-2, foi verificado que ao longo dos anos estudados, houve uma diminuição significativa da contribuição de esgoto na chegada da ETE Catingueira.

5.2 – Avaliação de influências climáticas

A Figura 5.5 mostra o comportamento da curva de precipitação em comparação à curva de variação de vazão no ano de 2009. Enquanto a vazão média de esgotos nos meses de baixa precipitação foi de 86,05 L/s, ocorreu pico de vazão de 142,78 L/s no mês de agosto, correspondendo a um aumento de 65,40%, por influência do pico de precipitação nesse mês.

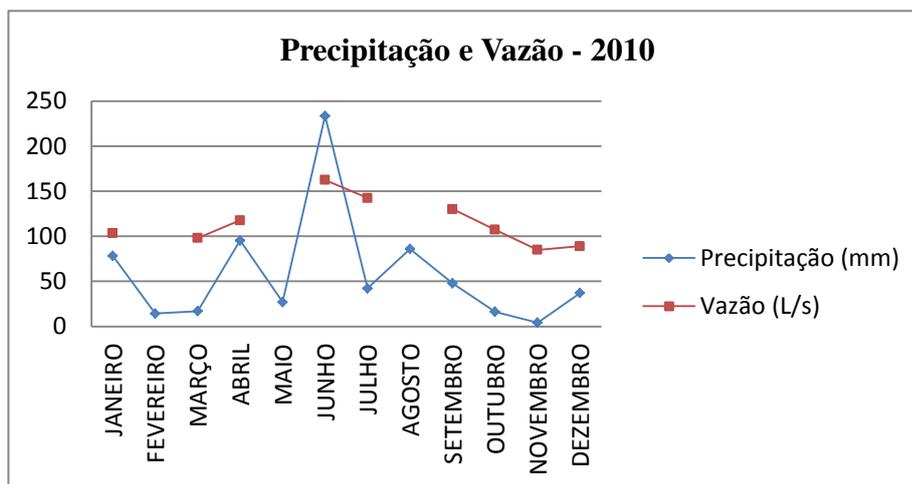
Figura 5.5 – Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2009



Fonte: Autora, 2012

Durante o ano de 2010 (Figura 5.6), enquanto a vazão média de esgotos foi de 108,0 L/s nos meses de baixa precipitação, ocorreu pico de 162,41L/s no mês de junho no qual houve o pico de precipitação no ano, um aumento de 50% em relação à média.

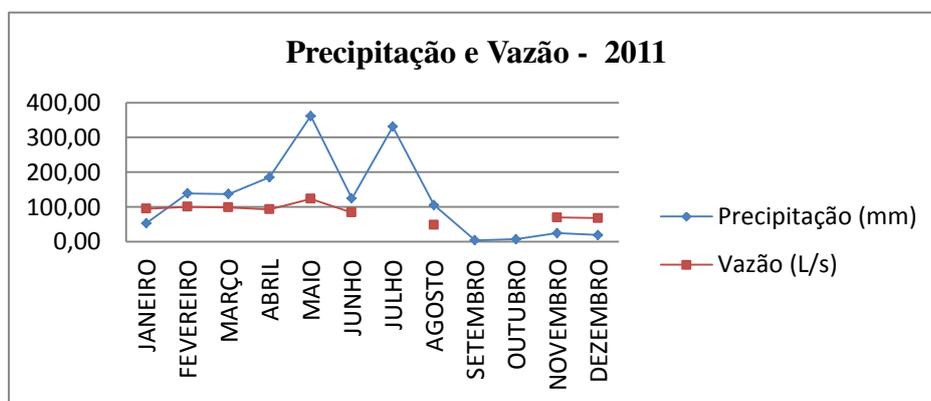
Figura 5.6 – Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2010



Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.7 mostra o comportamento da curva de precipitação em comparação à curva de variação de vazão no ano de 2011. Enquanto a vazão média de esgotos nos meses onde houve baixa precipitação foi de 82,30 L/s, ocorreu pico de vazão de 123,63 L/s no mês de maio, um aumento de 50%, por influência do pico de precipitação naquele mês.

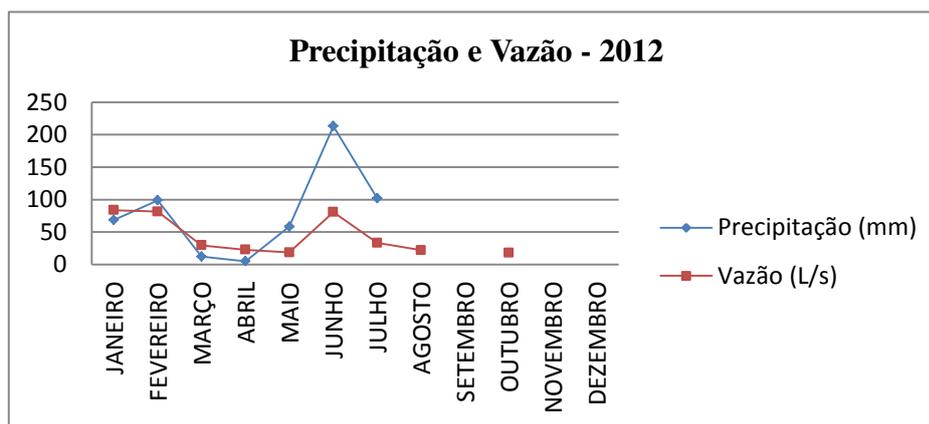
Figura 5.7 – Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2011



Fonte: Autora, 2012

Considerando os meses de março a maio e julho a agosto de 2012, meses anteriores e posteriores ao pico de precipitação (Figura 5.8), foi verificado que enquanto a vazão média de esgotos foi de 25,25L/s, ocorreu pico de 80,85L/s de vazão no mês de junho, juntamente com o pico de precipitação no mesmo mês, havendo um acréscimo de 120% em relação à média.

Figura 5.8 – Comportamento da curva de vazão e da curva de precipitação em 2012



Fonte: Autora, 2012

É possível presumir que na estação chuvosa, o perfil de contribuição de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário seja semelhante quanto à forma, tendo em vista as oscilações bruscas de valores de contribuição de águas residuárias.

Foi verificado, portanto, que os picos de vazão no sistema, são influenciados pelos picos de precipitação, sendo identificada a existência de influências climáticas sazonais nas variações de vazões de chegada na ETE da Catingueira.

5.3 – Influências da diminuição da vazão no Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande.

As unidades componentes de um Sistema de Esgotamento Sanitário são projetadas segundo as vazões mínima, média e máxima. À medida que as vazões se situam aquém da mínima, ocorrem problemas de ordem operacional. Nas tubulações, com a diminuição da vazão, não há velocidade suficiente para permitir o arraste das partículas, ocasionando diminuição da seção pelo depósito de matérias.

Pelas disposições normativas (NBR-9649), a rede coletora de esgotos deve ser dimensionada para trabalhar com uma lâmina líquida máxima igual a 75% do seu diâmetro, de forma a garantir o escoamento em conduto livre, permitindo a passagem de gases. Ou seja, quando da diminuição da vazão, há uma maior estagnação devido a diminuição da seção pela deposição de sedimentos, fazendo com que a passagem dos gases seja obstruída, podendo levar à formação de ácido sulfúrico em consequência da produção de gás sulfídrico sob condições anaeróbias. O ácido sulfúrico provoca corrosão da abóbada das tubulações.

Na caixa de areia, a diminuição da vazão também faz com que não haja velocidade suficiente para o arraste das partículas, ocasionando depósito de sedimentos na entrada da caixa, dificultando o escoamento das águas residuárias ao longo da caixa de areia, além da produção de maus odores.

Já nos poços de sucção das estações elevatórias, usualmente recomenda-se que o tempo de detenção seja inferior a 30 minutos, com a diminuição da vazão, o tempo de detenção pode aumentar bastante pelo fato de não haver águas residuárias suficientes para encher o poço rapidamente. Nesta situação, desencadeia-se a digestão anaeróbia da matéria orgânica, a redução dissimilatória de sulfato e outros processos típicos do ambiente anaeróbio, com a produção de gases corrosivos que atacam os equipamentos e estruturas do poço, diminuindo a vida útil dos mesmos.

5.4 – Desvio de águas residuárias

O desvio de águas residuárias para uso na agricultura, contribui para aumentar os riscos da população de contrair doenças de veiculação hídrica pelo contato direto ou indireto com o esgoto sanitário *in natura*, para a diminuição da vazão de esgoto na chegada da ETE, bem como aumenta a vulnerabilidade dos elementos bióticos e abióticos que compõem o ambiente local.

Com a utilização de imagens de satélites (Google Earth 2005 a 2012) foi possível proceder uma análise prévia de alterações no padrão de umidade do solo no entorno dos interceptores e emissário investigados.

