

## VARIAÇÕES DO PARÂMETRO CN PARA DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES DO USO DO SOLO EM UMA PEQUENA BACIA URBANIZADA

Tainara Cristina da Silveira <sup>1</sup>, Thays Mitsuko Tsuji <sup>2</sup>, Patrícia Kazue Uda <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900 e taicristina5@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900 e thaysmitsuko@hotmail.com; <sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900 e patricia.kazue@ufsc.br.

### RESUMO

O CN é o principal parâmetro de entrada do modelo SCS-CN, um dos mais difundidos métodos hidrológicos de estimativa de escoamento superficial. A obtenção do CN é facilitada por ferramentas de sensoriamento remoto. Contudo, imprecisões nestes processos, especialmente na determinação da cobertura do solo podem alterar os resultados do CN. Nesse trabalho avaliou-se e comparou-se os valores de CN obtidos a partir da classificação de uso e ocupação do solo de diferentes imagens da bacia urbana do rio do Meio, Florianópolis-SC. Foram usadas ortofotos dos anos de 2010, 2016 e a classificação do solo disponibilizada pelo MapBiomias, referente ao ano de 2020. Os resultados indicam que resoluções baixas e classificações inconsistentes podem deturpar os valores de CN especialmente em pequenas bacias. As diferenças médias obtidas entre os valores de CN de 2,66% entre as imagens de 2010 e 2016, 11,35% entre 2016 e 2020 e, 11,24% entre 2010 e 2020.

**Palavras-chave** — Uso e ocupação do solo, curva número, escoamento superficial, método SCS, sensoriamento remoto.

### ABSTRACT

*The CN is the main input parameter of the SCS-CN model, one of the most widespread hydrological methods to estimate runoff. Obtaining the CN is facilitated through the use of remote sensing tools. However, inaccuracies in these processes, especially in the determination of land use, can alter the CN results. In this paper we evaluated and compared CN values obtained from different land use and cover classification from different images of Meio river urban catchment, Florianópolis-SC. Were used orthophotos The results indicate that, despite being more recent, 2010 and 2016 orthophotos, and a 2020 land use classification provided by MapBiomias. The results indicate low resolutions and inconsistent classifications could distort the CN values when applied in small basins. The mean differences were obtained between the CN values of 2.66% between classifications 2010 and 2016, 11.35% between 2016 and 2020 and 11.24% between 2010 and 2020.*

**Key words** — Land use, curve number, runoff, SCS method, remote sensing.

### 1. INTRODUÇÃO

A *Curve Number* ou curva número (CN), é o principal parâmetro utilizado no modelo chuva-vazão desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS), o método SCS-CN [1]. De modo geral, o CN busca representar a parcela de precipitação que se transforma em escoamento superficial [2], tendo melhor aplicabilidade em pequenas bacias rurais [3].

O modelo hidrológico baseado no parâmetro CN é amplamente utilizado no Brasil [4] e no mundo [5], especialmente em bacias não monitoradas [6]. Sua popularidade se deve pela simplicidade, facilidade de compreensão e aplicação do método [5], uma vez que o CN é definido exclusivamente através de características físicas da bacia hidrográfica, como o tipo do solo e o uso e ocupação do solo [7].

Neste sentido, por agregar informações de ordem física, a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto tornou-se uma aliada ao método SCS [8], a partir do uso de mapas digitalizados referentes à área de interesse. O avanço dessas tecnologias proporcionou aumento na precisão da estimativa do CN [3], ao mesmo tempo em que reduziu custos na obtenção de dados [6].

Contudo, apesar do evidente progresso, a obtenção de informações relativas ao uso e ocupação do solo pode estar submetida a imprecisões [9, 10], as quais englobam desde a escolha das imagens até a seleção e aplicação do método de classificação [11]. Tais imprecisões podem culminar em estimativas equivocadas de cobertura do solo [12] e por consequência, gerar inconsistências nos resultados de escoamento superficial.

