

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### CARACTERIZAÇÃO DAS GOTAS DE UM SIMULADOR DE CHUVA PELO MÉTODO DA FARINHA

*José Rodrigues da Silva Neto<sup>1</sup>; Paulo Henrique Pereira Dos Santos<sup>2</sup>; Frederico Carlos Martins de Menezes Filho<sup>3</sup>; Rodrigo Cesar de Vasconcelos dos Santos<sup>4</sup> & Lucas Martins Guimarães<sup>5</sup>*

**Abstract:** The construction of rainfall simulators is essential for investigating hydrological characteristics, such as the runoff coefficient, and for enabling controlled studies of soil erosion processes. In this context, the Flour Pellet Method stands out as a low-cost and easy-to-apply technique used to determine the diameter, terminal velocity, and volume of droplets generated by rainfall simulators. Therefore, this study aimed to apply the Flour Pellet Method to artificial rainfall produced by a simulator. The experiment was conducted under the following conditions: wind shielding, pressure of  $1.5 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$ , na average Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) of 80.29%, an average rainfall intensity of  $82.50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , and a nozzle height of 1.2 m above the flour surface. The results showed droplet diameters ranging from 0.34 to 1.74 mm, terminal velocities between 2.68 and  $6.02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , and droplet volumes from 0.02 to  $2.76 \text{ mm}^3$ . In summary, the Flour Pellet Method proved to be a valid and effective approach for obtaining information that clarifies the behavior of simulated rainfall and contributes to a better understanding of soil erosion processes.

**Resumo:** A construção de simuladores de chuva é fundamental para a investigação de características hidrológicas, como o coeficiente de escoamento superficial, além de possibilitar estudos controlados de processos erosivos no solo. Nesse contexto, destaca-se o Método da Farinha, uma técnica de baixo custo e de fácil aplicação, utilizada para determinação do diâmetro, da velocidade terminal e do volume das gotas geradas por simuladores de chuva. Diante disso, este trabalho teve como objetivo aplicar o Método da Farinha às chuvas artificiais geradas por um simulador. O experimento foi conduzido considerando: isolamento eólico, pressão de  $1,5 \text{ kgf.cm}^2$ , Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) médio de 80,29%, intensidade média de precipitação de  $82,50 \text{ mm.h}^{-1}$  e altura do bico à superfície da farinha de 1,2 m. Os resultados obtidos para os diâmetros das gotas variaram entre 0,34 a 1,74 mm; a velocidade terminal entre 2,68 a  $6,02 \text{ m.s}^{-1}$ ; e o volume das gotas entre 0,02 a  $2,76 \text{ mm}^3$ . Em suma, o Método da Farinha mostrou-se válido e eficaz para o levantamento de informações que esclarecem o comportamento da chuva simulada, contribuindo para uma melhor compreensão dos processos erosivos no solo.

**Palavras-Chave:** Hidráulica experimental, Chuva simulada, Coeficiente de uniformidade de Christiansen.

1) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - Rodovia BR 230 KM 7, 38810-000, Rio Paranaíba – MG, jose.r.neto@ufv.br

2) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - Rodovia BR 230 KM 7, 38810-000, Rio Paranaíba – MG, paulo.h.santos@ufv.br

3) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - Rodovia BR 230 KM 7, 38810-000, Rio Paranaíba – MG, frederico.menezes@ufv.br

4) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - Rodovia BR 230 KM 7, 38810-000, Rio Paranaíba – MG, rodrigo.vasconcelos@ufv.br

5) Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba - Rodovia BR 230 KM 7, 38810-000, Rio Paranaíba – MG, lucas.guimaraes@ufv.br

## INTRODUÇÃO

Em virtude do caráter aleatório das precipitações, os simuladores de chuva surgem como alternativa para estudos de processos hidrológicos e erosivos, visto que permitem a reprodução de forma controlada dos eventos pluviométricos, mantendo a semelhança com os fenômenos naturais (Aksoy *et al.*, 2012; Confessor *et al.*, 2022).

