

AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DO CONTROLE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA FONTE: ESTUDO DE CASO NA CIDADE BARREIRAS-BA

Arthur Kolling Neto⁽¹⁾

Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: arthur.kolling@hotmail.com

Kauanny Santos de Souza⁽²⁾

Estudante de graduação da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: kauanny_suzz@hotmail.com

Samara Fernanda da Silva⁽³⁾

Professor da Universidade Federal do Oeste da Bahia. e-mail: samara.silva@ufob.edu.br

RESUMO

Devido aos problemas causados por inundações nas áreas urbanas da cidade de Barreiras-Ba, medidas de controle no lote aparecem como uma alternativa viável, através do aumento das áreas de infiltração e percolação, reduzindo assim o escoamento superficial. Este trabalho realiza o estudo de cenários em um lote da área urbana de Barreiras, através de diferentes configurações de uso e ocupação do solo, utilizando o método racional que é aceito tecnicamente para os projetos de microdrenagem. O lote aparece nas seguintes configurações: cenário 1 em sua condição atual, cenário 2 em sua composição natural, cenário 3 totalmente impermeabilizado, cenário 4 com implantação de telhados verdes, cenário 5 com implantação de pavimentação permeável e o cenário 6 com a combinação de telhados verdes com pavimentação permeável. O método racional se adequou bem as dimensões da área escolhida. A maior vazão encontrada por esse método foi no cenário 3, seguida pelos cenários 1, 5, 4, 6 e 2, respectivamente. O cenário 6 foi o que apresentou maior eficiência na redução da vazão do lote com área construída, apesar do uso de telhado verde não se adequar as condições climáticas de Barreiras, verificou-se que a utilização de pavimentos permeáveis também colabora para a redução do escoamento.

PALAVRAS-CHAVE: Escoamento, cenários, lote.

INTRODUÇÃO

Em decorrência do crescimento urbano desenfreado, a ocorrência de inundações nas áreas urbanas tem se tornado mais frequente, acarretando problemas sociais, econômicos e de saúde pública (Hoepfner, 2007).

Assim, o Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo (2012) num de seus programas tem como objetivo geral a contribuição para o alcance de níveis mais aceitáveis de aumento da permeabilidade em áreas das bacias prioritárias e a consequente redução dos riscos de inundação, através da conscientização e mobilização de grupos de moradores, comerciantes, industriais, representantes do governo local e dos responsáveis pelos serviços de drenagem.

Para a elaboração de projetos eficazes é de extrema importância conhecer algumas características da região, tais como o regime pluviométrico e o clima. Na cidade de Barreiras-BA a precipitação varia de 900 a 1500 mm, na malha urbana essa precipitação média é de 1122 mm. A cidade possui dois climas bem definidos com estações secas e frias, e chuvosas e quentes. Em relação à chuva, 94% ocorrem nos períodos de outubro a abril e o restante nos demais meses (PREFEITURA MUNICIPAL DE BARREIRAS, 2010).

Os grandes volumes de chuva em Barreiras nesses períodos provocam a geração de enchentes e alagamentos. Segundo Tucci et al. (1995), para minimização desses impactos é necessário à utilização de medidas de controle na fonte, por provocarem impactos inferiores às medidas estruturais e se mostrarem mais eficientes em relação ao controle de enchentes.

Para Tucci (2005), as principais medidas de controle localizado no lote, estacionamento, parques e passeios são denominadas, normalmente, de controle na fonte (*source control*). E as principais medidas são o aumento de áreas de infiltração e percolação; e dispositivos de armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados.

O armazenamento pode ser efetuado em telhados, em pequenos reservatórios residenciais, em estacionamentos em áreas esportivas, entre outros. No caso do uso de pavimento pode ser de bloco vazado, concreto ou de asfalto. As vantagens desse tipo de controle podem ser a redução do escoamento superficial previsto com relação à superfície impermeável, a

redução dos condutos da drenagem pluvial, a redução de custos do sistema de drenagem pluvial e da lâmina de água de estacionamentos e passeios (Tucci, 2005).

