

ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL NO BAIRRO XAVANTES-BELFORD ROXO, RJ

Adeilton da Silva Oliveira¹; Ronaldo Paulucci de Assis²;

¹ Aluno Graduação Engenharia Civil, ² Docente Engenharia Civil
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto
Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

adeiltondasilva@gmail.com, ronalassis@gmail.com

Resumo - Além da implantação de um sistema eficiente de drenagem urbana, as políticas públicas devem ter em suas projeções a implantação de saneamento básico para a população. Assim esse estudo teve como objetivo acompanhar o processo de instalação de um sistema de drenagem pluvial urbana no bairro Xavantes no município de Belford Roxo, RJ. Para a realização deste trabalho utilizou-se uma revisão de literatura com consultas em monografias, teses, dissertações, artigos, normas e legislações e a apresentação de um estudo de caso. Os principais portais consultados foram: Elsevier, Science Direct, Google Acadêmico, Plataforma Sucupira (CAPES). O estudo de caso foi realizado a partir do acompanhamento do processo de instalação de um sistema de drenagem pluvial urbana no bairro Xavantes no município de Belford Roxo, RJ. Os resultados da pesquisa mostraram que para o desenvolvimento de uma cidade, é necessário ter um plano de crescimento, no qual deve-se citar quais as áreas de reserva natural, várzeas de inundação, regras de delimitação de rios, porcentagem de permeabilidade dos lotes, detalhamento das bacias, período de retorno determinado, fórmulas empíricas adotadas para fazer os cálculos necessários da micro e da macrodrenagem, risco e incerteza, manutenção dos sistemas de drenagem, dimensionamento de reservatório de detenção, amortecimento de cheia e etc. Dessa forma, pode-se concluir que as medidas implantadas no projeto são eficientes na compensação dos problemas oriundos da urbanização, principalmente a impermeabilização dos solos. Porém, o ideal é que essas medidas deixem de ser apenas compensatórias e passem a ser integradas ao planejamento e desenvolvimento urbano da cidade, com a finalidade de se alcançar um crescimento urbano hidrologicamente funcional e sustentável.

Palavras-chave: Drenagem Urbana. Urbanização. escoamento Superficial. Gestão de Drenagem Urbana.

Abstract - In addition to implementing an efficient urban drainage system, public policies should have in their projections the implementation of basic sanitation for the population. Thus, this study aimed to accompany installing an urban rain drainage system in the Xavantes neighborhood in the municipality of Belford Roxo, RJ. A literature review was used with consultations on monographs, theses, dissertations, articles, rules and legislation, and the presentation of a case study to carry out this work. The main portals consulted were Elsevier, Science Direct, Google Scholar, Plataforma Sucupira (CAPES). The case study was carried out from the monitoring of the installation process of an urban rain drainage system in the Xavantes neighborhood in the municipality of Belford Roxo, RJ. The results of the research showed that for the development of a city, it is necessary to have a growth plan, in which it is necessary to mention which areas of the nature reserve, floodplains, river delimitation rules, percentage of permeability of the lots, details of the basins, determined return period, empirical formulas adopted to make the necessary calculations of micro and macro drainage, risk and uncertainty, maintenance of drainage systems, dimensioning of the detention reservoir, flood damping, etc. Thus, it can be concluded that the measures implemented in the project efficiently compensate for problems arising from urbanization, especially the waterproofing of soils. However, the idea is that these measures are no longer just compensatory and are integrated into the urban planning and development of the city to achieve hydrologically functional and sustainable urban growth.

Key words: Urban Drainage. Urbanization. Surface runoff. Urban Drainage Management

1 Introdução

As catástrofes naturais que mais atingem o Brasil, de acordo com ISDR (2005) são as inundações e os deslizamentos. Amaral e Rodrigues (2009) observam que esses fenômenos de natureza hidrometeorológica fazem parte da dinâmica natural e ocorrem frequentemente deflagrados por chuvas rápidas e fortes ou chuvas intensas de longa duração.

A combinação dos efeitos da urbanização sobre os componentes hidrológicos das bacias hidrográficas acarreta deficiências nos sistemas de drenagem que, ao não desempenharem sua função de modo correto e satisfatório, podem resultar em inundações na área urbana. Este fato é comprovado em pesquisa realizada, no ano 2000, com 5507 municípios do país; cuja população destas cidades apontou as principais causas das inundações ocorridas nos dois anos anteriores. As respostas mais citadas referem-se a dimensionamento inadequado de projetos, obstrução de bueiros/bocas de lobo, obras inadequadas, adensamento populacional e existência de interferência física (IBGE, 2000).

A situação do ecossistema urbano é muito mais crítica quando comparada com outros ecossistemas, para Philippi Jr. et al. (2005) nele se concentra a maioria da população que gera grande volume de resíduos e libera muito calor. Os ecossistemas possuem capacidade limitada de receber e reciclar resíduos de matéria, as regiões urbanas em geral superam a capacidade do meio ambiente em dissipar poluentes, levando a água, o solo e o ar à deterioração. Além disso, toda e qualquer atividade leva a impactos ao meio ambiente.

As enchentes provocadas pela urbanização, ou pela drenagem urbana, devem-se a diversos fatores, dentre os quais se destacam o excessivo parcelamento do solo e a consequente impermeabilização das grandes superfícies, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e as obras de drenagem inadequadas (POMPÊO, 2000).

Neste sentido, as inundações em áreas urbanas ocorrem com frequência cada vez maior, o que eleva os prejuízos econômicos e sociais nas cidades brasileiras, sem mencionar os impactos ambientais associados. Tucci et al. (2001) informam que o país perde anualmente, em média, valores superiores a 1 bilhão de dólares com as enchentes urbanas e rurais.

2 Metodologia

O estudo teve como objetivo acompanhar o processo de instalação de um sistema de drenagem pluvial urbana no bairro Xavantes no município de Belford Roxo, RJ. Procurando compreender o conceito de drenagem pluvial e sua importância para a sociedade e o meio ambiente; entender as razões da formação de cheias como diminuir os transtornos causados; conhecer e apresentar as etapas do processo de implantação da rede de drenagem no Município de Belford Roxo, RJ e analisar o processo de escoamento das águas de chuva na área de estudo.

