

## IX-044 - ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE DRENAGEM DE CAMPINA GRANDE-PB

### **Juscelino Alves Henriques<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES Campus Ibatiba.

### **Rui de Oliveira**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental pela University of Leeds. Professor da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

### **Mônica de Amorim Coura**

Química pela Fundação Universidade do Regional do Nordeste. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora da UFCG.

### **Celeide Belmont Sabino Meira**

Engenheira Civil e Arquiteta pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

### **Benvindo Sirtoli Gardiman Junior**

Engenheiro Ambiental pela Faculdades Espírito Santenses (FAESA). Mestre em Ciências Florestais e Doutor em Produção Florestal pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professor do Instituto Federal do Espírito Santo – IFES Campus Ibatiba.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Sete de Novembro, 40 - Centro - Ibatiba - ES - CEP: 29395-000 - Brasil - Tel: (28) 3543-5500 - e-mail: juscelino.henriques@ifes.edu.br

### **RESUMO**

A contaminação das águas de drenagem por esgotos merece destaque por ser, dentre as fontes poluidoras, a que mais vem causando entraves na gestão das águas urbanas. Esta contaminação se deve, principalmente, ao antigo hábito da população com a utilização do sistema de esgotamento unitário. Além deste, outro fator preponderante é a falta de gestão, em vários municípios brasileiros as prefeituras autorizam o lançamento de esgotos nos sistemas de drenagem, isso ocorre principalmente pela ausência do sistema de esgotamento sanitário. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi investigar as contribuições de contaminação fecal dos canais de drenagem afluentes do Canal do Prado, que faz parte do sistema de macrodrenagem pluvial urbana da Bacia do Prado, cidade de Campina Grande – PB, Nordeste do Brasil. Para a realização deste trabalho foram escolhidos sete pontos de amostragem, sendo dois deles os pontos extremos (P1-montante e P7-jusante) do Canal do Prado e os outros definidos nos trechos finais dos principais canais afluentes, imediatamente antes do lançamento no canal objeto do estudo. Foram determinados indicadores: físico-químicos – temperatura, pH, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos suspensos fixos, sólidos sedimentáveis, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio. Os valores médios de DBO e DQO, na maioria dos pontos, foram acima de 140 mg.L<sup>-1</sup> e 400 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. De acordo com os indicadores analisados, as águas drenadas pela Bacia Urbana do Prado apresentam características típicas de esgoto sanitário classificado como médio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de drenagem urbana, Qualidade das águas de drenagem, Parâmetros físico-químicos.

## INTRODUÇÃO

As bacias de drenagem urbana são definidas a partir de curvas topográficas que permitem o escoamento livre, de forma laminar, pela gravidade (DIAS, 2003). 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. Esta estagnação favorece a produção de gases malcheirosos devido à degradação anaeróbica da matéria orgânica presente nestas 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.

O uso do solo está intimamente ligado à drenagem das águas pluviais, notadamente devido ao crescimento acelerado das grandes cidades, o que requer grandes obras de infraestruturas capazes de oferecer comodidade e mobilidade para seus habitantes. Por outro lado, os sistemas de drenagem têm importante efeito sobre o ciclo hidrológico, particularmente através dos processos de escoamento e reservação das águas, conforme ocorre nos canais artificiais e nos piscinões, e que impedem a recarga dos lenções subterrâneos, devido a impermeabilização do solo. Segundo Butler e Davies (2011), o escoamento da água, após um evento de chuva, deve ser natural de modo que possam ocorrer os processos de evaporação e evapotranspiração. Com os canais de drenagem estes processos e a infiltração da água no solo ficam comprometidos.

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, 2006).

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, 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.

