



IV-018 – ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE POÇO DE INFILTRAÇÃO APLICADO A DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO EM PATO BRANCO - PR

Letícia Martini Gamba⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Faculdade Educacional de Francisco Beltrão (UNISEP). Engenheira Civil na empresa Plataforma Engenharia e Saneamento.

Márcio Gamba⁽²⁾

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro Civil na empresa Plataforma Engenharia e Saneamento.

Lucas Ricardo Cardoso Marcon⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Mestrado e doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Pós doutoral pela Universidade do Porto, junto ao Departamento de Engenharia Química da FEUP. Professor pela UNISEP e Coordenador do Curso de Engenharia de Produção.

Endereço⁽¹⁾: Rua Araribóia, 725, apt. 403 – La Salle – Pato Branco - PR - CEP: 85505-031 - Brasil - Tel: +55 (46) 3224-3868 - e-mail: plataformaleticia@gmail.com

RESUMO

O progresso da urbanização sem o devido planejamento e o crescimento populacional acelerado das cidades provocam impactos ambientais que alteram as condições originais de uma determinada região. Os resultados iniciais desses eventos apresentam-se nas condições hidrológicas locais, do qual o impacto mais perceptível está no aumento do escoamento superficial, motivado pela utilização do solo de forma desenfreada, o qual aumenta o percentual de áreas impermeabilizadas e reduz as áreas naturais de infiltração, sobrecarregando o sistema de drenagem pública. Esse processo resulta na concentração de lançamentos nos locais a jusante, propiciando o agravamento das inundações urbanas. Por conta dessas consequências, os sistemas de drenagem na fonte em áreas edificadas surgem para amenizar e solucionar parte dos problemas existentes, com a finalidade de desenvolver áreas que facilitem a infiltração da água da chuva no solo, de forma a conter o escoamento pluvial. Os poços de infiltração, por sua vez, se destacam entre as medidas de controle, por exigir pequena área de implantação e baixo custo de construção, além de promover a redução dos volumes escoados superficialmente, sendo capaz de contribuir também para a retenção de poluentes e para a recarga de águas subterrâneas. Este trabalho apresenta um estudo experimental, efetuado com um poço de infiltração, instalado em um loteamento urbano na cidade de Pato Branco, o qual objetiva avaliar a eficiência hidrológica do mecanismo para amortecimento do escoamento superficial, promovido pela implantação desse sistema. Os resultados foram obtidos através do balanço hídrico para séries históricas de precipitação do ano de 2012 a 2016, junto ao dimensionamento de parâmetros efetivos para o campo experimental em estudo. O poço de infiltração instalado mostrou-se eficiente para conter 36% dos volumes escoados, sendo necessário a implantação de um maior número de poços na área em estudo, para contenção efetiva do escoamento. Por fim, são apresentados ainda os parâmetros e avaliações quanto á eficiência da construção do sistema adotado.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem na fonte, poços de infiltração, escoamento superficial, amortecimento.

INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico acelerado e, por conseguinte a expansão do meio urbano provocam impactos que alteram as propriedades hidrológicas locais, por meio de superfícies impermeabilizadas sem controle. De acordo com Tucci (1995), as enchentes urbanas, o assoreamento e a erosão das margens dos cursos de água constituem-se na problemática relativa ao impacto desses processos sobre a sociedade, devido à concentração de lançamento nos locais a jusante.

A urbanização provoca modificações na vazão de uma bacia hidrográfica ao longo do tempo. O volume que transcorria vagarosamente pela superfície do solo e permanecia retido pela vegetação, com a

impermeabilização do solo, passa a escoar pelos condutos e canais, diminuindo a infiltração e aumentando o volume que escoar pela superfície, demandando maior capacidade de fluxo das seções (TUCCI, 1995).

Com a redução de áreas naturais, os problemas a jusante ampliam, pois, a velocidade dos escoamentos aumenta. Uma vez, que quanto menor o tempo de concentração, maior a vazão a jusante (CANHOLI, 2014).

Segundo Tucci (2001) quando a precipitação é intensa a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode superar a sua capacidade de drenagem, resultando na inundação das áreas.

Esses problemas, conforme Gribbin (2014) devem ser considerados e mitigados pela prática de gestão de águas pluviais. A atenuação destes é possível de várias maneiras, incluindo delineamento da área com proteção contra erosão, mudança de rota do escoamento, providencia de uma bacia de detenção e dispersão do escoamento.

Os equipamentos hidráulicos apresentam custos diretamente relacionados com a vazão máxima, ampliada pela impermeabilização. Para limitar esses custos e reduzir os efeitos à jusante, uma das ações possíveis é a de facilitar uma maior infiltração por percolação da precipitação, propiciando situações, os mais próximos possíveis, às condições naturais (TUCCI; GENZ, 1995).

A infiltração é o método de transmissão do fluxo da superfície para o interior do solo, através de vazios, perante a influência da gravidade, até atingir a saturação. A capacidade de infiltração pende de vários fatores, destacando-se as características do solo, a cobertura vegetal e o estado de umidade da camada superior do solo, também chamada de zona não saturada. Tucci e Genz (1995) definem a percolação como o processo de velocidade do fluxo de água através da camada não saturada do solo até o lençol freático (zona saturada). Esta depende também do estado de umidade da camada superior do solo e do tipo de solo.

Desta forma, surgem os sistemas alternativos para o controle das águas pluviais urbanas. A contenção na fonte é uma das alternativas que pode ser adotada, a qual visa aumentar o tempo de concentração da bacia, tardar os escoamentos, tal como, reduzir as vazões máximas (CANHOLI, 2014).