A Figura 5.9 mostra área com alteração do padrão de umidade no solo, tendo sido, neste estudo, identificados *in loco*, os pontos denominados D1,D2,D3,D4,D5 e D6.

Figura 5.9 – Área do Interceptor Leste ou da Depuradora com indícios de alteração no padrão de umidade do solo.

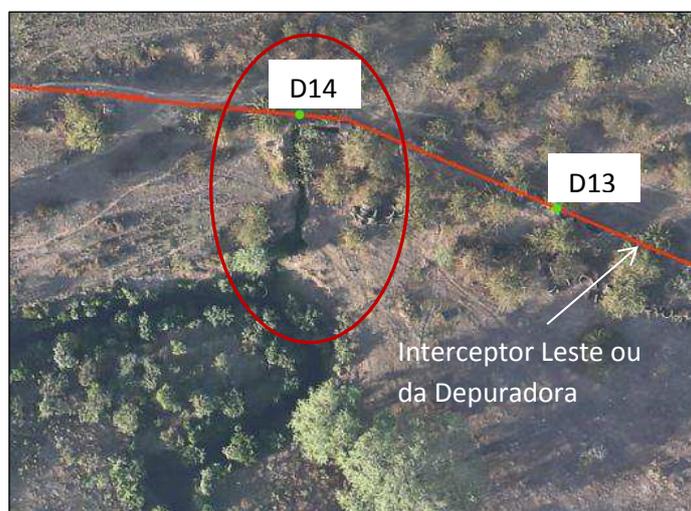


Fonte: Google Earth 2005

Fonte: Google Earth 2012

A Figura 5.10 mostra ponto em 2010 com provável lançamento de águas residuárias em riacho próximo. O ponto foi denominado como D14, sendo uma possível descarga para manutenção de vazão do corpo hídrico.

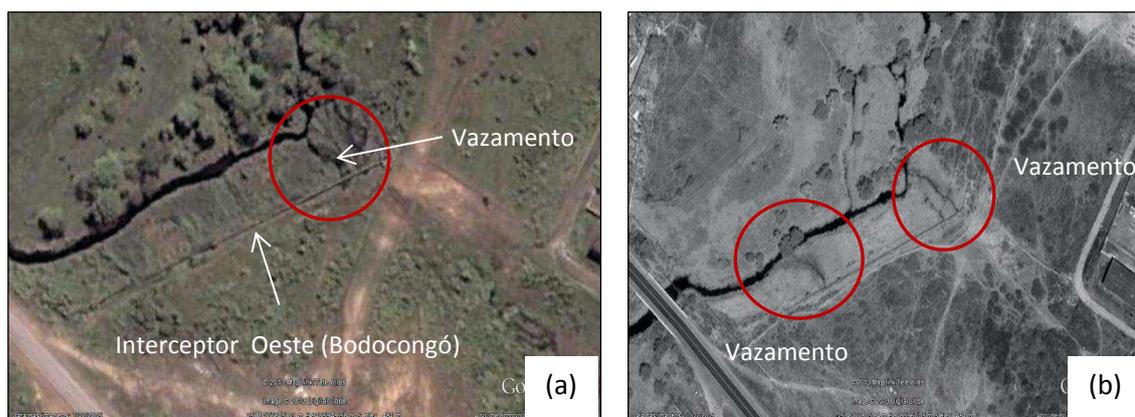
Figura 5.10 – Área do Interceptor Leste ou da Depuradora com possível descarga de esgoto em riacho para manutenção da vazão do mesmo.



Fonte: PMCG, 2010- Imagem de satélite

A Figura 5.11.a mostra a imagem de satélite do ano de 2005 e a Figura 5.11.b ilustra o mesmo local no ano de 2009, apresentando prováveis vazamentos de esgoto no Interceptor Oeste ou do Bodocongó, com escoamento para o Riacho de Bodocongó.

Figura 5.11 – Área do Interceptor Oeste ou do Bodocongó com possível descarga de esgoto em riacho.



Fonte: Google Earth 2005

Fonte: Google Earth 2009

Assim, buscando identificar possíveis desvios de esgoto nos interceptores e emissário que alimentam a ETE da Catingueira, foi realizado um reconhecimento de campo no entorno dessas canalizações. Entre os dias 20 de março e 27 de abril de 2012, mediante caminhamento ao longo do Interceptor Oeste ou do Bodocongó, os pontos com retiradas clandestinas de esgoto bruto para fins de irrigação foram determinados. Durante o mês de maio de 2012, o caminhamento e a identificação dos pontos ocorreram no Interceptor Leste ou da Depuradora e no emissário do sistema.

5.4.1 – Identificação dos pontos de retirada clandestina de esgoto

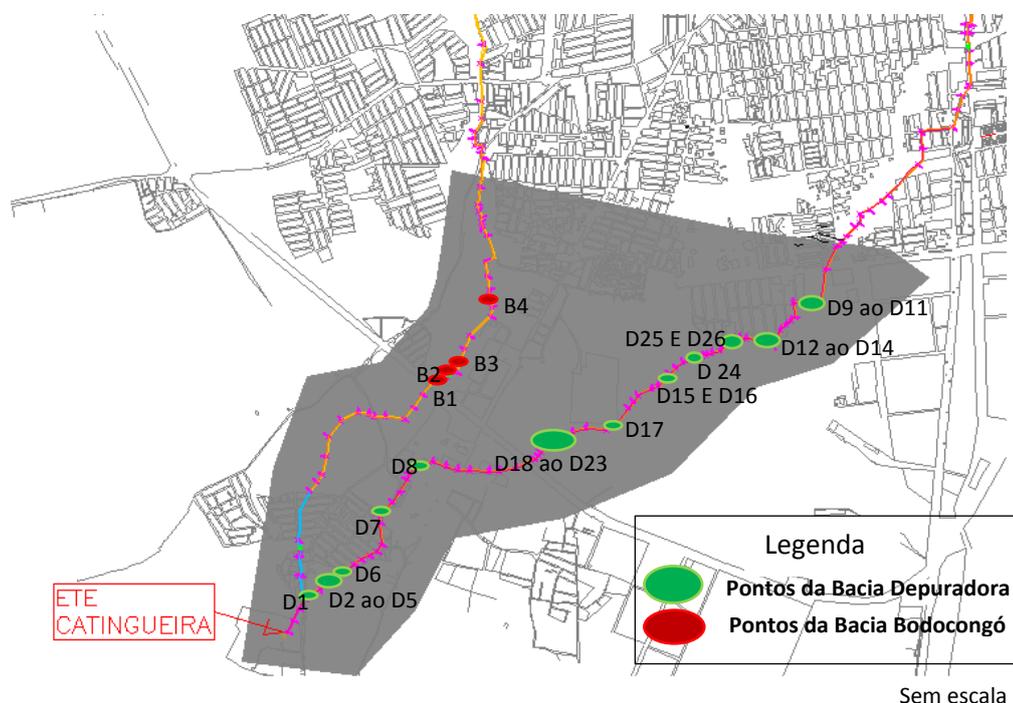
Foi verificado que a maior incidência dessa atividade se deu na zona periurbana, especialmente nos trechos aéreos dos interceptores por apresentarem-se mais vulneráveis ao desvio de águas residuárias.

A Figura 5.12 mostra a localização dos pontos levantados ao longo dos Interceptores da Depuradora e do Bodocongó.

Foram cadastrados 30 (trinta) pontos, dos quais 11(onze) apresentaram alguma forma de desvio de águas residuárias brutas para uso na irrigação de capim (Tabela 5.2).

O Apêndice A resume a localização dos pontos cadastrados com as coordenadas e a situação geral encontrada nos locais.

Figura 5.12 – Localização dos pontos danificados e uso da irrigação clandestina com esgoto bruto, ao longo dos interceptores da Depuradora e do Bodocongó do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.



Fonte: Autora, 2012

Tabela 5.2 – Pontos com retiradas clandestinas de esgoto para irrigação ao longo dos interceptores do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande.

Interceptor Oeste ou do Bodocongó (B)		
Pontos	Uso	Método
B4	Irrigação de Capim e Manutenção de Vazão no Riacho de Bodocongó	Furos nas paredes da Tubulação – Escoamento a céu aberto e inundação do solo.
Interceptor Leste ou da Depuradora (D)		
Pontos	Uso	Método
D1, D2, D3, D4, D6, D10, D11	Irrigação de Capim	Canalização – inundação dos locais a serem irrigados
D5, D9	Irrigação de Capim	Canais – Escoamento a céu aberto
D7	Irrigação de Capim	Furos nas paredes da Tubulação – Escoamento a céu aberto e inundação do solo.

Para a retirada e utilização das águas residuárias para fins de irrigação, foram identificados basicamente três procedimentos:

1. Execução de furos nas paredes das canalizações para o esgoto escoar a céu aberto, inundando as áreas das plantações (Figuras 5.13 e 5.14).