Na macrodrenagem é utilizado o relevo do terreno, mesmo antes do processo de ocupação urbana, onde os rios e riachos são canalizados com a finalidade de conduzir as águas da microdrenagem. Com a urbanização das cidades, os talvegues vão se tornando os canais principais, conduzindo as águas de drenagem para os exutórios das bacias, chegando aos corpos receptores. Para este tipo de escoamento foi adotado o livre, ou seja, as águas de drenagem escoam em canais abertos, o que viabiliza sua limpeza e manutenção, além da percepção das cheias, harmonia paisagística e a facilidade para futuras ampliações do sistema (RAMOS, BARROS e PALOS, 1999).

Conforme apresentado por Brasil (2006a), a infraestrutura para a macrodrenagem implica na ampliação e restauração da seção de canais naturais, construção de galerias e canais artificiais, construção de travessias, pontes e passeios, ao longo destes; além de estruturas auxiliares, conforme a necessidade do projeto; existência de estações elevatórias e, por conseguintes, redes de condutos forçados; entre outros.

A contaminação das águas de drenagem por esgotos merece destaque por ser, dentre as fontes poluidoras, a que mais vem causando entraves na gestão das águas urbanas. Esta contaminação se deve, principalmente, ao antigo hábito da população com a utilização do sistema de esgotamento unitário. Além deste, outro fator preponderante é a falta de gestão, em vários municípios brasileiros as prefeituras autorizam o lançamento de esgotos nos sistemas de drenagem, isso ocorre principalmente pela ausência do sistema de esgotamento sanitário, conforme apresentado por Brasil (2012).

O presente trabalho tem por objetivo analisar a qualidade do sistema de drenagem de Campina Grande, Paraíba, Nordeste do Brasil, a partir da utilização de parâmetros físico-químicos, estudando sua distribuição e a correlação entre eles.

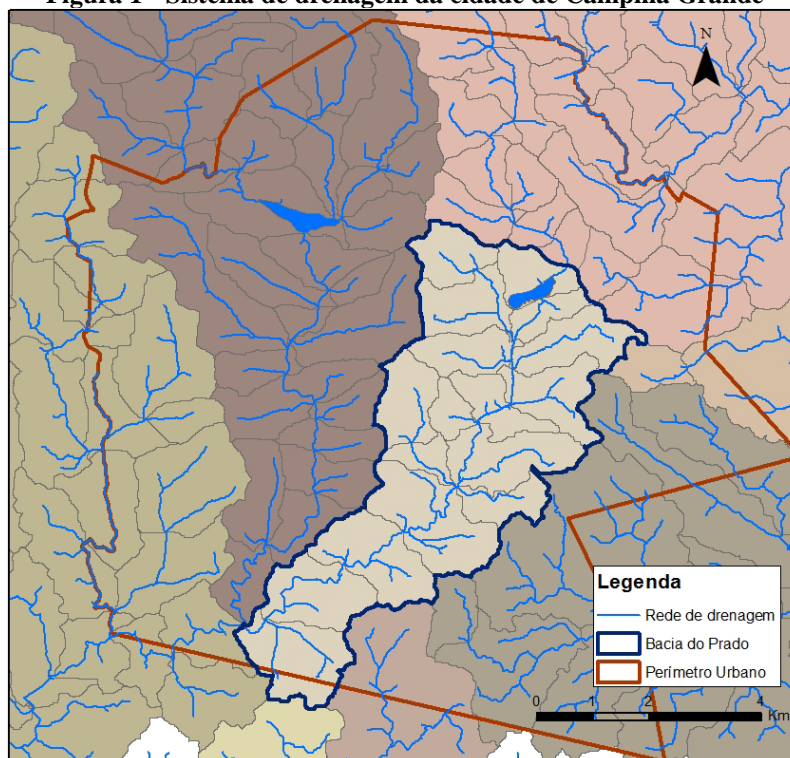
## MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo IBGE (2014), o município de Campina Grande possui uma população estimada de 400.002 habitantes, ocupando uma área de 594,182 km<sup>2</sup>, que resulta numa densidade demográfica de 673,197 hab.(km<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>.

Com relação ao 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 estão sob responsabilidade da 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).