À vista do exposto, o presente trabalho objetiva avaliar as variações do parâmetro CN em uma pequena bacia urbanizada para três diferentes classificações do uso do solo, a partir do emprego de imagens de satélite com características distintas.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é uma pequena bacia urbana (4,09 km<sup>2</sup>), localizada no município de Florianópolis, sul do Brasil (Figura 1). A expansão urbana na bacia se deu a partir da década de 60, impulsionada pela implantação de sedes de órgãos públicos. As áreas planas da bacia foram inicialmente ocupadas, se expandindo posteriormente para áreas de encostas e topos de morros de modo não planejado. Atualmente a bacia se encontra consolidada em termos de urbanização, apresentando baixos índices de crescimento urbano.

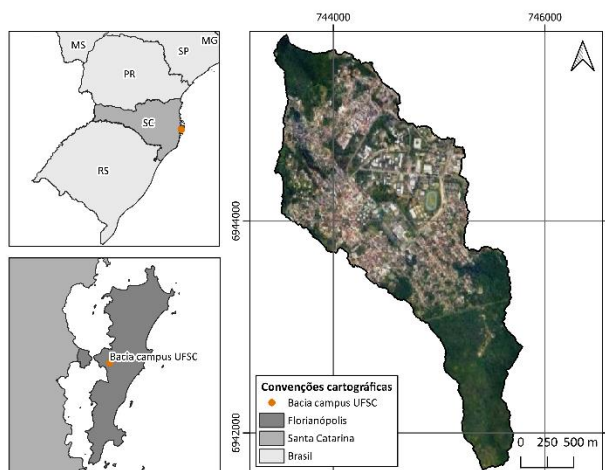


Figura 1. Localização da bacia campus UFSC.

A bacia abrange o campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), também chamada de bacia do rio do Meio. Para o presente estudo, a bacia do campus UFSC foi segmentada em 354 sub-bacias de acordo com as áreas contribuintes das bocas de lobo mapeadas *in loco* por [13].

No que tange às classificações de uso e ocupação do solo, estas constam sintetizadas na Tabela 1.

A partir dos resultados de uso e ocupação do solo, se pode cruzar informações relacionadas ao tipo do solo da bacia, obtido por meio do atlas de Florianópolis elaborado pelo IPUF. Os solos predominantes na bacia são os argissolos vermelhos amarelos e gleissolos háplicos, os quais foram agrupados em grupos hidrológicos, conforme estabelecido por [14].

Baseado nas classes de uso e nos grupos hidrológicos atribuiu-se valores de CN tabelados pelo método SCS para condições de umidade II, conforme [15], em que os valores de CN podem variar de 0 a 100, sendo que 0 representa total permeabilidade (corpos hídricos e banhados) e 100, superfícies totalmente impermeáveis. Por fim, determinou-se os CNs médios ponderados para cada sub-bacia por meio de geoprocessamento.

Atributo	Classificação A	Classificação B	Classificação C
----------	-----------------	-----------------	-----------------

Fonte ortofoto	SDE	IPUF	-
Elaboração	Autores	Autores	MapBiomass
Ano	2010	2016	2020
Resolução	0,39m	0,12m	30m
Tipo	Supervisionada	Supervisionada	Supervisionada
Classificador	MaxVer	Dzetsaka	Machine learning – Google Earth Engine
Classes	Vegetação arbórea; vegetação herbácea; solo exposto e área urbana	Vegetação arbórea; vegetação herbácea; solo exposto e área urbana	Silvicultura; mangue, área urbana e agricultura e pastagem

Tabela 1. Principais características das classificações de uso e ocupação do solo.

### 3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os mapas de uso e ocupação do solo obtidos a partir de imagens dos anos de 2010, 2016 e 2020, onde é possível observar que a imagem do ano de 2020 apresenta uma área de 68,37% de urbanização, enquanto as imagens menos atuais, apresentam urbanizações de 46,30% (classificação A) e 35,94% (classificação B).

