

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO EFETIVA PARA SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ARROIO DILÚVIO – PORTO ALEGRE/RS

*Lairanne Costa de Oliveira*¹; *Adriano Rolim da Paz*²; *Lukas Barbosa Veiga de Melo*³ & *Roanny Viana de Barros*⁴

RESUMO – O método da Curva Número do Natural Resources Conservation Service (NRCS-CN) é um dos mais simples e utilizados para estimar a precipitação efetiva. Entretanto, por ter sido elaborado para bacias hidrográficas com perfis específicos, vários autores questionam o seu uso generalizado. Uma das críticas mais frequentes feitas ao método é o fato do coeficiente de abstração inicial (λ) ter seu valor fixado em 0,2. Nesse contexto, foi avaliada a estimativa da precipitação efetiva para cinco sub-bacias hidrográficas pertencentes à bacia do Arroio Dilúvio, em Porto Alegre (RS), por meio da análise do desempenho do método do NRCS-CN calculado com diferentes valores de λ , e também de formulações alternativas. Para isso, foram utilizadas séries de chuva-vazão disponíveis para cada sub-bacia. Então, foram comparados os resultados das precipitações efetivas calculadas com as observadas. A partir dos resultados, tornou-se possível concluir que o método original do NRCS não é satisfatório para representar a precipitação efetiva observada nas sub-bacias do Arroio Dilúvio. Indicando que o λ deve ser calibrado a partir de séries chuva-vazão disponíveis para a área de estudo. Já os modelos analisados demonstraram ser consistentes na estimativa da precipitação efetiva, porém também apresentaram falhas, devendo ser utilizados com cautela.

ABSTRACT– The U.S. Natural Resources Conservation Service curve number (NRCS-CN) method is one of the most used to estimate the excess rainfall depth. However, as this method was elaborated for specific watersheds, it has been criticized by several authors because of its widespread use. One of the most recurrent criticisms of the method is that the initial abstraction coefficient (λ) has its value set at 0.2. In this context, the excess rainfall depth was evaluated for five sub-basins that belong to the Arroio Dilúvio watershed, located in Porto Alegre (RS), through the analysis of the performance of the NRCS-CN method calculated with different λ values, as well as other NRCS-CN-based rainfall-runoff models. Therefore, rainfall-runoff measurements were used. Then, the excess rainfall depth calculated results were compared with those observed. From the results, it became possible to conclude that the original NRCS method is not satisfactory to represent the observed excess rainfall depth in the Arroio Dilúvio's sub-basins. This analysis indicates that λ should be calibrated from rainfall-runoff measurements available for the study area. On the other hand, the analyzed models demonstrated to be consistent in the estimation of effective precipitation, but also presented flaws and should be used with caution.

Palavras-Chave – NRCS-CN, Precipitação Efetiva, Arroio Dilúvio.

1) Mestranda do Programa de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. End.: Rua Alcides de Miranda Henrique, 94, CEP: 58073-150. Tel.: (83) 98821-9323, lairanne@hotmail.com

2) Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT - Universidade Federal da Paraíba – UFPB. End.: Cidade Universitária, CEP: 58051-085. Tel.: (83) 98702 – 4309, adrianorpaz@yahoo.com.br

3) Graduando em Engenharia Ambiental - Universidade Federal da Paraíba - UFPB. End.: Rua juiz arnaldo ferreira Alves 193 - AP 201, CEP: 58052-315. Tel.: (83) 99813-2238, lukas.veiga@hotmail.com

4) Graduanda em Engenharia Ambiental - Universidade Federal da Paraíba - UFPB. End.: Rua Primo José Viana, 83, CEP: 58100-521. Tel.: (83) 99616-7033, roanny_viana@hotmail.com

1- INTRODUÇÃO

O crescimento urbano, intensificado na segunda metade do século XX, tem ocorrido de forma insustentável em grande parte das cidades brasileiras. Isso trouxe diversos incômodos socioambientais, entre eles, problemas na infraestrutura de recursos hídricos. Problemas de drenagem urbana são comuns e causam uma série de inconvenientes como inundações nas áreas ribeirinhas e urbanas. Tucci (2002).