Para a realização de um projeto de drenagem é necessário a determinação de alguns fatores como a determinação da precipitação máxima de projeto, tempo de retorno e tempo de duração, também é importante determinar a vazão do projeto (HOEPFNER, 2007).

De acordo com Hoepfner (2007), a vantagem do uso do método racional é a facilidade de aplicação, envolvendo menos parâmetros a serem obtidos. Por isso, o uso deste método tem demonstrado ser mais eficiente nas estimativas de vazão para projetos de microdrenagem.

Diante dos problemas alarmantes ocasionados pelas inundações urbanas, tem-se o objetivo de analisar cenários de geração de escoamento superficial num terreno urbano da cidade de Barreiras-BA, por meio de diferentes formas de uso e ocupação do solo e propor medidas estruturais de controle pluvial.

METODOLOGIA

A partir da definição da área de estudo, as características que compunham o seu uso e ocupação foram delineadas. Por meio da utilização das imagens de satélite fornecidas pelo *software* Google Earth e da construção do *layout* da planta de cobertura no Autocad, efetivou-se a quantificação percentual das áreas permeáveis (vegetação de pequeno porte) e impermeáveis (telhados e pavimentos).

Após a caracterização do cenário atual, que considerou as condições reais do lote, realizou-se a alteração dos perfis de uso e ocupação do solo para permitir a permutação de possibilidades de utilização da área, bem como, modificar as oportunidades de controle pluvial. Assim, outros cinco cenários hipotéticos foram estabelecidos:

- Cenário 1 (Situação atual) - De acordo com as dimensões descritas na Tabela 1, o lote na sua configuração atual apresentou 17,78% da sua área pavimentada com concreto, 35,0% ocupada por telhados e 47,2% preenchido por vegetação de pequeno porte. Portanto, 52,78% da área permaneceu impermeabilizada e 47,22% permeável.
- Cenário 2 (Lote em sua composição natural) - Considerou-se a estrutura intacta do lote, antes da aplicação de qualquer tipo de construção. Com isso, tem-se 100% da área permeável e disponível para intervenção de medidas estruturais de controle pluvial.
- Cenário 3 (Área do terreno totalmente impermeabilizada) - Ao se considerar a área totalmente impermeável, dividiu-se as dimensões do lote em telhados e pavimentos de concreto. Assim, 65% da área foi constituída por pavimentos impermeáveis de concreto e 35% coberta por telhados.
- Cenário 4 (Implantação de telhados verdes) - A aplicação dos telhados verdes abrangeu toda a área de cobertura, (35%) equivalendo a 126m². O restante do terreno foi preenchido por vegetação (47,22%) e área pavimentada com concreto (17,78%).
- Cenário 5 (Implantação pavimentação permeável) - Para composição desse cenário, utilizou-se a inserção de pavimentos permeáveis em 65% da área total e os 35% restantes foram definidos pelos telhados.
- Cenário 6 (Combinação de telhados verdes com pavimentação permeável) - Essa combinação visou à soma dos dois cenários anteriores, sendo composta por 35% de telhados verdes e 65% de pavimentos permeáveis.

Após a definição dos cenários, a vazão foi calculada de acordo com o Método Racional.

De acordo com Silva *et al.*, (2002), a equação de intensidade máxima média de precipitação pluvial (i), em mm/h⁻¹, em função do período de retorno (T), em anos, e da duração da precipitação (t), em minutos, da cidade de Barreiras- BA, foi descrita na Equação 1.

$$i = \frac{1525,758T^{0,178}}{(t+19,457)^{0,820}} \quad \text{equação (1)}$$

Os maiores valores de intensidade máxima média da precipitação pluvial observados em Barreiras ocorreram para as durações de 20, 120, 180, 240 e 360 min (Silva *et al.*, 2002). Em decorrência das intensidades das chuvas tenderem a diminuir com a duração. Assim o tempo de duração adotado foi de 20 minutos, que de acordo com Silva *et al.*, (2002) possui o maior valor de intensidade máxima média da precipitação pluvial na cidade.

A adoção do tempo de retorno baseou-se no plano diretor de drenagem urbana da cidade de Porto Alegre no ano 2005, que propõe 2 anos para medidas controle na fonte a nível residencial.

