

## ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DE UM DISPOSITIVO DE BIORRETENÇÃO

*Marina de Paula Moura<sup>1\*</sup> & Laura Honório de Oliveira Silva<sup>2</sup> & Valquernei Jesus da Silva<sup>3</sup> & Lucas Tardelly Lins Mariz Ferreira<sup>4</sup> & Renata Maria Barros Braga<sup>5</sup> Vladimir Caramori Borges de Souza<sup>6</sup> & Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves<sup>7</sup>*

**Resumo** – Visando a melhoria do processo de infiltração das águas pluviais em um lote, o sistema de biorretenção é utilizado como uma compensação de áreas impermeáveis, melhorando a problemática da drenagem urbana em espaços construídos. A continuidade de estudos relacionados ao tema tem relação com a necessidade de compreender e atestar a eficiência dos dispositivos em todos os eventos chuvosos possíveis. O presente estudo apresenta-se com o propósito de avaliar o funcionamento de um jardim de chuva instalado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas em eventos de chuvas extremas e não extremas, em analogia com os dados de projeto utilizado para o dimensionamento do dispositivo. Através da análise dos dados percebeu-se que a biorretenção foi capaz de promover a infiltração em grande parte dos eventos, incluindo os de chuva intensa, é possível notar a eficiência da biorretenção como uma técnica do tipo controle na fonte.

**Palavras-Chave** – Técnica compensatória, tempo de retorno, biorretenção.

## ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF A BIORRETENTION

**Abstract** – Aiming to improve the process of infiltration of rainwater in a batch, the biorretention system is used as a compensation of impermeable areas, improving the problem of urban drainage in built spaces. The continuity of studies related to the theme is related to the need to understand and attest devices' efficiency in all possible rainy events. The present study aims to evaluate the functioning of a rain garden installed in the Technology Center of the Federal University of Alagoas in extreme and non-extreme rainfall events, in analogy with the design data used for the design of the device. Through data analysis it was noticed that biorretenation was able to promote infiltration in most of the events, including those of heavy rain, it is possible to note the efficiency of biorretenation as a technique of control at source.

**Keywords** – Compensatory technique, time of return, bioretention.

(1) \* Graduanda em Engenharia Civil, CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 3214-1004, e-mail: mm.marinamoura@gmail.com Afiliação: Times New Roman, 8 pt e e-mail.

(2) Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 3214-1278, e-mail: laurahonorios@gmail.com

(3) Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (71) 9293-2967, e-mail: valquernejesus@gmail.com

(4) Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 99926-4307, e-mail: lucastlmf@gmail.com

(5) Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 99604-4044, e-mail: renatabraga10@gmail.com

(6) Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 3214-1301, e-mail: vcaramori@yahoo.com

(7) Docente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, PPGRHS/CTEC/UFAL, Av. Lourival Melo Mota s/n. Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, CEP: 57072-900 fone: (82) 3214-1272, e-mail: marllus.neves@ctec.ufal.br

## INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2011), 84% da população vive em áreas urbanas, o que resulta no crescente processo de urbanização, não acompanhado de um planejamento de infraestrutura adequado na maioria das cidades brasileiras. Como consequência esse crescimento trouxe consigo impactos significativos relacionados não apenas aos desastres ambientais que ocorrem durante episódios de intensa precipitação, mas também a alteração do ciclo hidrológico das bacias hidrográfica sob vários aspectos, balanço hídrico, enchente e estiagem (Tucci, 1995), para compensar essas alterações e minimizar os impactos, se encaixam as técnicas LID (Desenvolvimento de Baixo impacto).

A biorretenção, também conhecida como jardim de chuva, apresenta-se como uma técnica LID e compensatória ao efeito da urbanização, tem como função favorecer a infiltração das águas pluviais melhorando sua qualidade por meio de processos físicos e biológicos. Esse sistema consiste em pequenas áreas que são escavadas e preenchidas com uma mistura de solo de alta permeabilidade e matéria orgânica, projetados para maximizar a infiltração (Roy-Poirier et al. 2010) e melhorar a qualidade da água (Davis, 2007).