Os simuladores de chuva se classificam em equipamentos com gotejadores e com bicos pressurizados (Morin *et al.*, 1967), além de serem projetados para estruturas de locais fixos, como no trabalho de Salah *et al.* (2022) ou portáteis, conforme Spohr *et al.* (2015) e Sousa Júnior *et al.* (2017).

Dentre as informações que decorrem de uma simulação da precipitação na forma de chuva, destacam-se a intensidade e distribuição da chuva, a infiltração, o escoamento superficial e a erosão do solo. Deste modo, a medição dos tamanhos das gotas produzidas por um simulador de chuva é fundamental para a compreensão e avaliação dos processos erosivos do solo, como o desprendimento e o salpicamento das partículas constituintes das superfícies expostas (Silva Júnior *et al.*, 2014).

De acordo com Silva Junior *et al.* (2014), para o dimensionamento dos diâmetros das gotas em um simulador, é possível utilizar-se de alguns métodos para tal determinação, dentre eles o método da mancha (Moraes e Rezende, 2002), o método disdrômetro (Gonçalves e Massambani, 2010) e o método da farinha (Carvalho *et al.*, 2012). O método da farinha destaca-se por sua praticidade e facilidade de aplicação, já que ele consiste em peneirar grânulos da farinha que foram agregados em detrimento da chuva artificial.

O trabalho que embasa toda a medição das gotas foi realizado por Hudson (1964) e disseminado no Brasil por Oliveira (1991), conforme Confessor e Rodrigues (2018). Navas *et al.* (1990) avaliaram o design e operação de um simulador de chuva para estudo de escoamento superficial e a erosão do solo, com determinação do diâmetro pelo método da farinha sendo o D50 (Diâmetro em que 50% das partículas da farinha são maiores) de aproximadamente 1 mm, tanto para pressão de 29,4 KPa, como para 58,8 KPa. Utilizando a Método da Farinha, Benito *et al.* (2001) encontraram o D50 de 1,2 mm, com pressão de 20 KPa. Carvalho *et al.* (2012) avaliaram a energia, velocidade e diâmetro da gota pelo método da farinha para as pressões de 2, 4 e 6 bar e a abertura do disco de 5°, 10°, 20°, 30° e 40°, obtendo o maior valor do D50 para a pressão de 2 bar com abertura do disco de 20°, a saber aproximadamente 2,86 mm.

Silva *et al.* (2015) constataram que os três experimentos em 3 tempos diferentes, a saber 3, 6 e 9 minutos não possuem diferenças estatísticas significativas entre si pelo método de Tukey e obteve um diâmetro médio de aproximadamente 2,50 mm. Gomes *et al.* (2020) utilizaram-se do Método da Farinha para determinar a velocidade da gota, de modo que o resultado foi de 3,6 a 6,65 m/s, além dos diâmetros das gotas variarem de 0,61 a 2,13 mm. Confessor *et al.* (2022), avaliou por dois modelos o diâmetro das gotas, pelo método da farinha que obteve o resultado de 2 mm e pelo método de fitas hidrossensíveis com 1,99 mm.

Diante disso, este trabalho teve por objetivo a aplicação do Método da Farinha para a determinação do diâmetro, da velocidade e do volume das gotas geradas para um simulador de chuva com pressão fixada em 1,5 kgf.cm<sup>-2</sup>.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização das gotas do simulador e validação das chuvas simuladas, seguiu-se a metodologia de Confessor e Rodrigues (2018), bem como a de Silva *et al.* (2015).

## Equipamentos

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, *Campus Rio Paranaíba*, no Laboratório de Hidráulica. O simulador possui os seguintes componentes: caixa d'água de 500 litros, bomba hidráulica de 1 cv, manômetro com capacidade de até  $2 \text{ kgf.cm}^2$ , bico de diâmetro  $\frac{1}{4}$ " do tipo FullJet HH Cone Cheio (SS CO  $\frac{1}{4}$  HH – 14W), mesa, bandejas com dimensões 50x34x8 (cm), metros de tubulação PVC e registro de pressão. A Figura 1 ilustra a disposição espacial do projeto.

Figura 1 – Conjunto e disposição dos equipamentos do simulador.



