UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

DISTRIBUIÇÃO DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL EM ÁGUAS DE DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO: CANAL DO PRADO, CAMPINA GRANDE-PB

JOSEILDA DE SOUZA BARROS

CAMPINA GRANDE
2015

JOSEILDA DE SOUZA BARROS

DISTRIBUIÇÃO DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL EM ÁGUAS DE DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO: CANAL DO PRADO, CAMPINA GRANDE-PB

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rui de Oliveira

CAMPINA GRANDE - PB
2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B277d Barros, Joseilda de Souza.

Distribuição de indicadores de contaminação fecal em águas de drenagem urbana – estudo de caso [manuscrito] : Canal do Prado, Campina Grande-PB / Joseilda de Souza Barros. - 2015.

44 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Prof. Dr. Rui de Oliveira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Sistema de drenagem urbana. 2. Qualidade da água. 3. Contaminação fecal de águas de drenagem. I. Título.

21. ed. CDD 631.4

JOSEILDA DE SOUZA BARROS

DISTRIBUIÇÃO DE INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL EM ÁGUAS DE DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO: CANAL DO PRADO, CAMPINA GRANDE-PB

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovada em: 13/07/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rui de Oliveira (Orientador)
(Orientador - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB))

Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
(Examinador - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB))

Profa. Dra. Andréa Carla Lima Rodrigues
(Examinador - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG))

CAMPINA GRANDE - PB
2015

DEDICO este trabalho ao meu Deus, que foi e sempre será meu companheiro nas minhas horas de aflição.

DEDICO também aos meus pais, dona Neta e seu Raminho pela confiança em mim depositada.

AGRADECIMENTOS

Ao autor da minha vida, Deus, por mais um objetivo alcançado, pessoa de valor inestimável, que me sustenta e orienta na caminhada, e sempre reserva o que há de melhor para mim.

Aos meus pais Gilvanete Roque de Souza e Severino do Ramo de Souza Barros, sou eternamente grata pelos valores morais que me passaram, pelo esforço que fizeram para conseguir me manter, por todo carinho, dedicação, apoio e pela confiança em mim depositada; obrigada por tudo.

Aos meus irmãos Joseildom, Josenildo e José de Assis, e ao meu sobrinho Gabriel, pelos momentos de descontração nas horas de cansaço.

Ao meu amigo e orientador Rui de Oliveira, pelos conselhos, ensinamentos e orientação no desenvolvimento do trabalho.

À minha turma de Engenharia Sanitária e Ambiental 2010.2, mais conhecida como a turma de Alberto, agradeço pelo companheirismo durante todo esse período de graduação.

À coordenadora do curso, Celeide Maria Belmont Sabino Meira, por seu empenho.

Aos professores do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UEPB, que contribuíram, por meio das disciplinas e debates, para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos conquistados no Laboratório de Saneamento da UFCG; obrigada pelo apoio nas atividades realizadas, em especial ao amigo Juscelino Alves Henriques, pelo grande auxílio prestado em todos os momentos que precisei.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza de atendimento quando me foi necessário.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente, para o êxito deste trabalho.

RESUMO

A realização do presente trabalho se deu a partir de estudos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental, formado por docentes e discentes das Universidades Estadual da Paraíba e Federal de Campina Grande. O trabalho objetivou estudar a distribuição de indicadores de contaminação fecal em águas de drenagem urbana. Para o desenvolvimento do Estudo de Caso: Canal do Prado, canal que faz parte do sistema de macrodrenagem da cidade de Campina Grande – PB, foram escolhidos sete pontos de amostragem, sendo dois deles os pontos extremos (P1 - montante e P7 - jusante) do trecho inicial do Canal do Prado e os outros pontos definidos nos trechos finais dos principais canais afluentes, imediatamente antes do lançamento no canal objeto do estudo. Foram determinados os indicadores microbiológicos – coliformes termotolerantes e *Escherichia coli.*

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de drenagem urbana, Qualidade das águas de drenagem, Contaminação fecal de águas de drenagem.

ABSTRACT

The completion of this work took place from studies carried out by the Environmental Health Research Group, formed by teachers and students of both State University of Paraíba and Federal University of Campina Grande. The study investigated the distribution of indicators of fecal contamination in urban drainage water. To develop the Case Study: Canal do Prado, channel that is part of Campina Grande urban macrodrainage system, seven sampling sites were chosen, two extreme points (P1 and P7, upstream and downstream) of the initial stretch of the Canal do Prado and the other points set out in the final stretches of the main tributary channels, immediately prior discharging into the channel object of this study. The microbiological indicators – thermotolerant coliform and Escherichia coli were determined.

KEYWORDS: Urban drainage system, Quality of drainage water, Feacal contamination of drainage water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Área de influência do escoamento em canais naturais 16
Figura 2 – Localização de Campina Grande na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba 21
Figura 3 – Sistema de drenagem da cidade de Campina Grande 23
Figura 4 – Bacia urbana do Prado e suas sub-bacias 24
Figura 5 – Pontos de amostragem 26
Figura 6 – Coleta de amostra utilizando balde e corda 28
Figura 7 – Colônias de coliformes termotolerantes após período de incubação 30
Figura 8 – Resíduos sólidos (esquerda) e RCD (direita) no leito do Canal do Prado .. 31
Figura 9 – Formação de bancos de areia no leito do Canal do Prado 32
Figura 10 – Aterro lançado nas proximidades do canal e a vegetação invasora do seu leito 32
Figura 11 – Distribuição de coliformes termotolerantes nos pontos monitorados 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição temporal da frequência de *E. coli* a partir das colônias de CTT..... 35

Tabela 2 – Parâmetros descritivos dos indicadores microbiológicos monitorados..... 36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a.C.	Antes de Cristo
APHA	American Public Health Association
AWWA	American Water Works Association
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CTT	Coliformes termotolerantes totais
ETE	Estação de tratamento de esgoto
EUA	Estados Unidos da Améria
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMCG	Prefeitura Municipal de Campina Grande
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
RCD	Resíduos de construção e demolição
RSS	Resíduos de serviços de saúde
SESUMA	Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UFC	Unidade formadora de colônia
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UV	Ultravioleta
WEF	Water Environment Federation
WHO	World Health Organization
WSA	Water Security Agency

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 OBJETIVO GERAL 12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 13
2.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL 13
2.2 DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS 15
2.2.1 Definição 15
2.2.2 Gestão das águas pluviais urbanas 17
2.2.3 Qualidade das águas de drenagem 19
2.3 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL 20
3 METODOLOGIA 23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 23
3.2 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE CAMPINA GRANDE 25
3.2.1 Bacia Urbana do Prado 26
3.3 PONTOS DE AMOSTRAGEM 27
3.4 COLETAS DE AMOSTRAS E VISTORIAS DAS CONDIÇÕES DO CANAL 30
3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS 32
3.5.1 Análises microbiológicas 32
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS 33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 34
4.1 LIMPEZA E MANUTEÇÃO DO CANAL DO PRADO 34
4.2 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS 36
5 CONCLUSÕES 40
REFERÊNCIAS 41

1 INTRODUÇÃO

A história da Engenharia Sanitária é marcada por alguns acontecimentos de longa data. Entre as décadas de 1830 e 1840 uma epidemia de cólera despertou concretamente a preocupação dos ingleses com o saneamento das cidades, pois devido à carência de saneamento na Inglaterra daquela época a doença se agravou muito nas áreas urbanas.

Em 1842, o sanitarista *Edwin Chadwick* já afirmava em seu famoso *relatório* (Chadwick Report) que as medidas preventivas como drenagem e limpeza das casas, através de abastecimento de água e de esgotamento sanitário efetivos, eram operações que deveriam ser resolvidas com os recursos da engenharia civil e não no serviço médico.

O tempo passou, vários sistemas foram desenvolvidos, mas nenhum apresentou a eficiência desejada e, finalmente, em 1879, George Edwin Waring, coronel e engenheiro norte-americano foi contratado para projetar um sistema de esgotos para a cidade de Memphis, no Tennesee, EUA, região de economia rural e relativamente pobre, praticamente incapaz de custear a implantação de um sistema convencional à época.

O engenheiro, mesmo contra a opinião dos sanitaristas de então, projetou um sistema exclusivamente para coleta e remoção das águas residuárias domésticas, sistema esse que excluía, portanto, as vazões pluviais no cálculo dos condutos. Assim foi criado o *Sistema Separador Absoluto* e, a partir desse conceito e das ideias do engenheiro Cady Staly, contemporâneo de George Waring e defensor do novo sistema este se difundiu rapidamente pelo resto do mundo.

No Brasil, quem se destacou na divulgação do novo sistema, foi Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, engenheiro civil e o mais notável sanitarista nacional, cujos estudos, trabalhos e projetos fizeram com que, a partir de 1912, o sistema separador absoluto passasse a ser adotado obrigatoriamente no país. Consagrado em 1905, quando foi contratado para solucionar o saneamento de Santos, ele não só modernizou e construiu os sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, como também replanejou toda a parte urbana, projetando as avenidas principais e os canais de drenagem e outras várias obras de proteção ambiental.