O sistema de macrodrenagem de Campina Grande abrange 3 importantes Bacias Urbanas: Piabas, Bobocongó e Prado, conforme ilustrado na Figura 1, e dele fazem parte canais trapezoidais e retangulares, em sua maioria abertos. Com relação a microdrenagem, este sistema é composto por bocas de lobo, poços de visita, galerias, tubos de ligações e sarjetas.

**Figura 1 - Sistema de drenagem da cidade de Campina Grande**



Conforme relatado por PMCG (2014b), os problemas existentes no sistema de drenagem de Campina Grande são divulgados desde 1985. Àquela época o Diário da Borborema noticiou os efeitos de uma das maiores chuvas ocorridas na cidade, principalmente nos bairros Liberdade, José Pinheiro, Palmeira, Conceição, Cachoeira e Vila Cabral, onde foram registrados alagamentos, perdas de casas e prédios públicos, além de danos em algumas estruturas urbanas, como postes e outras.

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, através das perdas materiais e dos riscos associados a disseminação de doenças e acidentes.

Para a realização deste trabalho foram escolhidos sete pontos de coleta, sendo dois deles os 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. A escolha dos principais afluentes levou em consideração suas vazões e as áreas drenadas por cada um deles.

Os pontos de amostragem foram:

- Ponto P1 ( $7^{\circ} 13' 48,7''$  Sul e  $35^{\circ} 52' 51,6''$  Oeste), situado a montante de todas as contribuições diretas do Canal do Prado, representativo das águas excedentes do Açude Velho e das águas pluviais das sub-bacias D4 e D5, provenientes do Centro e de uma pequena porção do bairro do Catolé;
- Ponto P2 ( $7^{\circ} 13' 48,5''$  Sul e  $35^{\circ} 52' 51,6''$  Oeste), primeira contribuição significativa do Canal do Prado. Esse ponto é responsável pela drenagem da sub-bacia D5, proveniente de outra parte do bairro Catolé;
- Ponto P3 ( $7^{\circ} 14' 0,6''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 1,5''$  Oeste), um dos pontos que representam, qualitativamente a maior vazão contribuinte, inicia sua área de drenagem no bairro da Bela Vista, passando pela Prata, São José, Estação Velha até chegar ao canal em estudo, drenando as sub-bacias D2 e D3;
- Ponto P4 ( $7^{\circ} 14' 10,2''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 2,3''$  Oeste), representativo da drenagem da sub-bacia D6, correspondendo a outra parcela do bairro do Catolé;
- Ponto P5 ( $7^{\circ} 14' 36,7''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 3,4''$  Oeste), representativo para contribuição da drenagem da sub-bacia D7 e por conseguinte dos bairros do Catolé e Sandra Cavalcante;
- Ponto P6 ( $7^{\circ} 14' 41,8''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 15,9''$  Oeste), ponto amostral de duas tubulações subterrâneas, que drenam a sub-bacia D8 e os bairros Tambor e Liberdade; e
- Ponto P7 ( $7^{\circ} 14' 42,3''$  Sul e  $35^{\circ} 53' 16,6''$  Oeste), amostragem de jusante de todas as contribuições. Cinco estacas (100 m) antes do final do canal em estudo.

As coletas das amostras foram realizadas com o auxílio de um balde e uma corda. Do balde a amostra era transferida para um béquer de polietileno onde eram realizadas as medidas de temperatura e posteriormente era feita a transferência da amostra para os recipientes de coleta. Após as coletas, as amostras eram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – UFCG, para realização das análises.

Os parâmetros físico-químicos utilizados para a realização desse trabalho foram: temperatura, pH, sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos sedimentáveis (Ssed), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), conforme Quadro 1. Estes parâmetros foram escolhidos por reunirem informações relevantes sobre a contaminação proveniente de material fecal nas águas de drenagem pluvial.