Legenda: 1 – Destaque para a bomba de 1 cv e na caixa d'água de 500 L; 2 – Destaque para o bico e no manômetro; 3 – Destaque para a bandeja com farinha após o experimento. Fonte: Autores (2025).

## Procedimentos

As condições de contorno para a ocorrência do experimento foram: isolamento eólico, pressão fixada de  $1,5 \text{ kgf.cm}^2$ , o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) médio de 80,29%, intensidade da precipitação média de  $82,50 \text{ mm.h}^{-1}$  e distância do bico à superfície da farinha de 1,2 m. Os valores do CUC e da intensidade foram obtidos pelas formulações clássicas como as descritas por Siqueira *et al.* (2017) para o bico supracitado com pressão de saída de  $1,5 \text{ kgf.cm}^2$ .

Deste modo, foi preenchida com farinha de trigo uma área de aproximadamente  $1700 \text{ cm}^2$  e nivelada em 2 cm de altura da bandeja, com um volume próximo de 3,4 L como é mostrado pela Figura 2a. Devido a possíveis alterações na farinha ao ser exposta ao ambiente, o saco de farinha só foi aberto para utilização imediata na condução dos experimentos. A bandeja foi exposta por um tempo aproximado de 5 segundos e foram realizadas 3 repetições em 3 aplicações do método nos tempos de 3, 6 e 9 minutos conforme a metodologia de Silva *et al.* (2014), para verificar a dispersão das gotas no tempo.

Após os 5 segundos de exposição à precipitação, os grânulos formados pela colisão das gotículas de água com a farinha, foram cobertos com uma camada fina de farinha seca para evitar perdas por evaporação. Em seguida, as bandejas passaram pela secagem na temperatura ambiente em um período de 24 horas, e, posteriormente, transferidas para uma estufa até estarem completamente secas.

De posse do material seco, a etapa subsequente foi o peneiramento em um conjunto de peneiras com aberturas de 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3 mm. Depois da separação dos diâmetros de grânulos, todas as amostras foram medidas em uma balança de precisão para obtenção de suas respectivas massas, para uma quantidade de 50 gotas por amostra, como demonstrado na Figura 2b. Tal metodologia expõe a quantidade de grânulos existentes em cada tipo de simulação, assim como a distribuição do diâmetro das gotas, que pode ser calculado através de sua massa.

Figura 2 – Etapas do método da farinha.



Legenda: a – Etapa inicial, nivelamento da farinha; b – Etapa final, separação por tamanhos dos grânulos. Fonte: Autores (2025).

## Formulação Matemática

De posse dos dados, faz-se necessário a implementação e técnicas de arranjo das informações para encontrar os resultados desejados consoante Gomes *et al.* (2020), a saber: diâmetro, velocidade terminal e volume da gota.

Para a determinação do diâmetro da gota foi utilizado a Equação 1:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\rho}} \quad (1)$$

Na qual  $D$  é o diâmetro da gota (mm);  $m$  é a massa média da gota (mg) e  $\rho$  é a massa específica da água, em ( $\text{mg} \cdot \text{mm}^{-3}$ ).

A velocidade terminal se caracteriza como a máxima velocidade atingida pelas gotas precipitadas, e foi determinada pela Equação 2.

$$VT = \sqrt{\frac{9,81}{0,4671D^{-0,9859}}} \quad (2)$$

Na qual,  $VT$  é a velocidade terminal da gota (m/s) e  $D$  é o diâmetro da gota (mm).

Já para encontrar o volume da gota (V), utilizou-se a equação 1, considerando a densidade da água igual a  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os resultados médios de cada experimento em função do intervalo de tempo, das aberturas das peneiras e da massa média de 50 grânulos. Diante disso, procedeu-se à caracterizações das gotas.

Para a avaliação do simulador, considerou-se a abertura mínima da peneira de 0,3 mm, conforme a metodologia adotada por Carvalho *et al.* (2012). As peneiras utilizadas na separação dos grânulos de 0,6 a 4,75 mm compreendem aquelas utilizadas em outros trabalhos (Carvalho *et al.* 2012; Sousa Júnior *et al.* 2017; Confessor *et al.* 2022). Para a determinação da massa da gota

considerou-se o mesmo valor adotado por Gomes *et al.* (2020), ou seja, o valor da relação da massa da gota e da massa média dos grânulos é a mesma.