2.1 Drenagem urbana

Segundo Tucci (1995) o deslocamento da população da área rural para a área urbana nas regiões desenvolvidas de uma forma geral, está relacionada com a oportunidade de trabalho e melhoria na qualidade da educação, saúde e cultura, são esses os responsáveis pelo êxodo rural. Cada vez mais as cidades se desenvolvem e aumenta a população, esse alto índice de crescimento da população gera sérios problemas nas áreas metropolitanas. Os efeitos do

processo de crescente populacional são: maior densidade de residências, indústrias e comércios, resultando uma crescente impermeabilização das áreas ocupadas.

A ausência do planejamento urbano na grande maioria das cidades brasileiras traz inúmeros problemas para a população que nelas residem, em decorrência dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Cita-se como exemplo, os problemas relativos às enchentes urbanas, que podem desabrigar milhares de pessoas, gerar altos prejuízos econômicos e desenvolver doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose e malária, por exemplo, e além daqueles relativos à produção e transportes de cargas difusas de poluição que podem prejudicar os corpos de água (PORTO, 2001).

Segundo Tucci et al. (2003), o sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. E constituído por uma série de medidas que visam minimizar os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelos alagamentos, inundações e pode ser dividido em: microdrenagem e macrodrenagem.

Ainda de acordo com Tucci (2000, p. 805), “drenagem é um complexo de medida que tem por finalidade diminuir o agravo causado pelas inundações, proteger a população e propiciar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, ágil e sustentável.”

Philippi Jr. et al. (2005) consideram que o sistema de drenagem básico de uma cidade deve se estruturar respeitando todos os aspectos legais, técnicos, além das dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais e uma composição física mínima com pavimentação de ruas, sarjetas e meios-fios, bocas de lobos, galerias de drenagem e valas, vale ressaltar que todos esses elementos devem estar interligados e funcionando adequadamente ou o risco de ocorrer falha no sistema de drenagem é grande.

De acordo com o manual da CETESB (1980, p.171), o sistema de drenagem urbana é composto por um conjunto de galerias de águas pluviais, formado por condutos, poços de visita, bocas de lobo e outros dispositivos, possuindo a finalidade de coleta e condução, das vazões provenientes da chuva inicial de projeto para um ponto de lançamento, em um sistema geral de drenagem.

Para Tucci (2009), a gestão das águas pluviais de maneira sustentável deve incorporar medidas estruturais e não-estruturais na sua implementação. Medidas estruturais são as obras de engenharia, como as galerias, bocas-de-lobo e valetas; já as medidas não estruturais são os mapeamentos das áreas de risco, programas de conscientização da população e o próprio zoneamento urbano.

O ideal seria desenvolver um Plano de Águas Pluviais de cada cidade incorporando essas medidas e investir recursos obtidos com as calamidades para melhoramento dessas atividades premiando as cidades que atuarem na área de prevenção, pois muitas ignoram esses problemas na certeza de que após algum desastre de cunho ambiental terão grande apoio financeiro sem a necessidade de comprovação da aplicação do dinheiro (TUCCI, 2009).

A falta de compatibilidade entre o urbanismo e a drenagem pluvial levou muitas cidades a terem problemas críticos de inundações internas e agravamento de enchentes e níveis de poluição nos corpos receptores. (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL- SUDERHSA. 2002).

Conforme Champs (2009), para um bom funcionamento de um sistema de drenagem urbana, é necessário saber que ele funcionará como um auxílio à drenagem natural e terá seu funcionamento não contínuo, pois irá variar conforme a frequência de precipitações, que deve se dividir nos dois sistemas distintos, micro e macro drenagem, que o produto a ser drenado

será formado por água e por sólidos, que os canais naturais têm duas calhas de escoamento, a primeira para vazões de base e a segunda para vazões de cheia e por fim que o sistema viário urbano compõe parte da infraestrutura da microdrenagem.

Na drenagem urbana existem dois cenários fundamentais: (a) para áreas ainda não construídas são usadas medidas não estruturais, como a legislação, a fiscalização, o controle e os mecanismos de incentivos econômicos; (b) para as áreas já construídas são utilizadas medidas estruturais que priorizam o amortecimento do escoamento na fonte ou na macrodrenagem (TUCCI, 2012).

2.1.1 Microdrenagem

A microdrenagem é composta por diversos dispositivos estruturais, começando nas próprias edificações privadas, com os coletores pluviais que alimentam a rede pública de drenagem, juntamente com o escoamento resultante das áreas impermeáveis e até mesmo permeáveis quando houver excesso de precipitação (BELLÉ, 2011).

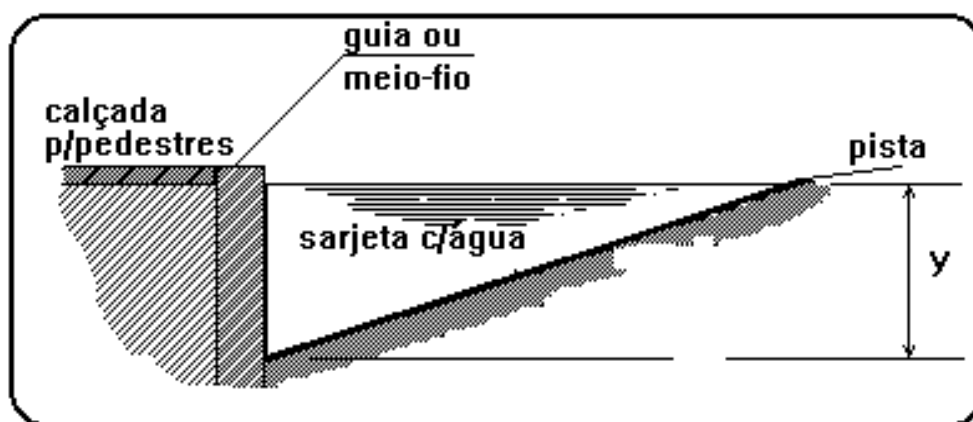
Tucci (1995) relata que a microdrenagem urbana é constituída pelas redes de condutos e estruturas hidráulicas em nível de loteamento ou rede primária urbana, as galerias pluviais. Para a Companhia ambiental do estado de São Paulo (1986) a drenagem urbana de ruas e avenidas compreende bocas de lobo, tubulações, poços de visita e estruturas acessórias. Devem conduzir águas pluviais desde a sua captação nas ruas, até a sua disposição na drenagem principal.

