

## INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

**Título do Trabalho: Avaliação experimental da eficiência na retenção de sedimentos sólidos, em um reservatório separador de primeiras águas da chuva**

**Autor (es): Gabriela Cristina Marcelino, Emily Louise Silva Amaral, Leandro Alves Evangelista, Lineker Max Goulart Coelho e Vinícius José de Aguiar Gomes Costa**

**Palavras-chave: Reservatório separador de primeiras águas, Aproveitamento de água da chuva, Avaliação experimental.**

**Campus: Santa Luzia**

**Área do Conhecimento (CNPq): 3.07.01.00-7 Recursos Hídricos**

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação experimental de um reservatório de separação de primeiras águas da chuva. Primeiramente, dimensionou-se de forma regionalizada o volume de um reservatório separador de primeiras águas (RSPA), concebido a partir de uma vazão dada pela chuva de projeto, calculada pelo método racional. Posteriormente elaborou-se uma geometria para o RSPA, objetivando-se avaliar de forma experimental a sua eficiência na retenção de material particulado sólido (sedimentos). Para a avaliação, produziu-se dois tipos de sedimentos a partir de um processo de peneiramento, utilizando-se peneiras com aberturas padronizadas pela associação brasileira de normas técnicas (ABNT), resultando em diâmetro dos grãos observados pela literatura. Os sedimentos produzidos, foram utilizados para a construção de uma curva de calibração de um aparelho medidor de cor aparente, objetivando-se analisar a concentração de sólidos totais de forma indireta. O experimento consistiu em, inicialmente, calcular uma chuva de projeto que resultou em um volume útil para o RSPA. A partir do volume, elaborou-se uma geometria para o mesmo que atendessem aos critérios estabelecidos pelos cálculos. Construiu-se a geometria elaborada e um sistema de alimentação para o experimento, utilizando-se tubos e conexões de Policloreto de Vinila (PVC). Após a construção e montagem do sistema, fez-se escoar pelo RSPA, uma vazão correspondente a chuva de projeto calculada com a introdução dos sedimentos produzidos. Durante experimento realizou-se amostragens na saída do RSPA, e essas foram submetidas a uma análise de cor aparente, convertendo-se os valores para sólidos totais com auxílio da curva de calibração elaborada. Com os dados obtidos, avaliou-se sua eficiência na retenção dos sedimentos inseridos. O volume do RSPA calculado, mostrou-se muito inferior ao prescrito pela norma vigente no Brasil, gerando economia no descarte das primeiras águas da chuva e os resultados indicam que a geometria escolhida do RSPA foi eficiente do ponto de vista experimental para a retenção de sólidos.

## INTRODUÇÃO:

Os sistemas para aproveitamento de água da chuva, em sua forma mais básica, é composto por cinco elementos, sendo eles: O reservatório de acumulação, com a função de armazenagem da água das chuvas; O RSPA, responsável pela retenção e descarte das primeiras águas das chuvas; Os filtros e telas, com principal objetivo, reter folhas e materiais grosseiros carregados pelas águas das chuvas; As canaletas e tubulações, responsáveis por conduzirem à água da chuva por todo o sistema de aproveitamento; E a área de captação, que corresponde à área da edificação, onde ocorrerá a coleta da água precipitada, geralmente são os telhados e lajes.

Atualmente, a norma vigente no Brasil que prescreve diretrizes para o aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, é a norma regulamentadora da Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) NBR-15527:2007. Esta, prescreve a implantação das partes de um sistema para aproveitamento de água da chuva, sem considerar os efeitos decorrentes das diversas regiões e climas do país. Em especial, a norma prescreve que quando for implantado um dispositivo para descarte da água inicial, o RSPA, sem o dimensionamento de um projetista, recomenda-se o descarte de 2mm da precipitação inicial. Como esse item prescrito, não leva em consideração quaisquer parâmetros relativos a regionalização ou configurações geométricas do RSPA utilizado, a sua adoção pode conceber um descarte de água da chuva escusável ou aquém do necessário. Com esta perspectiva, este estudo objetiva-se em dimensionar e elaborar um modelo de RSPA, e em seguida avaliar experimentalmente a sua eficiência, quanto a retenção de sedimentos sólidos.

