



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020**

### **ANÁLISES DE FATORES INFLUENCIADORES EM UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

**Gercio Michael Santana Machado<sup>1</sup>; Eduardo Henrique Borges Cohim Silva e  
Juliana Farias Araujo<sup>3</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:  
[michaelgercio@gmail.com](mailto:michaelgercio@gmail.com)

2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:  
[edcohim@gmail.com](mailto:edcohim@gmail.com)

3 Participante do grupo de pesquisa Saneamento Sustentável, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de  
Feira de Santana, e-mail: [julianafariaz1996@gmail.com](mailto:julianafariaz1996@gmail.com)

**PALAVRAS-CHAVE:** Água Pluvial; Captação; Telha Cerâmica.

### **INTRODUÇÃO**

O dimensionamento adequado de reservatórios busca aumentar a eficiência de um sistema de captação de água de chuva, uma vez que o equilíbrio entre área de captação e volume do reservatório tendem a reduzir os desperdícios e prejuízos decorrentes de um mau dimensionamento, otimizando inclusive, o aspecto econômico do sistema.

O uso de aplicativos apresenta elevada eficiência no que se refere ao processamento das informações e geração de resultados para o sistema, pois leva em conta diversos agentes em que o sistema se encontra em exposição, entretanto, os seus resultados são baseados apenas em modelos teóricos, o que leva à necessidade de validação desses resultados. O software que foi levado a teste para tais dimensionamentos no trabalho foi o TOROH Gioffoni (2019), o qual foi desenvolvido por Vinícius Velanes Giffoni no mestrado de engenharia civil e ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana em sua época de mestrando.

Portanto, este trabalho objetiva validar as teorias de dimensionamento dos sistemas de captação de águas pluviais a partir da análise das variáveis que interferem nesse sistema. Para isso, foram realizados ensaios para caracterizar os elementos construtivos envolvidos na captação e armazenamento de água de chuva, como ensaio de absorção e perda de umidade. Além disso, foram comparados métodos de dimensionamento como o SCS e Racional.

### **MÉTODO**

➤ **Ensaio com o corpo-de-prova**

○ **Ensaio de Absorção**

Mormente, fazem-se as pesagens dos corpos de prova, ao saírem da estufa, para obter a massa seca ( $m_s$ ) e posteriormente submete-los aos devidos processos de obtenção de umidade, com a imersão total numa bacia com água por 24 horas a fim de encontrar a massa úmida ( $m_u$ ). Assim foi possível descobrir duas variáveis para o cálculo do AA que é executado com a Equação 1.

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

- **Perda de umidade**

Expor os corpos em submersão por 24 horas, assim, atingem a umidade total, absorvendo o máximo de água possível. Após essa etapa, foram feitas medidas no ambiente, para reconhecer as perdas, de duas em duas horas, começando às 10 horas da manhã e terminando às 18 horas, percorreu 3 dias até a massa estabilizar.

- **SCS e Racional**

A área de estudo foi fixada em 80m<sup>2</sup> na região de Feira de Santana-BA, levando em consideração, também, a precipitação anual da cidade que é de 664mm/ano pelo espaço de tempo de 1998 a 2017 da série histórica retirada no site ANA (Agência Nacional de Águas).

- **Método SCS-CN (Soil Conservation Service - Curve Number)**

O que define a eficiência desse método é seu parâmetro CN, o qual tem um valor fixo não só na análise comparativa de métodos como também é utilizado no software estudado no trabalho. Utilizando os dados de Cavalcanti (2010), Althof (2012), e Silveira (2018) para a correlação entre o volume efetivamente escoado e o modelado através do SCS-CN gerou resultados satisfatórios, o CN obtido através dos mínimos quadrados foi de 99 (R<sup>2</sup>=0,955) (FREITAS; VELOSO, 2019).

A equação empírica que utilizando a relação entre o volume do escoamento sobre a telha com a precipitação e características hidrológicas está descrita na Equação 2:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (\text{com } P > Ia; \text{ se } P \leq Ia \text{ então } Q = 0) \quad (2)$$

Em que, as variáveis Q, P, Ia e S, são respectivamente precipitação excedente, precipitação acumulada durante evento, estimativa de perdas iniciais e capacidade de armazenamento, todos em milímetros. A estimativa de perdas iniciais tem valores estimados em  $Ia = 0,2S$  (COLLISCHONN, 2013).