A estrutura de microdrenagem é composta primeiramente pela pista de rolamento, que transporta toda a água superficial para as sarjetas, e é levada por meio da gravidade até as bocas de lobo e às tubulações. Juntamente com as tubulações, os poços de visita são instalados em trechos calculados, para facilitar a manutenção das tubulações quando necessário. Após todo esse transporte, toda a água pluvial que cai sobre o sistema é levada até o curso d'água natural onde teoricamente seguiria seu rumo naturalmente (LINARD, 2017).

Segundo Tucci (2001), os dispositivos estruturais básicos existentes em um sistema de drenagem são os seguintes:

- a) Sarjeta: são faixas de via pública, paralela ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que elas escoam (Figura 1) (TUCCI, 2001).

FIGURA 1: Seção da sarjeta.

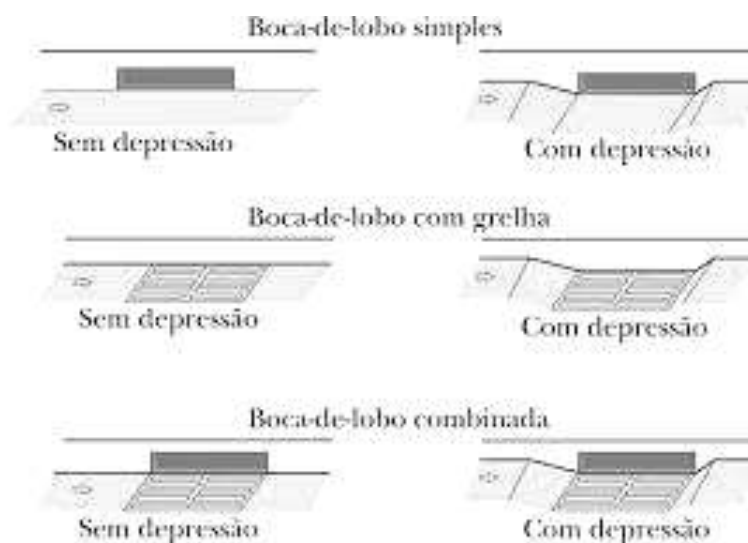


FONTE: TUCCI (2001, p.830).

- b) Bocas de lobo: são dispositivos localizados em pontos convenientes nas sarjetas para captação de águas fluviais. As bocas coletoras (bocas-de-lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto a depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla) (Figura 2) (TUCCI, 2001).

A SUDERHSA(2002) recomenda a utilização de um fator de redução para a capacidade de escoamento calculada das bocas de lobo devido obstrução causas por detritos, este fator para boca de lobos combinada é de 65% do valor teórico.

FIGURA 2: Tipos de boca de lobo.



FONTE: SUDERHSA (2002, P. 104-105).

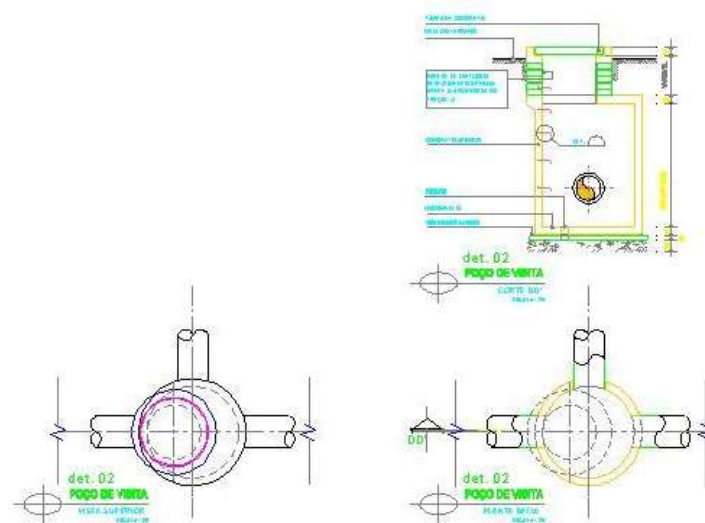
- c) Meios-fios: feitos de pedra ou concreto são instalados paralelamente ao eixo da rua com sua face superior do mesmo nível do passeio (TUCCI, 1993).
- d) Galerias: são canalizações ligadas às bocas de lobo com a finalidade de conduzir as águas pluviais captadas das mesmas e dos coletores pluviais privados (TUCCI, 1993).

A ABNT NBR 9649:1986 diz que o cobrimento das galerias não deve ser inferior a 0,90 metros para coletores assentados na linha de tráfego e 0,65 metros para coletores assentados no passeio, recobrimento menor deve ser justificado. Ainda em relação as galerias a ABNT NBR 9649:1986 informa que a máxima declividade admissível é aquela para qual a velocidade seja igual ou menor que 5 metros por segundo.

O dimensionamento das galerias é realizado com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning, Chezy e outras. O cálculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria adotado (PARANÁ, 2017).

- e) Poços de visita: é um dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações (Figura 3) (TUCCI, 1995).

FIGURA 3: Exemplos de plantas de poços de visita.



FONTE: DRENAGEM URBANA – MANUAL DE PROJETO (1980).

- f) Tubos de ligação: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita (TUCCI, 2001).
- g) Estação de bombeamento: é um conjunto de obras e equipamentos com a finalidade de retirar a água de um canal de drenagem se não existir mais a possibilidade de escoamento por gravidade, conduzindo a mesma a outro canal mais elevado ou receptor final do sistema de drenagem (TUCCI, 1993).
- h) Sarjetões: são canais de seção triangular situados nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas, destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destas para os pontos de coleta (TEIXEIRA, 2014).
- i) Conduitos de ligação: também chamados de tubulações, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até as galerias pluviais (TEIXEIRA, 2014).

No dimensionamento de canais, os elementos geométricos constituem propriedades da seção transversal do canal, as quais podem ser caracterizadas pela forma geométrica e pela altura de água. Estes elementos são indispensáveis ao seu dimensionamento. (COSTA, 2014).

No caso de seções simples e regulares, os elementos hidráulicos são expressos e relacionados entre si matematicamente em função da altura de água no canal. No entanto, no caso de seções mais complexas e não uniformes, como são os canais naturais, não há uma equação simples que possa correlacioná-los, uma vez que são variáveis. (COSTA, 2014).

- j) Caixa de ligação: conhecidos como caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com a finalidade de reunir conduitos de ligação ou estes à galeria (Figura 4) (TEIXEIRA, 2014).