Esses procedimentos ecológicos são semelhantes aos que ocorrem antes da urbanização e com isso, talvez, são considerados como a melhor técnica atual, para restaurar o ciclo hidrológico em áreas urbanas (Liu et al. 2014). No entanto, no Brasil, a utilização da biorretenção está direcionada, por enquanto, apenas ao campo científico e, mesmo assim, de forma reduzida comparada ao contexto internacional. Uma problemática relacionada a aplicação desta técnica é o acontecimento de eventos de extrema precipitação, ou seja, aqueles que incluem chuvas intensas que provocam alagamentos nas zonas urbanas que possuem problemas relacionados a drenagem.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento hidrológico de uma biorretenção construída no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (CTEC), através do monitoramento de eventos chuvosos extremos e não extremos, e relacionando com os valores de projeto do dispositivo. Este trabalho está vinculado ao projeto de pesquisa “MAPLU 2 - Manejo de águas pluviais: monitoramento, modelagem, desenvolvimento de tecnologias de baixo impacto e de instrumentos para a gestão de águas pluviais em meio urbano”.

## METODOLOGIA

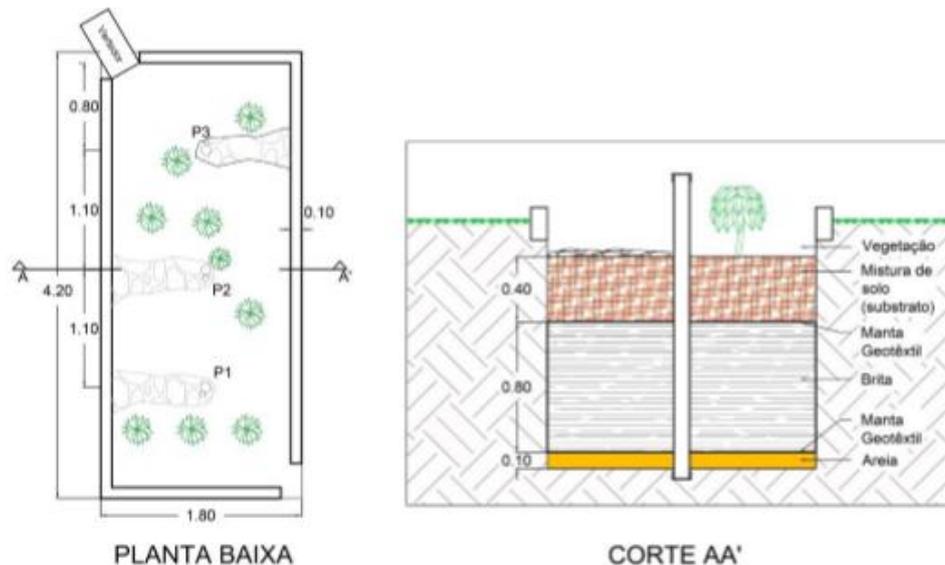
### Área de estudo e caracterização

A área de estudo está localizada no Centro de Tecnologia na Universidade Federal de Alagoas. O sistema foi construído em 2014, sendo projetado para receber contribuição de uma área equivalente à 374,5 m<sup>2</sup>, sendo deste 208,4 m<sup>2</sup> uma área permeável ao redor do sistema e 169,4m<sup>2</sup> de área de telhado e, portanto, impermeável.

De acordo com Rosendo (2013) a biorretenção foi projetada para absorver toda a quantidade de água excedente do escoamento superficial da área estudada, portanto foi dimensionada para um volume mínimo de 6,4m<sup>3</sup>, posteriormente, Menezes (2015) executou a construção do dispositivo

com um volume total de 8,32 m<sup>3</sup>. O dispositivo é composto por 3 camadas separadas por manta geotêxtil com espessuras de 10 cm, 80 cm e 40 cm de areia, brita e terra preta, respectivamente, sendo que nessa última camada, foi adicionada uma camada vegetal, para diminuir o efeito da compactação natural do solo e contribuindo para o volume de vazios do solo e aumentando a permeabilidade da água no solo.

Figura 1 - Planta baixa da biorretenção (à esquerda) e corte AA' detalhando as camadas constituintes (à direita).



### Coleta de dados e monitoramento

O monitoramento da biorretenção é feito pela análise do volume de água de chuva que infiltra no sistema e do volume de saída, essa medição é feita através da avaliação da altura do nível de água no interior do dispositivo. Para auxiliar esse processo foram instalados 3 tubos de 50mm (P1, P2 e P3), todos com sensores de nível, com coletas de dados a cada 1 minuto. Além desses sensores, há também um tubo com um sensor de nível, na camada de terra preta que também está sincronizado para registrar os dados a cada minuto e é utilizado para verificação do comportamento da percolação da água nessa primeira camada (Figura 1).