Para se realizar projetos de engenharia, como obras de drenagem urbana e técnicas de manejo agrícola, é necessário que seja feito um dimensionamento baseado em estudos hidrológicos. Na escassez de dados hidrológicos disponíveis, situação corriqueira em algumas bacias de drenagem brasileiras, são utilizados modelos hidrológicos que buscam representar o comportamento das bacias hidrográficas. Nesse aspecto, modelos de transformação de precipitação em vazão são muito úteis para se obter séries maiores e mais representativas de vazões, para diversos projetos de recursos hídricos. Tais modelos tornam possível completar vazões desconhecidas ou estimá-las para episódios futuros. Tucci (2005).

Dentre os vários modelos de chuva-vazão disponíveis, um dos mais utilizados na prática da engenharia, para determinação da precipitação efetiva, é o método desenvolvido pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS). Esse modelo tem como principal parâmetro a curva número (CN), que depende da classificação hidrológica do solo, das condições de umidade antecedentes e do tipo de uso e ocupação do solo. Cunha et al. (2015).

Embora o método NRCS-CN possua vantagens consideráveis sobre os demais, a exemplo da sua simplicidade e aplicabilidade, existem diversas críticas e dúvidas em relação à sua generalização. Como consequência, vários autores propuseram novas formulações ao método e versões melhoradas dele, entre eles: Suresh Babu e Mishra (2012), Ponce e Hawkins (1996), Ajmal e Kim (2014), Durán Barroso et al. (2016) e Bartlett et al. (2016).

Um dos temas que levam a constantes discussões no meio científico é a relação entre a abstração inicial (I_a) e a retenção potencial máxima (S), uma vez que o coeficiente de abstração inicial (λ), que os relaciona diretamente, teve seu valor fixado em 0,2 na metodologia original do NRCS-CN. Por ser um parâmetro regional e climático, alguns autores afirmam que esse valor de λ não é apropriado para o uso em outras bacias hidrográficas além daquelas que foram utilizadas em sua derivação. Desse modo a seleção de um valor de λ adequado é muito importante para a estimação correta do escoamento superficial ao se utilizar o método do NRCS. Jain et al. (2006a).

Diante do exposto, esse trabalho visa comparar o desempenho do método do NRCS-CN, calculado com diferentes valores de λ , e também de formulações alternativas, por meio da análise de séries chuva-vazão observadas e calculadas na bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio em Porto Alegre (RS).

2 - OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a estimativa da precipitação efetiva, em sub-bacias hidrográficas do Arroio Dilúvio em Porto Alegre (RS), por meio do método do NRCS-CN, calculado com diferentes valores de λ , e outras formulações alternativas.

2.2 Objetivos específicos

- Examinar o desempenho do modelo do NRCS-CN calculado com diferentes valores do coeficiente de abstração inicial (λ).
- Examinar o desempenho de modelos alternativos ao do NRCS-CN nas subbacias estudadas.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 – O Método NRCS-CN

O método NRCS-CN é um modelo empírico utilizado para estimar a precipitação efetiva e tornou-se muito popular por ser de fácil aplicação, ter poucos parâmetros, possuir grande aceitação da comunidade científica e pelo fato de que a instituição que o elaborou possui grande autoridade. Suresh Babu et al. (2012).

A equação do modelo NRCS-CN (EQUAÇÃO 1) é apresentada a seguir:

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{S+P-I_a} \quad (1)$$

Onde Q é a precipitação efetiva (mm), P é a precipitação total (mm), S é a retenção potencial máxima (mm) e I_a são as perdas iniciais (mm).