Em meio aos serviços de saneamento básico é destacável a drenagem urbana e o manejo das águas pluviais, os quais se revestem de grande importância, particularmente pela sua capacidade de afastar as águas dos centros urbanos para outros locais. A Lei Federal 11.445/2007 define este sistema como sendo um "conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas" (BRASIL, 2007).

No entanto, tem sido verificado que os sistemas de drenagem pluvial estão, a cada dia, sendo utilizados para transportar esgotos *in natura,* ocorrendo este fato em boa parte das cidades brasileiras, principalmente nas de grande e médio portes.

Campina Grande-PB, encontra-se entre estas, sendo seu sistema de drenagem composto por três principais bacias urbanas, Prado, Bodocongó e Piabas. Este sistema vem passando por diversos problemas, podendo-se destacar o lançamento e transporte de águas residuárias tendo este aspecto se constituído tema de estudos do Grupo de Pesquisa Saúde Ambiental, formado por professores e alunos das Universidades Estadual da Paraíba (UEPB) e Federal de Campina Grande (UFCG). Portanto, este faz parte de um trabalho de pesquisa mais amplo sobre a caracterização da qualidade de águas pluviais da macrodrenagem de Campina Grande.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho é estudar a contaminação fecal das águas transportadas pelo trecho de montante do Canal do Prado, que faz parte do sistema de macrodrenagem da cidade de Campina Grande-PB.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o estado de limpeza e conservação do Canal do Prado;
- Avaliar a qualidade das águas drenadas pelo Canal do Prado, com base em análises microbiológicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007) define o saneamento básico como um conjunto de serviços, operações e infraestruturas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Essa Lei também estabelece como os serviços devem ser executados com base nos princípios da universalidade, integralidade, controle social, eficiência e sustentabilidade econômica, transparência das ações executadas, entre outros aspectos.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2014), cerca de 2,5 bilhões de pessoas no mundo, não têm acesso aos serviços de saneamento básico e mais da metade da população mundial, no ano de 2012, não tinha acesso a melhorias dos serviços de saneamento básico, representando 46 países sem acesso a essas melhorias.

2.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

Uma maneira importante de preservação da água é o investimento em esgotamento sanitário, com ênfase no tratamento dos esgotos sanitários, através de estações de tratamento de esgotos as quais reproduzem, em um menor espaço e tempo, a capacidade de autodepuração dos cursos d'água.

As águas recuperadas por essas estações possuem uma grande variedade de aplicações, entre elas: (i) irrigação de campos de esportes, praças etc.; (ii) usos paisagísticos; (iii) descarga de bacias sanitárias; (iv) combate a incêndios; (v) lavagem de automóveis; (vi) limpeza de ruas; (vii) usos na construção civil (PROSAB, 2006).

Tais alternativas contribuem para a diminuição do uso de água potável para esses fins, além de gerar consequências positivas sobre a saúde e o meio ambiente (TONETO JUNIOR, 2004).

Incialmente, ocorreram apenas soluções locais ou domiciliares. Com a descoberta do ouro houve um aumento da imigração, trazendo o crescimento populacional e o surgimento de cidades. Toda esta evolução foi marcada pela necessidade de serviços para atender aos anseios da população, como por

exemplo, a construção de chafarizes para o abastecimento de água e serviço braçal para o transporte e disposição das excretas, gerando insalubridade e o desencadeamento de epidemias no meio urbano.

No século passado, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980, quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (SOARES, BERNARDES; CORDEIRO NETTO, 2002). Nesse período (1978), foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), que deu ênfase ao incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água, mas que, em contrapartida, não contribuiu significativamente para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto, o que é ainda verificado atualmente.

Nestes últimos anos, as principais normas que regulam o setor de saneamento estão representadas pela Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Verificam-se nesta lei algumas exigências para garantir a sustentabilidade dos investimentos em saneamento.

Após a promulgação da Lei 11.445/2007 surgiram outros acontecimentos rumo à universalização do saneamento, destacando-se, entre eles, a implementação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), a obrigatoriedade da elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) para todas as municipalidades da federação, e dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, conforme previstos pela Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Soma-se a isso o fato de que ainda não estão definidas, de maneira clara, as atribuições de cada esfera governamental no que se refere ao saneamento básico. Devido a essa indefinição, União, Estados, Distrito Federal e Municípios poderiam criar ações redundantes em alguns casos ou se tornar negligentes em outros.

De acordo com BRASIL (2012), nas áreas urbanas dos municípios brasileiros, os serviços de abastecimento de água têm um alcance médio de 93,2%, destacando-se as regiões Sul e Sudeste, com coberturas de 97,2% e 97,0%, respectivamente. Estes resultados apontam para a universalização deste serviço até 2023, conforme a meta do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2013).

Os resultados para esgotamento sanitário indicam certa fragilidade frente à necessidade da universalização. O prazo estabelecido no PLANSAB para alcançar a universalização dos serviços de saneamento básico é até 2033, ou seja, o Brasil ainda poderá passar 19 anos convivendo com a precária situação do esgotamento sanitário, o que implica em impactos negativos à saúde pública, notoriamente para as populações marginalizadas e de baixa renda, para as quais este serviço é ainda mais escasso e apresenta uma deficiência maior.

De acordo com ABNT (1986), o esgoto sanitário é definido como a junção entre os esgotos domésticos (águas servidas, resultantes da higiene e necessidades fisiológicas humanas) e industrial (lançamentos resultantes dos processos industriais que atendem à Resolução CONAMA Nº 430/2011, para lançamento de efluentes), águas de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, sendo esta uma parte da água de chuva que, inevitavelmente, é absorvida pela rede coletora de esgotos sanitários.

É importante ressaltar que a contribuição pluvial deveria ser minimizada no sistema de esgotamento sanitário, pois sua presença aumenta o volume de esgoto a ser tratado e causa picos de vazão na entrada das estações de tratamento de esgotos (ETEs), conforme à variação sazonal da pluviosidade.

Segundo Rosso, Dias e Giordiano (2011), essas ocorrências se devem ao antigo uso do sistema unitário, falta da gestão das redes de esgotamento sanitário, falta de planejamento urbano, fiscalização quanto às ligações clandestinas de esgotos e aspectos culturais presentes na população.

2.2 DRENAGEM DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

2.2.1 Definição

Segundo TUCCI (2002), a drenagem urbana pode ser definida como uma série de atividades que têm como meta reduzir os riscos, aos quais as populações estão expostas frente às inundações, de forma a promover um equilíbrio harmonioso e sustentável para o desenvolvimento urbano.

De acordo com a Lei 11.445/2007, o sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas é um “conjunto de atividades, infraestruturas e instalações

operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas" (BRASIL, 2007).

Este conceito realça o aspecto das obras civis de engenharia as quais devem ser criadas para atender aos princípios da drenagem urbana, em particular com relação ao transporte e ao amortecimento das cheias, que impactam de maneira contundente, as inúmeras situações (alagamentos, enchentes, etc.) constatadas nas cidades brasileiras nos períodos chuvosos. Com isto, as populações vivem ameaçadas pelas diversas catástrofes que são diariamente noticiadas nos meios de comunicação e isso interfere no deslocamento de pessoas, causa desapropriação e perdas materiais e, em alguns casos, a perda da própria vida.

As bacias de drenagem urbana são definidas como um conjunto de terras que drenam águas de precipitações para o curso do rio principal. Com relação a esta questão é importante destacar que o fluxo é de fundamental importância, pois o escoamento não deve ocorrer de forma rápida, a ponto de causar danos a jusante e nem o desprendimento de materiais constituintes do canal; e nem de forma lenta, evitando a retenção e, por conseguinte o acúmulo das águas drenadas.

Essa estagnação favorece a produção de gases mal cheirosos devido à degradação anaeróbia da matéria orgânica presente nessas águas. Para evitar estes problemas é necessário que os sistemas de drenagem sejam bem planejados e estruturados, atendendo, além das normas vigentes, os anseios das populações que dependem da existência destes e levando em consideração o parcelamento do solo, conforme o Plano Diretor de cada município.

Na medida em que as cidades se desenvolvem os impactos sobre os sistemas de drenagem pluvial vão sendo observados, como aumento das vazões máximas provenientes da impermeabilização do solo e do acréscimo de escoamento nos canais, elevação da produção de sedimentos, principalmente por resíduos sólidos, deterioração da qualidade da água, notadamente pelo transporte de esgotos sanitários e lavagem de pavimentos, entre outros. Aliados a estas questões, estão o crescimento desordenado, marcado pela ocupação de locais impróprios, como áreas ribeirinhas, projetos de drenagem mal elaborados e os aspectos culturais da população (TUCCI, 2006a).

De acordo com sua dimensão e abrangência, o sistema de drenagem é dividido em macrodrenagem e microdrenagem. A primeira tem por finalidade realizar

o escoamento final das águas drenadas, incluindo aquelas advindas da microdrenagem, sendo formado por canais naturais e construídos e grandes galerias, que acompanham a topografia da bacia hidrográfica.

A segunda é dimensionada ao nível dos lotes, tendo por objetivo afastar as águas de chuva da população dos centros urbanos.