Os poços de infiltração configuram-se como uma solução alternativa de drenagem na fonte, sendo um sistema de grande potencial perante os demais sistemas. Estes são reservatórios de pequena área em planta, inseridos no solo, que consiste em minimizar os efeitos do escoamento superficial, infiltrando às águas pluviais, de forma a atenuar os picos de vazões, retendo o volume excedente de chuva no solo.

Nesse contexto, com o intuito de reduzir as anomalias causadas pelos grandes escoamentos de águas pluviais, este trabalho tem por objetivo apresentar um estudo que utiliza um poço de infiltração experimental, instalado num loteamento da cidade de Pato Branco no Estado do Paraná em solo inicialmente não saturado, a fim de verificar a eficiência quanto ao extravasamento deste.

OBJETIVO

Avaliar a eficiência de um poço de infiltração de águas pluviais como estrutura de drenagem, considerando sua capacidade de absorção e armazenamento.

IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM

O progresso da urbanização e o crescimento populacional acelerado das cidades provocam impactos ambientais que alteram demasiadamente as condições originais de uma determinada região. As consequências primárias desses acontecimentos destacam-se nas propriedades hidrológicas locais, do qual o efeito mais perceptível está no acréscimo do escoamento superficial, provocado pela ocupação do solo de forma desordenada, o qual reduz as áreas naturais de infiltração.

Além de acelerado, o processo de urbanização acontece sem planejamento e ações que propiciem o uso adequado da ocupação do solo. Geralmente, os resultados dessas intervenções são negativos, com consequências muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente (SILVA, 2006).

Na bacia do rio Belém, localizada na cidade de Curitiba, com área de drenagem de 42 km² no centro da cidade, com aproximadamente 60% de superfícies impermeáveis, apresentou acréscimo de seis vezes na vazão média de cheia associado às suas condições rurais em relação à situação atual de urbanização (TUCCI, 2003).

De acordo com Tucci (2006) a canalização dos pontos críticos transfere a inundação de um ponto a outro na bacia, conforme figura 1. Esse processo acontece geralmente da seguinte forma: se inicia no primeiro estágio uma urbanização distribuída na bacia, com acréscimo de densidade populacional a jusante. As inundações iniciam nos locais de seção pequena ou com variação de declividade, devido à impermeabilização e o uso de condutos. Nesse instante, a bacia está relativamente urbanizada (normalmente acontece de montante para jusante). No segundo estágio, baseado na urbanização atual, as canalizações preliminares são realizadas a jusante, aumentando o hidrograma a jusante do trecho canalizado. Logo, no terceiro estágio, devido ao crescimento da urbanização para montante, junto a canalização, o acréscimo das vazões máximas e dos volumes se torna relevante, regressando as inundações nos pontos já canalizados, expandindo as seções, e transferindo a inundação para jusante. Como não existem mais espaços laterais para ampliar os canais a jusante, as soluções tendem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos.

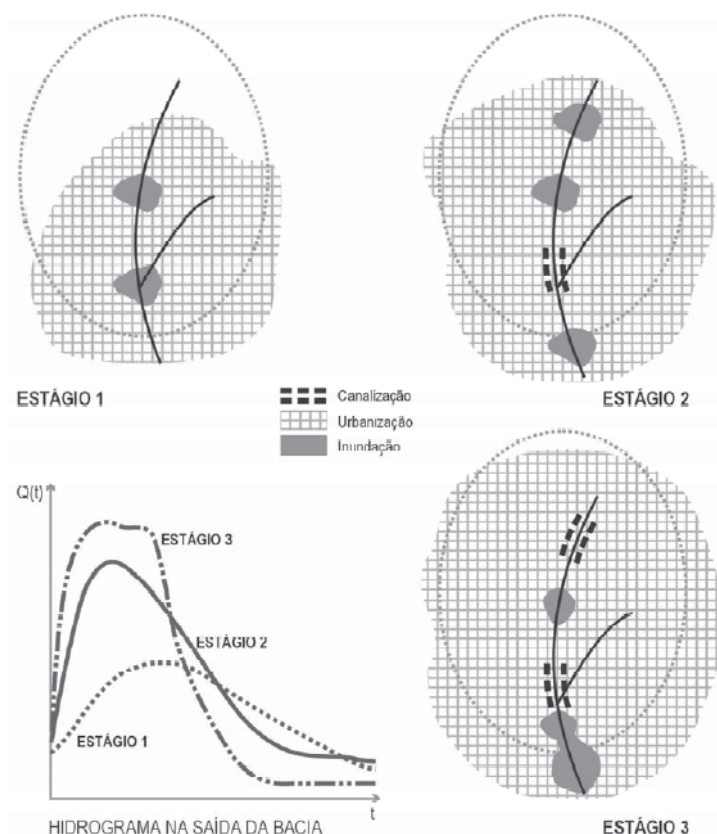


Figura 1: Estágio do desenvolvimento da drenagem, TUCCI (2006).

Esse sistema é desvantajoso aos interesses públicos e representa um prejuízo muito alto para toda a sociedade ao longo dos anos.

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM URBANA

Os sistemas convencionais de drenagem têm como propósito transferir as águas de escoamento superficial para fora das cidades, lançando-as em cursos d'água e reservatórios. Atualmente, com a finalidade de reduzir as

vazões escoadas superficialmente, são utilizados os sistemas de drenagem conhecidos como alternativos ou compensatórios, que retêm parte do volume de água superficial, promovem sua infiltração no solo ou possibilitam que esse volume de água seja utilizado para o consumo. Esses dispositivos têm sido utilizados como complementares aos sistemas convencionais (CARVALHO; LELIS, 2010).