As perdas iniciais são calculadas utilizando a EQUAÇÃO 2, onde o coeficiente de abstração inicial (λ) tem seu valor fixado como sendo 0,2. Tais perdas são causadas por fatores como a interceptação da água antes de atingir o solo, o armazenamento superficial e pela infiltração inicial. Cunha et al. (2015).

$$I_a = \lambda S \quad (2)$$

O potencial máximo de retenção de uma bacia hidrográfica (S) é um parâmetro que representa o tipo de solo, sua cobertura e suas condições hidrológicas. Esse parâmetro é transformado em outro parâmetro

adimensional, denominado CN, por meio de uma identidade arbitrária (EQUAÇÃO 3). O valor do CN está compreendido em uma faixa que varia de 0 a 100. Durán-Barroso et al. (2016).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (3)$$

O parâmetro CN é dependente de variáveis a exemplo da umidade do solo antes da ocorrência de um evento, tipo e condições de uso e ocupação do solo. A metodologia do NRCS agrupa os solos em quatro grupos hidrológicos, A, B, C e D, que variam de acordo com sua aptidão para a infiltração ou geração de escoamento superficial. Mockus citado por Sartori et al. (2005).

Em relação às condições de umidade antecedente do solo (AMCs), o método prevê três condições em função da chuva ocorrida nos dias anteriores, sendo AMC I, correspondente a solos secos, AMC II, situação média e AMC III, solos úmidos (próximos da saturação). Tucci (2005b).

3.2 Contribuições ao método NRCS-CN

Atualmente, nenhum método proposto como alternativa ao NRCS-CN possui tantas vantagens e simplificações quanto o próprio. Entretanto, diversas pesquisas realizadas em todo o mundo obtiveram resultados que indicam desvantagens em sua utilização. Vários autores concluíram que o método precisa de melhorias, revisões ou que precisa ser substituído. Ponce e Hawkins (1996); Hussein (1996); Mishra e Singh (2002a,b) citados por Suresh Babu (2012).

Ajmal et al. (2014) analisou os modelos de Cazier e Hawkins (1984); Woodward et al. (2003) e Jain et al. (2006^a). O modelo de Woodward et al. (2003) utilizou o procedimento dos mínimos quadrados para desenvolver seu método. Foi identificado que $\lambda = 0,05$ é o melhor valor de ajuste para 252 das 307 bacias hidrográficas estudadas. Dessa forma, a equação original do SCS-CN torna-se a EQUAÇÃO 4:

$$Q = \frac{(P-0,05S)^2}{P+0,95S} \quad (4)$$

Onde $P > 0,05S$, caso contrário $Q = 0$.

Jain et al. (2006a) concluiu que a estimativa de λ é crucial para a determinação precisa do escoamento direto usando o método SCS-CN. A relação $I_a - S$ proposta foi a seguinte (EQUAÇÃO 5):

$$I_a = \lambda S \left(\frac{P}{P+S} \right)^\alpha = 0,3S \left(\frac{P}{P+S} \right)^{1,5} \quad (5)$$

Eles descobriram que usar $\lambda = 0,3$ e $\alpha = 1,5$ resultava em um melhor desempenho do que usar $I_a = 0,2S$, e portanto recomendam o uso desses valores para aplicações de campo.

O modelo de Cazier e Hawkins (1984, citado por Ajmal et al., 2014), encontrou que $\lambda = 0$ teve o melhor ajuste para os dados por eles estudados. Essa proposição gerou uma nova fórmula, a EQUAÇÃO 6:

$$Q = \frac{P^2}{P+S} \quad (6)$$

Após analisar os modelos descritos acima, Ajmal et al. (2014) sugeriram, entre outros, o método representado pela EQUAÇÃO 7 que foi elaborado por meio de tentativa e erro.

$$Q = P \left(\frac{P}{P+S} - \frac{1}{S} \right) \quad (7)$$

Com isso, Ajmal et al. (2014) concluiu que o modelo original do SCS-CN era inconsistente na área de estudo. Porém fixar o λ como 0,2 parece ser uma vantagem pois reduz os parâmetros do modelo para um.