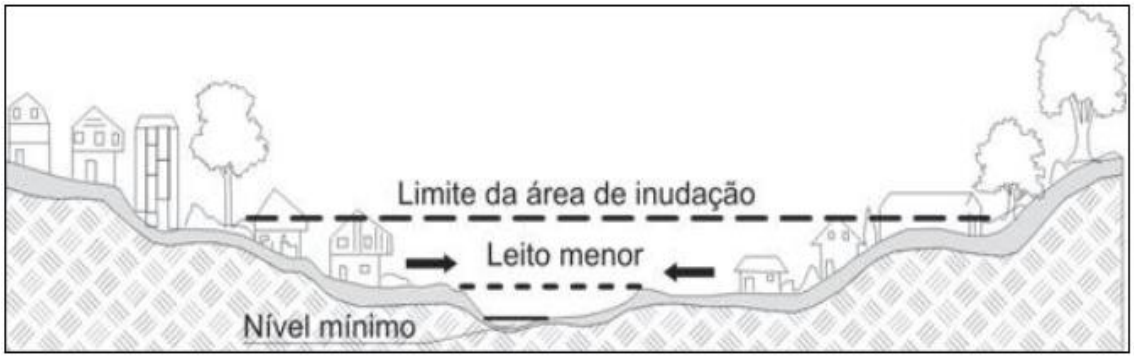
2.2.2 Gestão das águas pluviais urbanas

A gestão das águas pluviais urbanas não está relacionada apenas à drenagem física, mas especificamente aos processos que concebem tais sistemas, de modo a otimizar os custos e minimizar os danos ambientais, sem que o sistema deixe de cumprir o seu papel, sendo realizado de forma eficiente e segura, evitando as catástrofes no meio urbano e a jusante deste.

Segundo Butler e Davies (2011), os sistemas de drenagem são essenciais para as áreas urbanas desenvolvidas devido à interação que há entre as atividades humanas, a expansão demográfica e o ciclo hidrológico, interferindo na qualidade das águas desses sistemas.

Tucci (2006a) relata os problemas associados à ocupação desordenada em regiões próximas de corpos de água (Figura1), particularmente por causa de inundações ribeirinhas, tendo em vista que este tipo de sinistro pode ocorrer de forma natural devido a fatores hidrológicos. No entanto, estes acontecimentos resultam da urbanização, quando da impermeabilização do solo, e obstrução da canalização de escoamento. Os impactos causados por tais atividades são perdas materiais e humanas, prevalência de doenças de veiculação hídrica, interrupção de atividades econômicas e contaminação de mananciais pelo lançamento de poluentes, etc.

Figura 1 - Área de influência do escoamento em canais naturais



Fonte: TUCCI (2008).

A drenagem urbana das águas pluviais envolve problemas, porém é a partir destes que surge a necessidade de propor medidas de controle, sendo estas, de acordo com a legislação vigente, as medidas estruturantes e não-estruturantes e os Planos Diretores.

No entanto, o controle na gestão das águas pluviais urbanas também pode ser realizado através de obras civis, por exemplo, a construção de piscinões como medida de amortecimento, valas de infiltração, pavimentos que proporcionam a percolação da água de chuva, além da utilização de sensores e equipamentos que emitem sinais de alerta. Portanto, todas estas ferramentas devem estar aliadas aos Planos de Águas Pluviais, sendo este um mecanismo fundamental no gerenciamento da drenagem urbana.

Conforme apresentado por Tucci (2001) e Tucci (2006a), o Plano de Águas Pluviais tem em sua estrutura os seguintes itens: política de águas pluviais, constituída de vários princípios que são essenciais para o desenvolvimento e aplicação; medidas estruturais e não-estruturais, produtos a serem gerados, programas, com vistas ao acompanhamento e melhoria contínua, conforme proposto no plano; concepção de diversos cenários; e informações, que devem ser realizadas de maneira a facilitar o acesso da população a elas. A informação, em particular, tem um papel singular no processo de gestão dessas águas, pois é através dela que os diversos atores envolvidos poderão dialogar entre si, na busca de soluções mais convenientes para os diversos problemas na drenagem urbana das águas pluviais.

2.2.3 Qualidade das águas de drenagem

Na opinião de Silva (2004), a qualidade das águas escoadas nas redes de drenagem urbanas depende da frequência de limpeza urbana, da intensidade, distribuição temporal e espacial das precipitações, uso do solo, entre outros fatores. O autor ainda menciona que, na legislação brasileira de reuso de água, as águas de chuva são classificadas como esgoto, uma vez que transportam variedades de impurezas dissolvidas, suspensas ou arrastadas mecanicamente até os corpos hídricos receptores, o que compromete a utilização dos recursos hídricos para o abastecimento humano.

Para Tucci (2006b), a qualidade das águas dos sistemas de drenagem depende de diversos fatores, como manutenção e limpeza dos canais, pluviosidade e intensidade das chuvas, sazonalidade e uso do ambiente urbano.

Segundo Tucci (2005), as águas pluviais não apresentam qualidade melhor que um efluente de tratamento secundário, uma vez que a quantidade de material em suspensão é superior à encontrada no esgoto *in natura*, principalmente nos primeiros volumes das enchentes.

De acordo com Schueller (1987), os primeiros 25 mm de escoamento são responsáveis pela principal carga de poluentes para os canais de drenagem. Já Zoppou (2001) indica que a difusão e a transformação de poluentes em uma bacia urbana ocorrem por processos químicos, físico-químicos, biológicos, ecológicos e físicos. Além destes processos, são destacados os aspectos climáticos e/ou hidrológicos, os quais também têm domínio sobre a qualidade das águas de drenagem, não apenas pela precipitação, mas pela variabilidade da temperatura, umidade, radiação, entre outros aspectos de igual relevância.

A contaminação das águas de drenagem por esgotos merece destaque por ser, dentre as fontes poluidoras, um dos maiores obstáculos na gestão das águas urbanas. Esta contaminação se deve, principalmente, ao antigo hábito da população com a utilização do sistema de esgotamento unitário, ou seja, águas pluviais, águas residuárias e águas de infiltração veiculavam na mesma rede.

Além deste, outro fator preponderante é a má gestão; em vários municípios brasileiros as prefeituras autorizam o lançamento de esgotos nos sistemas de

drenagem, ocorrendo isso principalmente pela ausência do sistema de esgotamento sanitário, conforme apresentado por Brasil (2012).

A falta de boa qualidade, aliada à ausência do tratamento dessas águas incorre numa ameaça para a sustentabilidade ambiental, além de inviabilizar os esforços para melhoria da qualidade das águas dos mananciais naturais.

A má qualidade dos afluentes de córregos e rios apresenta impactos negativos sobre os receptores de jusante, notadamente pelo assoreamento, aporte de nutrientes e material carbonáceo, organismos patogênicos e poluentes persistentes, que apresentam efeitos mais deletérios sobre o meio ambiente por causa de sua capacidade de bioacumular e/ou biomagnificar.

2.3 INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL

Para monitorar a qualidade da água são utilizados diversos indicadores, de acordo com o que se pretende identificar. Na monitoração, avaliação, diagnóstico e análise das condições ambientais, os indicadores mais utilizados comumente são os físico-químicos e microbiológicos, através da identificação de diversos compostos, organismos e substâncias de interesse para a análise ambiental.

E por se tratar deste tipo de análise, é que se faz necessário identificar a existência de organismos patogênicos, uma vez que sua presença representa risco de contaminação e de acometimento de diversas doenças, particularmente as de veiculação hídrica.

Segundo Brasil (2006b), a identificação de patógenos em água é uma atividade onerosa, que apresenta diversas dificuldades, além de ser demorada e complexa. Faz-se necessária a utilização de indicadores que possam ser capazes de predizer, de forma confiável, a presença de organismos patogênicos. Neste sentido os indicadores mais utilizados são os de contaminação fecal (de origem humana ou de outros animais), os quais estão relacionados à presença de organismos causadores de doenças.

De acordo com Nollet (2007), esses indicadores devem ocorrer naturalmente no ambiente analisado. É necessário que eles estejam presentes no trato intestinal humano e de animais de sangue quente, por estarem junto com o material fecal, de

forma a apontar os possíveis patógenos entéricos. Outra característica importante na escolha destes, é o seu tempo de vida, uma vez que eles devem sobreviver por mais tempo que os organismos patogênicos.

Nollet (2007) e WHO (1996), mostram seu ponto de vista quanto aos indicadores e dizem: “De fato, naturalmente, não há um indicador ideal, portanto,F é necessário lançar mão de outro que possua características, ao menos, próximas às anteriormente citadas e que ao mesmo tempo possam apontar a presença de contaminação à saúde ambiental. É a partir deste contexto que surgiu a utilização das bactérias do grupo coliformes.

Este grupo tem como nome principal “coliformes totais”, por conter uma gama de organismos na forma de bastonete gram-negativo, os quais compartilham características comuns (não são patogênicos e nem esporulados)”. Ainda de acordo com os autores, entre os coliformes totais estão os coliformes termotolerantes e algumas bactérias, destacando-se os gêneros *Escherichia, Enterobacter, Citrobacter, Serratia*, e *Klebsiella*, com *E. coli* sendo a mais abundante no intestino de animais homeotérmicos.