## **METODOLOGIA:**

### **Vazão correspondente a chuva de projeto e volume do RSPA**

Determinou-se a vazão correspondente a chuva de projeto utilizando-se o método racional, dada pela equação (1):

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (1)$$

A intensidade média da chuva foi calculada utilizando-se a equação IDF, que correlaciona a intensidade, duração e frequência da chuva, corrigidos por parâmetros empíricos de cada região. Dada pela equação (2):

$$I = \frac{k \times T_r^a}{(t+b)^c} \quad (2)$$

Para a determinação dos parâmetros empíricos  $k$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ , utilizou-se o software Pluvio 2.1, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, que determina os parâmetros da equação IDF para diversas cidades do Brasil. Nos cálculos, utilizou-se os parâmetros referentes a cidade de Belo Horizonte – MG, encontrando-se os valores,  $k = 682,93$ ,  $a = 0,169$ ,  $b = 3,994$ ,  $c = 0,671$ . Na determinação da intensidade da chuva de projeto, utilizou-se o tempo de retorno de 1 ano e duração da chuva de 25 minutos. Para à área de captação, adotou-se 80 m<sup>2</sup>, área comum em coberturas de residências de pequeno a médio porte. Encontrando-se a vazão correspondente a chuva de projeto, calculou-se o tempo de enchimento do volume útil do RSPA, segundo a metodologia utilizada por Mierzwa *et al.* (2007), que propõe a utilização da equação (3):

$$t = -\frac{2 \times A}{a^2} \left[ Q \times h \left( \frac{Q - a\sqrt{h}}{Q - a\sqrt{L \times i}} \right) + a(\sqrt{h} - \sqrt{L \times i}) \right] \quad (3)$$

Onde:

- $a$  é o coeficiente de correção hidráulico, dado pela equação (4):

$$a = \frac{p \times D^2}{4} \times \frac{1}{\sqrt{C}} \times \sqrt{2 \times g} \quad (4)$$

Onde:

- C é o coeficiente relacionado aos fatores de atrito, determinado pela equação (5), onde f é um fator de atrito de perda distribuída e k é fator de atrito de perda localizada.

$$C = 1 + f \times \frac{L}{D} + K \quad (5)$$

Empregando-se as equações (3), (4) e (5), obteve-se o tempo necessário de enchimento do volume útil do RSPA. Com esse tempo, determina-se o seu volume, utilizando-se a equação (6):

$$Q = V \times t \quad (6)$$

### Geometria do RSPA e construção do sistema de alimentação

A partir do volume obtido, planejou-se uma configuração geométrica do RSPA que armazenasse o volume calculado. Elaborou-se o projeto do RSPA e o sistema de alimentação, utilizando-se os seguintes materiais: Tubo de PVC com DN100 para entrada e saída do RSPA; Tubo de PVC com DN200 para o corpo do RSPA; CAPs de PVC com DN200 para fechamento do topo e base do RSPA; Adesivo PVC e fita veda rosca para conexão da entrada e saída com o corpo do RSPA. Em seguida, a construção do RSPA e sistema de alimentação foi realizada utilizando-se uma serra policorte e uma furadeira de bancada com broca do tipo serra copo.

### Preparação do material particulado e elaboração da curva de calibração

Afim de utilizar-se um material particulado composto, obteve-se o mesmo a partir do peneiramento de dois solos distintos. Realizou-se o peneiramento, passando-se ambos os solos individualmente, por peneiras granulométricas padronizadas, com as seguintes aberturas e nessa respectiva ordem: 2,36 mm, 1,00mm, 0,850mm, 0,500mm, 0,300mm, 0,150mm e 0,106mm. Obtido o material particulado, procedeu-se com a construção da curva de calibração utilizando-se o colorímetro HI727 da marca Checker. O intuito da construção da curva de calibração é obter o valor de sólidos totais da amostra de maneira indireta, em função da sua cor aparente. Para isso, fez-se uma mistura com concentração de 10g/l em um balão volumétrico de 1 litro e realizou-se a medição do valor de cor aparente, que extrapolou o valor máximo de leitura do colorímetro (500 PCU). A concentração foi reduzida pela metade, ou seja 5g/l, e realizou-se novamente a medição da cor aparente. A redução da concentração de sólidos totais pela metade, foi repetidamente realizada até que se encontrasse o valor de cor aparente igual a zero em duas leituras consecutivas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Determinação da cor aparente em função da concentração de sólidos totais

Concentração de sólidos totais (g/l)	Cor aparente (PCU)	Concentração de sólidos totais (g/l)	Cor aparente (PCU)
10,00000	500	0,15625	63
5,00000	500	0,07813	38
2,50000	500	0,03906	20
1,25000	450	0,01953	8
0,62500	243	0,00977	0
0,31250	138	0,00488	0