FIGURA 4: Modelo de caixa de ligação.



FONTE: PREFEITURA DE JOINVILLE (2020).

- k) Trecho de galeria: é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos. (TEIXEIRA,2014)

A vazão de projeto é o volume de água que escoar superficialmente pelas ruas, originado pela chuva. Calcular esta vazão possibilita dimensionar a microdrenagem adequadamente. O período de retorno ou intervalo de recorrência de um evento hidrológico, como a chuva, é o tempo médio, em anos, em que o evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. (BARBOSA JÚNIOR, 2014).

A precipitação é medida de forma pontual, pois as áreas de captação dos pluviógrafos e pluviômetros são reduzidas (são usuais 200 e 400 cm²) em relação às áreas abrangidas por este fenômeno meteorológico. Mesmo com informações de radares meteorológicos, a única fonte de dados quantitativos de precipitação, são as informações pontuais dos pluviômetros e pluviógrafos. Os dados pluviométricos e pluviográficos constituem, portanto, a fonte indispensável de informação para qualquer chuva de projeto (PARANÁ, 2017).

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (< 2 km²). Os princípios básicos dessa metodologia são:

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- adota um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

Sua equação é definida por:

$$Q_{m\acute{a}x} = 0,278C i_{m\acute{a}x} A \dots\dots\dots (1)$$

Onde:

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima (em m^3/s)

C = coeficiente de escoamento médio superficial ponderado

$i_{\text{máx}}$ = máxima intensidade da precipitação (em mm/h)

A = área da bacia contribuinte não controlada por MCs (em km^2)

2.1.2 Macrodrenagem

A macrodrenagem é definida pelo traçado das ruas, por fontes de deflúvios em que não se tem um escoamento natural preciso e o sistema de pequenas galerias composto de condutos e coletores de águas pluviais como as bocas de lobo. O sistema de macrodrenagem formado por canais abertos ou condutos de maiores dimensões tem a função de receber as águas pluviais dos sistemas de micro drenagem e conduzir essas águas a um corpo de água principal com capacidade para escoar todo o deflúvio gerado pela bacia de drenagem. Sistema que é projetado para comportar precipitações maiores que as da micro drenagem (TUCCI, 2005).

A macrodrenagem, segundo a Prefeitura Municipal de Ijaci (2013), “envolve bacias geralmente com área superior a 2 km^2 , onde o escoamento é composto pela drenagem de áreas urbanizadas e não urbanizadas.” Pode-se dizer que este sistema é o mais importante, pois é através dele que se controla as enchentes e se conduz as vazões de projeto dos sistemas de micro drenagem de um município.

A rede de macrodrenagem recebe grandes intervenções hidráulicas a fim de retificar os rios, aumentar sua capacidade de escoamento, diminuir áreas de alagamento, entre outras, com riscos ou recorrência variando entre 10 e 100 anos (REZENDE, 2010).

O seu planejamento é de suma importância para que haja uma melhor caracterização da bacia, identificando as características geológicas, o relevo, o tipo de solo, a forma de ocupação da população, identificar as direções de escoamento, as bacias que contribuem para a vazão total, obter o máximo de dados hidrológicos, assim como, precipitação, dados sobre as chuvas e a vazão do local (TEIXEIRA, 2014).

Nem sempre executar este sistema com segurança e qualidade implica menor custo de implantação e de manutenção. Geralmente, para maior segurança, é necessário, na escolha do risco de precipitação, um maior tempo de retorno e para este tipo de implantação o custo é bem alto. Após escolher a precipitação, é necessário fazer uma simulação da bacia hidrográfica quanto aos fenômenos naturais, em relação às redes de drenagem existentes ou projetadas. Para fazer esta simulação são feitos modelos hidrológicos, os quais têm a finalidade de compreender os fenômenos naturais dentro do sistema da bacia hidrológica, de modo que é montado um modelo para cada fenômeno e para cada local. A finalidade desta simulação é saber se o sistema de drenagem tem capacidade de comportar toda a vazão existente e a de projeto (Figura 5) (PREFEITURA MUNICIPAL DE IJACI, 2013).

FIGURA 5: Etapas do planejamento da macrodrenagem.



FONTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE (2005).

2.1.3 Escoamento superficial

O fragmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento da água na superfície terrestre se atribui ao escoamento superficial, esse estudo considera a movimentação, desde a menor parcela da água oriunda da precipitação sobre um solo saturado ou impermeável, que por sua vez escoar pela sua superfície gerando as enxurradas, córregos, lagos, rios e ribeirões (PINTO, HOLTZ, et al., 2011).

De acordo com Tucci (1993), a primeira grande interferência à drenagem urbana ocorre ao escoamento superficial, pois as grandes áreas impermeabilizadas podem gerar vários impactos, como: aumento das vazões máximas, aumento da produção de sedimentos devido à ausência de proteção das superfícies, deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea devido à lavagem de ruas, telhados e ainda ligações clandestinas de esgoto cloacal, sendo necessária a inter-relação entre a ocupação do espaço urbano e a adequação dos sistemas coletores existentes. Com o aumento da intensidade, duração da precipitação e da área abrangida pela precipitação o escoamento superficial tende a aumentar (PRUSKI et al., 2003).

Os valores máximos de escoamento superficiais estimados são necessários tanto em bacias hidrográficas com ocupação agrícola e em bacias com ocupação urbanas (BONTA; RAO, 1992).

É necessário em estudos sobre manejo e conservação do solo e da água, para determinar a eficiência dos métodos de preparo e manejo do solo. São também necessárias em projetos de obras hidráulicas como barragens, canais, bueiros, vertedores, pontes e estruturas destinadas ao controle da erosão hídrica. Já os valores da lâmina de escoamento superficial são necessários no planejamento de irrigação suplementar (PATHAK et al., 1989).

A alteração da superfície da bacia (cobertura vegetal) pode acarretar impactos negativos, como aumento do escoamento superficial. Esse impacto normalmente é caracterizado no comportamento das vazões, ocorrendo aumento das vazões máximas,

causando enchentes e diminuição das vazões mínimas causando escassez de água em épocas de estiagens, e aumento da vazão média mais com uma distribuição pior dos valores de vazão, maiores picos de vazão máxima e vazões mínimas (TUCCI, 2002).