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo pertencente aos coliformes totais, portanto são fermentadores de lactose, através da enzima β-galactosidase, se desenvolvem em temperatura de 44,5 °C, estão presentes em fezes humanas e de animais de sangue quente. Apesar de serem considerados indicadores de contaminação fecal, os coliformes termotolerantes podem ocorrer em ambientes não contaminados por fezes (BRASIL, 2005).

A *Escherichia coli* é um subgrupo dos coliformes termotolerantes, da família das Enterobacteriaceae, faz uso da enzima β-glicuronidase, desenvolve-se no trato intestinal dos seres humanos e de animais de sangue quente. Naturalmente, não ocorre *Escherichia coli* no ambiente livre (CANADA, 2013).

E quanto à escolha para o melhor indicador a ser utilizado, esta depende do que se busca, de quais resultados se deseja obter ou até do que se deseja investigar, bem como dos recursos que se dispõe.

E quanto as águas pluviais sua composição varia juntamente com a localização geográfica, condições metrológicas, presença de vegetação e as cargas poluidoras existentes em cada ponto analisado. Quanto ao aspecto qualitativo, as águas pluviais transportadas pelos sistemas de drenagem urbanos, caracterizam-se

por apresentar sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, compostos químicos, agentes tóxicos, metais e uma variedade de microrganismos.

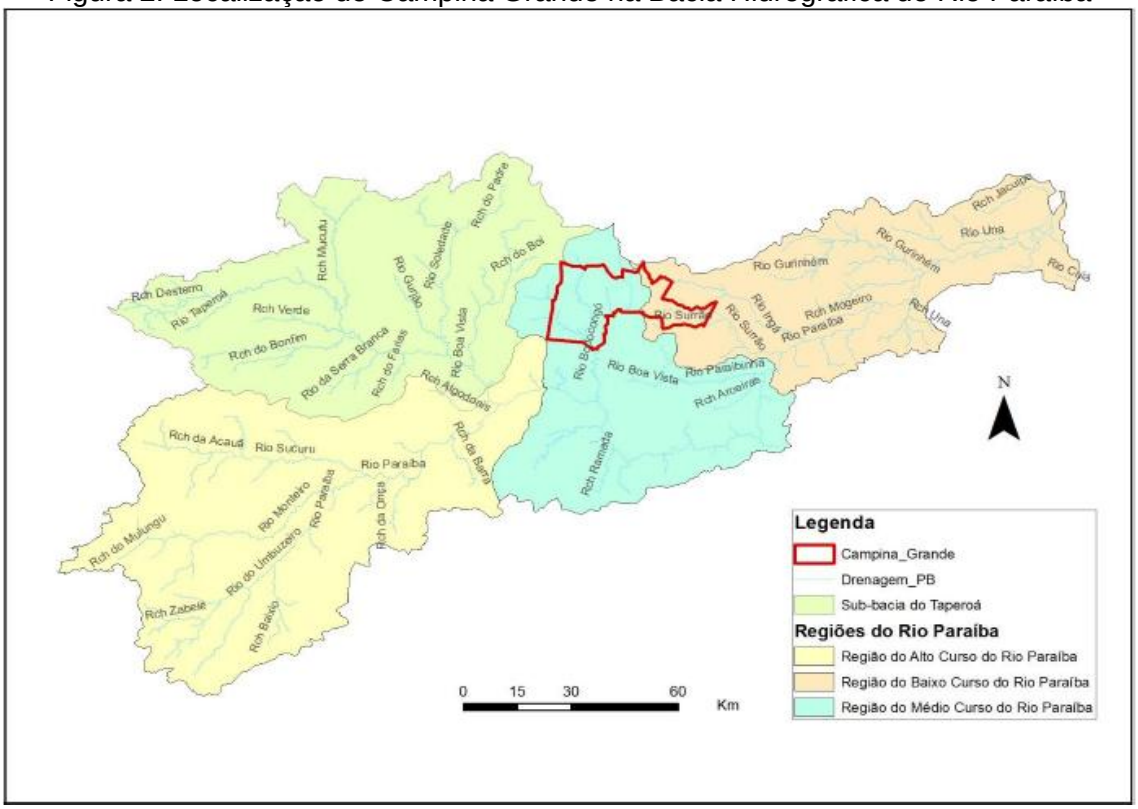
E a escolha dessa água se fez justamente para tentar informar e conscientizar não só a população, mas também os gestores da cidade, mostrando a real situação das águas que estão sendo drenadas pelo o Canal do Prado.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho está situada na cidade de Campina Grande (7° 13’ 51’’ Sul e 35° 52’ 54” Oeste), sede do município homônimo, localizada na região hidrográfica do Médio Curso do Rio Paraíba, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, conforme ilustrado na Figura 2. Além da sede, o município é composto pelos distritos de São José da Mata, Galante, Catolé de Boa Vista, Catolé de Zé Ferreira e Santa Terezinha.

Figura 2: Localização de Campina Grande na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba



Fonte: HENRIQUES, (2014).

A cidade de Campina Grande está situada a aproximadamente 550 m acima do nível do mar e dista 120 km da capital do estado, João Pessoa. Localizada na mesorregião Agreste, o clima predominante é o semiárido, apresentando precipitação anual média de 804,9 mm (MACEDO et al., 2011).

Segundo IBGE (2014), o município de Campina Grande possui uma população estimada de 400.002 habitantes, e ocupa uma área de 594,182 km², que resulta numa densidade demográfica de 673,197 hab. $(km^2)^{-1}$.

Em se tratando de saneamento básico, assim como a maioria das cidades brasileiras, Campina Grande possui alguns serviços prestados por empresas públicas e por empresas terceirizadas. Os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são prestados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), o serviço de limpeza urbana é realizado pela Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) e os serviços de coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos e de resíduos de serviços de saúde são divididos entre a SESUMA e empresas terceirizadas (PMCG, 2014a).

A água que abastece Campina Grande é proveniente do Açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão), de onde é captada e transportada, por mais de 20 km, até a estação de tratamento de Gravatá de Queimadas. Após o tratamento, a água é conduzida por 3 adutoras para os principais reservatórios, situados na sede do município, e distribuída à população através da rede de distribuição. O abastecimento de água atende a 125.610 domicílios (IBGE, 2008) perfazendo um total de 95,33 % (TRATA BRASIL, 2013).

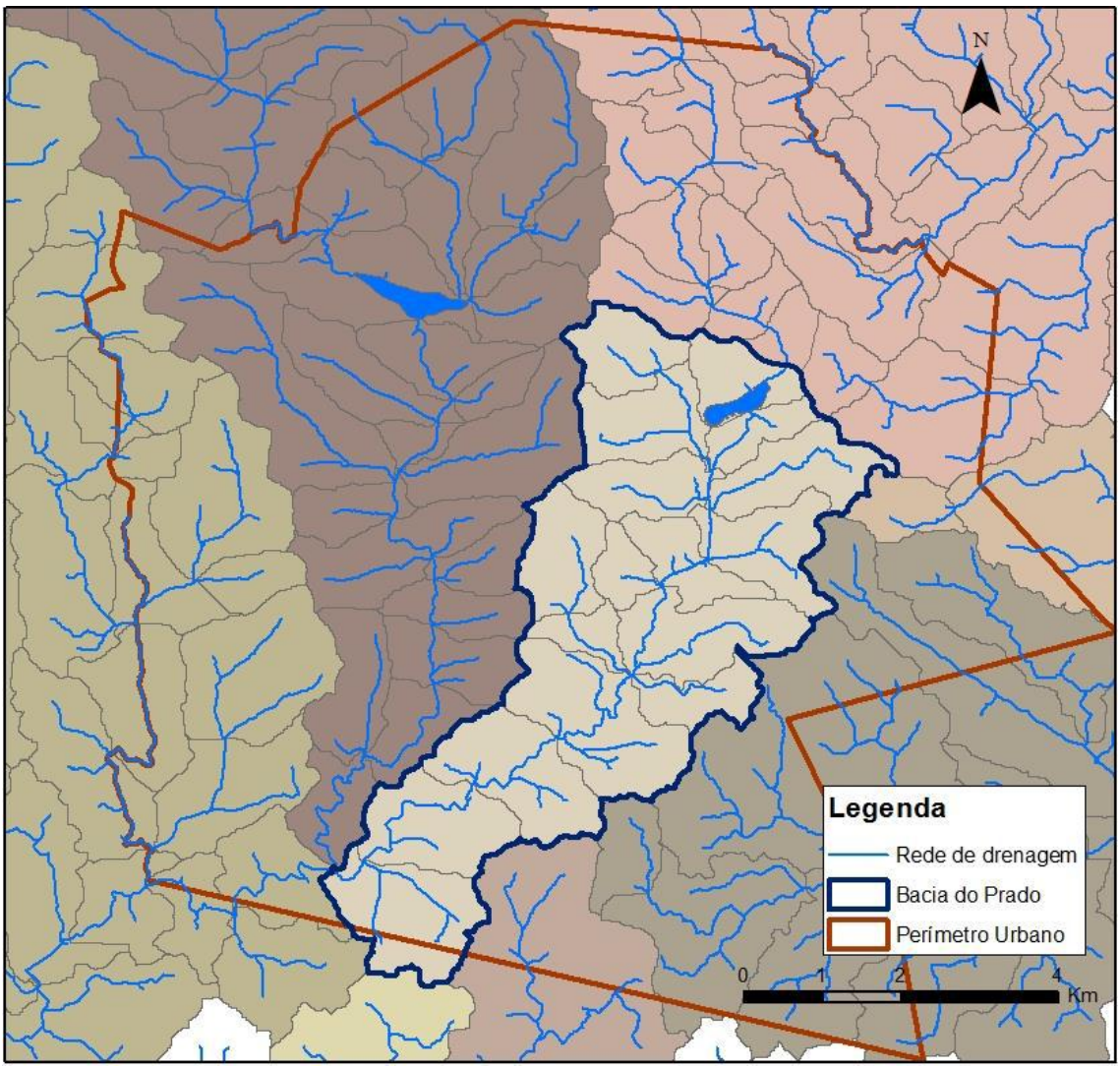
O sistema de esgotamento sanitário implantado na cidade é do tipo separador absoluto e, de acordo com a CAGEPA (2012) *apud* PMCG (2014a), a rede de esgotamento sanitário tem uma extensão de 565.575,41 metros, com aproximadamente 87.382 ligações domiciliares. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2013), 75,77% da cidade são atendidos pelo referido serviço.