4 – METODOLOGIA

4.1 – Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio está localizada na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, entre as longitudes 51°04' e 51°15' oeste e latitudes 31°01' e 30°08' sul. A bacia possui uma área de drenagem de 80 km² e seu rio principal, o Arroio Dilúvio, possui uma extensão de 12 km. Silveira, (1999). No presente estudo foram abordadas algumas sub-bacias da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio, sendo elas: Cascata 1, Bela Vista, Beco do Carvalho, Casa de Portugal e Saint Hilaire (FIGURA 1).

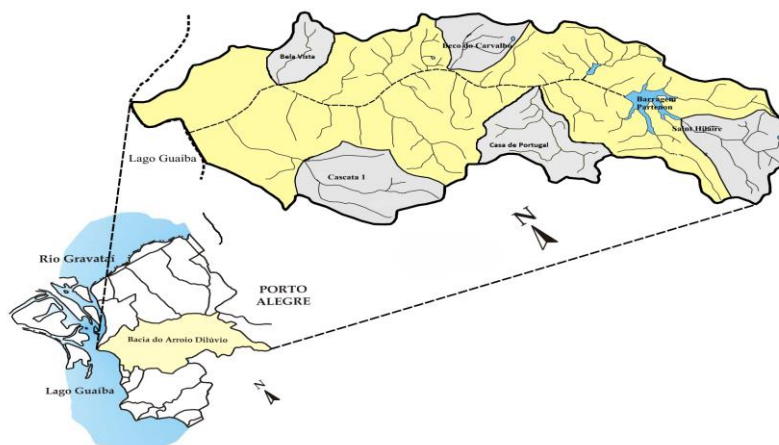


Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas de estudo

4.2 – Dados de chuva-vazão

A bacia do Arroio Dilúvio foi escolhida para esse estudo por possuir dados hidrológicos, tendo sido monitorada por 11 linígrafos e 14 pluviógrafos no período de 1978 a 1982, no âmbito do denominado Projeto Dilúvio. Nessa época a urbanização na bacia era de 50%. Os aparelhos possuíam autonomia semanal e coletavam informações a cada 30 minutos. Em razão de panes e contratempos diversos existem algumas lacunas nas séries, porém a maioria delas foi preenchida com técnicas simples. Silveira (2000).

Os dados das características dos eventos analisados foram obtidos a partir do estudo de Costa (2017). A quantidade de eventos escolhidos por sub-bacia são exibidos na TABELA 1.

Tabela 1 - Características dos dados por sub-bacia e número de eventos selecionados

Bacias hidrográficas	Área (km ²)	Δt (minutos)	Número de eventos
Cascata I	4,93	30	27
Saint-Hilaire	5,94	30	18
Casa de Portugal	6,20	30	9
Beco Carvalho	3,32	30	8
Bela Vista	2,99	30	10

FONTE: Adaptado de COSTA (2017).

4.3 – Determinação do CN

Os valores de CN para as AMCs I, II e II para as sub-bacias Cascata I e Saint-Hilaire foram calculados com base na classificação de tipos de solo do município de Porto Alegre, elaborada por Hasenack et al. (2008), e no mapa de tipos de solo do Brasil, elaborado pela EMBRAPA. Sendo que para Cascata I e Saint Hilaire, o valor usado na AMC II foi de 74,65 e 62,81, respectivamente.

Os valores de CN usados para as sub-bacias Casa de Portugal (CN = 79), Beco Carvalho (CN = 63) e Bela Vista (CN = 79), foram obtidos do estudo de Tassi et al. (2006). Para as sub-bacias Casa de Portugal e Bela Vista, não foi encontrado estudo específico que determinasse os seus respectivos valores de CN. Nesse caso, foi adotado o valor de CN encontrado para a bacia do Arroio Dilúvio.