Para um melhor entendimento deste trabalho, foi caracterizado como *furo*: Execução de orifício na seção inferior das paredes dos interceptores com vazamento contínuo de esgotos;

Figura 5.13 – Interceptor Leste ou da Depuradora: Registro fotográfico com localização do ponto D7 com vazamento a céu aberto e utilização do esgoto bruto para irrigação de capim.



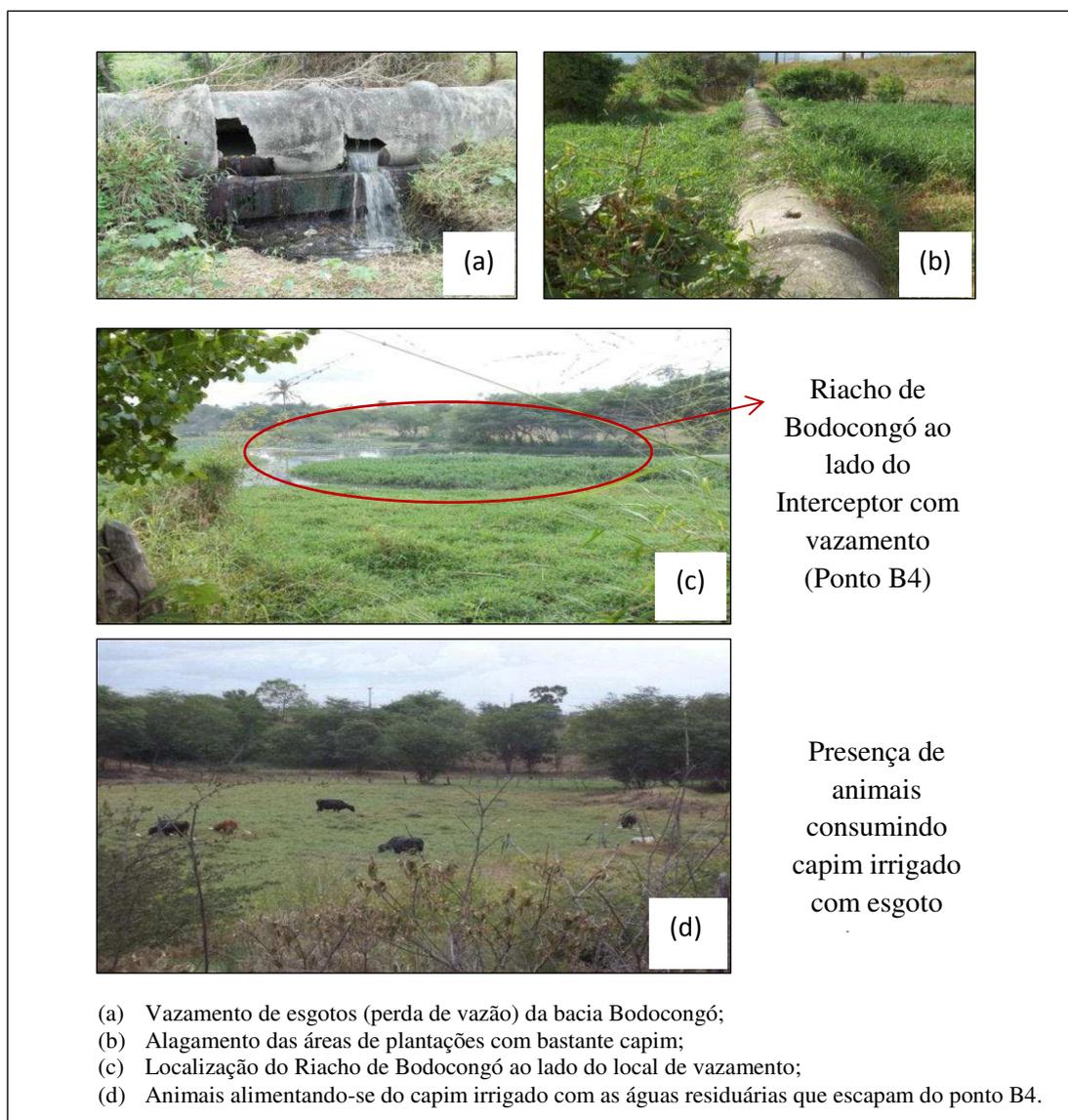
Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.13 ilustra trecho aéreo do Interceptor Leste ou da Depuradora apresentando furo com vazamento contínuo de esgoto.

A Figura 5.14.a, mostra furo (Ponto B4) no Interceptor Oeste ou do Bodocongó com grande vazamento de esgotos escoando para área de plantação de capim, como pode ser observado na Figura 5.14.b.

A localização do Riacho de Bodocongó próximo às áreas irrigadas com capim, estão ilustradas na Figura 5.14.c, e a presença de animais consumindo a vegetação irrigadas com as águas residuárias que escapam do ponto B4, estão apresentados na Figura 5.14.c.

Figura 5.14 – Interceptor Oeste ou do Bodocongó: registro fotográfico com localização do ponto B4 com grande perda de vazão e utilização de esgoto bruto para irrigação de capim.



Fonte: Autora, 2012

2. Utilização de canalizações (mangueiras, tubos de PVC, tubos para irrigação, bambús, etc.) para a condução dos esgotos até as áreas a serem irrigadas (Figuras 5.15, 5.16, 5.17). Para um melhor entendimento deste trabalho, foi caracterizado como utilização de *canalização*: Introdução nas paredes dos Interceptores mediante execução prévia de furo, de tubulações ou qualquer instrumento capaz de canalizar as águas residuárias desviando-as até o local desejado;

Foi verificado (Figura 5.15), que animais são expostos diretamente aos esgotos brutos e que grandes áreas de plantação de capim, são inundadas com as águas residuárias desviadas. Utilização de canalizações (mangueiras, tubos de PVC, tubos para irrigação, bambús, etc.) para a condução dos esgotos até as áreas a serem irrigadas (Figuras 5.15, 5.16, 5.17). Para um melhor entendimento deste trabalho, foi caracterizado como utilização de *canalização*: Introdução nas paredes dos Interceptores mediante execução prévia de furo, de tubulações ou qualquer instrumento capaz de canalizar as águas residuárias desviando-as até o local desejado.

Figura 5.15 – Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização do ponto D1 com desvio de esgoto bruto para irrigação de capim.



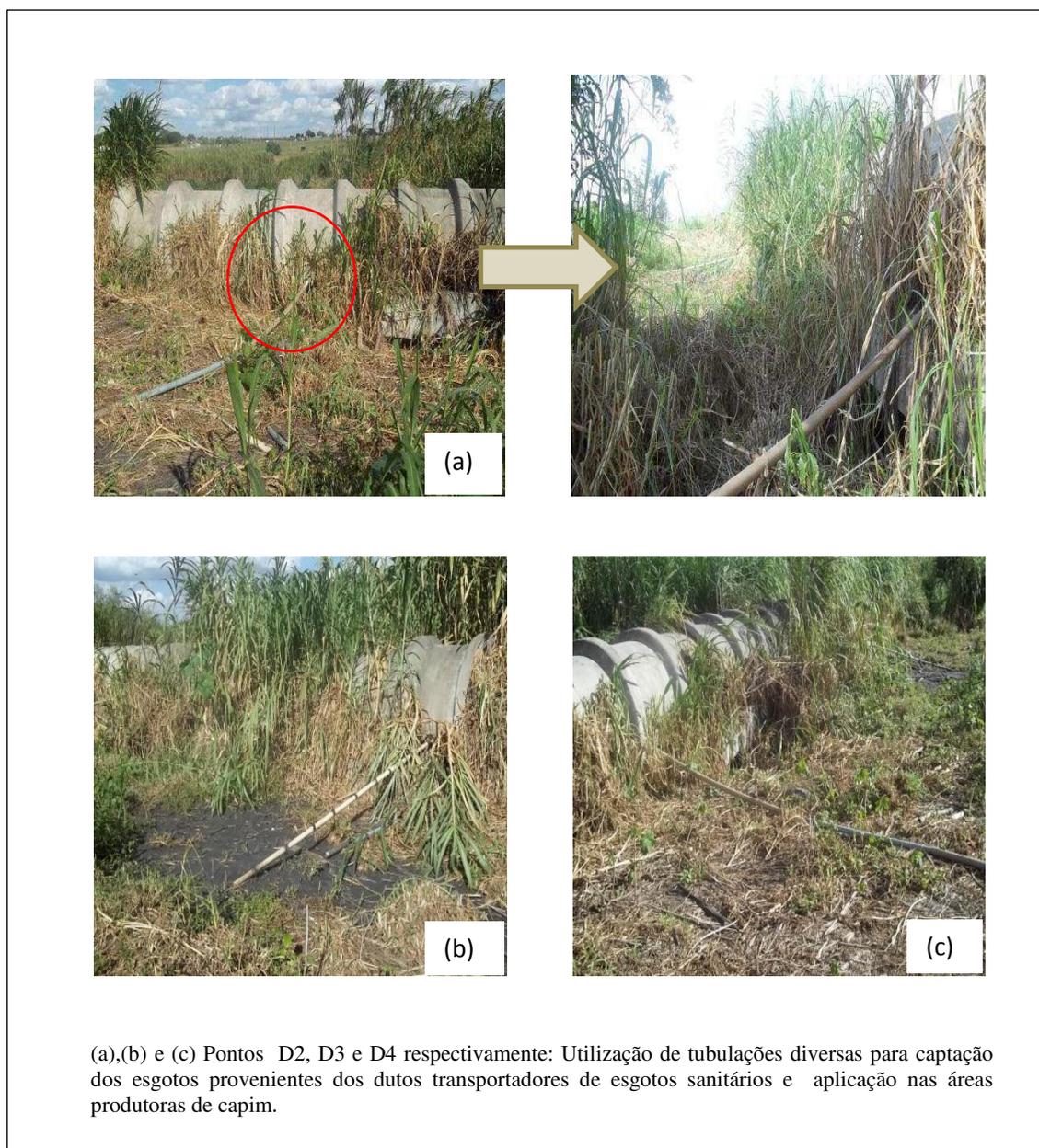
Ponto D1: utilização de tubulações diversas para captação dos esgotos provenientes do Interceptor Leste ou da Depuradora, com criação de suínos próximo ao local do furo e das áreas irrigadas com o esgoto bruto.