De acordo com a PMCG (2014a) a limpeza urbana e a coleta de resíduos sólidos na cidade de Campina Grande são realizadas em quatro principais zonas, Norte, Sul, Leste e Oeste, sendo coletados diariamente, uma média de 432,09 toneladas de diferentes fontes. Segundo dados da PMCG, em 2010 foram coletados 233,33 $ton.dia^{-1}$ de coleta domiciliar, 197,94 $ton.dia^{-1}$ de limpeza urbana, 0,23 $ton.dia^{-1}$ de resíduos de serviços de saúde (RSS) e 0,25 $ton.dia^{-1}$ de coletores estacionários.

3.2 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE CAMPINA GRANDE

Campina Grande possui um sistema de macrodrenagem que abrange 3 importantes bacias urbanas: Piabas, Bobocongó e Prado, conforme ilustrado na Figura 3, e dele fazem parte canais trapezoidais e retangulares, em sua maioria abertos. Com relação à microdrenagem, este sistema é composto por bocas de lobo, poços de visita, galerias, tubos de ligação e sarjetas.

Figura 3: Sistema de drenagem de Campina Grande



Fonte: HENRIQUES, (2014).

Quanto à separação entre o sistema de drenagem urbana e de esgotamento sanitário, foi prevista a estrutura de separação absoluta. Entretanto, é possível

observar ligações clandestinas de esgoto em vários pontos dos canais abertos que cortam os bairros da cidade.

De acordo com os relatos da PMCG (2014b), os problemas existentes no sistema de drenagem de Campina Grande são divulgados desde 1985. Atualmente, este sistema ainda é considerado deficitário, tendo em vista que todos os anos são constatados alagamentos nos principais pontos da cidade, além das inúmeras enchentes que ocorrem nas regiões periféricas, atingindo uma parcela considerável da população de menor poder aquisitivo, afetada por perdas materiais e riscos associados à disseminação de doenças e acidentes.

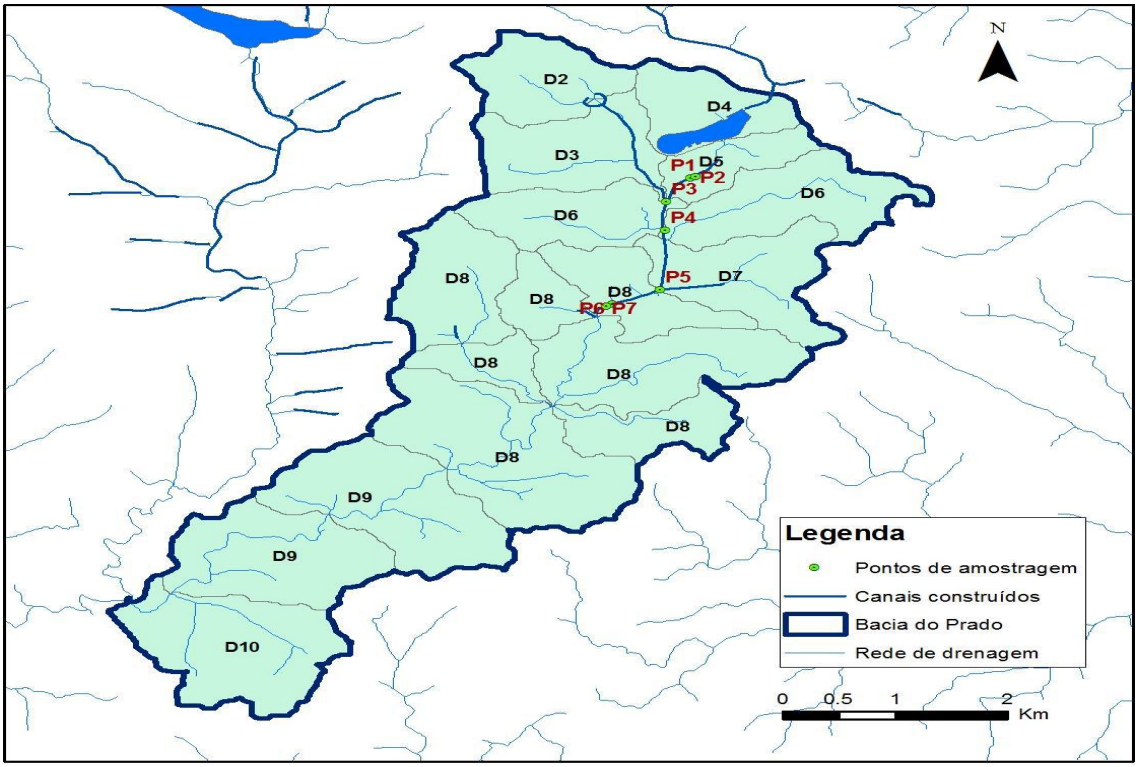
A partir destes acontecimentos e do aumento populacional que vem ocorrendo, a Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG), através da Secretaria de Planejamento (Seplan), assinou, um convênio com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (Paqtc-PB), para a elaboração do Plano de Saneamento Básico da cidade.

A elaboração do Plano Municipal de Saneamento, foi dividida em seis etapas, ficando a cargo de uma equipe de professores do departamento de engenharia civil da UFCG e do curso de engenharia sanitária ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). O Paqtc-PB entra com a assessoria técnica e administrativo-financeira.

3.2.1 Bacia Urbana do Prado

A Bacia Urbana do Prado (Figura 4) drena de forma parcial e/ou total 22 bairros, possui uma área de 37,15 km^2, o seu perímetro é de 43,78 km, sendo composta por 9 sub-bacias.

Figura 4 - Bacia Urbana do Prado e suas sub-bacias



Fonte: HENRIQUES, (2014).

O trecho canalizado do Canal do Prado, em estudo, é o talvegue da bacia de mesmo nome. O mesmo se inicia no extravasor das águas excedentes do Açude Velho, apresentando as coordenadas 7° 13’ 35,8” Sul e 35° 52’ 47,7” Oeste, e termina no bairro Jardim Paulistano, nas coordenadas 7° 14’ 47,6” Sul e 35° 53’ 22,1” Oeste; após este ponto, o canal deixa de ter seu revestimento, seguindo seu percurso até desaguar no Riacho Bodocongó, o qual é afluente do Rio Paraíba, principal rio do estado.

3.3 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Foram escolhidos sete pontos de amostragem para a realização deste trabalho, sendo dois deles pontos extremos (montante e jusante) do Canal do Prado e os outros definidos nos principais canais afluentes, imediatamente antes do lançamento no canal objeto do estudo. Para a escolha dos principais afluentes foram levadas em consideração suas vazões e áreas drenadas por cada um deles.