A finalidade de se utilizar sistemas de infiltração é desenvolver áreas que facilitem a infiltração da água da chuva no solo, de modo a conter e retardar o escoamento pluvial. A vantagem desses dispositivos está na capacidade de reduzir tanto as vazões como os volumes escoados superficialmente, sendo capaz de contribuir também para a retenção e controle de poluentes e para a recarga de águas subterrâneas. (SILVA, 2006).

O modelo de sistema de drenagem a ser empregado decorre de fatores como adaptação com o urbanismo, particularidades do local e custos de implantação e manutenção.

POÇOS DE INFILTRAÇÃO

Os poços de infiltração são mecanismos verticais e pontuais, que direcionam a infiltração do escoamento superficial ao subsolo (figura 2). Podem ser empregados em regiões com solos permeáveis ou solos que detenham uma base superficial impermeável limitada, mas camadas mais permeáveis abaixo (SANTOS et al., 2012).

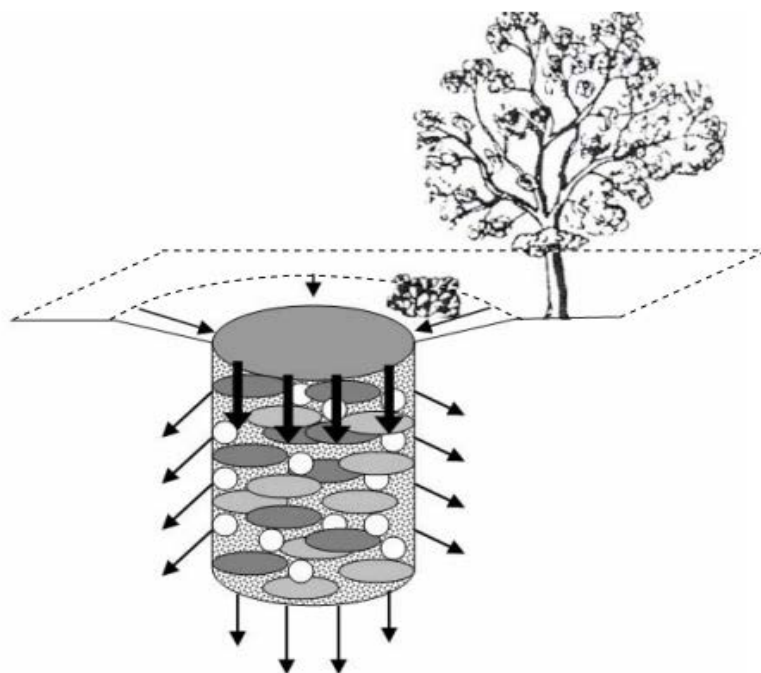


Figura 2: Desenho esquemático de um poço de infiltração, SILVA (2007).

São estruturas comumente torneadas cujo diâmetro e profundidade decorrem do volume de água a ser infiltrado e das propriedades do perfil de solo. Em vista disso, o dimensionamento destas estruturas deve considerar o volume de armazenamento do poço e a capacidade de infiltração do solo. Na estruturação desse sistema podem ser utilizadas as alvenarias, blocos de concreto ou as manilhas de concreto que propiciam estabilidade ao poço, bem como, as mantas geotêxteis que funcionam como filtros de retenção do material indesejado a infiltração (CARVALHO; LELIS, 2010).

Conforme Santos et al. (2012) os poços de infiltração, assim como todas as alternativas que favorecem a infiltração, propiciam o amortecimento dos hidrogramas, reduzindo o pico e crescendo a sua base. Um grande benefício dessa alternativa é que sua estrutura ocupa pequena área em planta, tornando acessível à inclusão desse dispositivo com o ambiente urbano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico é apresentada a metodologia utilizada para avaliação da eficiência de um poço de infiltração. Esta avaliação foi dividida em três etapas: ensaios de campo, ensaios de laboratório e análises paramétricas. Para realização dos ensaios foi adotada uma área experimental, onde foi implantado um poço de infiltração, e retiradas às amostras para obtenção das propriedades físicas do solo através de ensaios laboratoriais. Os fatores de infiltrabilidade foram realizados em campo.

DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O poço de infiltração implantando no campo experimental possui 3,5 metros de diâmetro, sendo revestido por tubos de concreto vazado, com diâmetro de 1,5 m profundidade de 5,0 metros, e laterais com 1,0 m de diâmetro preenchidas com pedra marroada envolto por manta geotêxtil. No fundo do poço foi colocada uma camada de 20 cm de pedra marroada. O dispositivo de entrada do sistema de infiltração funciona tanto como receptor de as águas pluviais vindas do sistema de drenagem, como sistema direto de coleta de águas, sendo constituído por uma grelha em aço (70 X 70 cm) com tampa removível. Na figura 3 estão representados os detalhes construtivos do poço de infiltração.