O impacto do escoamento pluvial em um ambiente natural ou construído, depende muito da forma como as questões de gestão das águas pluviais são conduzidas, no sentido de integrá-las no processo global de planejamento urbano. Segundo os princípios do Water Sensitive Urban Design (2004), traduzido como Projeto Urbano Hidricamente Sensível por Souza (2005), o planejamento das águas pluviais deve ser integrado com o abastecimento de água, de coleta de esgoto e de resíduos sólidos, bem como da gestão das águas subterrâneas, sempre apoiado nas melhores práticas correntes de gestão - Best Management Practices (URBONAS, 1993).

Na definição das medidas de controle do escoamento pluvial, e avaliação de seus impactos, um caso que merece atenção especial é o das medidas de controle do escoamento pluvial na fonte, aplicadas à escala de lote, como micros reservatórios de retenção ou superfícies de infiltração. As questões que dificultam essa avaliação são: (a) incerteza quanto a sua implantação e operação e manutenção; (b) qual seu impacto real sobre o escoamento, e qual a sustentabilidade temporal desse impacto (VILLANUEVA, 2011).

Dentre as principais grandezas características do escoamento superficial, que merecem ser destacadas segundo Garcez; Alvarez (1988), estão:

Nível de água: É a altura que atinge a água numa seção em relação a uma referência. Pode-se referir a valores instantâneos ou a média de intervalos (dia, mês, ano);

Velocidade: É a relação entre o espaço trilhado pela partícula líquida e o tempo de percurso. Diferenciam-se velocidades média, superficial e pontual (medida preferencialmente em m/s);

Vazão: É a relação entre o volume que escoar, e o período levado no processo de escoamento, é igual ao produto da velocidade média pela área da seção (mede-se em m³/s);

Declividade da linha de água: Relação entre a diferença de cota entre dois pontos da superfície líquida e a distância entre eles (podendo ser em m/m ou cm/km).

O coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de deflúvio ou coeficiente de Runoff, pode ser descrito como a razão entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado no evento (TUCCI, 2000 apud TOMAZ, 2002).

Tucci (2015) ressalta que o coeficiente depende de uma série de fatores, como tipo de solo, ocupação da bacia, umidade antecedente e intensidade da chuva, sendo, portanto, pouco realista, por isso aconselha que a adoção de um valor seja feita com cuidado.

2.2 Sistemas de drenagem

A gestão das águas pluviais tem um papel fundamental em uma área urbana, pois pode ser utilizada para definir medidas para o controle de cheias, melhoria da qualidade da água, o aproveitamento da água da chuva, a adoção de soluções de baixo custo, ou uma combinação entre elas. Da mesma forma, a gestão também pode ser utilizada para: i) indicar as alternativas preferenciais para o controle do escoamento pluvial de cada local; ii) definir parâmetros e metodologias de projetos regionais; iii) elaborar estudos que justifiquem a busca por recursos financeiros; iv) desenvolver tecnologias inovadoras, ou de adaptações das edificações antigas às medidas de controle do escoamento pluvial; v) proteger as funções ambientais, entre outros (VILLANUEVA, 2011).

De acordo com Souza (2007), os sistemas de drenagem foram criados de início com a premissa de propiciar a evacuação das águas pluviais de uma zona, evitando prejuízos locais. Ainda na Idade Antiga, seguia as técnicas de esgotamento cloacal, e todos os resíduos eram lançados diretamente em áreas abertas e corpos hídricos.

Quando se percebeu o quão prejudicial esses lançamentos eram para a saúde pública, viu-se a necessidade de evacuação para fora do meio urbano o mais rápido possível das águas pluviais e de esgoto, que passou a ser feita por condutos artificiais, para zonas protegidas e tratadas. Mais tarde veio o sistema separador absoluto pluvial/esgoto, chegando ao sistema de drenagem convencional que ainda é muito utilizado nos dias de hoje (SOUZA, 2007).

2.2.1 Sistema de drenagem convencional ou higienista

No sistema de drenagem pluvial convencional as torrentes originadas pela precipitação desembocam em bueiros e sarjetas, e são escoadas por tubulações que alimentam condutos secundários a partir do qual atingem o fundo do vale, com escoamento topograficamente bem definido a jusante (KIPPER, 2015).

O escoamento no fundo do vale é a macrodrenagem, e o sistema que capta a água e a conduz até ele é a microdrenagem. Resumindo, a água é captada e drenada de forma mais rápida possível para jusante, porém isso gera impactos ambientais graves na região dos corpos receptores, e acaba sendo apenas uma transferência do problema, uma solução pontual, mas não definitiva (KIPPER, 2015).

Os projetos de drenagem urbana desenvolvidos convencionalmente, apesar de apresentarem-se, num primeiro momento, “tecnicamente” corretos, tendem a perder rapidamente sua eficiência, pois não atendem ao alto crescimento da demanda urbana por infraestrutura, na medida em que a cidade se desenvolve, necessitando de investimentos cada vez mais onerosos para permitir a continuação do funcionamento do sistema de drenagem. Essa situação agrava-se pela não existência ou não cumprimento dos planos de desenvolvimento urbano. Basicamente, os projetos de drenagem urbana e controle das enchentes resumem-se a ações emergenciais, esporádicas e definidas apenas após a ocorrência dos desastres (POMPÊO, 2000), além de atuarem pontualmente.

2.2.2 Sistema de métodos compensatórios ou sistema de drenagem sustentável

A partir da década de 60, o sistema urbano de drenagem e o desenvolvimento das cidades começaram a se integrar com objetivo de reduzir os impactos sobre o ciclo hidrológicos. Além dos aspectos quantitativos, a qualidade da água tornou-se um ponto relevante e assim as águas residuais e resíduos sólidos viraram assuntos tratados em conjunto. Passou-se então a valorizar não apenas o escoamento rápido das águas pluviais, como também a captação de águas da chuva enquanto oportunidade para aumentar a disponibilidade de recursos hídricos em ambientes urbanos (LINARD, 2017).

As soluções compensatórias, em conjunto com estruturas convencionais, buscam compensar impactos da urbanização através de dispositivos que aumentam a infiltração de água no solo, e/ou buscam uma reservação de volume de água. Dentre as estruturas que visam aumentar a infiltração do solo, podemos destacar trincheiras e valas de infiltração, calçadas permeáveis e poços de drenagem, ambos buscam uma compensação contra impermeabilidade do solo imposta pelo processo de urbanização, tentando recuperar a capacidade natural do local, aumentando-a em devidos pontos (KIPPER, 2015).