Os pontos de amostragem (Figura 5) foram:

O **Ponto P1** apresenta as seguintes coordenadas: 7° 13’ 48,7” Sul e 35° 52’ 51,6” Oeste, está situado a montante de todas as contribuições diretas do Canal do Prado, sendo representativo das águas excedentes do Açude Velho e das águas pluviais das sub-bacias D4 e D5 (Figura 4), provenientes do Centro e de uma pequena porção do bairro do Catolé;

As coordenadas do **Ponto P2** são: 7° 13’ 48,5” Sul e 35° 52’ 51,6” Oeste. Esse ponto está localizado no final da galeria responsável pela drenagem da sub-bacia D5, proveniente de outra parte do bairro Catolé, representando a primeira contribuição significativa de contaminação fecal do Canal do Prado;

O **Ponto P3** está localizado nas coordenadas 7° 14’ 0,6” Sul e 35° 53’ 1,5” Oeste, sendo este um dos pontos que representam a maior vazão contribuinte, iniciando sua área de drenagem no bairro da Bela Vista, passando pela Prata, São José, Estação Velha até chegar ao canal em estudo, drenando duas sub-bacias D2 e D3 (Figura 4);

O **Ponto P4** está localizado a 7° 14’ 10,2” Sul e 35° 53’ 2,3” Oeste, sendo representativo da drenagem da sub-bacia D6 (Figura 4), correspondendo a outra parcela do bairro do Catolé;

O **Ponto P5** tem as seguintes coordenadas: 7° 14’ 36,7” Sul e 35° 53’ 3,4” Oeste, sendo representativo de contribuição da drenagem da sub-bacia D7(Figura 4) e, por conseguinte, dos bairros do Catolé e Sandra Cavalcante;

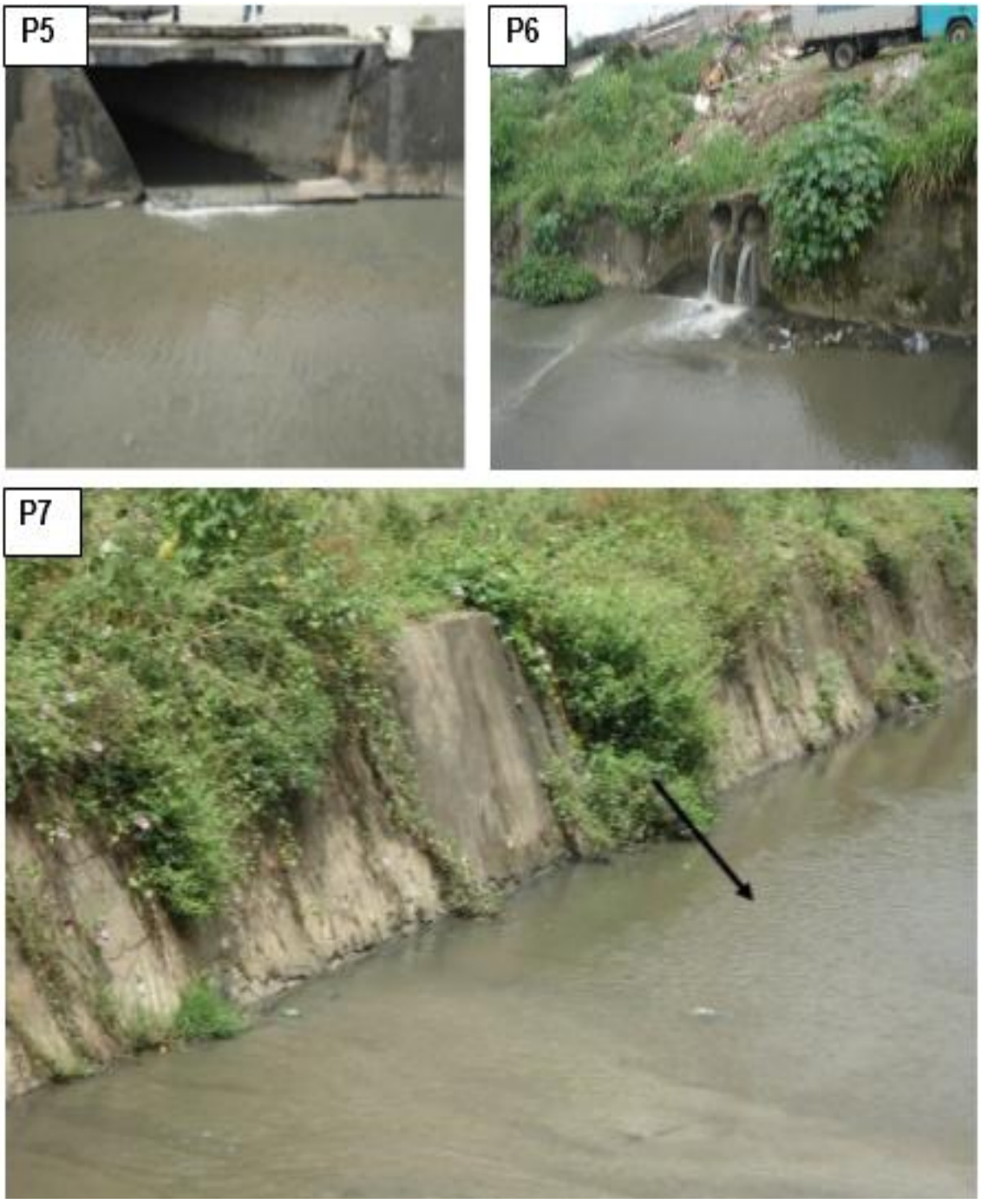
O **Ponto P6,** localizado a 7° 14’ 41,8” Sul e 35° 53’ 15,9” Oeste, é o ponto amostral de duas tubulações subterrâneas, que drenam a sub-bacia D8 e os bairros Tambor e Liberdade;

Por fim, o **Ponto P7,** localizado a 7° 14’ 42,3” Sul e 35° 53’ 16,6” Oeste, é o ponto de amostragem de jusante de todas as contribuições. Estando este a cinco estacas (100 m) antes do final do canal em estudo.

Figura 5: Pontos de amostragem

Fonte: Fotos do autor

Figura 5: Pontos de amostragem



Fonte: Fotos do autor

3.4 COLETAS DE AMOSTRAS E VISTORIAS DAS CONDIÇÕES DO CANAL

As coletas de amostras para as análises microbiológicas tiveram início no mês de abril e foram encerradas no mês de setembro do ano de 2014,

contabilizando 6 meses. A frequência de coleta era de uma ou duas vezes por semana, totalizando 35 campanhas.

A partir de estudos desenvolvidos na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, localizada no bairro do Tambor, Campina Grande-PB, por vários anos, foi observado que o horário mais representativo das características qualitativas e quantitativas dos esgotos sanitários de Campina Grande era o de 9h da manhã e, por esta razão, este foi o horário adotado para a realização desta pesquisa (DE OLIVEIRA, 1990).

Para coletar as amostras foram utilizados um balde e uma corda (Figura 6). Do balde a amostra era transferida para um béquer de polietileno e, em seguida, era feita a transferência da amostra para os recipientes de coleta.

Para análise microbiológica foi utilizado um recipiente estéril de 250 ml para cada um dos pontos de amostragem.

O acondicionamento dos recipientes das amostras coletadas para as análises bacteriológicas foi em caixas de isopor, com gelo para manutenção da temperatura em torno de 4° C.

Figura 6: Coleta de amostra utilizando balde e corda

Fonte: Fotos do autor.

Ao término das coletas, as amostras eram levadas para serem analisadas no Laboratório de Saneamento da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Quanto às condições de infraestrutura e manutenção do canal foram adquiridas informações junto à Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campina Grande-PB. Também, nos dias de coleta, foram realizadas vistorias em toda a extensão do canal, desde o Parque da Criança (7° 13’ 35,8” Sul e 35° 52’ 47,7” Oeste) até a Av. Assis Chateaubriand (7° 14’ 47,6” Sul e 35° 53’ 22,1” Oeste).

3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

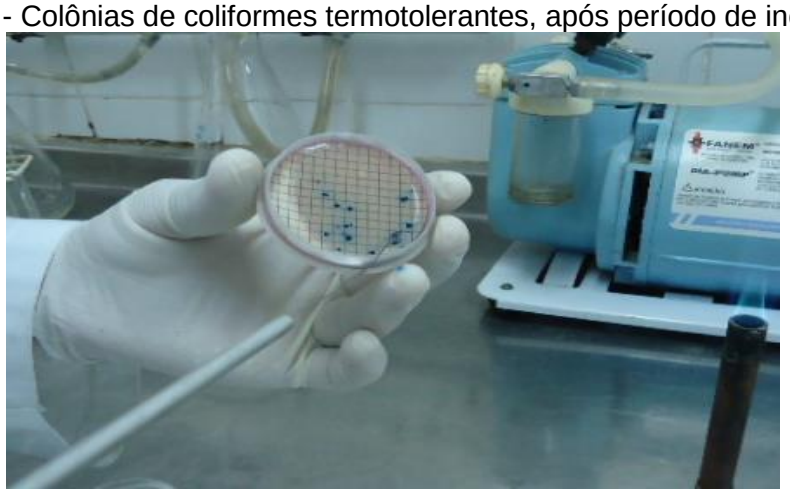
3.5.1 Análises microbiológicas

Para a quantificação microbiológica da contaminação fecal foram utilizados os indicadores coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

A metodologia utilizada para determinação dos coliformes termotolerantes foi a de membrana filtrante, segundo APHA, AWWA, WEF (2012). A Figura 7 mostra a ocorrência das colônias de coliformes termotolerantes após o período de incubação.

A confirmação de *Escherichia coli* também foi realizada de acordo com Standard methods for the examination of water and wastewater (2012), seguindo o roteiro descrito por HENRIQUES (2014).

Figura 7 - Colônias de coliformes termotolerantes, após período de incubação



Fonte: Fotos do autor.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De início, os dados de coliformes termotolerantes foram submetidos à análise exploratória.