Fonte: Autora, 2012

As Figuras 5.16.a e 5.16.c ilustram como os agricultores aproveitam-se da força da gravidade para conduzir os esgotos para as regiões mais baixas, método mais econômico do que utilizar o bombeamento das águas dos riachos para irrigar estas áreas.

Na Figura 5.16.b, verifica-se o emprego de materiais como o bambú no desvio das águas residuárias, com despejo diretamente no solo, a céu aberto, contaminando todo o ambiente ao redor. É possível perceber uma mancha escurecida no solo saturado pelo esgoto bruto.

Figura 5.16 – Interceptor Leste ou da Depuradora: Registro fotográfico com localização do ponto D2 ao ponto D4 com desvio de esgoto bruto para irrigação de capim.



Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.17.a contém registro fotográfico da grande quantidade de capim próximo ao local de retirada do esgoto, com detalhe do solo alagado com águas residuárias que deveriam estar seguindo à Estação de Tratamento de Esgotos.

A Figura 5.17.c revela a presença de bovinos alimentando-se de capim irrigado com esgoto bruto e mostra uma mangueira percorrendo e irrigando a pastagem.

Figura 5.17– Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico com localização dos pontos D6, D10 e D11 com desvio de esgoto bruto para irrigação de capim.



Fonte: Autora, 2012

3. Emprego de canais/valas para a condução dos esgotos até as áreas a serem irrigadas (Figura 5.18).

Para efeito deste trabalho, foi caracterizado como *emprego de canais/valas*: Escavação no solo, de valas geralmente em forma de U que direcionam as águas residuárias a céu aberto até as plantações de capim.

Figura 5.18 – Interceptor Leste ou da Depuradora: registro fotográfico da utilização de canais para o desvio de esgoto bruto e aplicação na irrigação de capim.



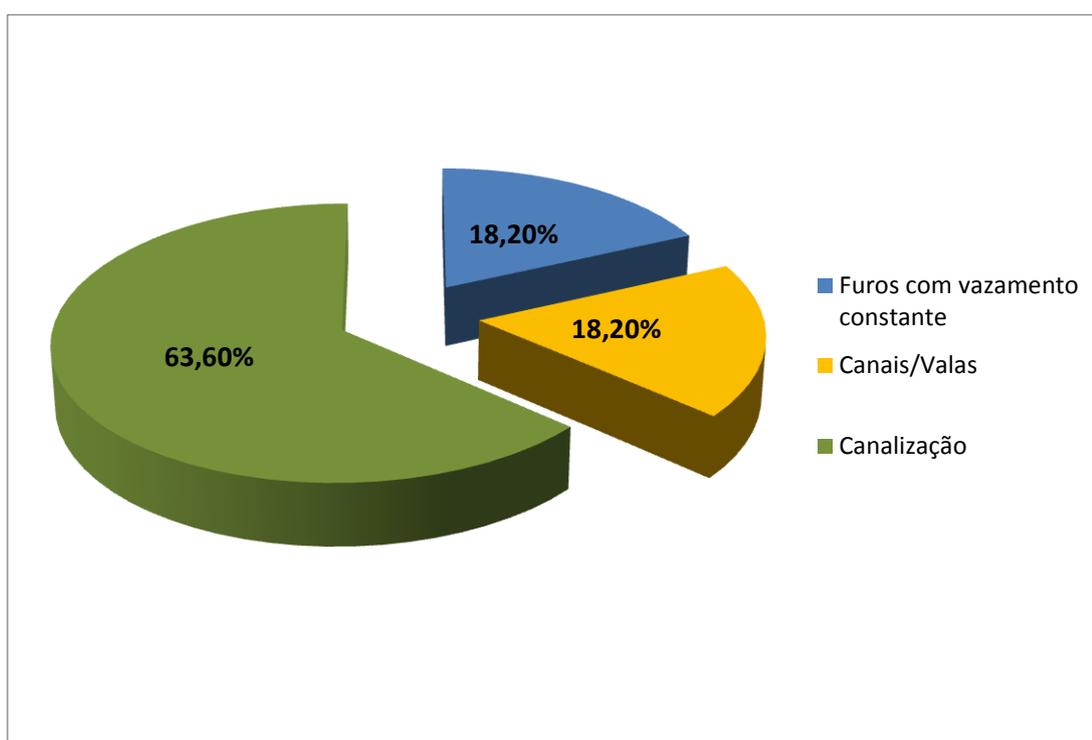
Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.18.a. ilustra a magnitude dos canais/valas e a extensão das áreas de capim que recebem os esgotos, e na Figura 5.18.b, podem ser visualizadas as valas em menores

proporções, porém destinadas à mesma prática danosa ao meio ambiente e perigosa à saúde pública.

A Figura 5.19 ilustra a prevalência dos tipos de procedimentos utilizados no desvio das águas residuárias brutas. Em 63,6% dos casos, foram utilizadas canalizações de vários materiais para a retirada dos esgotos de dentro dos interceptores. 18,20% optaram por furos com vazamento contínuo de esgoto e 18,20% escolheram utilizar canais/valas.

Figura 5.19– Representação da prevalência dos métodos aplicados para a retirada/desvios dos esgotos sanitários brutos dos Interceptores de Campina Grande.



Fonte: Autora, 2012

Outros pontos do sistema também apresentaram vulnerabilidade a essa prática de utilização de esgoto bruto para irrigação de capim, por não se apresentarem em boas condições de conservação. Na Tabela 5.3 está o resumo dos pontos danificados dos interceptores.

Tabela 5.3 – Pontos danificados dos Interceptores Oeste ou do Bodocongó e Leste ou da Depuradora, ao longo das áreas periurbanas de Campina Grande-PB.

Interceptor Oeste ou do Bodocongó	
Pontos	Vulnerabilidades
B1, B2	Furos nas paredes da tubulação – ausência de vazamento de esgoto
B3	PV danificado e sem tampa – ausência de escoamento de esgotos
Interceptor Leste ou da Depuradora	
Pontos	Vulnerabilidades
D8, D15, D16, D17, D19, D20, D21, D22, D23, D26	Furos nas paredes da tubulação – sem escoamento de esgotos
D18	Vazamento na geratriz inferior
D12, D24, D25	PV danificado/ sem tampa de inspeção
D13, D14	Canal do Interceptor com tampa danificada