Para a determinação da precipitação (mm), utilizou-se a seguinte relação:

$$P = i * d \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

i = intensidade, em mm/h; d = duração, em min.

Com a definição dos parâmetros da equação da chuva de Barreiras (Equação 1), obteve-se o resultado da intensidade máxima média igual a 84,77 mm.h⁻¹. Utilizando-se a (Equação 2) foi calculado a lâmina d'água precipitada, para o intervalo de tempo de 20 min, tendo como valor 28,26 mm.

Através do método racional os valores das vazões para os diferentes cenários, foram relacionados com valores de C respectivos a superfície.

O método racional é definido pela seguinte expressão:

$$Q = \frac{C.i.A}{3,6} \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

T = tempo de retorno (anos);

P = precipitação média (mm);

Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de runoff;

i = intensidade média da chuva (mm/h);

A = área da bacia (Km²).

A aplicação do método racional foi baseada nos tipos de superfícies do terreno (telhados, pavimentos e vegetação), assim, o percentual de cada espaço foi relacionado com o valor do coeficiente de escoamento de runoff (C).

Dessa forma, de acordo com Tucci (2000) geralmente os coeficientes são estimados com base em tabelas de manuais (ASCE, 1992 e Wilken, 1978), como é mostrado na Tabela 1 foram obtidos os valores de coeficiente C esperados.

Tabela 1: Valores do coeficiente C.

Superfícies	C
Pavimento - Concreto	0,825
Telhados	0,88
Gramma, solo arenoso - Plano (2%)	0,08
Gramma, solo arenoso - Plano (7%)	0,2
Pavimento - Paralelepípedos	0,6

Fonte: Adaptado, ASCE (1992).

Com a adoção dos valores de C calculou-se a vazão de pico para cada cenário. Foi realizada a comparação entre das vazões encontradas, pelas vazões natural e atual.

Área de estudo

A área escolhida para a realização do estudo está situada no município de Barreiras, no bairro Loteamento Rio Grande, Rua Ipupiara. O lote residencial escolhido pertence à zona urbana da cidade, e foi representado na (Figura 4) através de imagens de satélite, fornecidas pelos *softwares* Google Maps e Google Earth.

Figura 1: Localização da Rua Ipuíara, no Loteamento Rio Grande, Barreiras – BA.



Fonte: adaptado de Google Maps (2015).

Figura 2. Localização do lote, na Rua Ipuíara.

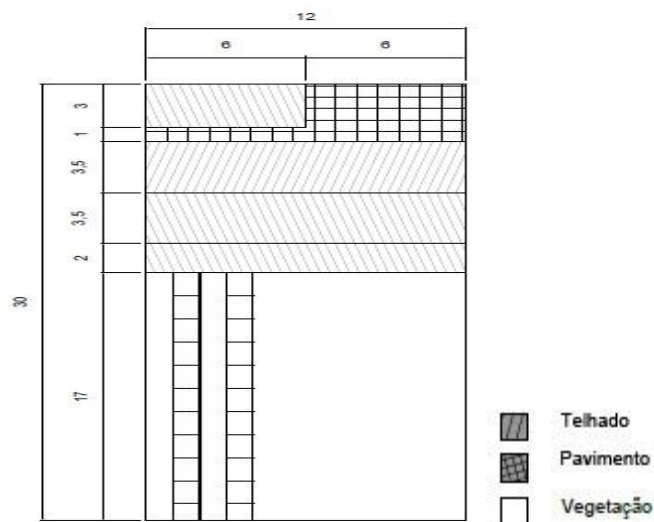


Fonte: adaptado de Google Earth (2015).

O espaço atual é composto por mesclas entre zonas impermeáveis (cobertura e pavimentos) e de vegetação (gramas e arbustos de pequeno porte), com boa definição da composição de suas superfícies.

O lote possui uma área de 360 m², e no cenário atual apresenta 190m² impermeabilizados e 170m² de cobertura vegetal de pequeno porte.

Figura 3: Planta de cobertura com lote.



É importante ressaltar que este estudo considerou uma situação hipotética, quanto ao estudo de caso para diferentes cenários.