Os dados que não obedeceram a uma distribuição normal (Kolmogorov-Smirnov), passaram por uma transformação logarítmica, e como a maior parte dos conjuntos de dados não atendeu aos critérios da transformação, foi necessário adotar o método da raiz quadrada. Com isso foi aplicada a estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimo e máximo) para o indicador (CTT).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LIMPEZA E MANUTEÇÃO DO CANAL DO PRADO

A Figura 8 ilustra, o frequente lançamento de resíduos sólidos urbanos no leito do canal, mas esse não é o único tipo de resíduo a ser encontrado, pois também é possível se deparar com resíduos de construção e demolição (RCD), sendo a presença destes atribuída à ocorrência de obras civis nas proximidades, bem como a ação de vandalismo contra o patrimônio público.

Figura 8 - Resíduos sólidos (esquerda) e RCD (direita) no leito do Canal do Prado

Fonte: Fotos do autor.

Conforme ilustrado na Figura 9, é possível identificar a formação de bancos de areia em vários pontos ao longo do Canal do Prado. A falta de limpeza nas margens do canal é caracterizada pelo desenvolvimento de grande vegetação ao longo do mesmo. Além da vegetação, o aterro colocado nas proximidades, avança cada vez mais para o leito do canal (Figura 10).

Figura 9 - Formação de bancos de areia no leito do Canal do Prado

Fonte: fotos do autor.

Figura 10 - Aterro lançado nas proximidades do canal e a vegetação invasora do seu leito

Fonte: Fotos do autor.

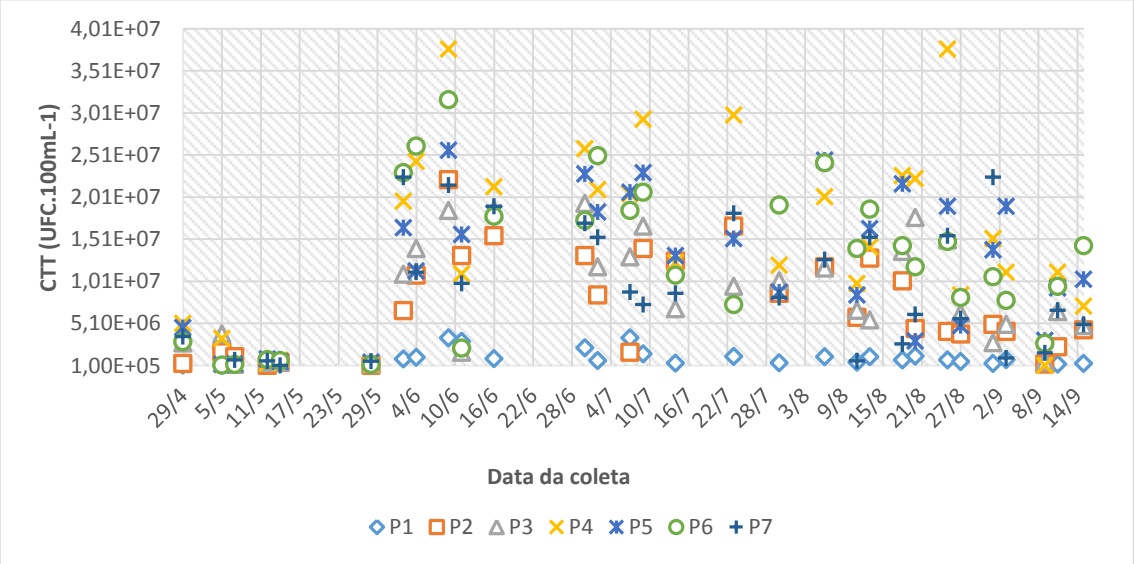
Durante as campanhas de coleta, foi constatada apenas uma limpeza nas margens do canal, tendo sido feito a capina da vegetação e a retirada da terra das margens.

O órgão responsável pela limpeza do canal, SESUMA, informou que há uma frequência de atividades de limpeza semanal, tanto das margens quanto do leito do canal e seus contribuintes, porém não acompanhamos mais que uma limpeza.

4.2 INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

Para coliformes termotolerantes (Figura 11) as concentrações variaram entre 10^5 e 10^7, denotando a existência de uma associação entre a qualidade das águas do sistema de macrodrenagem e o lançamento de esgotos sanitários. Os menores valores de CTT encontrados, foram no ponto P1, porém os demais pontos, particularmente o ponto P4, apresentaram valores bem mais elevados, típicos de águas residuárias domésticas.

Figura 11 - Distribuição de coliformes termotolerantes nos pontos monitorados.



Utilizando como base estudos desenvolvidos por outros autores, nos quais, segundo Alberta (1999), para a cidade de Edmonton no Canadá, a concentração de coliformes termotolerantes nas águas de drenagem urbana foi da ordem de $1{,}22x10^5$ UFC.100mL^{-1}, e de acordo com a Water Security Agency (WSA, 2014), na província de Saskatchewan, também no Canadá, foram encontrados valores médios de $9{,}1x10^4$ UFC.100mL^{-1} para o mesmo indicador, os resultados encontrados na presente pesquisa, mostram que praticamente todos os valores de CTT foram acima destes, indicando que as águas transportadas pelo Canal do Prado são constituídas, predominantemente, por águas residuárias.

Em um outro trabalho desenvolvido por Freire (2014), para outra bacia urbana do mesmo município (Canal das Piabas), foi verificado que, as águas de drenagem foram caracterizadas como esgoto doméstico fraco, ou seja, sua qualidade foi superior àquelas analisadas nesta pesquisa. A partir de informações como estas, é

possível verificar que alguns pontos do sistema de macrodrenagem sofrem uma ação poluidora por esgotos mais intensa que outros. De fato, as águas drenadas pelo Canal do Prado têm qualidade mais degradada por fezes do que o Canal das Piabas, por exemplo, apresentando características de esgotos domésticos classificados como médio.

As distribuições temporais das frequências de positividade de *Escherichia coli* em 10% das colônias de coliformes termotolerantes, estão representadas na Tabela1. A tabela foi construída da seguinte maneira: os numeradores significam as colônias positivas para *E. coli* e os denominadores as colônias analisadas. A presença de *E. coli* é verificada em praticamente todos os testes realizados, indicando que a maioria dos CTT analisados tem as fezes humanas e de animais de sangue quente como fontes.

Tabela 1 - Distribuição temporal da frequência de *E. coli* a partir das colônias de CTT

	Frequência de *E. coli* em 10% do número de colônias de CTT						
Data	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
30/06/2014	5/5	2/3	3/4	4/5	2/5	4/4	4/4
02/07/2014	2/2	2/2	2/3	4/5	3/4	6/7	2/3
07/07/2014	6/7	1/1	2/3	5/5	5/5	4/4	2/2
09/07/2014	3/3	2/3	4/4	5/6	2/5	4/5	1/2
14/07/2014	1/1	3/3	2/2	3/3	2/3	2/2	2/2
23/07/2014	3/3	3/4	2/2	6/7	3/4	1/2	4/4
30/07/2014	1/1	2/2	2/2	3/3	3/3	3/4	2/2
06/08/2014	3/3	2/2	3/3	4/4	3/5	6/6	3/3
11/08/2014	1/1	2/2	2/2	2/2	2/2	3/4	1/1
13/08/2014	4/4	3/3	1/2	4/4	4/4	4/4	4/4
18/08/2014	2/2	2/2	3/4	5/5	5/5	3/3	1/1
20/08/2014	3/3	1/1	3/4	5/6	0/1	3/3	0/1
25/08/2014	2/2	1/1	3/3	10/10	4/4	4/5	4/4
27/08/2014	2/2	1/1	2/2	2/2	1/1	1/2	1/1
01/09/2014	1/1	1/1	1/1	3/3	3/3	2/2	6/9
03/09/2014	1/2	1/1	1/1	3/3	4/4	2/2	1/1
09/09/2014	1/1	1/1	2/2	1/1	6/7	5/6	3/4
11/09/2014	1/1	1/1	2/2	2/2	1/2	3/3	1/2
15/09/2014	1/1	1/1	1/1	2/2	3/3	4/4	1/1
17/09/2014	1/1	1/1	2/2	2/2	3/3	1/2	2/2

A estatística descritiva foi aplicada apenas para o indicador, CTT, visto que este reúne um conjunto de informações que são relevantes para o estudo proposto.

Na ilustração da Tabela 2, é verificado que os valores médios deste indicador para os pontos P4, P5 e P6 se apresentaram similares aos de esgoto sanitário bruto.

Tabela 2 - Parâmetros descritivos dos indicadores microbiológicos monitorados.

Variável	Ponto	N	MÉD	DP	MIN	MÁX
CTT (UFC.100 mL-1)	P1	30	6,95E+05	2,25E+05	8,33E+03	3,38E+06
	P2	30	5,72E+06	1,55E+06	1,00E+05	2,22E+07
	P3	30	7,02E+06	1,54E+06	2,50E+05	1,93E+07
	P4	30	1,24E+07	2,86E+06	1,00E+05	3,77E+07
	P5	30	1,03E+07	2,13E+06	2,17E+05	2,57E+07
	P6	30	1,02E+07	2,38E+06	1,67E+05	3,17E+07
	P7	30	7,02E+06	2,00E+06	5,67E+04	2,25E+07

Nota: **N** – Tamanho amostral, **MÉD** – Média, **DP** – Desvio padrão, **MÍN** – Mínimo e **MÁX** – Máximo.