O número de escoamento, CN, está relacionado com o parâmetro S através da Equação 3.

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

- **Método Racional**

A seguir encontra-se a Equação 4.

$$Q = P \cdot A \cdot C \quad (4)$$

Em que, Q representa o escoamento (m<sup>3</sup>/s), C, o coeficiente de escoamento constante, o qual foi adotado 0,8 para o trabalho, além disso, as variáveis P e A que representam precipitação (mm) e área (m<sup>2</sup>), respectivamente.

- **Análise do aplicativo**

Através de análises pelo Excel, foram feitas comparações de resultados do aplicativo com os resultados do Excel utilizando testes de hipótese, onde o programa já tinha as variáveis necessárias salvas, que são precipitação, potencial de atendimento, Fd, curver number e λ, com as devidas fórmulas postas a fim de encontrar uma área e um volume equilibrado com determinado Fd.

- **Ganho de umidade**

Utilizou-se o método SCS-CN para o cálculo desse tópico, sendo pego como base para encontra a variável “S” e a relação com o fator CN. Com a massa seca e úmida e a área obteve então a relação água/superfície. Assim, com a massa seca e a úmida foi possível achar a capacidade de água no material, e para cálculo de área foi visto que uma telha é ¼ da área lateral de um tronco de cone.

O que se buscava era a quantidade de precipitação necessária até a telha saturar e começar a haver o escoamento superficial, portanto, zerou-se o escoamento e foram procedidos os cálculos.

## RESULTADOS PROPOSTOS/ALCANÇADOS

### ➤ Umidade inicial

Tabela 1: características das telhas ao passar por testes

Corpos-de-prova	Massa temp. amb. (g)	Massa após estufa (g)	Umidade máxima (g)	Absorção de água (%)
Telha I	1365,3	1362,3	1473,7	8,177
Telha II	1350,5	1345,5	1457	8,287
Telha III	1357,7	1354,1	1464,8	8,175

Na Tabela 1, é possível saber a massa que têm em temperatura ambiente, observa-se os resultados após a exposição ao calor da estufa, fazendo perder toda umidade e obter a massa seca. Também, percebe-se a máxima com umidade total e com esses resultados se chega ao resultado de Absorção de água, na média ficou 8,213%, de acordo com a norma o aceitável é abaixo de 20%.

### ➤ Exposição ao ambiente

Tabela 2: pesagens dos corpos-de-prova, em gramas, com intervalos até a estabilização

dias	dia 1			dia 2			dia 3		
horas	telha 1 (g)	telha 2 (g)	telha 3 (g)	telha 1 (g)	telha 2 (g)	telha 3 (g)	telha 1 (g)	telha 2 (g)	telha 3 (g)
10	1474,5	1457,5	1464,9	1418,4	1398,4	1401,6	1386,5	1364,8	1368,6
12	1468,1	1449,9	1456,7	1404,7	1382,8	1386,6	1372,3	1353,6	1359,3
14	1440,4	1421,4	1426,5	1399,2	1376,9	1381,8	1367,2	1349,3	1357,3
16	1430	1410,3	1415,1	1395,9	1373	1378,3	1364,7	1347,1	1355,6
18	1425,1	1404,7	1409,5	1393	1369,9	1375,2	1364,2	1347	1355,2

Foram adotadas medições de pesos de 2 em 2 horas com intervalos entre um dia e outro para obter as massas das telhas cerâmicas em exposição ao ambiente, onde vai perdendo a sua umidade, a qual estava máxima, até se estabilizar numa massa, que é considerada o peso médio em ambiente. Todo o processo durou exatos 3 dias como estão descritos na Tabela 2.