4.4 – Cálculos

No cálculo da precipitação efetiva foi utilizada a equação do NRCS-CN, EQUAÇÃO 1, variando-se o S para cada AMC por meio da EQUAÇÃO 3, através da mudança no valor de CN. A variação no valor de λ foi feita por meio da EQUAÇÃO 2, obtendo-se a partir daí o valor de I_a .

Os valores de λ escolhidos para serem variados foram: 0; 0,01; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55 e 0,6. Tais valores foram escolhidos por representarem um espectro amplo de valores maiores e menores do que o valor fixado pelo método do NRCS-CN.

Já os modelos inspirados pelo NRCS-CN analisados foram os de: Ajmal et al. (2014), EQUAÇÃO 7, denominado de M2; Jain et al. (2006a), EQUAÇÃO 5, denominado M3, o modelo de Cazier e Hawkins (1984), EQUAÇÃO 6, que representa $\lambda = 0$; e o modelo de Woodward et al. (2003), EQUAÇÃO 4, que equivale ao $\lambda = 0,05$.

Após a realização dos cálculos, foram gerados gráficos de dispersão, para cada sub-bacia, comparando a precipitação efetiva observada (mm) com a precipitação efetiva calculada (mm).

O desempenho dos modelos analisados foi avaliado por meio do cálculo da raiz do erro quadrático médio (RMSE), a fim de se comparar a diferença entre os valores encontrados para a precipitação efetiva calculada e os da precipitação efetiva observada (EQUAÇÃO 8).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_o - Q_c)_i^2} \quad (8)$$

Onde RMSE é um índice de variância entre valores de precipitação efetiva calculados e observados, Q_o é a precipitação efetiva observada, Q_c é a precipitação efetiva calculada, N é o número total de eventos e i é um número inteiro que varia de 1 a N. Jain et al. (2006a).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando-se o comportamento geral dos gráficos é possível constatar que os valores da precipitação efetiva calculada tendem a zero quanto maior é o valor de λ testado. Como exemplo são apresentados alguns gráficos da sub-bacia Cascata I, na AMC I (FIGURA 2).

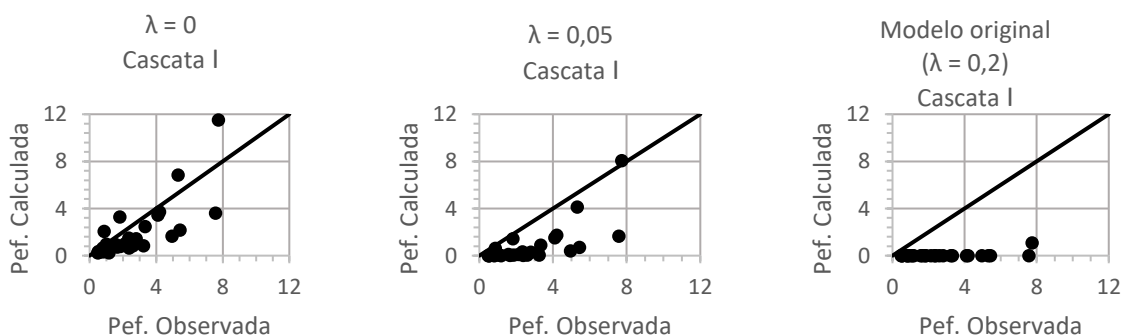


Figura 2 – Gráficos da sub-bacia Cascata I para diferentes valores de λ .

Isso explica-se pelo fato de que quanto maior o valor de λ , maior será o valor das perdas iniciais (I_a) (EQUAÇÃO 2), gerando menos escoamento. A partir do momento em que as perdas iniciais tem seu valor igualado ao da precipitação total, o valor da precipitação efetiva torna-se zero.

Outro comportamento predominante entre todas as sub-bacias é o aumento, no geral, dos valores calculados da precipitação efetiva ao se variar o CN da AMC I para as AMCs II ou III. Para exemplificar, os gráficos da sub-bacia Cascata I, com valor de $\lambda = 0$ são apresentados nas AMCs I, II e III, respectivamente (FIGURA 3).