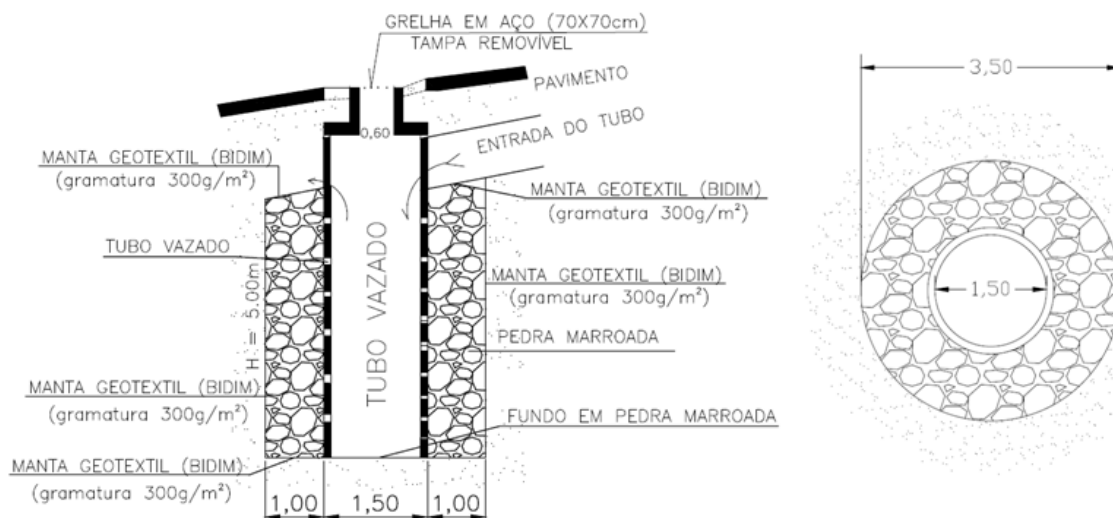


Figura 3: Detalhamento construtivo do poço de infiltração.

O funcionamento do sistema de infiltração ocorre da seguinte forma: as águas precipitadas escoam sobre a superfície até as sarjetas das ruas, que seguem para as bocas de lobo dispostas sobre o pavimento. Logo, são encaminhadas ao poço de infiltração por rede de drenagem pluvial, os quais convergem para o tubo de entrada do poço. O volume de água que entra no sistema é transferido pelos orifícios do tubo de concreto para as áreas laterais do sistema, onde estão dispostas as pedras marroadas, no qual a água fica armazenada para posterior infiltração. Ou seja, a água entra pelo sistema, preenche todos os espaços contidos nas laterais e na área útil do poço de infiltração, onde fica armazenada, para posterior processo de infiltração no solo, que ocorre pelo fundo e nas suas laterais.

RESULTADOS

No dimensionamento foi considerada a capacidade volumétrica de armazenamento, a capacidade de infiltração do solo e a precipitação diária. Sendo que a eficiência do dispositivo será dada pela sua capacidade em controlar o escoamento, através dos níveis atingidos em relação a proporção dos eventos.

Com base nos parâmetros utilizados neste estudo, obteve-se a capacidade máxima diária de armazenamento do poço de infiltração instalado no campo experimental de 32,2 m³/dia, de acordo a sua geometria e condições locais de solo.

Logo, para estimar a eficiência do sistema, considerou-se primeiramente 100% da área do lote impermeável, de forma que não exista área disponível para infiltração da água da chuva e o sistema deva armazenar todo o volume escoado, obtendo assim, a estimativa do volume precipitado para essa condição, em relação a capacidade máxima de armazenamento do sistema, conforme figura 4. No gráfico, os eventos históricos foram ordenados dentro de cada ano do menor volume de escoamento para o maior.

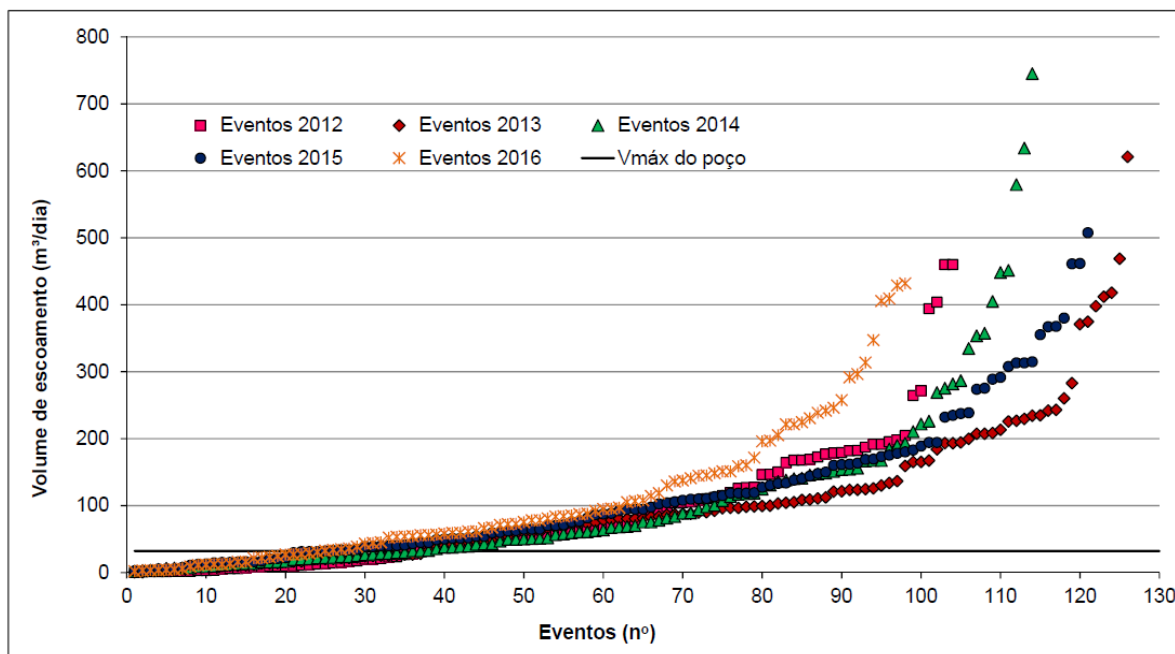


Figura 4: Séries históricas de escoamento para 100% da área impermeável

Considerando que tudo o que precipita na área experimental foi escoado para o sistema, para todos os eventos observados na figura 1, constatou-se que os volumes de escoamentos das séries históricas ultrapassam a capacidade máxima diária de armazenamento do poço. Contudo, mesmo considerando que toda água que escoar é direcionada para o dispositivo de infiltração, o sistema é capaz de reter até 30% dos eventos analisados, sendo o restante extravasado.