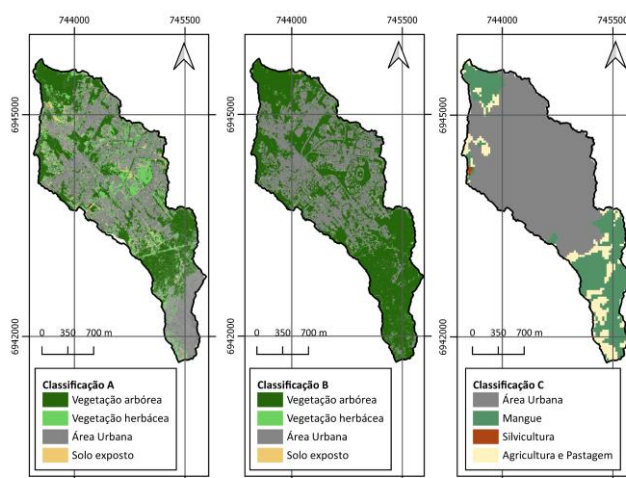


Figura 2. Classificação do uso e ocupação do solo: A, B e C.

A classificação A apresentou 36,69% de vegetação arbórea, 13,86% de vegetação herbácea e 3,15% de solo

exposto, enquanto a classificação B apresentou 60,80% de vegetação arbórea, 2,74% de vegetação herbácea e 0,63% de solo exposto. Já na classificação C 9,21% foram atribuídos à agricultura e pastagem, 22,29% à mangue e 0,15% à silvicultura.

Certas inconsistências podem ser observadas, na classificação A se observa área urbana na região sul, onde na realidade predomina vegetação arbórea/herbácea. Ainda, a classificação C do Mapbiomas apresenta classes não avistadas na bacia, como mangue, silvicultura e agricultura e pastagem.

Na Figura 3 é possível comparar o CN para cada sub-bacia calculados a partir dos dados de uso e ocupação do solo e grupo hidrológico. Os menores valores de CN foram obtidos a partir da classificação A (72,13 a 97,33), seguidos pela classificação B (73,74 a 97,92) e os maiores valores, da classificação C (74 a 98). Sendo que os valores médios de CN foram de 88,01 (classificação A), 87,85 (classificação B) e 97,42 (classificação C).

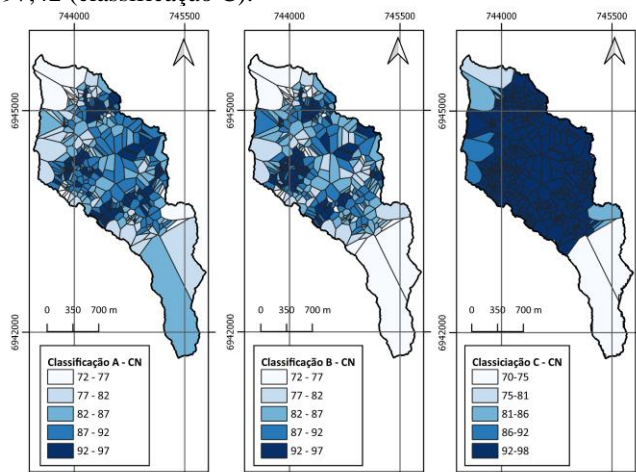


Figura 3. CN para as diferentes classificações do uso e ocupação do solo.

Os valores de CN da classificação C apresentaram uma maior homogeneidade na área central da bacia, com valores que indicam um alto nível de impermeabilização. Enquanto as classificações A e B apresentaram maior heterogeneidade na mesma área e bastante similaridade entre si. As diferenças médias entre os valores de CN foram de 2,66% entre as A e B, 11,35% entre B e C e, 11,24% entre A e C.

Já os menores valores de CN, que indicam condições mais elevadas de capacidade de infiltração foram encontrados nas regiões próximas as cabeceiras sul e norte da bacia, locais com predomínio de vegetação densa. Já nas classificações A e B se teve valores intermediários de CN, devido a interface entre áreas urbanas e áreas vegetadas, especialmente de parques e/ou jardins.