Os valores mais expressivos de CTT, concentraram-se nos pontos P4, P5 e P6, que apresentaram valores médios da ordem de 10^7/100mL, e sua grande maioria ficou mantida acima de 10^6/100mL, caracterizando esgotos domésticos *in natura*, conforme Jordão e Pessôa (2009). Porém, quando os mesmos são comparados aos valores para águas de drenagem, conforme apresentado por Alberta (1999), WSA (2014) e Coelho et al. (2012) pode ser verificado que, na maioria dos pontos monitorados, os resultados se sobressaem, e indicam uma situação particular de prevalência de esgoto sanitário.

Os resultados aqui analisados também indicam uma tendência de piora espaço-temporal, de montante para jusante, do cenário de poluição do sistema em estudo, de maneira particular, os CTT, por estarem associados à presença de contaminação predominantemente fecal, traduzem um alto risco para a saúde ambiental.

A elevada concentração de indicadores de contaminação fecal presente em um canal de água pluvial é um indicativo de contribuições clandestinas de esgotos, sendo estas responsáveis pelas principais fontes de poluição difusa nos corpos receptores. Por exemplo, para o caso em estudo, as águas do Canal do Prado são afluentes do Riacho Bodocongó e, consequentemente, desaguam no Rio Paraíba, a montante da Barragem de Acauã, um dos reservatórios mais importantes do estado, sendo este responsável pelo abastecimento de algumas cidades da Mesorregião Agreste da Paraíba.

A presente pesquisa e as desenvolvidas por Freire (2014) e Caminha (2014) ilustram a realidade precária do sistema de drenagem da cidade de Campina Grande, na qual se caracteriza a destruição do conceito de sistema separador absoluto pela ocorrência de crescentes contribuições de esgotos para o sistema de águas pluviais e de águas pluviais para o sistema de esgotamento sanitário.

O sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande passa por diversos problemas, dentre os quais pode ser citado o furto de esgoto, por parte de agricultores, para irrigar as diversas culturas, bem como da significativa diminuição da vazão de esgotos que chega à ETE (GOMES, 2013). A principal consequência do funcionamento de dois sistemas de drenagem deficitários é uma maior prevalência de doenças, e contaminação dos ecossistemas aquáticos.

A eficiência dos sistemas de drenagem esbarra ainda em outro fator: a negligência por parte dos gestores a um dos princípios notáveis da Política Nacional do Meio Ambiente que consiste em assegurar a educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente (Lei nº 6938/1981, art 1º, inciso X).

Diante do cenário apresentado existe a necessidade de se propor medidas capazes de eliminar ou mesmo mitigar tais impactos, através de ações simples, como um trabalho de sensibilização e conscientização das populações inseridas na Bacia Urbana do Prado, mostrando a real situação das águas de drenagem e como elas podem contribuir para melhorar as condições ambientais, não sendo coniventes com o lançamento de resíduos líquidos e sólidos no leito do canal.

Neste contexto, a população também é vista como um agente fiscalizador, tanto de suas próprias ações, quanto das ações do poder público, podendo exigir melhorias e denunciando principalmente as ações clandestinas de lançamento ou ligações de esgotos no sistema de drenagem urbana.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os indicadores analisados neste trabalho é possível concluir que as águas drenadas pela Bacia Urbana do Prado, são características de esgoto sanitário classificado como médio.

Os resultados para a qualidade das águas analisadas indicam um alto perigo para as populações que residem próximas a esse canal, principalmente as que estão a jusante, em áreas periurbanas, que fazem uso de qualquer água para cultivo agrícola e outras finalidades.

Também apresentam risco potencial para as águas de abastecimento, uma vez que, os canais de drenagem acabam desaguando no Riacho Bodocongó e consequentemente no Rio Paraíba a montante da Barragem de Acauã que abastece outros municípios.

Quanto ao canal, este é poluído devido às permanentes contribuições de esgotos, assim como pelo lançamento de resíduos por parte dos moradores associados a deficiência na limpeza urbana, existe uma ineficiência na manutenção do canal de drenagem, que apresenta contribuições irregulares de esgoto e resíduos sólidos, o que caracteriza a deficiência na gestão desse sistema, assim como a falta de conscientização por parte da população.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 9648, de 30 de novembro de 1986.** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ALBERTA. **Stormwater Management Guidelines for the Province of Alberta**. Alberta: Alberta Environmental Protection, 1999.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22 th ed. Washington, D.C. 2012.

BRASIL. **LEI Nº 12.305***, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 22 out 2014.

BRASIL. **LEI Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 29 set 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB.** Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** - *2012*. Brasília: SNIS, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

BURIAN, S.J.; EDWARDS, F. G. **Historical perspectives of urban drainage**. Global Solutions for Urban Drainage; CD-ROM Proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage. Portland-OR, P. 8-13, 2002.

BUTLER, D.; DAVIES, J. W. **Urban Drainage**. 3. ed. London: Spon Press. 2011.

CAMINHA, M. J. Degradação da Qualidade da Água do Sistema de Drenagem de Sub-Bacias Urbanas de Campina Grande - Paraíba. 2014. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

CANADA. Minister of Health. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document** – **Escherichia coli.** Ottawa. Minister of Health, 2013.

COELHO, F. R.; SANTOS, A. R.; CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H.; TOMA, W.; GUIMARÃES, L. L. Caracterização da qualidade das águas dos canais de Santos (São Paulo, Brasil). UNISANTA **BioScience**, vol 1, nº 2, p 54-59, 2012.

DE OLIVEIRA, R. The performance of deep waste stabilization ponds in northesast Brazil. PhD **Thesis**. The University of Leeds, UK. 1990.

FERNANDES, C. **Microdrenagem - Um Estudo Inicial.** Campina Grande: DEC/CCT/UFPB, 2002.

FREIRE, J. R. P. Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - Estudo de Caso do Canal das Piabas. 2014. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

GOMES, E. F. Perdas de vazão e seus efeitos na operação do sistema de esgotamento sanitário de Campina Grande-PB. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2013.

HENRIQUES, J. A. Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do canal do prado, Campina Grande-PB. 2014. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 28 de setembro de 2014.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento - Instituto Trata Brasil**. São Paulo: GO associados, 2013.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5. ed. ABES: Rio de Janeiro, 2009.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. de S.; SOUSA, F. de A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia,** vol 8, p 105-117, 2011.

NOLLET, L. M. L. **Handbook of Water Analysis.** 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2007.

ONU. **Nações Unidas do Brasil**. Disponível em:< http://www.onu.org.br/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-o-mundo-alerta-onu/>. Acesso em: 29 set 2014.

PMCG. Prefeitura Municipal de Campina Grande. Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente *(SESUMA)*. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campina Grande-PB***.* Campina Grande, 2014a.

PMCG. Prefeitura Municipal de Campina Grande. Secretaria de Planejamento. Diagnóstico da Situação dos Serviços de Saneamento Básico*.* In: **Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Campina Grande**. Campina Grande: UFCG, 2014b.

PMCG. Prefeitura Municipal de Campina Grande. **Lei complementar Nº 003, de 09 de outubro de 2006.** Revisão do Plano Diretor do Município de Campina Grande, Prefeitura Municipal de Campina Grande. LEI COMPLEMENTAR Nº033/2006.

PROSAB (Programa de Pesquisas em Saneamento Básico). **Reuso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologia de tratamento para esse fim***.* Rio de Janeiro: Abes, 2006.

ROSSO, T. C. A.; DIAS, A. P.; GIORDANO, G. Vulnerabilidade dos sistemas de esgotamento sanitário da cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil– relato de um caso de estudo. **Revista Recursos Hídricos**, vol. 32, 2011.

SILVA, L. C. da. Sistema de drenagem não-convencionais*.* 2004. 70p. **Monografia** (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

SOARES, S. R. A.; BERNADES, R.S.; CORDEIRO NETTO. O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública***,* Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SCHUELLER, T. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban** *BMPs.* 1987.

TONETO JUNIOR, R. A situação atual do saneamento no Brasil: problemas e perspectivas. 2004. 324f. **Tese** (livre-docência em economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

TUCCI, C. E. M. *Urban drainage in specific climates*. International Hydrological Programme – IHP-V. **Technical Documents in Hydrology***.* Paris: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, vol 22, n° 63, p 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Curso de Gestão das inundações urbanas**. Porto Alegre: UNESCO – Global Water Partnership South America - Asociación mundial del agua, 2005.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol 7, n° 1, p 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para todos**. V. 4. Brasília: Ministério das Cidades, 2006a.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006b.

WSA. Water Security Agency. **Stormwater Guidelines EPB 322**. Saskatchewan: WSA, 2014.

WHO. World Health Organization. **Water Security Agency - WSA. Stormwater Guidelines EPB 322.** Saskatchewan: WSA, 2014.

WHO**. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater. Quality Studies and Monitoring Programmes.** Switzerland: WHO, 1996.

ZOPPOU, C. Review of urban storm water models. **Environmental Modelling & Software**, vol 16, p 195-231, 2001.