Após a identificação das composições que fazem parte da área em estudo, tornou-se possível quantificar as áreas e determinar quanto estas representam proporcionalmente do total.

Tabela 2: Quantificação percentual de composição das áreas para o cenário atual.

Área do lote		
Ocupação	Área (m ²)	Percentual (%)
Pavimento	64	17,78
Telhado	126	35,00
Vegetação	170	47,22
Total	360	100

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo método racional no cenário 1 (situação atual), encontrou-se a vazão de 4,133 l/s que equivale a composição atual do lote, mesclado com pavimento e telhado em 52,78% na área impermeabilizada e 47,22% de vegetação na permeável.

No cenário 2, para o método racional, (lote em sua composição natural, sem impermeabilização), foi encontrada a menor vazão 0,671 l/s, uma vez que essa seria condição ideal de infiltração no terreno (cerca de 3,462 l/s a menos que a vazão do cenário atual). Isso também justifica a afirmação de Tucci (2005), em que a bacia com características rurais possui maior interceptação vegetal, maiores áreas permeáveis (infiltração do solo), menor escoamento na superfície do solo e drenagem mais lenta. Mas, a bacia urbana possui superfícies impermeáveis, tais como telhados, ruas e pisos, e produz aceleração no escoamento, através da canalização e da drenagem superficial.

De acordo com resultados obtidos por meio do método racional, o cenário 3 (área do terreno totalmente impermeabilizada) apresentou a vazão igual a 7,085 l/s, 6,414 l/s a mais que a condição natural. Caracterizando-se como a vazão mais alta dentre todos os cenários, visto que quando se tem a impermeabilização do solo, a intensidade torna-se maior que a capacidade de infiltração, gerando o escoamento superficial e que por influência das altas intensidades das chuvas na região, provoca inundações. O acréscimo provocado pela impermeabilização é perceptível e equiparável.

Verificou-se que no cenário 4 (implantação de telhados verdes), a vazão foi 2,135 l/s, representando um aumento de 1,464 l/s com relação ao cenário natural. No entanto, quando se comparou ao cenário atual constatou-se que a implantação do telhado verde em 35% da área do lote apresentou um decréscimo significativo na vazão (1,998 l/s), demonstrando bons resultados de controle no lote.

Apesar da sua grande efetividade no abatimento do escoamento, de acordo com Tucci *et al.* (1995), os telhados de armazenamento apresentam dificuldades, tais como a manutenção e o reforço das estruturas. E devido ao clima e ao tipo de material usual das coberturas, esse tipo de controle nem sempre é aplicável. O clima de Barreiras nas estações frias e secas apresenta-se de seco a subúmido e com alta incidência de insolação, podendo comprometer a subsistência da cobertura vegetal.

Com base nos resultados do método racional, para o cenário 5 (implantação pavimentação permeável) obteve-se a vazão de 3,797 l/s, perfazendo uma redução de 0,336 l/s, quando comparado a vazão do cenário atual. Ao confrontar esse resultado com o telhado permeável, com abrangência de 35% da área, percebeu-se que a redução não foi tão eficaz, uma vez que abrangeu 65% da área total. Com relação ao cenário natural, houve um aumento de 3,126 l/s no valor da vazão.

Segundo São Paulo (2012), a simples adoção de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis, por si só, não representa um ganho significativo para os sistemas de drenagem, fato observado através dos resultados da vazão do cenário anterior. A vazão obtida com a inserção dos pavimentos permeáveis foi menor que a vazão do cenário atual.