### Execução do experimento

O sistema de alimentação foi montado com os materiais prescritos anteriormente, como observa-se na Figura 1. O RSPA elaborado foi instalado firmemente no local pré-estabelecido como observa-se na Figura 1 (b). Com o sistema de alimentação montado, acoplado a entrada do RSPA e com os pontos de coleta e deposição de sedimentos verificados, iniciou-se o experimento com a abertura do registro presente na alvenaria. A água iniciou o escoamento pela tubulação de DN100, e quando passou pelo ponto de depósito do sedimento, Figura 1 (a), inseriu-se 10g da mistura dos sedimentos preparados. Com a água escoando pelo sistema, o RSPA seguia enchendo até atingir o seu volume útil, quando iniciava-se o escoamento por sua tubulação de saída. Nesse instante, fez-se a coleta de uma amostra de 200ml, pelo ponto de amostragem conforme identificado na Figura 1 (c). A partir da primeira coleta, realizou-se outras 4 amostragens espaçadas a cada 30 segundos, contemplando um tempo total de aproximadamente 3 minutos de experimento. As amostras coletadas foram numeradas de 1 a 5 pela ordem de amostragem e encaminhadas para análise de cor aparente, onde posteriormente obteve-se a sua concentração de sólidos totais, com auxílio da curva de calibração do colorímetro.



Figura 1 – Santa Luzia – Sistema experimental montado (a) Dosagem de sedimento; (b) RSPA; (c) ponto de amostragem.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

#### Vazão correspondente a chuva de projeto e volume do RSPA

Conforme descrito, utilizou-se o método racional para calcular a vazão esperada pela chuva de projeto, adotando-se um tempo de 25 minutos de duração da chuva, e com esses dados obtendo-se uma vazão de 1,58 l/s. Utilizando-se a metodologia empregada por Mierzwa *et al.* (2007), calculou-se o tempo necessário para encher o volume útil do RSPA de 11,91s. Posteriormente obteve-se o seu volume, de 18,81l, relacionando-se o tempo de enchimento com a vazão da chuva de projeto.

#### Geometria do RSPA e construção do sistema de alimentação

Elaborou-se a geometria do reservatório separador de primeiras águas, conforme a Figura 2. A tubulação de entrada encontra-se a 5cm do topo do RSPA e a tubulação de saída está a 20 cm do mesmo. Abaixo da tubulação de saída, possui um comprimento de 60 cm em tubulação com DN200, sendo essa a

altura útil correspondente ao volume calculado. Com relação ao sistema de alimentação, a Figura 1, conforme já apresentado, mostra o esquema de montagem do sistema de alimentação para simulação da chuva de projeto. Observa-se a saída do ponto d'água e entrada do sistema a esquerda da figura, até a entrada do reservatório a direita.



Figura 2 – RSPA construído

### **Preparação do material particulado e elaboração da curva de calibração**

O material passante pela peneira com abertura de 0,106mm na realização do peneiramento, resultou no sedimento utilizado no experimento, Figura 3.



Figura 3 – Sedimento obtidos por peneiramento

Com o sedimento obtido, construiu-se a curva de calibração do colorímetro realizando-se a metodologia já mencionada. Obteve-se os dados de cor em função da concentração de sólidos totais de todo o intervalo de leitura do instrumento utilizado, construindo-se assim a curva de calibração mostrado na Figura 4, feita em escala logarítmica de base 10.

### **Execução do experimento**

Inseriu-se no sistema 10g de sedimento, o que corresponde-se a concentração de sólidos totais de aproximadamente 0,53g/l dentro do RSPA. Realizou-se a análise de cor aparente nas amostras coletadas e converteu-se os resultados para concentração de sólidos totais, utilizando-se a curva de calibração do colorímetro elaborada, conforme a Tabela 2.