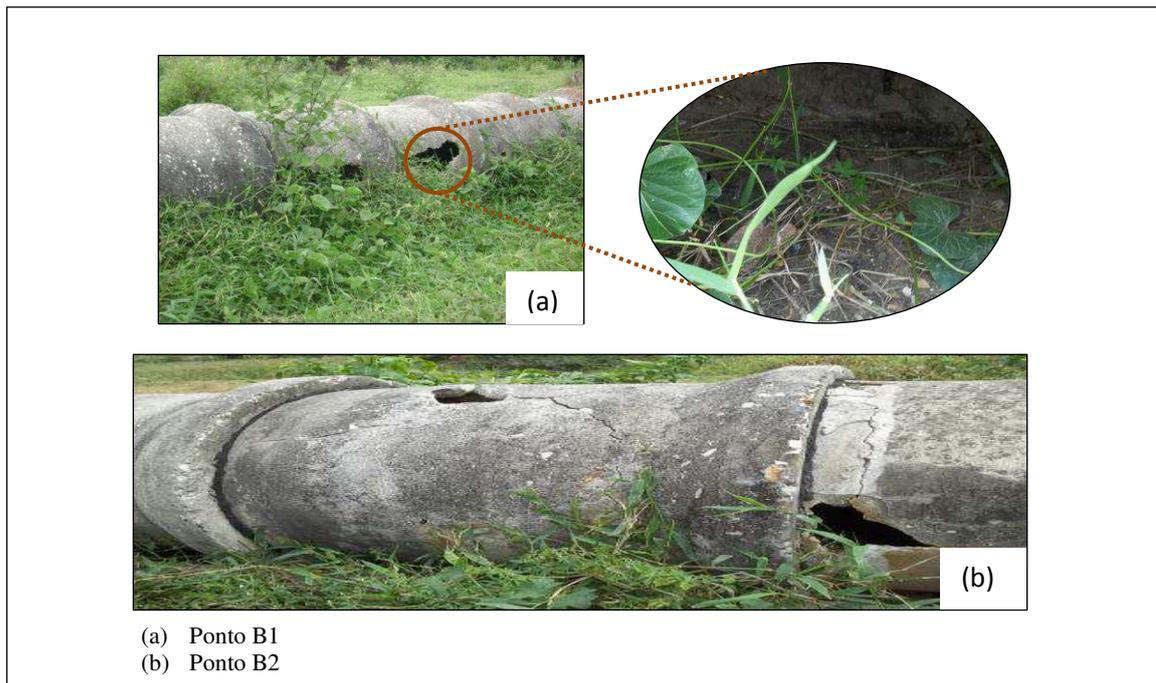
Os danos observados ilustram a situação de conservação das tubulações de concreto armado nos trechos aéreos dos interceptores do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande. Dentre eles, destacam-se:

1. Furos sem vazamento de águas residuárias (furo localizado na parte superior e nas laterais das tubulações, conforme ilustrado nas Figuras 5.20, 5.21 e 5.22).

A Figura 5.20.a mostra em detalhe, a presença de material sedimentado e o desenvolvimento de vegetação dentro do Interceptor do Bodocongó, no qual, foi verificado a ausência de escoamento de águas residuárias.

Furos na parte superior e laterais das paredes dos tubos de concreto armado são apresentados na Figura 5.20.b.

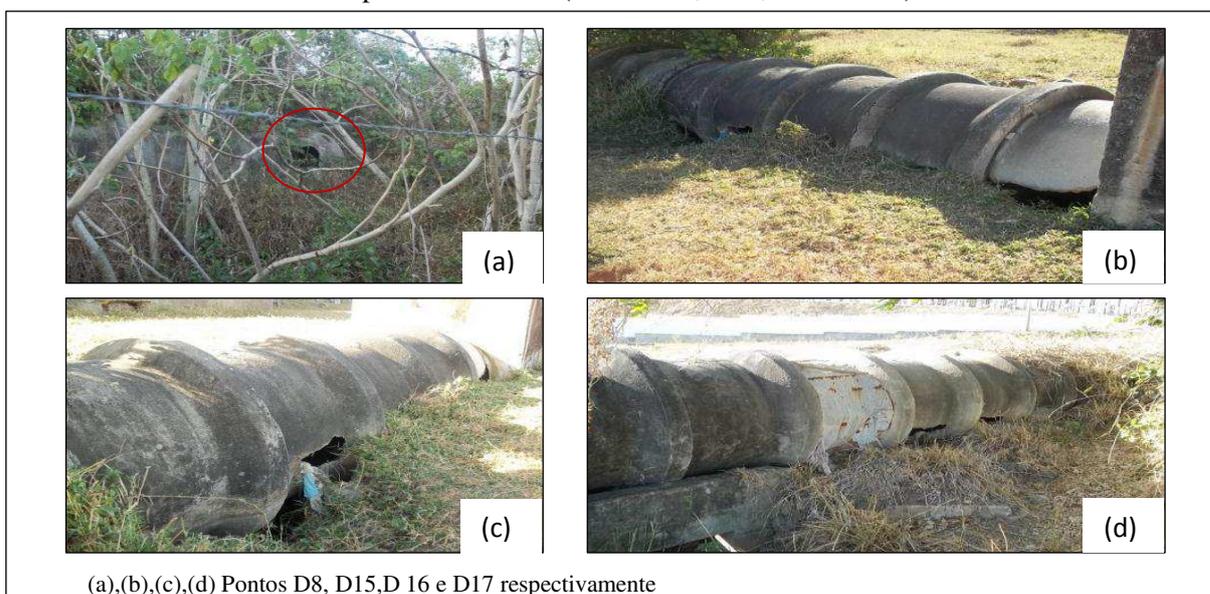
Figura 5.20 – Danos (furos) observados ao longo do Interceptor Oeste ou do Bodocongó na área periurbana de Campina Grande-PB.



Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.21 (a,b,c) mostra os furos na parte inferior das tubulações de concreto armado dos trechos aéreos do interceptor Leste ou da Depuradora.

Figura 5.21 – Danos observados ao longo do Interceptor da Depuradora na área periurbana de Campina Grande-PB (Pontos D8, D15, D16 e D17).



Fonte: Autora, 2012

O desgaste das tubulações de concreto que pode ser atribuída à corrosão por ácido sulfúrico, desencadeada sob condições sépticas, e que demonstra falta de manutenção por períodos prolongados, pode ser observada na Figura 5.22. Os pontos mostrados não apresentavam vazamento de esgoto.

Figura 5.22 – Danos observados ao longo dos trechos aéreos do Interceptor da Depuradora na área periurbana de Campina Grande-PB (ponto D19 ao ponto D26).