## 4. DISCUSSÃO

Ainda que a cidade de Florianópolis-SC possua uma taxa de crescimento populacional de 2,10% ao ano [19], as regiões de maior expansão urbana estão nas porções norte e central da ilha, de modo que a bacia do rio do Meio se localiza em uma região em que o crescimento urbano está relativamente consolidado [20].

Desse modo, na classificação C do ano de 2020, que corresponderia a uma imagem mais próxima da realidade atual, pode estar superestimada com 22,54 e 32,41% de área urbana maior que as classificações A e B, respectivamente. Isso pode estar associado à baixa resolução espacial de 30 m, especialmente por se tratar de uma bacia pequena.

A classificação do solo do MapBiomas tem como principal objetivo o de produzir mapas anuais de uso e cobertura do solo para todo o Brasil. Por isso a resolução espacial é menor, indicando que, para bacias pequenas não é a fonte de dados mais adequada, inclusive no próprio site é mencionado que é ideal para trabalhar em escala 1:100.000.

No que diz respeito à classificação do uso e ocupação do solo supervisionada como auxílio para estudos hidrológicos, a ferramenta se mostra bastante útil e eficiente já que visualmente as classificações A e B se mostram bastante fiéis às imagens. Entretanto, é importante ressaltar que não foram calculados os coeficientes Kappa de concordância, para verificar e assegurar a acurácia do método. Já que o método de classificação utilizado pode gerar influência nos valores de CN obtidos *a posteriori* [18].

Em contrapartida, [21] aplicou diferentes métodos de classificação (manual, supervisionado e não supervisionado), não encontrando diferenças significativas entre os CN, o que corrobora com o indicado neste trabalho, de que as diferenças observadas estão mais relacionadas com a imagem selecionada e não tanto com o método de classificação aplicado.

Originalmente desenvolvido para pequenas bacias agrícolas, o SCS-CN é um dos métodos mais populares para o cálculo de escoamento superficial, isso se deve ao fato de ser simples, estável e de fácil compreensão e aplicação, atualmente sua aplicação se estendeu a bacias rurais e urbanas [17].

A utilização do CN pode ser uma saída relativamente simples e fácil de aplicar que pode resultar em estudos hidrológicos importantes, especialmente em locais em que não possuem longas séries históricas, como é o caso da bacia do rio do Meio e a realidade de diversas bacias brasileiras.

Ainda que com algumas diferenças entre si, os resultados desse trabalho convergem para uma maior taxa de impermeabilização do solo na parte central da bacia, com valores similares aos resultados obtidos neste trabalho, a bacia do rio Criciúma os valores de CN variaram de 80,2 a 92,4 a partir da classificação de ortofotos em escala 1:2000 segmentada no sistema SPRING [16].



## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostra que o cálculo do CN está diretamente relacionado à qualidade e características do uso e ocupação do solo. Por se tratar de uma bacia de pequeno porte, os valores foram bastante afetados devido à classificação do solo feita com base em uma imagem de satélite de baixa resolução espacial (Classificação C), comparada às demais classificações realizadas (Classificação A e B).

Com esse trabalho também observou-se que as imagens de 2010 e 2016, ainda que possuam resolução espacial diferentes e sejam de anos diferentes, não geraram grandes diferenças nos valores de CN das sub-bacias. Possivelmente porque a bacia do rio do Meio possui uma mancha urbana bastante consolidada em que houve grandes expansões da mancha urbana. Além disso, ressalta-se que as classificações de uso e cobertura do solo devem ser avaliadas quanto à acurácia, para trabalhos futuros recomenda-se o cálculo do coeficiente Kappa de concordância.