Ao todo foram realizadas 35 análises para cada um desses parâmetros. No entanto, como os 5 primeiros dados foram eliminados, os resultados serão apresentados com valores referentes a 30. A exceção foi para a DBO, para a qual foram realizadas apenas 11 análises, pois o objetivo era apenas indicar a relação DQO/DBO. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Inicialmente, os dados foram submetidos a análise exploratória, na qual foi realizada a correção de alguns dados. Posteriormente, foram elaborados gráficos para ilustrar a distribuição destes indicadores. Com vistas a identificação de outliers, foi aplicado o teste de Grubbs, sendo realizada a correção destes. Posteriormente, foi aplicada a estatística descritiva (média, desvio padrão, mínimo e máximo) para os indicadores mais relevantes (OD, DBO, DQO, SST e SSV). A ANOVA foi aplicada e o resultado gráfico para esta análise (método GT-2) foi empregado apenas para temperatura, pH, OD, DBO, DQO, SST e SSV. Além destes testes foi realizada a matriz de correlação de Pearson com os scatterplots (gráficos de dispersão) para apresentar os indicadores que têm influência uns sobre os outros, e como é esta correlação.

**Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos utilizados, metodologias de análises e referência**

PARÂMETRO	METODOLOGIA	REFERÊNCIA
Temperatura	Termômetro infravermelho	APHA, AWWA, WEF (2012)
pH	Potenciométrico	
SST	Gravimétrico	
SSV	Gravimétrico	
SSF	Gravimétrico	
Ssed	Sedimentação	
OD	Eletrométrico	
DBO	Método padrão sem sementeira	
DQO	Titrimétrico da refluxação fechada do dicromato de potássio	

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a apresentação da estatística descritiva (Tabela 1) foram escolhidos apenas os indicadores OD, DBO, DQO, SST e SSV, tendo em vista que estes reúnem um conjunto de informações mais relevantes para o estudo proposto. Os valores médios destes indicadores para os pontos P4 e P5 se apresentaram similares aos de esgoto sanitário bruto. Para a DBO, por exemplo, foram encontrados valores acima de 200 mg.L<sup>-1</sup>, caracterizada tipicamente como de esgotos sanitários, conforme estabelecido por Jordão e Pessôa (2009) e Metcalf e Eddy (2004). Os resultados para DQO confirmam ainda mais a contaminação por esgotos, particularmente por apresentar, na maioria dos pontos amostrados, valores acima de 400 mg.L<sup>-1</sup>, valor típico de esgoto sanitário classificado pelos autores supracitados como fraco.

Os valores médios de SST indicam o grande carreamento de material particulado para o leito do canal em estudo, sendo os principais contribuintes os pontos P3, P4 e P5. Situação similar foi verificada para os SSV. É importante ressaltar que os SSV também podem ser utilizados como indicadores de matéria orgânica na ausência de outro mais confiável, portanto, neste trabalho, ele tem um papel importante, quando comparado com os resultados de DBO e DQO, apresentando comportamento semelhante a estes. Os resultados para sólidos em suspensão são comparáveis aos de esgotos in natura, entre fraco e forte, conforme Jordão e Pessôa (2009). As concentrações de SST, aqui verificadas, foram comparáveis às apresentadas pela Water Security Agency (WSA, 2014) para água de drenagem urbana de uma província no Canadá, que variaram entre 129 e 350 mg.L<sup>-1</sup>.

Os desvios padrões, estimados para todos os indicadores analisados e para todos os pontos monitorados, mostram que a variância do conjunto de dados é relativamente baixa, tendo em vista que os mesmos se aproximam das respectivas médias.

Os resultados aqui analisados também indicam uma tendência de piora espaço-temporal, de montante para jusante, do cenário de poluição do sistema em estudo, notadamente pelos valores máximos, em especial às concentrações de matéria orgânica (DBO, DQO e SSV).