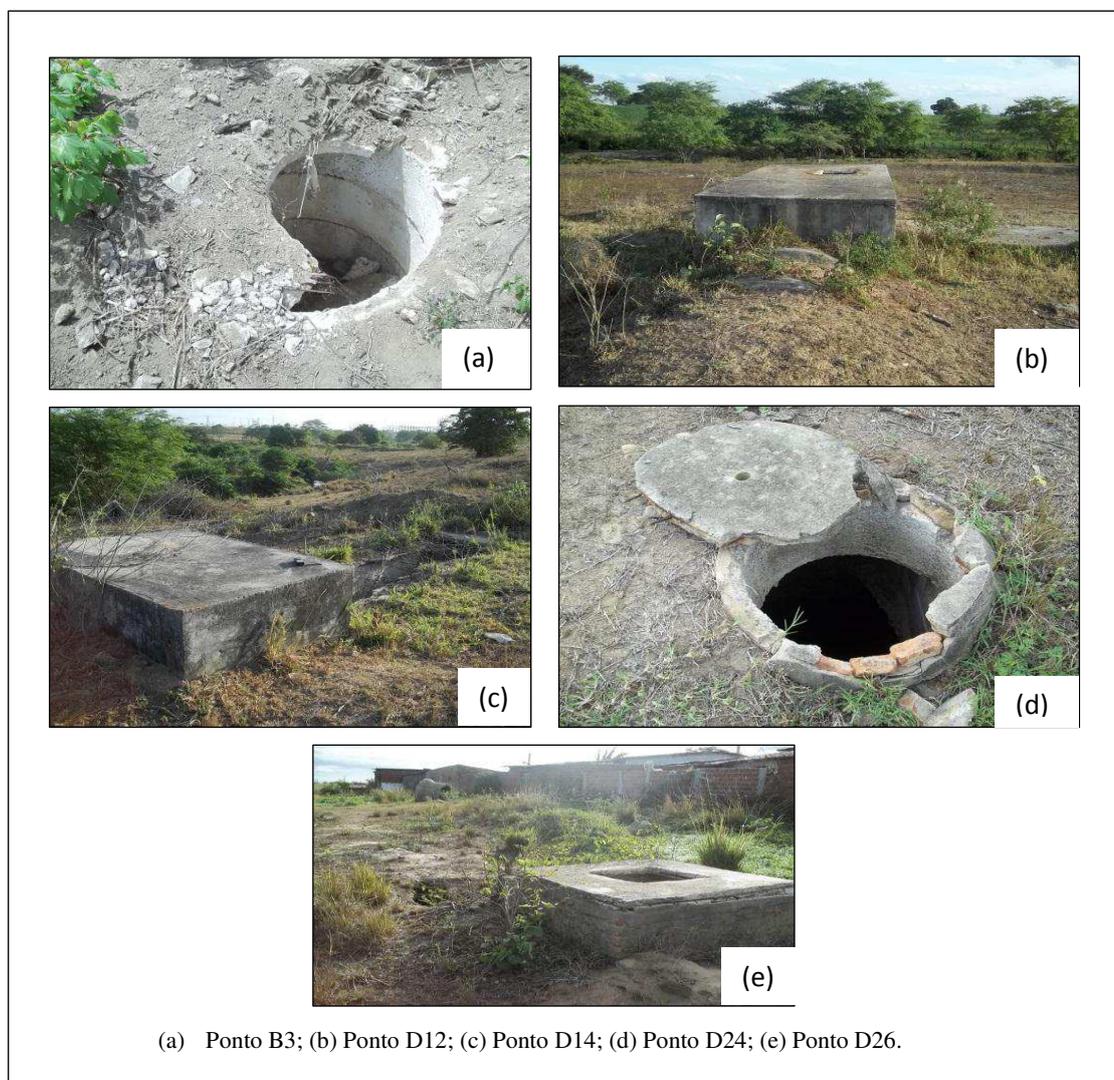


Fonte: Autora, 2012

2. PV danificado (PV sem tampa de inspeção ou obstruído com resíduos sólidos diversos, conforme Figura 5.23).

A Figura 5.23.a mostra um PV do Interceptor do Bodocongó apresentando tampa de inspeção danificada, bem como resíduos sólidos diversos, ocasionando a obstrução do mesmo. As demais imagens (b),(c),(d) e (e) ilustram a situação de conservação em que se encontram alguns PV's do Interceptor da Depuradora: Estrutura dos PV's apresentando rachaduras, tampa de inspeção quebrada ou ausência desta.

Figura 5.23 – Poços de visita danificados ao longo dos Interceptores na área periurbana de Campina Grande-PB.

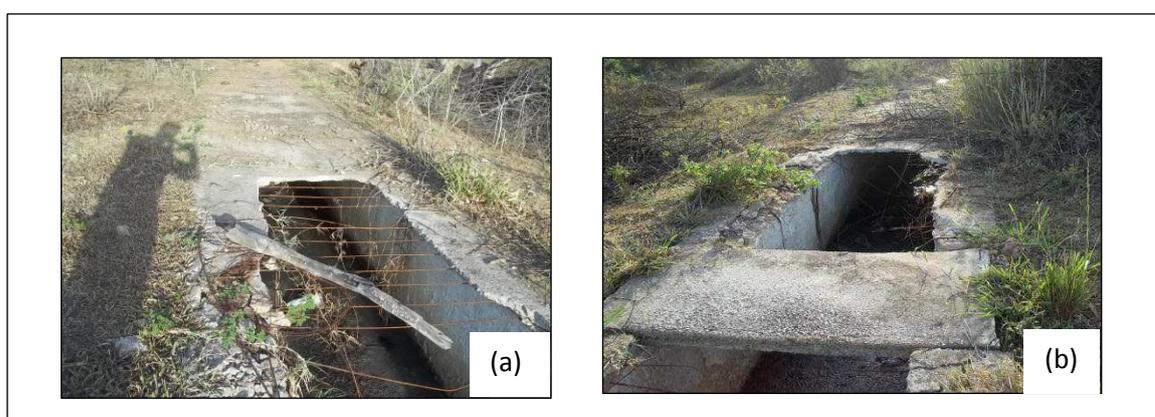


Fonte: Autora, 2012

3. Canal coberto do Interceptor da Depuradora apresentando laje de cobertura danificada (Canal coberto construído em substituição a trechos de tubulação, que tiveram a laje de cobertura danificada ou totalmente removida, conforme ilustrado na Figura 5.24).

A Figura 5.24.a ilustra parte da laje de cobertura do canal do Interceptor com ferragens expostas e na Figura 5.24.b foi observada a ausência de partes da mesma laje de cobertura.

Figura 5.24 – Laje danificada da cobertura do canal do Interceptor Leste ou da Depuradora - Ponto D13.



Fonte: Autora. 2012

4. Furo com pequeno vazamento (pequeno furo na seção inferior da tubulação através do qual ocorre permanente vazamento de pequena quantidade de água residuária, conforme Figura 5.25).

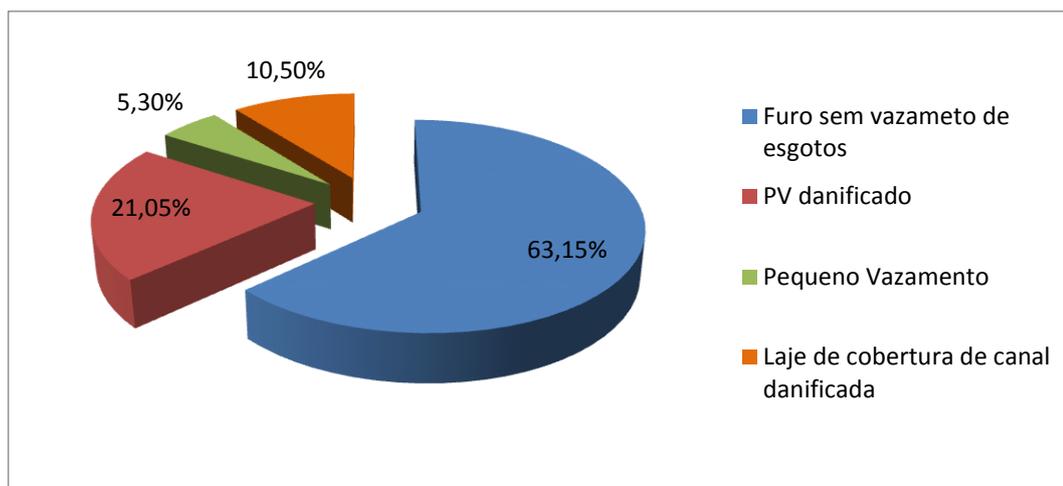
Figura 5.25 – Pequeno vazamento em ponto D18 do Interceptor Leste ou da Depuradora.



Fonte: Autora, 2012

A Figura 5.26 demonstra os principais tipos de danos encontrados nos Interceptores do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande, sendo destacada a elevada prevalência de furos sem vazamento de águas residuárias.

Figura 5.26 – Representação da distribuição dos pontos danificados nos Interceptores de Campina grande.



Fonte: Autora. 2012

Desta forma, pode ser percebido que os furos sem vazamento de esgoto são indicadores da falta de manutenção nos Interceptores. A ausência de fluxo de esgoto em determinados locais pode ser atribuída ao fato dos pontos situarem-se a jusante das áreas com desvios para irrigação ou de forma não planejada e não intencional, para manutenção da vazão dos riachos. Assim, torna-se necessária uma fiscalização permanente, pois não basta simplesmente fechar os furos, e sim desenvolver um plano eficiente de manutenção para desobstrução e recuperação destas tubulações.

A CAGEPA, responsável pela operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande, tomando conhecimento deste trabalho e preocupada com as questões observadas, iniciou levantamento de quantitativos a fim de executar planilha orçamentária para proceder com os serviços de recuperação dos Interceptores e emissário do sistema da cidade de Campina Grande. Os serviços de desobstrução em alguns pontos do Interceptor Leste ou da Depuradora foram iniciados ao final do ano de 2012.

5.4.2 – Análise dos dados sobre as condições de funcionamento dos Interceptores e emissário de Campina Grande

Durante o período de reconhecimento e identificação dos pontos vulneráveis ao desvio de águas residuárias brutas do Interceptor do Bodocongó, foi verificado que o vazamento de esgoto no ponto B4 era responsável pela totalidade das perdas de vazão na Bacia do Bodocongó. Estando o ponto B4 situado a montante dos pontos B1, B2 e B3; nestes últimos foi observada a completa ausência de águas residuárias. Assim, pode ser afirmado que o Interceptor do Bodocongó está contribuindo para a ETE da Catingueira apenas com os esgotos gerados no Bairro da Catingueira (945 ligações domiciliares), representando pouco menos de 3% do seu volume total.

Esta é uma situação inominável, considerando que uma estrutura que representa investimentos altíssimos no Sistema de Esgotamento, não está cumprindo com a sua finalidade de transportar 25% da vazão do sistema até a ETE, representando grave dano ao meio ambiente e riscos à saúde pública.

Com relação ao Interceptor da Depuradora, 61,54% dos pontos cadastrados apresentaram danos que não se relacionam com o desvio de esgoto bruto para irrigação. Destes, em apenas 3,8% foi verificada presença de vazamento de águas residuárias. Logo, pode ser afirmado que o Interceptor da Depuradora encontra-se em condições precárias de conservação e manutenção. A presença excessiva de materiais sedimentados nos fundos das tubulações aliada ao pequeno fluxo de esgotos observado em vários trechos do Interceptor, promove uma maior estagnação ao longo dos trechos, ocasionando corrosão da abóbada da tubulação de concreto por ácido sulfúrico, em consequência da produção de gás sulfídrico sob condições sépticas. Situação bastante preocupante, considerando que o Interceptor deveria contribuir com 75% das águas residuárias que chegam à Estação de Tratamento de Esgotos da Catingueira.