No estudo de Stahre (2005), o Departamento de Drenagem de Malmö, na Suécia, enxerga na abordagem sustentável do sistema de drenagem um caminho ideal para atingir suas

metas e objetivos com um baixo custo, se comparado com o sistema de drenagem tradicional, enquanto que o Departamento de Parques e Recreação vê nas soluções da drenagem sustentável uma boa aliada para o desenvolvimento e melhoria das condições de qualidade de vida no ambiente urbano através do aumento do valor dos parques urbanos. Como existe esse compartilhamento de interesse, os custos das estruturas, implantação e manutenção, podem ser divididos entre os dois departamentos, e mais outros que compartilharão dos benefícios da implantação desse sistema.

2.2.3 Desenvolvimento urbano de baixo impacto (LID)

Diferentemente das medidas compensatórias, que buscam compensar os problemas de drenagem, as técnicas de LID são preventivas, buscam uma aproximação das condições hidrológicas naturais da paisagem, preservando ao máximo os sistemas naturais. A premissa principal é gerenciar o controle na fonte, e isso pode ser obtido com técnicas como a distribuição da ocupação em lotes menores, manutenção de uma maior área verde, retirada do meio-fio das ruas de menor tráfego, integração do asfalto a gramados, visando que toda água seja infiltrada no solo (KIPPER, 2015).

De acordo com Coffman et al (1998) são projetos com objetivo de criar uma “paisagem funcional” capaz de incorporar características de projeto que buscam simular as funções de infiltração e armazenamento da bacia pré-urbanizada. Isso é feito através da redução da modificação do coeficiente curva-número (CN) característico do local, manutenção do tempo de concentração natural e incorporação de medidas de retenção distribuídas na bacia. Essas medidas acabam por reduzir a necessidade de instalação de estruturas de retenção para manter o volume e o pico de vazão do escoamento superficial.

Coffman et al (1998) ainda destacam os elementos da base de atuação do LID como sendo:

Curva-número (CN): minimização das alterações no CN pós-desenvolvimento, através da redução de áreas impermeáveis e preservação da cobertura vegetal (áreas com alta capacidade de infiltração e armazenamento) para reduzir a necessidade de implantação de estruturas de retenção que visam manter o volume de escoamento superficial.

Tempo de Concentração (tc): manutenção do tempo de concentração pré-urbanização no intuito de minimizar o aumento dos picos de vazão do escoamento superficial após a urbanização, através do alongamento dos caminhos dos escoamentos e aumento da rugosidade das superfícies.

Retenção: proporcionar armazenamento por retenção da água pluvial para controle do pico e volume do escoamento superficial, a fim de manter o CN pré-urbanização, assim como para o controle de qualidade da água.

Detenção: proporcionar um armazenamento adicional por retenção da água de chuva, se necessário, para manter o pico de vazão do escoamento superficial pré-urbanização e mitigar problemas de inundações existentes.

Algumas vantagens da prática do Low Impact Development são a conciliação do desenvolvimento urbano, do desenvolvimento dos sistemas de drenagem, das questões urbanísticas e paisagísticas; recomposições de processos naturais do ciclo hidrológico, que foram alterados pela urbanização, por meio da utilização de canais naturais, medidas de armazenamento, medidas de retenção e proteção das superfícies do solo e dos recursos hídricos; redução na poluição difusa; redução na necessidade de irrigação; redução na área pavimentada; melhorias ambientais e na saúde pública (FLAGSTAFF, 2009).

2.3 Medidas de controle

Os projetos de controle das cheias devem prever tanto medidas estruturais como não-estruturais. Medidas estruturais são intervenções diretas nas calhas dos rios ou na paisagem urbana, como canalização, barragens, reservatórios, criação de parques longitudinais inundáveis, diques, reservatórios em praças ou lotes, entre outros. São consideradas medidas de controle e, geralmente, imprescindíveis para ações corretivas (REZENDE, 2010).

Na drenagem urbana, as medidas sustentáveis de controle tratam de reter o escoamento na fonte, no loteamento ou na macrodrenagem por meio de infiltração ou armazenamento. Dessa forma, evita-se a transferência para jusante dos impactos. Para que essas medidas sejam adotadas, são necessárias legislações municipais que contenham o aumento do escoamento. Esta é uma prática que os países desenvolvidos implementaram desde os anos 1970 (TUCCI, 2012).

Por sua vez, as medidas não-estruturais são constituídas por ações indiretas, como zoneamento urbano (identificação das áreas alagáveis e restrições na legislação urbana), reservação de áreas para alagamento, preservação das várzeas, educação ambiental, sistemas de alerta, plano de resíduos sólidos, dentre outros. Essas medidas podem ser vistas como um aprendizado de convivência harmônica com os eventos de enchentes, tendo um caráter preventivo e complementar ao corretivo (REZENDE, 2010).

TABELA 1: Medidas para controle das inundações.

Estruturais	Extensivas	Agem na bacia, modificando as relações entre precipitação e vazão	
	Intensivas	Agem diretamente na calha do rio, modificando as grandezas hidráulicas e características hidrodinâmicas do escoamento	Aceleram o escoamento
			Retardam o escoamento
			Derivam o escoamento
Não-estruturais	• Preservação da cobertura vegetal – Florestas e matas ciliares • Regulamentação do uso do solo e zoneamento das áreas de inundação • Construção à prova de inundações • Seguro-inundação • Sistema de previsão e alerta de inundações • Educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, da erosão e do lixo		

FONTE: REZENDE (2010).

3 Resultados

Esse trabalho teve como objetivo acompanhar o processo de instalação de um sistema de drenagem pluvial urbana à rua Krakatoa no bairro Xavantes no município de Belford Roxo, RJ. A localização do estudo é uma rua predominantemente residencial.

Belford Roxo é um município brasileiro da Baixada Fluminense, na Região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Está localizado ao norte da capital do estado, distando desta cerca de 20 km, e estende-se por uma área de cerca de 79 km². Tornou-se município no ano de 1990, após emancipação da cidade de Nova Iguaçu.

3.1.1 Apresentação e Localização

O estudo de caso foi realizado à rua Krakatoa no bairro Xavantes no município de Belford Roxo, RJ (Figura 6). O perfil do local da obra está presente nos Anexos I a IV.