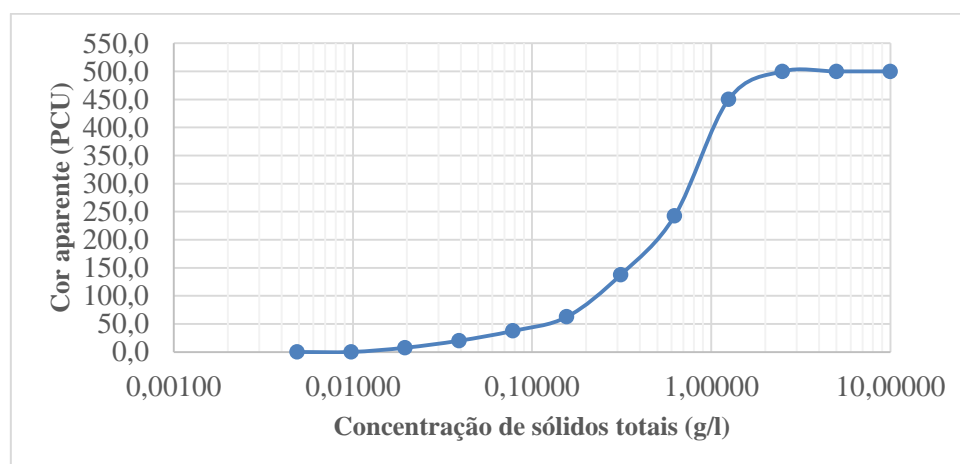


Figura 4 – Curva de calibração do colorímetro

Tabela 2 – Dados obtidos das amostragens

Nº da amostra	1	2	3	4	5
Cor aparente (PCU)	40	65	5	0	0
Concentração de sólidos totais (g/l)	0,085	0,17	0,016	0	0

Com os resultados, observou-se uma concentração mais alta de sedimento nos primeiros minutos de ensaio e um ligeiro aumento de concentração entre as amostras 1 e 2. Agregando-se a esse resultado, salienta-se que no início do experimento os sedimentos têm menos tempo para decantar, observou-se ainda visualmente, a formação de turbulência nos primeiros instantes, o que corroborou com a ideia de a causa da concentração alta no início do experimento, ter se dado por esses dois fatores. Da terceira amostra em diante, observa-se que a concentração de sólidos totais reduz bruscamente até atingir o valor zero, o que deve-se a uma estabilização do fluxo e diminuição da turbulência dentro RSPA, somado ao fato de que nesses instantes, os sedimentos tiveram mais tempo para decantar.

Ressalta-se que após o experimento, drenou-se o RSPA e notou-se grande quantidade de sólidos depositados no fundo, evidenciando-se a eficiência na retenção desses.

## CONCLUSÕES:

O volume do RSPA encontrado, considerando-se todos os parâmetros adotados e calculados de maneira regionalizada, é de aproximadamente 20 litros, muito inferior ao recomendado pela norma 15527:2007, que prescreve o descarte dos primeiros 2mm de chuvas na falta de um projetista, o que conceberia um RSPA de 160 litros, para uma cobertura de 80m<sup>2</sup>. O material particulado utilizado no experimento apresentava diâmetros dos grãos inferiores a 0,106mm, em acordo com o material particulado encontrado na atmosfera observado pela literatura. Os dados obtidos com os ensaios e na construção da curva de calibração do colorímetro, resultaram em dados coerentes e que não apresentavam discrepâncias, correspondendo a resultados fidedignos. A geometria adotada para o RSPA se mostrou eficiente para a retenção dos sólidos utilizados. No início da realização do experimento, observou-se um aumento da concentração de sólidos totais na saída do RSPA, com um pico máximo observado de 0,17g/l, que

provavelmente foi causada devido a turbulência durante o enchimento. Esse valor máximo observado está abaixo da concentração de sólidos totais dentro RSPA, e foi reduzido bruscamente, o que observa-se a partir da terceira amostragem.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527. **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. **Captação e Aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 16p.

FERREIRA, Victor Hugo Cavalcanti. **Identificação das fontes de material particulado atmosférico fino e grosso no Distrito Federal empregando marcadores iônicos solúveis em água**. 2016. 106 p. Dissertação (Mestrado em química)- Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

JEANETTE, L. Jessica; **Water Quality And The First-Flush Effect - In Roof-Based Rainwater Harvesting**. 2010.

MARTINSON, D. B. e THOMAS, T.H. **Quantifying the First-Flush Phenomenon: Effects of First-Flush on Water Yield and Quality**. 9p.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; Silva, M. C. C.; RODRIGUES, L. **Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado**. 2007.

OLIVEIRA, Jade B.; BOUROTTE, Christine L. M. **Caracterização Geoquímica Da Poeira De Rua E De Solos Adjacentes E Suas Implicações Ambientais No Campus Da Universidade De São Paulo** in Anais do XVI Congresso Brasileiro de Geoquímica, Búzios, 2017. 5p.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

UNICEF E OMS. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene**. 2017. Disponível em: <[https://www.unicef.org/publications/index\\_96611.html](https://www.unicef.org/publications/index_96611.html)>. Acesso em: 31 jul. 2018

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico]**/Luciano Zanella. -- São Paulo: IPT -Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. -- (Coleção IPT Publicações /coordenadores Luciano Zanella, Guilherme Mariotto, Mariana de Toledo Marchesi).

#### **Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:**

Não houveram.