Em seguida, considerando uma redução de 80%, 60% e 40% da área total de escoamento do campo experimental, obtém-se uma atenuação no total de eventos que extravasa do sistema, bem como, aumento no número de eventos que o sistema é capaz de armazenar, de acordo a figura 5.

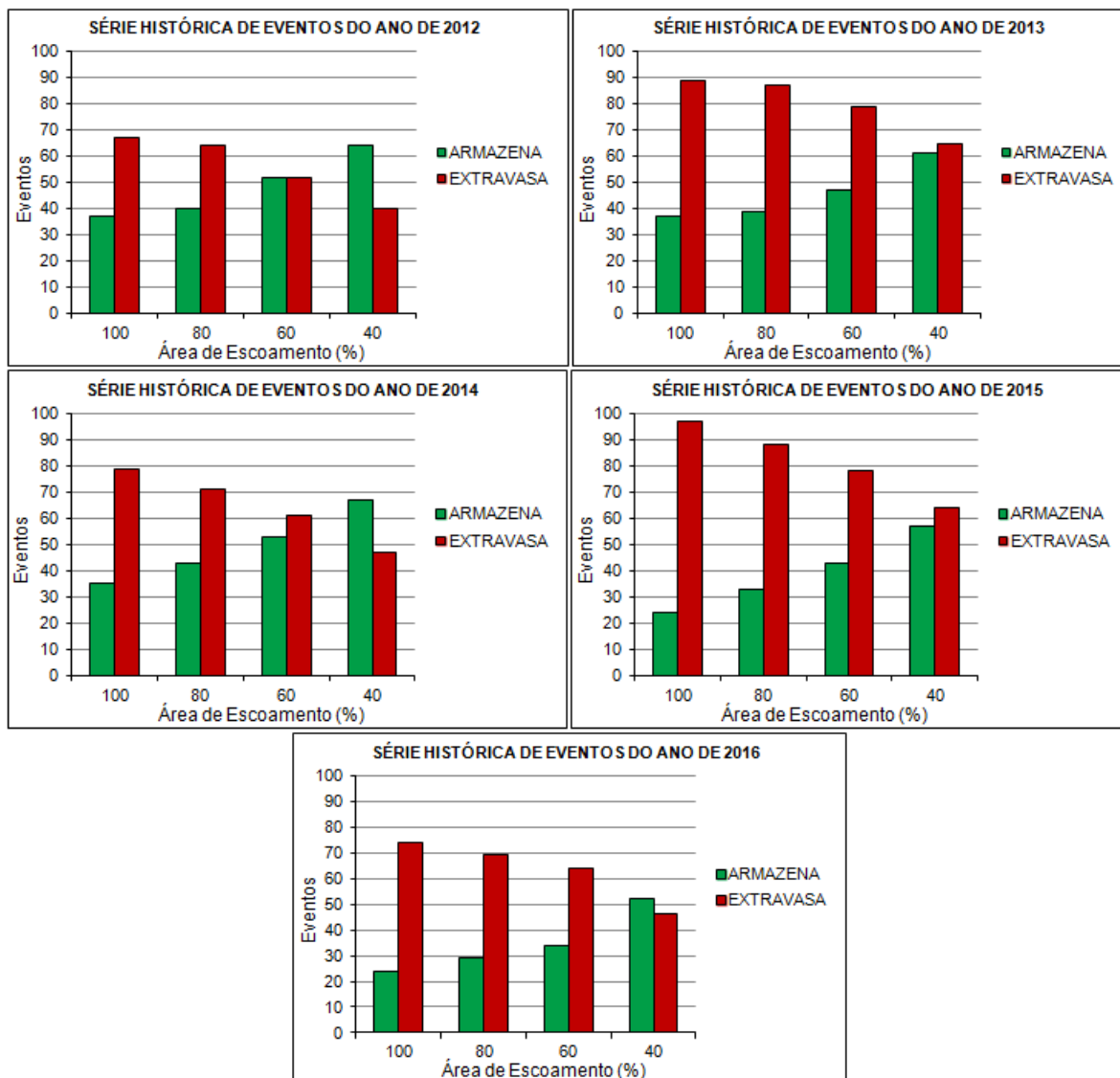


Figura 5: Relação de eventos armazenados e extravasados no sistema

Em todos os casos analisados, o fator determinante foi o número de eventos ocorridos e a intensidade dos mesmos, sendo a série histórica de eventos do ano de 2015 a qual obteve mais eventos intensos, com maior número de extravasamento do sistema. Desta forma, pode-se observar na figura 6, a relação dos volumes escoados de acordo a área de escoamento considerada para o ano em referência.