### ➤ Análise de métodos

Tabela 3: comparação dos resultados de volume de reservatório (em litros) dos métodos usando as respectivas demandas descritas na tabela

Volume do reservatório de cada sistema (L)												
Patend (%)	Demanda											
	36 L/dia		73 L/dia		91 L/dia		127,5 L/dia		146 L/dia		182 L/dia	
	SCS	Racional	SCS	Racional	SCS	Racional	SCS	Racional	SCS	Racional	SCS	Racional
50	187,44	91,57	530,76	259,5	778,55	381,4	1.571,15	769,02	2.227,00	1.073,74	4.667,08	2.137,75
75	605,43	361,85	1.922,06	1.187,93	3.012,65	1.839,26	8.427,03	4.428,29	33.582,16	8.038,23	-	-
85	1.021,57	664,97	3.334,21	2.229,20	5.385,03	3.441,75	14.473,09	10.093,19	-	-	-	-
90	1.380,92	940,12	4.491,63	3.088,68	7.667,60	4.912,08	26.491,44	20.359,19	-	-	-	-
95	1.962,98	1.420,33	6.777,78	4.532,87	11.626,85	7.650,84	-	-	-	-	-	-

Os resultados da Tabela 3 mostram que o método SCS é mais conservador em relação ao Racional, pois o Racional subdimensiona o tamanho do reservatório interferindo na eficiência da coleta de água pluvial. Entrando numa demanda maior, como as 3 últimas demandas da tabela, é possível perceber que os dois métodos passam a perder credibilidade de atendimento e dimensionamento a partir de pontos cada vez mais próximos com esse aumento.

### ➤ **Análise do aplicativo**

Foram então feitas diversas análises de cidades modelos de cada região da Bahia, foi escolhida com exemplo a cidade de Serrinha. Sendo assim, conseguiu-se chegar em resultados bem próximos ao do aplicativo através do Excel, validando-o então em parte. Porém, nas análises com dados de precipitação mais antigos foram observadas diversas divergências e resultados irregulares, onde não se chegou a uma conclusão do erro.

### ➤ **Ganho de umidade**

Obtendo a capacidade de água na telha e a área prosseguiu o cálculo para achar o “S” pela Equação 5, explicada na metodologia.

$$S = \frac{\text{Capacidade}}{\text{Área}} = 1,27 \text{ mm} \quad (5)$$

Aplicando os resultados nos devidos cálculos chegou então no resultado de 0,254 mm de precipitação diária e 5 dias até começar haver escoamento. Aplicando o “S” encontrado o resultado do CN é igual a 99,5, e o adotado para trabalho com o determinado tipo de superfície foi 99.

Foi adotada uma AA diferente como exemplo, de 20%, o que infere um novo valor de massa úmida. Chega-se a “S” de 3,07, o que implicou numa precipitação diária de 0,614 mm por cerca 5 dias, também, até começar haver escoamento superficial. Por consequência o CN encontrado foi 98,8, reafirmando o adotado pelo trabalho.

## **CONCLUSÃO**

Este trabalho possibilitou que fosse melhor conhecidos os sistemas de captação e reservatórios de água de chuva, principalmente em relação a parte da captação. Houve uma maior caracterização das telhas cerâmicas, em que a perda de umidade mostrou que são necessários cerca de 3 dias até o peso se estabilize no considerado equilibrado. A Absorção de água pela norma ABNT NBR 15310:2005 tem que ser inferior a 20%, e a telha apresentou aproximadamente 8,2%, passando no teste. Em relação ao ganho da massa, utilizou-se dois AA que chegaram a resultados de CN próximos. Portanto, na prática foi validado o CN adotado pela teoria de 99 para o trabalho.

O método SCS-CN consegue adequar mais o parâmetro CN, por conta de sua abrangência de fatores mais elevada, o que torna esse método mais preciso e confiável. Com análise parcial do aplicativo TOROH, validou-se os cálculos teóricos como precisos quando comparados a resultados do Excel.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E OUTRAS**

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em fevereiro de 2020.

COLLISCHONN, W.; Dornelles, F. **Hidrologia para engenharias e ciências ambientais**. 1 ed. Porto Alegre: Associação brasileira de recursos hídricos: ABRH, 2013.

FREITAS, João Jorge de Souza Ortins de; VELOSO, Vinícius Velanes Borges Giffoni. Análise Comparativa Entre o Método Racional e SCS-CN Diante Do Processo De Escoamento Superficial Em Telhados Cerâmicos De Sistemas De Coleta De Água De Chuva Na Cidade De Feira De Santana-BA. 30º Congresso Abes 2019, Natal, v. 1, n. 1, p. 1-8, jun. 2019.

GIFFONI, V. V. Otimização do sistema de captação e armazenamento de água de chuva no semiárido baiano. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2019.