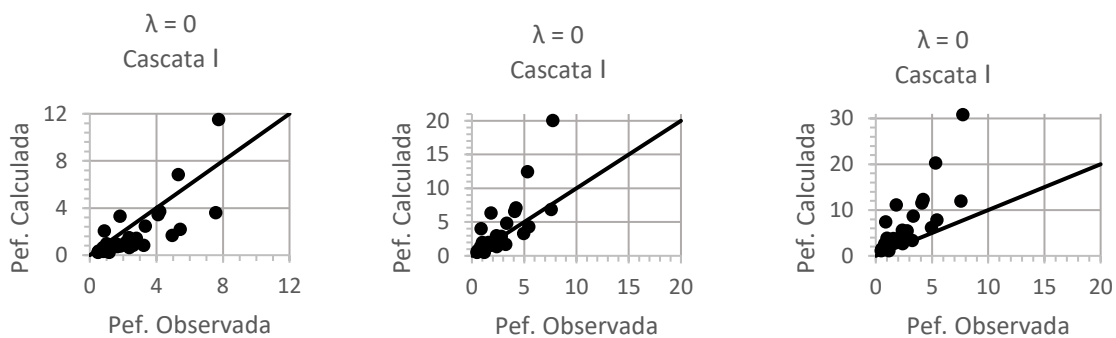


Figura 3 – Gráficos da sub-bacia Cascata I para diferentes AMCs

Isso acontece, pois, a mudança do valor de CN, para condições médias ou de alta umidade, faz com que haja uma maior geração de escoamento superficial, tendo em vista que o solo, por estar mais úmido, tem sua capacidade de infiltração e armazenamento reduzida.

Ao analisar os resultados obtidos a partir do cálculo do RMSE foi possível observar que valores menores de λ demonstraram ser melhores para representar o comportamento das sub-bacias estudadas na AMC I. Na AMC II, os valores de λ que possuem um menor erro encontram-se mais distribuídos entre os valores médios testados.

Para a AMC III, todas as sub-bacias também apresentam comportamentos semelhantes, pois os valores de λ que possuem um menor erro no cálculo da precipitação efetiva foram, no geral, valores mais altos. Isso deve-se ao fato de que na AMC III, o solo, por já estar bastante úmido, tende a gerar muito mais escoamento superficial, logo, para equilibrar esse fato, valores de λ mais elevados indicam perdas iniciais maiores, fazendo com que os valores da precipitação efetiva calculada aproximem-se dos observados e os erros sejam menores.

Dentre os modelos M2 e M3, representantes dos modelos de Ajmal et al. (2014) e de Jain et al. (2006a), respectivamente, o M3 foi o que teve o melhor desempenho para quase todas as sub-bacias nas AMCs I, II e III, com exceção da sub-bacia Bela Vista nas AMCs I e II.

O modelo original do NRCS-CN não teve a melhor performance em nenhuma das sub-bacias. Isso reforça que $\lambda = 0,2$ não é um valor apropriado para condições de baixa a alta umidade, como pontuado por Springer et al. (1980, citado por Jain et al., 2006a). Portanto, conclui-se que, para uma melhor estimativa da precipitação efetiva, os valores de λ e de CN devem ser calibrados a partir de dados de chuva-vazão disponíveis para a bacia hidrográfica estudada, como afirmado por Ajmal et al. (2014).

Os modelos de Cazier e Hawkins (1984), Woodward et al. (2003), Ajmal et al. (2014), e Jain et al. (2006a) demonstraram ser consistentes na estimativa da precipitação efetiva. Porém, também devem ser escolhidos com cautela, tendo em vista que cada um teve uma melhor performance para condições específicas.