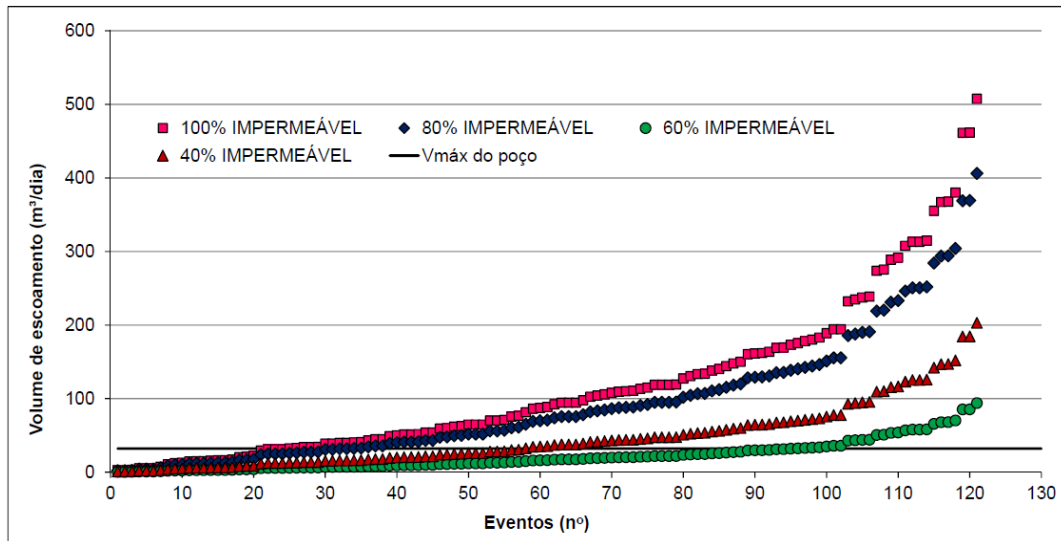


Figura 6: Série histórica de escoamento do ano de 2015

Observa-se na série histórica do ano de 2015 que os eventos extravasados do sistema variam de acordo a área de escoamento adotada, apresentando o maior número de eventos acima da capacidade máxima de armazenamento do sistema, sendo considerado o ano mais relativo para a estimativa da eficiência do dispositivo.

A série histórica do ano de 2015 apresenta 36% e 47% dos eventos escoados para 60% e 40% da área de escoamento respectivamente, são armazenados pelo poço de infiltração. Desta forma, constata-se, que quanto menor a área de escoamento do local, maior número de eventos são atendidos pelo sistema. Ou seja, quanto menor a área de escoamento, mais eventos são armazenados pelo poço de infiltração.

Assim, construiu-se o histograma dos eventos extravasados do ano de 2015 sendo o mais significado entre os anos em análise, de acordo a figura 7.

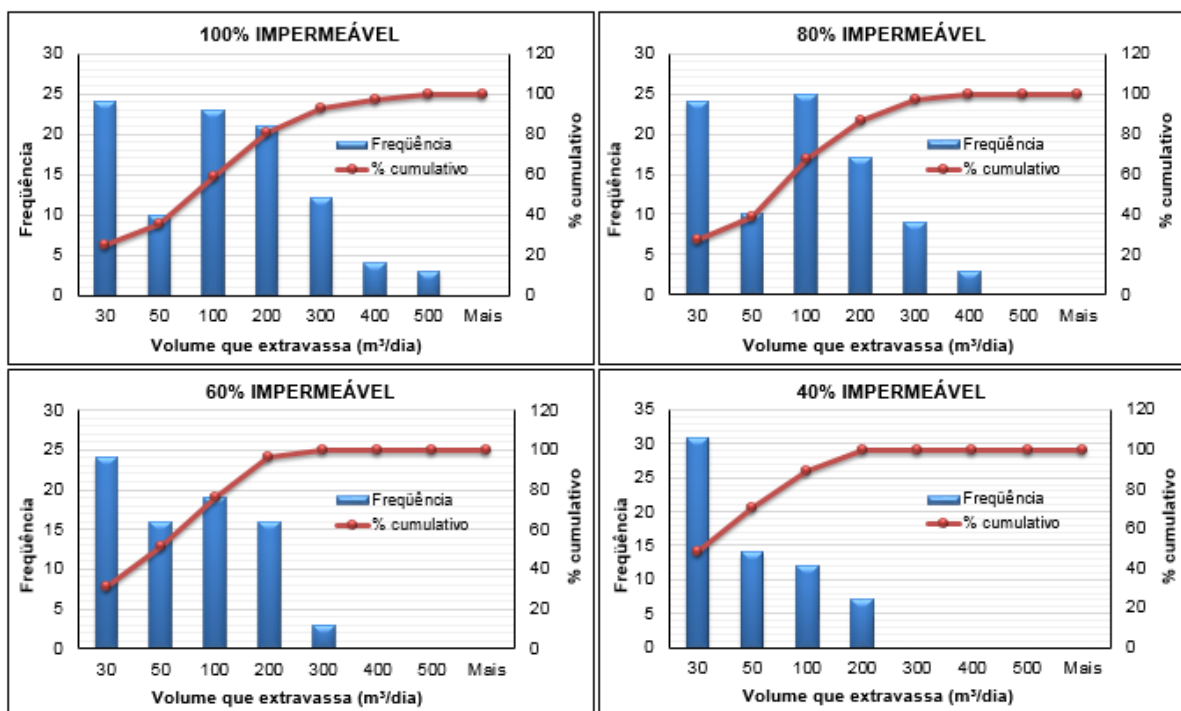


Figura 7: Histograma unitário dos eventos extravasados

O histograma para as séries históricas deixa evidente que a maior frequência de extravasamentos no sistema ocorre até 200 m³, sendo os eventos ocorridos acima destes, aqueles cujos volumes são extraordinários, ou seja, que acontecem com pouca frequência ao longo do ano, de 0% a 14%.

Neste sentido, considerando o código de obras do município de Pato Branco, deve-se manter uma área livre de 40% para a área em estudo, sendo assim, 60% do total da área experimental contribui com 100% do escoamento, enquanto 40% da área é considerada um balanço do que infiltra e o que esco.