5.4.3 – Discussão: A exploração clandestina de esgoto bruto para fins agrícolas nas áreas periurbanas de Campina Grande

A exploração econômica, clandestina, do esgoto bruto para irrigação de culturas é ilegal, indo contra os preceitos das Resoluções N° 54/2005 e N°121/2010 do CNRH. Contudo,

esta prática vem sendo desenvolvida com muita frequência em Campina Grande, principalmente em suas áreas periurbanas.

Além da degradação ambiental, há perigo de transmissão de doenças de veiculação hídrica, comprometendo a saúde, a segurança e o bem estar dos diversos grupos de risco (consumidores de produtos de origem animal e vegetal e agricultores).

Essa prática de desvio de águas residuárias para irrigação já está tão consolidada no município, que os proprietários contam com toda uma estrutura de canais a céu aberto, escavados no solo, representando grave perigo de contaminação ambiental e contribuindo para a disseminação de agentes infecciosos, particularmente parasitas (helmintos e protozoários).

A implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário é a forma de afastar da população as águas residuárias e conduzi-las a um destino apropriado, de forma a manter o meio ambiente e os seres humanos saudáveis. No entanto, parte dos esgotos de Campina Grande está sendo desviada e lançada a céu aberto em grandes extensões de terra para irrigação de capim contribuindo para a poluição dos corpos hídricos, os quais deveriam estar protegidos pelos Interceptores da Depuradora e do Bodocongó construídos para esse fim. Sendo assim, ficam evidentes as consequências de contaminação que podem acometer o solo, lençol freático, poços ou cacimbas próximos, à vegetação e às pessoas que manuseiam e/ou consomem as culturas irrigadas.

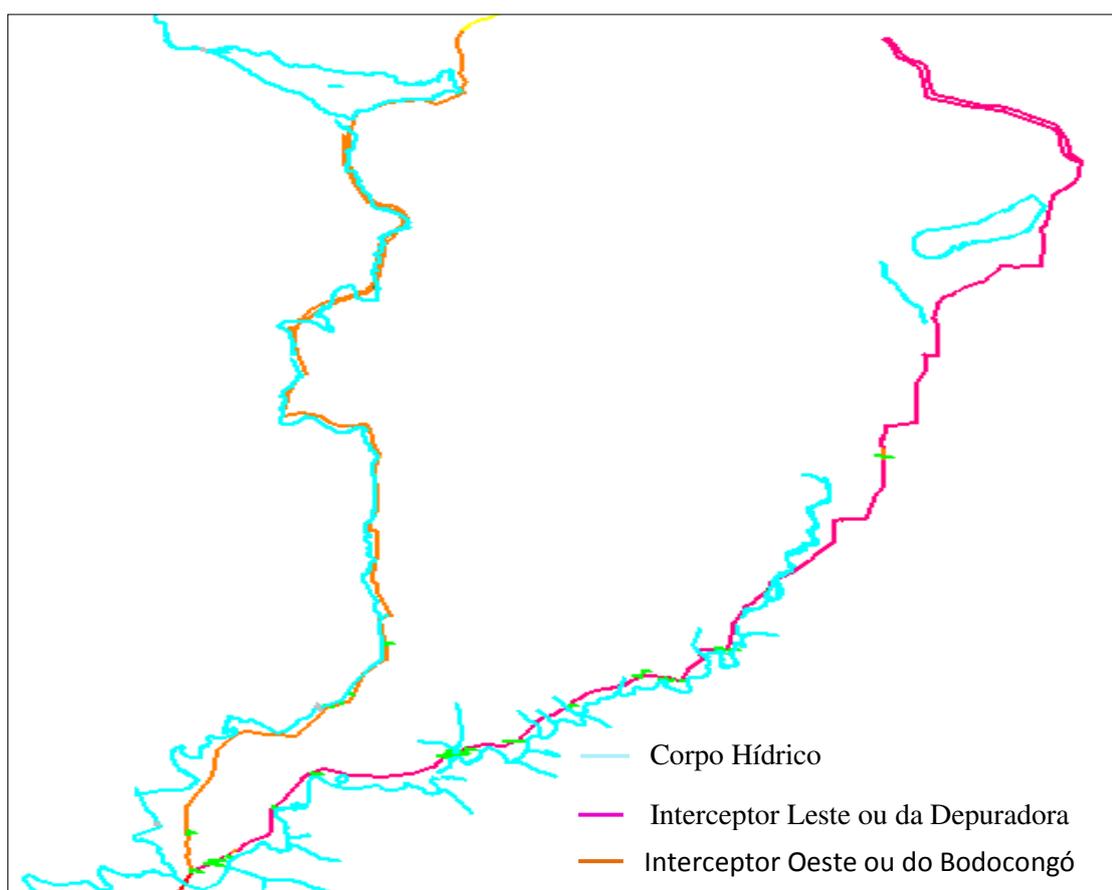
Talvez as tarifas de água, cada vez mais altas, ou a própria falta de disponibilidade hídrica, ou até mesmo a pior seca dos últimos trinta anos que vem sofrendo o estado da Paraíba, sejam fatores que possam estar obrigando os proprietários rurais a adotarem esta solução inadequada e gravemente impactante.

À medida que a ocupação dos solos rurais vem aumentando no município de Campina Grande, este tipo de atividade passa a ser cada vez mais difícil de controlar. Porém, medidas de controle precisam ser encontradas, uma vez que, esta prática, aliada à falta de manutenção nos interceptores e emissário, vem contribuindo para a diminuição da vazão de chegada na estação de tratamento de esgotos da Catingueira, comprometendo seu funcionamento e onerando financeiramente a operação e manutenção do sistema.

Em todos os casos de irrigação com esgoto bruto, as águas escoam a céu aberto, infiltram-se no solo, e como os interceptores encontram-se ao lado dos corpos hídricos (Figura 5.27), os esgotos também acabam atingindo as suas águas. Infelizmente os riachos de Campina Grande estão perenizados pelo despejo de águas residuárias. Além dos perigos a que estão submetidos os agricultores que desviam os esgotos, as pessoas que utilizam as águas

poluídas e/ou contaminadas dos riachos (a jusante dos pontos de despejo de esgotos no corpo hídrico), também correm perigo de contrair doenças, quer seja mediante o uso destas águas para irrigação de culturas diversas, como no consumo das mesmas, principalmente das hortaliças.

Figura 5.27– Interceptores da Depuradora e do Bodocongó e a proximidade dos corpos Hídricos



Fonte: Adaptado CAGEPA, 2012

A Figura 5.28 mostra uma plantação de tomate (verificada in loco) irrigada com as águas do riacho Bodocongó que recebe quase a totalidade das águas residuárias que deveriam ser transportadas pelo Interceptor do Bodocongó. As áreas foram quantificadas através da imagem, ficando a maior com aproximadamente 6,5 hectares e a menor com cerca em 3,5 hectares.

Figura 5.28 – Plantações de tomate irrigadas com as águas do Riacho de Bodocongó

Fonte: Google Earth, 2012

A Figura 5.29 apresenta outra área de plantio que utiliza as águas do Bodocongó contaminadas pelo grande volume de esgotos que recebe. A área foi quantificada com aproximadamente 1,5 hectares.

Figura 5.29 – Área irrigada com as águas do Riacho de Bodocongó

Fonte: Google Earth, 2012

As imagens expostas são apenas alguns exemplos de áreas que utilizam as águas contaminadas dos riachos que circundam Campina Grande para irrigação de culturas. Na realidade, sem outras fontes de água, as comunidades encontram-se obrigadas a utilizá-las.

CAPÍTULO 6

6.0 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 – Conclusões

- Houve diminuição significativa da vazão de esgoto na chegada da ETE da Catingueira, comparando o ano de 2012 com os três anos anteriores, não justificando investimentos na ampliação do Sistema de Tratamento de Esgotos, antes de um controle/manutenção nas etapas de coleta e transporte dos esgotos sanitários.
- Os pontos com desvio de esgoto bruto para irrigação contribuem para a redução de vazão na chegada da ETE da Catingueira, sendo as águas residuárias desviadas utilizadas principalmente para irrigação de capim e para manutenção das vazões dos riachos de Bodocongó e o das Piabas;
- O desvio de esgoto bruto compromete todo o sistema de esgotamento sanitário, favorecendo a redução das seções das tubulações por acúmulo de material sedimentar, compromete o funcionamento dos poços de sucção e a operação das caixas de areia, além do comprometimento do capital disponibilizado para a construção de unidades de tratamento que não recebem esgoto suficiente que justifique os gastos do dinheiro público;
- Cerca de 97% do esgoto de Campina Grande estão sendo desviados de seu tratamento planejado, quer seja por falta de manutenção do sistema, ligações clandestinas de esgotos nas redes pluviais ou pelo desvio de esgoto bruto para irrigação de culturas;
- Apenas cerca de 3% da vazão total de esgoto transportada pelo Interceptor do Bodocongó chegam ao processo de tratamento;
- Os picos bruscos de vazão estão associados às contribuições de águas pluviais no sistema;

- A prática de utilização de esgoto bruto na irrigação de capim aumenta o perigo de transmissão de doenças de veiculação hídrica, comprometendo a saúde, a segurança e o bem estar dos diversos grupos de risco (consumidores de produtos de origem animal e vegetal e agricultores).