A mudança na AMC foi um dos motivos que mais causou erros nas estimativas de tais modelos. Usando o exemplo de Cascata 1, a variação da AMC I, onde $\lambda = 0$ possuía a melhor performance dentre os valores testados, para a AMC III, fez com que esse método tivesse a pior performance de todos os modelos.

5 – CONCLUSÃO

O método do NRCS é bastante utilizado por sua aplicabilidade e tradição. Todavia, as vantagens decorrentes de seu uso podem ser superadas por erros que podem trazer consequências como maiores custos às obras hidráulicas. O presente estudo demonstra que, nas sub-bacias analisadas do Arroio Dilúvio, o modelo necessita de aperfeiçoamento ou substituição por outras metodologias para que a precipitação efetiva seja estimada com maior precisão.

A partir da análise dos resultados conclui-se que o método do NRCS-CN é bastante sensível a variações no valor de λ , chegando a apresentar diferenças significativas nos valores estimados da precipitação efetiva. Podendo-se citar os resultados obtidos para Cascata I, na AMC I, cuja variação do valor de λ de 0,01, onde nenhum valor da precipitação efetiva calculada era zero, para 0,2, fez com que vinte e cinco dos vinte e sete eventos avaliados passassem a ser zero.

Todas as formulações analisadas demonstraram ser sensíveis quanto a mudanças nas AMCs I, II e III, ficando claro que a variação dessas condições possui grande influência nos resultados calculados de precipitação efetiva.

Dessa maneira, é necessário ter cautela na escolha do valor λ a ser utilizado e também da formulação empregada na estimativa da precipitação efetiva. Evitando assim, custos desnecessários decorrentes do superdimensionamento de projetos de recursos hídricos e outros transtornos associados ao mau dimensionamento das obras.

REFERÊNCIAS

- Ajmal, M.; Kim, T. W. *Quantifying Excess Stormwater Using SCS-CN–Based Rainfall Runoff Models and Different Curve Number Determination Methods*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, American Society of Civil Engineers, 2014.
- Bartlett, M. S.; Parolari, A. J.; McDonnell, J. J.; Porporato, A. *Framework for event-based semidistributed modeling that unifies the SCS-CN method, VIC, PDM, and TOPMODEL*. American Geophysical Union, 2016.
- COSTA, F. F. *Abordagem distribuída para simulação chuva-vazão em pequenas bacias hidrográficas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- Cunha, S. F.; Oliveira e Silva, F. E.; Mota, T. U.; Pinheiro, M. C. *Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 20 no.4. Porto Alegre out./dez. 2015 p. 837 – 848.
- Durán-Barroso, P.; González, J.; Valdés, J. B. *Improvement of the integration of Soil Moisture Accounting into the NRCS-CN model*. Journal of Hydrology. 2016.
- HASENACK, H. et al. *Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem/ coordenado por Heinrich Hasenack*. – Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84 p.
- Jain, M. K., Mishra, S. K., Suresh Babu, P., and Venugopal, K. *On the Ia–S relation of the SCS-CN method*. Nordic Hydrol., 37(3), 261–275. 2006a.
- PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. *Runoff Curve Number: Has it Reached Maturity?* J. Hydrol. Eng., v. 1, n. 1, p. 11-19, Jan. 1996.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A.M. 2005. *Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação*. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. RBRH. Volume 10, n.4. 13 p.
- Silveira, A. L. L.; Desbordes, M. *Modelo Hidrológico com poucos parâmetros*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. RBRH. Volume 4, n. 1. Jan/Mar 1999.
- Suresh Babu, P; Mishra, S. K. *Improved SCS-CN–Inspired Model*. JOURNAL OF HYDROLOGIC ENGINEERING © ASCE, novembro de 2012.
- TASSI, R. et al. *Determinação do parâmetro CN para sub-bacias urbanas do Arroio Dilúvio – Porto Alegre/RS*. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, Curitiba, 2006.
- TUCCI, C. E. M. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7. 2002.
- Tucci, C. E. M. *Modelos Hidrológicos*. 2ª Edição. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 678p.