Desta maneira, na figura 8 observa-se os eventos ocorridos em relação ao solicitado pelo código de obras do município.

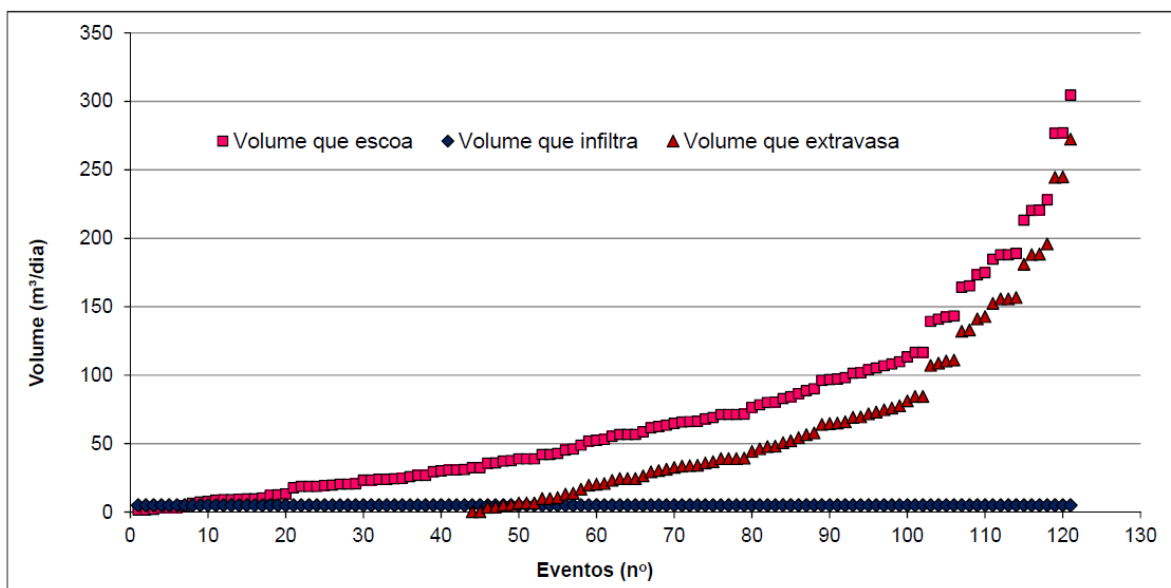


Figura 8: Série histórica de escoamento para 60% da área impermeável

Logo, considerando o que relata o código de obras do município, o poço seria capaz de armazenar 36% e extravasaria 64% dos eventos ocorridos, sendo 43 eventos armazenados e 78 extravasados.

O histograma apresentado na figura 9 representa a frequência de eventos infiltrados pelo sistema, demonstrando a capacidade volumétrica de infiltração do poço. Logo tem-se uma capacidade máxima de infiltração do sistema de 5,0 m³/dia, sendo que 43 desses eventos infiltram 5,0m³/dia pelo sistema.

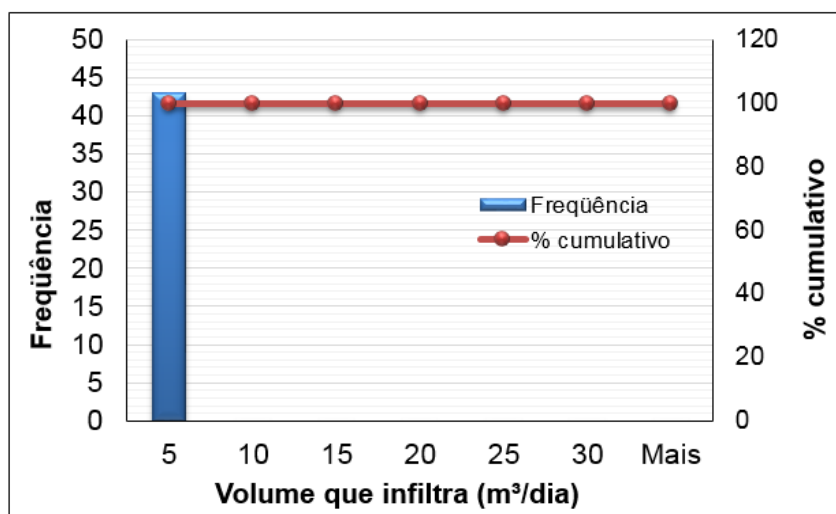


Figura 9: Hidrograma unitário dos eventos infiltrados

Tendo em vista que a capacidade de infiltração do solo de 5,0 m³/dia é baixa, por ser um solo predominantemente argiloso, o poço funciona mais como de armazenamento do que como de infiltração propriamente dito.

ANÁLISES PARAMÉTRICAS

Para que o sistema seja capaz de reter maior volume de escoamento, seria necessário redimensionar o sistema, ou mesmo, instalar mais poços de infiltração no campo experimental, de forma que grande parte da água que escoe seja armazenada pelo poço, reduzindo ainda mais as vazões no final do sistema.

Sabendo que o poço de infiltração instalado no campo experimental possui 5 m de profundidade e 3,5 m de diâmetro, se torna inviável redimensionar e aumentar a profundidade do dispositivo, pois profundidades muito elevadas não são recomendadas para uma boa execução e segurança do sistema. Com isso, o ideal seria instalar mais poços de infiltração de mesma estrutura e dimensões no campo experimental, pois o mesmo armazena 32,2 m³/dia, sendo um volume considerável de armazenamento.