O volume de chuva é monitorado por meio de um pluviômetro de balsa com resolução de 0,2mm instalado nas adjacências do dispositivo, e o volume de entrada é verificado por meio de um vertedor com um sensor de nível, que coleta a água proveniente do telhado, através das tubulações que são conectadas nas calhas, sendo as vazões de entrada são obtidas com base na altura da água a começar com o nível zero na crista, conforme a Equação 1 estabelecida por calibração no laboratório de hidráulica do CTEC, é importante ressaltar que o coeficiente de correlação da curva de calibração foi de 0,9987.

$$Q = 0,0118H^{2,3172} \quad (1)$$

em que, Q é a vazão (l/s), H a carga hidráulica acima da crista (cm).



- 1 Vertedor de monitoramento da vazão da água proveniente do telhado;
- 2 Calhas dos telhados para coleta de água;
- 3 Tubulações para conexão das calhas do telhado para o vertedor;
- 4 Poços de coleta de amostras para análise da qualidade de água e pontos de nível;
- 5 Área permeável (grama).

Figura 2 – Dispositivo da biorretenção

### Análise de eventos

Após a coleta de dados e tratamento dos dados, foi possível analisar os eventos, os quais, em um primeiro momento, foram selecionados os eventos que geraram algum tipo de elevação do nível da biorretenção. Posteriormente, foi calculado, para cada evento, o volume precipitado, através do pluviômetro, o volume escoado, através do vertedor, e com essas duas informações foi possível encontrar o coeficiente de escoamento para cada evento.

A partir dos dados também foi possível verificar a altura máxima atingida no dispositivo e calcular a precipitação efetiva, através da equação 1, onde foi possível fazer análises comparativas entre os valores de projeto e os valores precipitados.

$$Pe = \frac{(P-0,2*S)^2}{(P+0,8*S)} \quad (1)$$

onde,  $Pe$  é a precipitação efetiva (mm),  $P$  é a precipitação observada (mm),  $S$  é a capacidade máxima de absorção da camada superior do solo, que é determinada pela expressão 2 (Tucci, 1986).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

sendo,  $CN$  o fator que é função do tipo de solo e a condição que se apresenta, sendo utilizado o valor após a modificação do espaço (Rosendo, 2013).

Sendo a biorretenção projetada para um tempo de retorno de 2 anos e utilizando a curva IDF da cidade de Maceió pode ser expressa pela equação (3), (Denardin e Freitas, 1982)

$$I = \frac{(274,09T^{0,28})}{(t+6)^{0,56}} \quad (3)$$

onde  $I$  é a intensidade máxima (mm/h),  $Tr$ , o tempo de retorno (anos) e  $t$  a duração do evento chuvoso (min).

### RESULTADOS

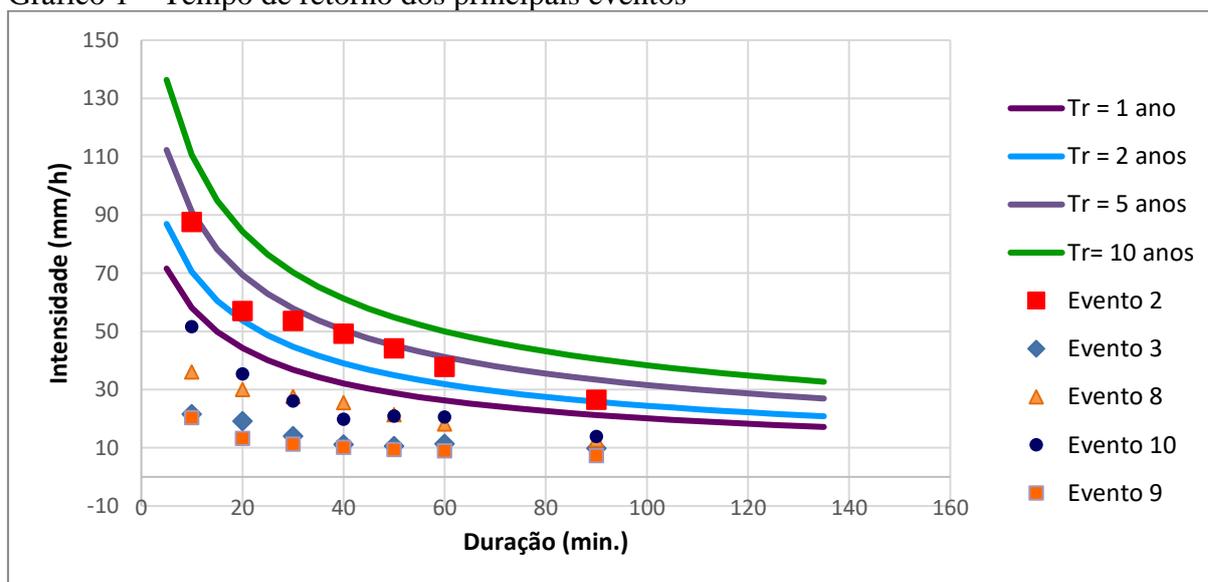
A tabela 1, apresenta os valores dos eventos analisados, sendo numerados de acordo com a sequência cronológica apresentando eventos dos anos de 2016 e de 2017.