FIGURA 6: Localização da área de estudo.



FONTE: GOOGLE MAPS (2021)

3.2 Etapas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) não possui uma norma própria para drenagem urbana, bem como os procedimentos para o dimensionamento dos seus dispositivos e parâmetros hidráulicos, sendo assim o material adotado para o planejamento e execução da obra foi o Manual de Drenagem de Rodovias do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), entre outras fontes, como livros e planos diretores de drenagem.

Os dispositivos hidráulicos que compõem um projeto de drenagem urbana são as sarjetas, sarjetões, bocas de lobo e galerias. Esses dispositivos são inseridos em locais estratégicos de acordo com a necessidade, capacidade e eficiência.

Para a realização dos cálculos de dimensionamento dos dispositivos hidráulicos utilizados no projeto foi utilizado os softwares Microsoft Excel e AutoCAD. Os resultados obtidos para o projeto de drenagem urbana para a rua Krakatoa são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2: Planilha de dimensionamento de galeria de águas pluviais da rua Krakatoa.

Sanetech Serviços de Engenharia			PROJETO: Município de Belford Roxo - Xavantes										PLUVIOGRAFO: DE JUSANTE										NIGUACU																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
---------------------------------	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Para uma drenagem adequada o manual da CETESB (1980, P.259), prevê uma declividade mínima de 1% para as ruas, e 0,4% para sarjetas. Quanto à declividade máxima, o manual desassocia este parâmetro para a drenagem. Através da medição de declividade da rua Krakatoa foi observado que a declividade máxima era de 1,5%, sendo necessária a correção durante as obras.

Vale ressaltar que, quanto maior for a declividade, menor será o tempo de concentração, ou seja, menor será o tempo gasto pela água precipitada no ponto mais distante da bacia até que ela chegue no fundo do vale; e quanto menor for a declividade, maior será o tempo de concentração.

3.2.1 Rua Krakatoa e seus problemas de saneamento básico

O bairro Xavantes em Belford Roxo é bastante simples, possui pouca infraestrutura e saneamento básico ainda precário. As condições de limpeza, aparentemente, são aceitáveis, entretanto, há problemas de escoamento de águas pluviais na localidade, elevando a possibilidade de enchentes nos dias de chuvas (Figura 7).

FIGURA 7: Rua Krakatoa antes do início das obras.



Além disso, foi observada a presença elevada de plantas aquáticas (Figura 8, aumentando ainda mais o risco de enchentes na localidade).

FIGURA 8: Canalização parcialmente comprometida pela presença de plantas aquáticas.



A presença de plantas aquáticas, cobrindo os canais de passagem de águas, podem gerar problemas sérios para aqueles que vivem na região, pois, com a enchentes, poderão existir a ocorrência da entrada de água nas residências e o aumento de doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose.

Ainda pode-se observar que a rua objeto do presente estudo não possuía bocas de lobo, sarjetas ou sarjetões, impedindo ainda mais o processo de escoamento de água. As residências encontravam-se no nível da rua, esse era um indicativo de falta de planejamento urbano e aumento da possibilidade de ocorrência de alagamento dentro das residências (Figura 9), esses fatores são mais do que essenciais para que fosse implantado um sistema de drenagem na localidade.

FIGURA 9: Ausência de planejamento urbano a época na localidade do estudo.



Dessa forma, para o canal suportar toda a vazão, foi necessário aumentar a profundidade do canal existente até um nível que possibilitasse a referida adequação da velocidade de escoamento de forma que este estivesse em conformidade com a velocidade máxima permitida para o tipo de revestimento em que o canal se encontrava.

3.2.1 Início das obras

As galerias de águas pluviais são dispositivos com a função de afastar rapidamente o escoamento superficial da precipitação. Essa estrutura, na maioria das vezes, é em concreto e cilíndrica.

A galeria de água pluvial é o elemento hidráulico mais importante de toda a rede de drenagem, pois, ele é responsável por conduzir a água captada para o seu destino final, ou seja, é a tubulação que capta a água do tubo de ligação e a conduz por uma grande extensão até o emissário final.

Sabendo disso, o projeto propôs a instalação de galerias pluviais no local do estudo visando melhorar a captação e transporte das águas da chuva (Figura 10).

FIGURA 10: Início do processo de instalação de galerias pluviais.



A galeria de água pluvial é o principal sistema de drenagem da rede, além de estabelecer todos os parâmetros para a elaboração do projeto e consequentemente a construção da rede, dessa forma a tabela 2 apresentada nesse artigo demonstra o dimensionamento adequado as especificidades do referido projeto a qual foi implementado.

O dimensionamento do conduto principal foi realizado por trechos, uma vez que, havia a presença de caixa de passagem entre eles (Figura 11).

FIGURA 11: Trecho onde será construído um poço de visita. (PV)



O poço de visita (PV) foi definido como uma câmara com acesso posicionada com uma necessidade de caráter construtivo que é usada para determinar mudança de direção, declividade, material, diâmetro, limpeza e manutenção.

FIGURA 12: Construção da caixa de passagem



FIGURA 13: Caixa de passagem finalizada



4 Conclusões

A urbanização é realidade para mais de 80% da população brasileira há alguns anos, e essa taxa só tende a acompanhar a tendência mundial de crescimento desordenado, porém o modo como a sociedade modifica e adapta regiões antes não ocupadas deve ser observado de perto, para que não crie problemas para si e para o planeta.

Para o desenvolvimento de uma cidade, é necessário ter um plano de crescimento, no qual deve-se citar quais as áreas de reserva natural, várzeas de inundação, regras de delimitação de rios, porcentagem de permeabilidade dos lotes, detalhamento das bacias, período de retorno determinado, fórmulas empíricas adotadas para fazer os cálculos necessários da micro e da macrodrenagem, risco e incerteza, manutenção dos sistemas de drenagem, dimensionamento de reservatório de detenção, amortecimento de cheia e etc.

As medidas implantadas no projeto são eficientes na compensação dos problemas oriundos da urbanização, principalmente a impermeabilização dos solos. Porém, o ideal é que essas medidas deixem de ser apenas compensatórias e passem a ser integradas ao planejamento e desenvolvimento urbano da cidade, com a finalidade de se alcançar um crescimento urbano hidrologicamente funcional e sustentável.