Desta forma, através de parâmetros e condições do solo estudado, e desconsiderando os eventos extraordinários, levando em consideração 60% de área impermeável, para conter acima de 80% dos escoamentos históricos estudados, seria necessário instalar no mínimo 3 poços de infiltração de igual geometria do poço já implantado no campo experimental, com base nos dados obtidos de capacidade máxima de armazenamento do sistema, e dos eventos armazenados e extravasados apresentados na figura 10.

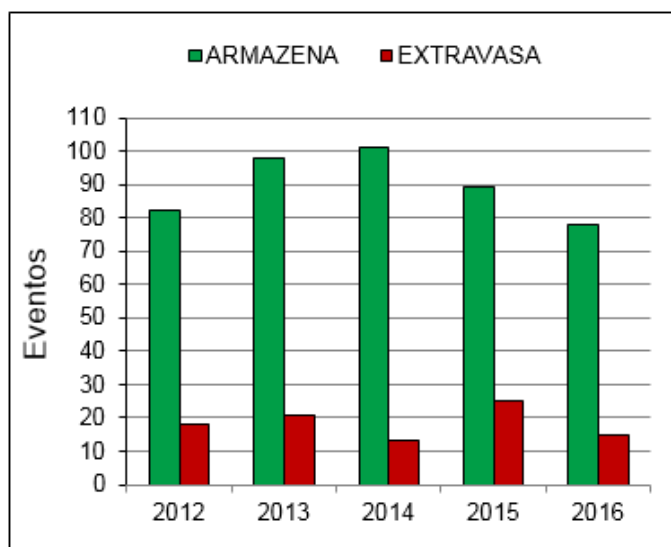


Figura 10: Eficiência do sistema com três poços de infiltração instalados no campo experimental

Deste modo, seria possível reter mais de 80% dos eventos escoados para o sistema, propiciando o amortecimento dos hidrogramas, reduzindo os picos e acrescentando a sua base.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a avaliação do uso de poços de infiltração, em relação aos critérios e recomendações presentes na literatura.

O balanço hídrico para o poço de infiltração implantado no campo experimental constatou que o sistema é capaz de armazenar 36% do volume escoado, e que ocorre escoamento remanescente nos eventos observados, com frequência de extravasamento de até 64% nos casos estudados. Esse resultado demonstra um subdimensionado do sistema implantado em relação a área de contribuição da bacia, sendo fator determinante



para a maior frequência de extravasamentos o número de poços contidos no campo experimental, que é insuficiente para conter todo o volume escoado.

Tendo em vista que a capacidade de infiltração do solo de 5,0 m³/dia é baixa, por ser um solo predominantemente argiloso, o poço tem a melhor função de armazenar do que de infiltrar a água no solo. Sendo possível perceber, que o sistema implantado, apesar dos extravasamentos, seria capaz de armazenar parte do volume que escoar, de forma a atenuar os picos de vazões, retendo o volume excedente de chuva no solo.

Contudo, deve ser analisado que os dispositivos de infiltração não têm a finalidade de controle total do escoamento, sendo que o sistema pode ser aperfeiçoado pela utilização de drenagem complementar no seu interior, com interligação ao sistema público. Deve-se observar ainda, que a área de contribuição para o poço de infiltração é maior do que a área que o sistema é capaz de armazenar.

Desta forma, o estudo demonstrou que para se obter um maior controle do escoamento no campo experimental analisado, seria necessário a implantação de no mínimo três poços de infiltração no loteamento, com as dimensões prescritas do sistema, para que o dispositivo retenha eventos superiores a 80% dos casos analisados.

Tendo em vista que a sobrecarga no dispositivo causada por meio de extravasamentos, possivelmente acarretara incidentes de inundação urbana, é recomendado que a quantidade de poços necessários ao controle do escoamento seja dimensionada corretamente, mesmo sabendo que isso significa um maior custo de implantação, é imprescindível salientar que esse tipo de precaução reflete menores prejuízos a sociedade ao longo dos anos.

Assim, perante a necessidade de alcançar métodos de precaução e contenção das cheias urbanas, através de custos convenientes a implantação do sistema, os poços de infiltração se apresentam como alternativa válida, sendo capaz de controlar o escoamento superficial, com baixo custo de implantação.

Desta maneira, as questões referentes as características do solo têm de ser consideradas na determinação do tipo de sistema a ser implantado e no seu dimensionamento, sendo elementos de limitação quanto a aplicação do dispositivo.

Por conseguinte, concluiu-se que a definição e o dimensionamento do poço de infiltração a ser implantado, deve ser dirigida de maneira diligente e consciente em relação a contribuição da área de escoamento para a sobrecarga do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ÁGUAS PARANÁ. (2017). Relatório de Alturas Diárias de Precipitação. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 01 outubro, 2017.
2. CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 384p.
3. CARVALHO, J. C.; LELIS, A. C. Cartilha Infiltração. Brasília, v.2, 36p, 2010.
4. GRIBBIN, J. E. Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais. 4 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014, 526p.
5. SILVA, G. B. L. Avaliação Experimental Sobre a Eficiência de Superfícies Permeáveis com Vistas ao Controle do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. 2006. 180f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
6. TUCCI, C.E.M. Drenagem Urbana. Revista Ciência e Cultura. v.55, n.4, pp.36-37, 2003.
7. TUCCI, C.E.M.; GENZ, F. Drenagem Urbana. Porto Alegre: UFRGS, 1995, 428p.
8. TUCCI, C.E.M. Gestão de águas pluviais urbanas. Saneamento para todos. Brasília: Ministério das Cidades, 2006, v.4, 194p.