Tabela 1 – Dados dos eventos analisados.

Eventos	Data	Precip. total (mm)	Precip. Efet. (mm)	Dur. (min)	I (mm/h)	Hmáx (cm)
1	24/05/16	18,8	1,70	210	5,37	0,40
2	29/05/16	150,6	107,05	1320	6,85	1,21
3	19/06/16	16,6	1,06	960	1,04	0,49
4	25/06/16	19,6	1,97	390	3,02	0,29
5	02/07/16	15,2	0,72	520	1,75	0,25
6	05/07/16	13,2	0,34	160	4,95	0,40
7	03/04/17	19,4	1,90	160	7,28	0,54
8	13/04/17	37	10,60	380	5,84	1,04
9	24/05/17	110,8	70,1	1040	6,39	1,44
10	28/05/17	41,8	13,61	670	3,74	1,3

No gráfico 1, é apresentado os eventos mais significativos dispostos para análise do tempo de retorno em função da curva IDF calculada para Maceió (Denardin e Freitas, 1982).

Gráfico 1 – Tempo de retorno dos principais eventos



Verifica-se que os eventos analisados, somente o evento 2 ultrapassou o tempo de retorno utilizado para dimensionamento, de dois anos, porém quando examinamos a altura máxima atingida dentro do dispositivo, constatamos que esse valor foi de 1,21m, ou seja, não sendo suficiente para atingir o limite do dispositivo, inicialmente de 1,3m.

Atualmente a camada de solo com vegetação da biorretenção apresenta uma cota máxima de 1,2m, devido ao processo natural de compactação do solo, a partir do pisoteamento da parte superior do dispositivo para coleta de sensores de nível e amostras de água para análise de qualidade. Apesar de nenhum outro evento ter ultrapassado o tempo de retorno de projeto, quando se é analisado as alturas máximas atingidas dentro do dispositivo verificamos que o evento 9, atingiu um nível máximo de 1,44 m, ou seja, acima da altura atual do dispositivo o que acarretou no extravasamento do mesmo.

Essa situação pode ser explicada ainda pelo fato de chuvas de baixa intensidade terem antecedido o evento estudado, sendo suficiente para saturar o solo da biorretenção fazendo com que o nível de 1,4m fosse atingido facilmente com uma precipitação não tão significativa em termos de volume.