A qualidade das águas de drenagem analisadas nesta pesquisa se apresenta muito inferior quando comparada com as de outras cidades brasileiras e até mesmo do mundo, particularmente pelos indicadores de matéria orgânica. Conforme apresentado anteriormente, os valores médios de DBO e DQO, na maioria dos pontos, foram acima de 140 mg.L<sup>-1</sup> e 400 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores quando comparados aos apresentados na Tabela 5, indicam alta carga de matéria orgânica presente em um sistema de drenagem urbana de águas pluviais, indicando o grande aporte de contaminantes, notadamente aqueles advindos de esgotos sanitários in natura. Esta situação ilustra uma realidade nacional, que vem ocorrendo na maioria das cidades, particularmente, naquelas que não possuem sistemas de esgotamento sanitário.

**Tabela 1 - Parâmetros descritivos dos indicadores físico-químicos e microbiológicos monitorados**

VARIÁVEL	PONTO	N	MÉD	DP	MÍN	MÁX
<b>OD</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	30	4,07	0,16	1,3	8,4
	P2	30	0,57	0,06	0,0	1,4
	P3	30	0,38	0,03	0,1	0,8
	P4	30	0,33	0,03	0,0	0,7
	P5	30	0,37	0,06	0,0	1,2
	P6	30	0,30	0,03	0,1	0,6
	P7	30	0,26	0,06	0,0	0,9
<b>DBO</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	11	29	18	3	51
	P2	11	194	62	96	308
	P3	11	185	42	118	266
	P4	11	296	59	205	392
	P5	11	259	51	201	349
	P6	11	163	63	78	287
	P7	11	140	48	43	224
<b>DQO</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	30	115	12	15	303
	P2	30	403	11	133	652
	P3	30	564	27	152	1063
	P4	30	776	32	175	1646
	P5	30	626	29	142	1258
	P6	30	476	20	126	1016
	P7	30	444	29	63	1068
<b>SST</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	30	45	6	1	137
	P2	30	108	4	37	194
	P3	30	266	16	89	607
	P4	30	398	24	105	813
	P5	30	300	18	94	712
	P6	30	227	14	77	540
	P7	30	284	26	107	751
<b>SSV</b> (mg.L <sup>-1</sup> )	P1	30	31	4	0	101
	P2	30	92	4	25	189
	P3	30	220	14	59	503
	P4	30	316	18	69	590
	P5	30	238	15	61	586
	P6	30	182	12	57	413
	P7	30	229	24	67	671

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

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

De acordo com os indicadores analisados, as águas drenadas pela Bacia Urbana do Prado, apresentam características típicas de esgoto sanitário classificado como médio. Além do exposto, os resultados da qualidade das águas aqui analisadas indicam um alto perigo para as populações que residem próximas a estes canais, principalmente para aquelas que estão a jusante, nas áreas periurbanas, que tendem a fazer uso de quaisquer águas para cultivo agrícola e outras finalidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012**. Brasília: SNIS, 2012.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional de Saúde - FUNASA**. Manual de saneamento. 3 ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006a.
3. BUTLER, D.; DAVIES, J. W. **Urban Drainage**. 3 ed. London: Spon Press. 2011.
4. DIAS, A. P. **Análise da interconexão dos sistemas de esgotos sanitário e pluvial da cidade do Rio de Janeiro: Valorização das coleções hídricas sob perspectiva sistêmica**. 2003. Dissertação de Mestrado (Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, 2003.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 28 set. 2014.
6. JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5 ed. ABES: Rio de Janeiro, 2009.
7. METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse**. 4 ed. Singapura: Mc Graw Hill, 2004.
8. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE - PMCG. 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.
9. PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE – PMCG. 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.
10. RAMOS, C. L; BARROS, M. T. L; PALOS, J. C. F. (coords.). **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo: FCTH (Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica), 1999.
11. TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. SANEAMENTO PARA TODOS. V. 4. Brasília: Ministério das Cidades, 2006a.
12. Water Security Agency - WSA. **Stormwater Guidelines EPB 322**. Saskatchewan: WSA, 2014.