6.2 – Recomendações

- Ampliar este estudo para que também a rede coletora e os coletores troncos sejam investigados nas zonas periurbanas de Campina Grande;
- Utilizar este estudo como base para o planejamento das ações de manutenção nos interceptores e emissário do sistema, bem como das ações de Vigilância Sanitária e Ambiental;
- Campanhas de orientação para a população quanto aos riscos associados à utilização de águas residuárias brutas na irrigação de culturas;
- Desenvolver um programa de reuso planejado para o efluente da ETE de Campina Grande com vistas à possibilidade de ganhos pela economia de investimentos e pela comercialização de efluentes hoje descartados, além do benefício ambiental e de saúde pública;
- Elaboração do Plano de Saneamento Básico do Município, que contribuiria para um planejamento das ações na área de saneamento a curto, médio e longo prazos.

CAPÍTULO 7

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR-9649: *Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ALMEIDA, S. A. B.de. *Contribuição à aplicação de coeficientes de consumo em projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário em comunidades urbanas de baixa renda no nordeste do Brasil – Estudo de caso*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

ARAÚJO, R.E.C. da. *Estudo do Desempenho de um Sistema de Lagoas de Estabilização no Tratamento de águas residuárias de bairros populares (Glória I, Glória II, Jardim América e Belo Monte) da Cidade de Campina Grande, Paraíba*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

AZEVEDO NETTO, J.M., ALVAREZ, A.G. *Manual de Hidráulica*. 6 ed. São Paulo : Editora Edgard Blucher, 1996.

BASTOS, R. K. X; AISSE, M.M. *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. In: SANTOS, M. L. F. (Coord.). Rio de Janeiro, ABES, 2006. 247p. (PROSAB 4).

BOND, W.J. *Effluent irrigation an enviromental challenge for soil science*. Australian Journal of Soil Research, v.36, 1998.

CNRH. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 54*, de 28 de novembro de 2005. *Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências*.

CNRH. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 121*, de 16 de dezembro de 2010. *Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal*, definida na Resolução nº54/2005.

DAE, edição nº188 ano LIX. São Paulo: SABESP, janeiro 2012.

GOOGLE. *Google Earth*. Disponível em: <www.google.com.br>. Acesso em: 15 fev, 2012.

HESPANHOL, I.(2002). *Potencial de reúso de água no Brasil – Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos*. RBRH- *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.7, n.4, p.75-95. Out./Dez.2002.

IBGE. *Atlas de saneamento 2011*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências, 2011.

FERNANDES, C. *Esgotos Sanitários*. Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997, 435p. Reimpressão Jan/2000.

JORDÃO, E.P. & PESSÔA, C.A. *Tratamento de esgotos domésticos*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. *Reúso de Água – Coleção Ambiental*. São Paulo: Editora Manole, 2007.

NUVOLARI, A. *Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

PARAÍBA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). *Sanesa -Saneamento de Campina Grande S/A Esgotos (Relatório e Orçamentos) Escritório Saturnino de Brito, 1962*. Campina Grande, PB, 1964, 40p.

PARAÍBA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). *Projeto Técnico Complementar do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande-PB (Relatório Parcial)*- TECNOSAN ENGENHARIA S/A. Campina Grande-PB, Janeiro 1985, 64p.

PARAÍBA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). *Projeto Técnico Complementar do Sistema de Esgotamento Sanitário de Campina Grande-PB Volume I – Memorial Descritivo*- TECNOSAN ENGENHARIA S/A. Campina Grande-PB, Julho 1985.

PARAÍBA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). *Conclusão das Obras de Implantação do Sistema de Tratamento de Esgotos Sanitários da Cidade de Campina Grande-PB*. João Pessoa-PB, 2007.

PARAÍBA. EMBRAPA. Dados meteorológicos: Precipitação pluviométrica de Campina Grande-PB, 2009, 2010, 2011.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. *AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba*, 2012.

PEREIRA, J. A. R.; SOARES, J. M. *Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação*. Belém: NUMA/UFPA, 2006. 296 p

SILVA, A.K.P.; FLORES, L.C.; GALDEANO, M.M.; VAL, P.T. *Reúso da água e suas implicações jurídicas*. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

APÊNDICE A - Pontos com retiradas clandestinas de esgoto bruto dos interceptores do Bodocongó e da Depuradora e pontos vulneráveis a este tipo de atividade com situação geral de conservação dos locais visitados.

Interceptor Oeste ou de Bodocongó			
Nº Ponto	Coordenadas (X),(Y)	Utilização para irrigação	Situação Geral
01	(177790.8325) , (9195975.5798)	Não	Sem vazão – Tubo danificado e obstruído
02	(177853.9434) , (9196002.7469)	Não	Sem vazão – Tubo danificado e obstruído
03	(177919.9319) , (9196084.6199)	Não	PV obstruído e sem tampa – Sem vazão
04 (Ponto de Montante)	(178123.8242) , (9196537.0000)	Sim	Tubulação Danificada – Grande perda de vazão
Interceptor Leste ou da Depuradora			
Nº Ponto	Coordenadas	Utilização para irrigação	Situação Geral
01	(176922.1439) , (9194476.2950)	Sim	Interceptor perfurado com tubo para irrigação
02	(177036.2511) , (9194546.1939)	Sim	Interceptor perfurado com tubo de irrigação
03	(177044.7613) , (9195451.4437)	Sim	Interceptor perfurado- (bambú)
04	(177051.5805) , (9194555.6270)	Sim	Interceptor perfurado com tubo para irrigação
05	(177057.5472) , (9194559.2873)	Sim	Interceptor perfurado- Utilização de canais para irrigação
06	(177122.2498) , (919460.4985)	Sim	Interceptor perfurado com tubo de irrigação
07	(177413.7335) , (9195055.3284)	Sim	Tubulação Danificada – Grande perda de vazão
08	(177660.2945) , (9195368.3998)	Não	Tubulação Danificada na geratriz superior – Sem vazamento de esgoto
09	(180306.0655) , (9196497.9330)	Sim	Interceptor perfurado- Utilização de canais para irrigação
10	(180270.0000) , (9196496.5694)	Sim	Interceptor perfurado com tubulação para irrigação

(continua)

(continuação)

Interceptor Leste ou da Depuradora			
N° Ponto	Coordenadas	Utilização para irrigação	Situação Geral
11	(180231.0000) , (9196497.2387)	Sim	Interceptor perfurado com tubulação para irrigação
12	(180000.1305) , (9196208.7484)	Não	PV sem tampa e apresentando rachaduras – pouca vazão
13	(179958.5771) , (9196226.3501)	Não	Canal do Interceptor – Laje danificada
14	(179919.0993) , (9196240.7367)	Não	Canal do Interceptor – Laje danificada
15	(178951.6895) , (9195656.6561)	Não	Tubulação Danificada na parte inferior – Sem vazamento de esgoto
16	(178949.1459) , (9195655.0665)	Não	Tubulação Danificada na parte inferior – Sem vazamento de esgoto
17	(178640.5874) , (9195590.6197)	Não	Tubulação Danificada na parte inferior – Sem vazamento de esgoto
18	(178592.1988) , (9195563.4257)	Não	Interceptor com pequeno vazamento na geratriz inferior
19	(178580.8658) , (9195557.0567)	Não	Tubulação Danificada na parte inferior – Sem vazamento de esgoto
20	(178544.0318) , (9195536.3790)	Não	Tubulação muito danificada – Sem vazamento de esgoto
21	(178518.7434) , (9195522.1893)	Não	Tubulação muito danificada – Sem vazamento de esgoto
22	(178564.9553) , (9195548.1194)	Não	Tubulação muito danificada – Sem vazamento de esgoto
23	(178504.9821) , (9195514.4676)	Não	Tubulação muito danificada – Sem vazamento de esgoto
24	(179291.4022) , (9195979.7414)	Não	PV com tampa de inspeção danificada
25	(179749.6434) , (9196245.4285)	Não	PV com tampa de inspeção danificada
26	(179751.3857) , (9196248.7719)	Não	Tubulação Danificada na parte inferior – Sem vazamento de esgoto

Fonte: Trabalho de campo da autora (março-maio de 2012)