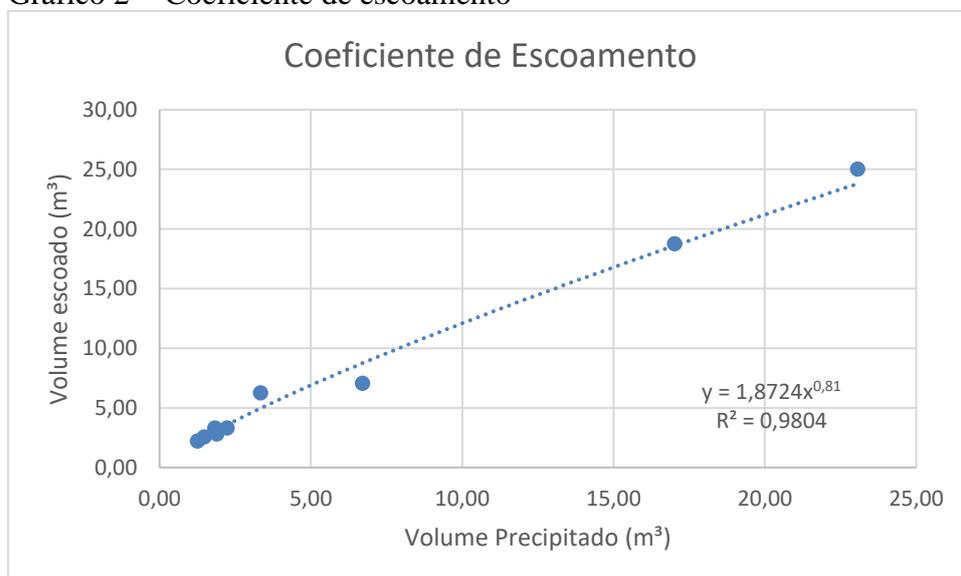
Na tabela 2, temos os valores calculados para o escoamento superficial do telhado, que como podemos verificar que é proporcional ao volume precipitado, sendo assim quando os eventos apresentam um grande volume precipitado o valor do coeficiente aumenta, tendendo a se igualar aos coeficientes encontrados na literatura, que para coberturas com telhas cerâmicas é em torno de 0,95 (Tucci, 1996)

Tabela 2 – Valores para cálculo do coeficiente

Eventos	Volume Precipitado (m <sup>3</sup> )	Volume Escoado (m)	Coeficiente de Escoamento
1	1,85	3,18	0,58
2	23,07	25,05	0,92
3	1,89	2,81	0,67
4	1,83	3,32	0,55
5	1,48	2,57	0,58
6	1,26	2,24	0,56
7	2,23	3,32	0,67
8	3,34	6,27	0,53
9	17,02	18,77	0,91
10	6,71	7,08	0,95

Para eventos de menor volume esses coeficientes variam em torno de 0,5 a 0,7, ou seja, comparado com os valores teóricos encontramos uma redução de 30 %. Esses valores quando dispostos versus a quantidade precipitada podemos encontrar o gráfico 2, que demonstra a variação crescente dos coeficientes conforme o aumento da precipitação.

Gráfico 2 - Coeficiente de escoamento



## **CONCLUSÕES:**

A partir dos resultados e discussões apresentados podemos afirmar que o dispositivo conseguiu absorver a grande maioria dos eventos analisados que se apresentaram dentro do tempo de retorno utilizado para projeto, que foi de 2 anos. Concluímos também que alguns eventos que não apresentaram tempo de retorno perto de 2 anos, atingiram níveis significativos, isso se deve a saturação do solo que apresentava seus vazios parcialmente preenchidos por água em consequência da sequência de evento de baixa intensidade que antecederam os eventos estudados. Por fim podemos verificar que o coeficiente de escoamento varia com o volume precipitado e nem sempre atinge valores encontrados na literatura. Assim, conclui-se que o dispositivo se apresenta eficiente para absorver eventos de chuvas de diferentes intensidades de acordo com as especificações determinadas durante seu dimensionamento e construção.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

a) Artigo em anais de congresso ou simpósio

DENARDIN, J. E.; FREITAS P. L. de. Características fundamentais da chuva no Brasil. Pesquisa Agropecuária brasileira. Brasília, 17(10): 1409-1416, out. 1982.

FERREIRA, L, T, L, M.; BRAGA, R, M, B.; MOURA, M, P.; NEVES, M, G, F, P.; SOUZA, V. C. B. (2016). Monitoramento de um dispositivo de biorretenção: análise preliminares. XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Sergipe, novembro, 2016.

MENEZES, M.C. Construção de um dispositivo de biorretenção no Centro de Tecnologia-UFAL. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas, 2015.

ROSENDO, A. A. (2013). Avaliação de métodos e critérios para dimensionamento de dispositivos de biorretenção. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, UFAL Maceió – AL, 63 p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. et al, Drenagem Urbana, Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre, 1995, 428 pg.

b) Livro

TUCCI, C. A. Hidrologia, Ciencia e Aplicação. ABRH e UFRGS, Editora da Universidade, Porto Alegre. 1993.