Sugere-se ainda acompanhar a região, principalmente, nos períodos de chuvas, para verificar se o sistema implantado de fato é eficiente, se não há alagamentos e enchentes na região e, devido o desnível das residências com a rua, se as águas das chuvas deixaram efetivamente de entrar nos imóveis.

5 Referências

AMARAL, R.; RODRIGUES, R. Inundações e Enchentes. In: Tominaga, R; Santoro, J; Amaral, R.(orgs.) / Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 196p.

BARBOSA JÚNIOR, A. R. Elementos de hidrologia aplicada: previsão de enchentes. 2014. Disponível em: http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/7_Previsao%20de%20Enchente.pdf. Acesso em: 20 maio de 2021.

BELLÉ, J.P. Avaliação da eficácia do sistema de drenagem urbana. Estudo de caso: Ijuí – RS. 112p. 2011. Monografia. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2011.

BONTA, J.V.; RAO, A.R. Estimating peak flows from small agricultural watersheds. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.118, n.1, p.122-137, 1992.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 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. Diário Oficial da União, Brasília, 06 jan. 2007.

CHAMPS, José Roberto, Brasil: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos. Manejo de águas pluviais urbanas: o desafio da integração e da sustentabilidade. Brasília: [s.n.], 2009. (Coletânea Lei Nacional de Saneamento Básico. Livro II, item 10.2).

COFFMAN, L. et al. Low-Impact Development: Hydrologic Analysis and Design. In: LOUCKS, Eric D (Comp.). Water Resources and the Urban Environment. Illinois: Asce, 1998, p. 1-35.

COSTA, R. N. T. Condutos livres. Universidade Federal do Ceará: Departamento de Engenharia Agrícola. 2014. Disponível em: <http://www.gpeas.ufc.br/disc/hidr/aula01.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. DAEE/CETESB. Drenagem Urbana. Segunda Edição, São Paulo (SP).1980.

_____. Drenagem Urbana – Manual de Projeto.3 ed. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986.

FLAGSTAFF Low Impact Development: Guidance Manual for Site Design and Implementation. City of Flagstaff: Stormwater Management Section, 2009.

GARCEZ, L.; ALVAREZ, G. Hidrologia. 2ª. ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) – 2000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2000.

ISDR. Disaster risk reduction 1994-2004. [Geneva]: United Nations, International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), 2005.

KIPPER, A. Drenagem urbana: comparativo de custos no dimensionamento utilizando sistemas de drenagem tradicional (higienista), e compensatória com microrreservatórios. 79f. 2015. Monografia. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

LINARD, P.A.R.G. Drenagem compensatória e sua aplicação em uma área da UFRN. 71f. 2017. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.

PATHAK, P.; LARYEA, K.B.; SUDI, R.A runoff model for small watersheds in the semi-arid tropics. Transactions of the ASAE, v.32, n.5, p1619-1624, 1989.

PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PNSB). Brasil. 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf. Acesso em: 19 mai 2021.

PHILIPPI Jr. A, Saneamento, saúde e ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manoele, 2005- (coleção Ambiental; 2).

PINTO, N. L. D. S. et al. Hidrologia Básica. 13ª reimpressão da 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2011.

POMPÊO, C.A., Drenagem Urbana Sustentável, Revista Brasileira de Recursos Hídricos: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, 2000, p.15-23.

POMPÊO, C. A. Development of a State policy for sustainable urban drainage. Urban Water. Elsevier Science, Londres, 2000.

PORTO, M. F. A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: Tucci, C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 2001, p.387-414.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IJACI-MG. Plano municipal de saneamento básico. 2013. Disponível em: <http://ijaci.mg.gov.br/plano-municipal-de-saneamento-basico>. Acesso em: 20 maio 2021.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S., SILVA, D.D. Escoamento superficial. Viçosa: UFV, 2003, 88 p.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade – 1 ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SOUZA, C. F., Mecanismos Técnicos-Institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana. Porto Alegre: UFRGS – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 193f. Dissertação (Mestrado). 2005.

SOUZA GONÇALVES, L.; FREIRE SOUZA, C.; AVRUCH OLDENFUM, J. Plano Integrado de Sistemas de Drenagem Urbana. Porto Alegre, 2007.

STAHERE, P., 15 Years Experiences of Sustainable Urban Storm Drainage in the City of Malmo, Sweden, World Water and Environmental Resources Congress, 15 a 19 de maio de 2005, Alaska. Disponível em: <http://www.ascelibrary.org>. Acesso em: 20 maio 2021.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba. Curitiba, 2002.

TEIXEIRA, S.N. Sistema de drenagem urbana: estudo de caso para a macrodrenagem do município de Arcos – MG. 82f. 2014. Monografia. Centro Universitário de Formiga, 2014.

TOMAZ, P. Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para obras municipais. São Paulo: Navegar, 2002.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. Editora UFRGS. 2.ª Edição, Porto Alegre, 1993, 943p.

_____.; PORTO, R.L.L. e BARROS, M.T. Drenagem Urbana. UFRGS Ed. da Universidade/ABRH, Porto Alegre, 1995, 430 p.

_____. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Porto Alegre/RS, Volume 2, n.2m p. 5-12, 1997.

_____. Inundações e Drenagem Urbana. In TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C.(org.) Inundações Urbanas na América do Sul, ABRH, Porto Alegre, cap.3, 2003. pp.45- 129.

_____. BERTONI, J. C. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

_____.; MELLER, A. Regulação das águas pluviais urbanas. Rega – Revista de Gestão da América Latina, Porto Alegre: Vol.4 – Nº1 - Jan./Jun. 2007.

_____. Brasil: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos. Gestão integrada das águas urbanas: águas pluviais. Brasília: [s.n.], 2009. (Coletânea Lei Nacional de Saneamento Básico. Livro II, item 10.1).

_____. Gestão da drenagem urbana. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012.

_____. PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. D. Drenagem Urbana. reimpressão da 1ª. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.

URBONAS, B., STAHERE, P., 1993. Stormwater Best Management Practices and Detention, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p.

Villanueva, A. O. N.; Tassi, R.; Allasia, D. G.; Bemfica, D.; Tucci, C. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. REGA – Vol. 8, no. 1, p. 5-18, jan./jun. 2011.

WATER SENSITIVE URBAN DESIGN, 2004. Disponível: [Http://www.wsud.org/](http://www.wsud.org/). Acesso em: 20 mai 2021.