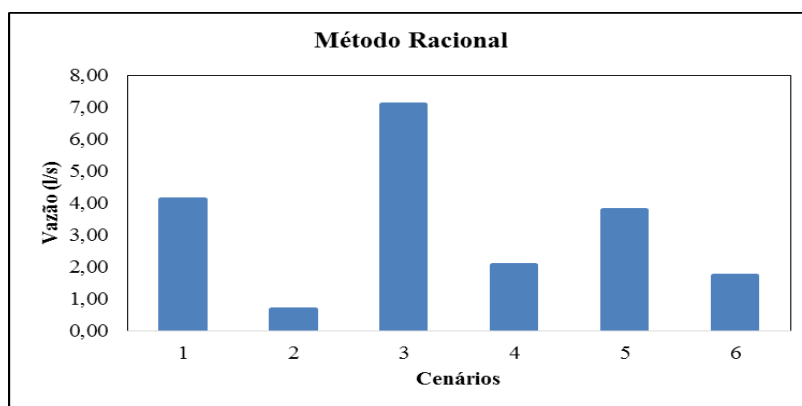
No cenário 6 (combinação de telhados verdes com pavimentação permeável) encontrou-se a vazão, mais próxima do cenário natural, igual a 1,800 l/s (1,1299 l/s maior). Compreendeu-se que como afirmou São Paulo (2012) há uma melhoria significativa no controle do escoamento superficial quando ocorre a combinação de pavimentos permeáveis ou semipermeáveis e outra estrutura que permitirá a reservação temporária das águas pluviais, com possibilidades de infiltração.

Pelo método racional apesar do cenário 5 ter apresentado uma pequena redução na vazão, quando associado com os telhados verdes teve-se um decréscimo de 2,33 l/s da sua vazão, em relação ao cenário atual.

Percebeu-se também que no cenário 4, apesar da presença de 47,22% de vegetação, a redução da vazão foi menor que no cenário 6. Pode-se inferir que essa diferença, tem influência direta da área com pavimento impermeável 17,78%, uma vez que a vegetação permite maior infiltração que o pavimento permeável.

Da mesma forma, a combinação dos métodos de controle pluvial representou a maior redução da vazão, tornando-se mais próximo do cenário 2 (natural).

Os dados encontrados pelo método Racional foram plotados no Gráfico 1.

Gráfico 1: Resultados obtidos pelo cálculo da vazão no método racional.

De acordo com Hoepfner (2007), o método racional, pode apresentar os picos de vazão superestimados uma vez que se considera intensidade da chuva constante. No entanto, é o método que melhor se adequa as dimensões da área escolhida.

CONCLUSÃO

Através da análise dos cenários de geração de escoamento superficial no terreno urbano da cidade de Barreiras-BA, por meio de diferentes formas de uso e ocupação do solo, foi possível delinear características a serem consideradas na implantação de medidas estruturais de controle pluvial.

Constatou-se que com a escolha do método racional foi possível atender às condições propostas, como a delimitação da área. Os resultados das vazões dos cenários foram condizentes com as condições impostas, apresentando-se limitados dentro das condições de lote natural e impermeável. A implantação do telhado verde associado ao pavimento permeável representou a maior eficiência na redução da vazão.

Embora, o uso de telhado verde não seja o método que melhor se adequa as condições climáticas de Barreiras, verificou-se que a utilização de pavimentos permeáveis também colabora para controle do escoamento.

A necessidade de realização do controle pluvial na fonte deve ser urgente, uma vez que representa uma maneira eficiente de redução de vazão e contribui para combate a inundação. No entanto, para isso é preciso haver planejamento, incentivo e otimização de custos, demonstrando para a sociedade o quão importante é a implantação de medidas de controle na fonte da drenagem urbana.

REFERÊNCIAS

- HOEPFNER, Ana Cristina. 2007. *Estudo comparativo entre vazões de pico estimadas pelo método racional e pelo método do SCS para a bacia hidrográfica do rio Bom Retiro em Joinville-SC*. Florianópolis, SC : Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, NOVEMBRO de 2007.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE BARREIRAS. *Plano Setorial de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Barreiras*. Apoio Técnico Fundação Escola Politécnica da Bahia – FEP. Disponível em <http://barreiras.ba.gov.br/pdf/rel_pssb_barreiras.pdf>. Acesso em 08/12/ 2015.
- SÃO PAULO (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. *Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos*. São Paulo: SMDU, 2012. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf>. Acesso em 11/12/2015.
- SILVA, Demetrius D. da et al . *Chuvas intensas no Estado da Bahia*. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000200030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 10/12/2015.
- TUCCI, Carlos E., PORTO, Rubem La Laina e BARROS, Mário T. 1995. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre : Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- TUCCI, Carlos E.M. *Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005*. Disponível: <<http://www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/index.php>>. Acesso em 11/12/15.