## 8. REFERÊNCIAS

- [1] M. H. Ramos, C. Viana, and M. Baptista. Classificação dos solos de Belo Horizonte segundo grupos hidrológicos do U.S Soil Conservation Service. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 9 (pp.), 1999.
- [2] X. Zhan and M.-L. Huang. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. *Environmental modelling & software*, 19 (v.), pp. 875–879, 2004.
- [3] D. S. Deshmukh, U. C. Chaube, A. E. Hailu, D. A. Gudeta, and M. T. Kassa. Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use land cover change, observed rainfall-runoff data and land slope. *Journal of Hydrology*, 492 (v.), pp. 89–101, 2013.
- [4] Z. A. Cunha, S. Beskow, M. M. Moura, and A. A. Steinmetz.. Aplicabilidade do método número da curva (CN/SCS) com base em valores de CN tabelados: estudo de caso na bacia hidrográfica do Arroio Cadeia. *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 8 (pp.), 2017.
- [5] S. K. Mishra and V. P. Singh. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) methodology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003.
- [6] T. R. Bondelid, R. H. McCuen, and T. J. Jackson. Sensitivity of SCS models to curve number variation. *Journal of the American Water Resources Association*, 18 (v.), pp. 111–116, 1982.
- [7] V. M. Ponce and R. H. Hawkins. Runoff curve number: Has it reached maturity?. *Journal of Hydrologic Engineering*, 1 (v.), pp. 11–19, 1996.
- [8] R. C. Pompermayer. *Modelagem hidrológica: técnicas de geoprocessamento aplicadas ao modelo SCS Soil Conservation Service Curve Number*. Dissertation, UFMG, Belo Horizonte, MG, 77 (pp.), 2013.
- [9] E. M. Lapolli. Processamento de imagens digitais : uma abordagem utilizando conjuntos difusos. Thesis, UFSC, Florianópolis, 206 (pp.), 1994.
- [10] C. G. Messias and J. E. Ayer; Classificação de Imagens Digitais Landsat 8 no software ENVIi: Material teórico-prático. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, pp. 7372–7417, 2017.
- [11] D. Cohenca and R. Carvalho. Comparação de métodos de classificação OBIA, Máxima Verossimilhança e Distância Mínima em imagem OLI/Landsat-8 em área de alta diversidade de uso do solo. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa, pp. 1305–1042, 2015.
- [12] C. K. Matsukuma. *Análise comparativa de algoritmos de classificação digital não-supervisionada, no mapeamento do uso e cobertura do solo*. Dissertation, USP, Piracicaba, SP, 84 (pp.), 2002.
- [13] T. F. C. Freitas, G. F. Heinrich, F. K. Wu, T. M. Tsuji, P. K. Uda, and A. R. Finotti. Levantamento da rede de drenagem urbana na bacia do Rio do Meio, Florianópolis-SC. *Anais Encontro nacional de águas urbanas e Simpósio de revitalização de rios urbanos*, Brasília, 10 (pp.), 2022.
- [14] A. Sartori, F. L. Neto, and A. M. Genovez. 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. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10 (v.), pp. 5–18, 2005.
- [15] C. E. M. Tucci, *Modelos hidrológicos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1998.
- [16] K. Pickbrenner, M. C. Pedrollo and A. Risso. Determinação do CN utilizando geoprocessamento: Simulação hidrológica na bacia do rio Criciúma. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, João Pessoa, 2005
- [17] S. K. Mishra, A. Pandey and V. P. Singh. Special issue on soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(v.): 1157-1157(pp.), 2012.
- [18] G. W. Nagel, F. S. Terra, J. S. Oliveira, I. Horák-Terra and S. Beskow. Cálculo da curva número para bacia hidrográfica urbana utilizando diferentes abordagens de classificação para imagem orbital RapidEye: estudo de caso para o arroio Pepino (Pelotas, RS). *Pesquisas em Geociências*, 47 (v.):18 (pp.), 2020.
- [19] IBGE. *Monografias municipais: Florianópolis*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- [20] D. G. Alves and L. R. Silva. Análise do processo da expansão urbana no município de Florianópolis. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial*, Florianópolis, 2018.
- [21] J. V. F. Sonogo, “Análise comparativa do escoamento superficial para diferentes métodos de classificação de uso do solo,” thesis, UFRGS, Porto Alegre, 2021