Tabela 1 – Caracterização das gotas simuladas.

Intervalo de tempo (min)	Abertura da peneira (mm)	Massa média dos grânulos (g)	Diâmetro da gota (mm)	Velocidade terminal ( $m.s^{-1}$ )	Volume da gota ( $mm^3$ )
3	4,75	2,76	1,74	6,02	2,76
	2,36	0,55	1,02	4,62	0,55
	1,18	0,11	0,59	3,55	0,11
	0,6	0,02	0,34	2,68	0,02
	0,3	-	-	-	-
6	4,75	2,76	1,74	6,02	2,76
	2,36	0,5	0,98	4,55	0,50
	1,18	0,11	0,59	3,55	0,11
	0,6	0,02	0,34	2,68	0,02
	0,3	-	-	-	-
9	4,75	2,76	1,74	6,02	2,76
	2,36	0,51	0,99	4,56	0,51
	1,18	0,11	0,59	3,55	0,11
	0,6	0,02	0,34	2,68	0,02
	0,3	-	-	-	-

Fonte: Autores (2025)

Carvalho *et al.* (2012) utilizaram um bico próprio que varia a angulação de abertura do disco, com pressões que variaram de 2; 4,1 e 6,1  $kgf.cm^2$  e determinou D50 máximo de 2,86 mm e mínimo de 2,1 mm. No trabalho de Silva *et al.* (2015), calibrou-se um sistema de simulador de chuva em função dos intervalos de 3, 6 e 9 minutos, resultando em diâmetros que variaram de 2,38 a 2,54 mm. Conforme o resultado de Gomes *et al.* (2020), o diâmetro da gota para as peneiras de 0,25; 0,5; 1 e 2 mm nos períodos de 5 e 10 minutos variaram de 0,63 mm a 2,03 mm. Esses dois últimos trabalhos foram referências para a metodologia, já que utilizaram bicos diferentes, a saber o VeeJet 80-150 para mesma pressão de 0,42  $kgf.cm^2$ , informações que divergem muito da condição de contorno deste trabalho, bem como o primeiro trabalho, com condições de um bico não catalogado e nessa pressão de 2  $kgf.cm^2$ , o diâmetro variou entre 2,7 e 2,86 mm, valores que destoam muito deste trabalho.

Com isso, foi possível analisar o resultado dos diâmetros das gotas conforme os trabalhos que usaram o mesmo tipo de bico. Ao fazer a interpolação do gráfico, que correlaciona a porcentagem da massa acumulada e o diâmetro das gotas no trabalho de Navas *et al.* (1990) obteve-se o valor do D50 de 0,89 mm para uma pressão de 0,3  $kgf.cm^2$  e 0,97 mm para 0,6  $kgf.cm^2$ . Benito *et al.* (2001) calculou um diâmetro de 1,2 mm para uma pressão de 0,2  $kgf.cm^2$ , ambos os trabalhos utilizaram um bico FullJet  $1/8$  GG6SQ, além de adotarem uma altura do bico à superfície da farinha de 3,45 m e 2 m, e a área da superfície de 1,56  $m^2$  e 1  $m^2$ , respectivamente.

Sousa Júnior *et al.* (2017) usando o modelo de simulador com 2 bicos FullJet  $\frac{1}{2}$  SS HH 40 a 2,80 m do bico à superfície estudada para pressão de 0,51 kgf.cm $^{-2}$ , 0,82 kgf.cm $^{-2}$  e 1,11 kgf.cm $^{-2}$  em uma área de 3 m $^2$ , resultou respectivamente em D50 de 2,54 mm, 2,12 mm e 1,7 mm. Confessor *et al.* (2020) utilizaram 2 bicos FullJet  $\frac{1}{2}$  HH-30WSQ, com uma altura de 4,6 m, com um pressão de 0,7 kgf.cm $^{-2}$  resultando em um diâmetro de 2 mm. Yönter e Houndonougbo (2022) compararam 3 bicos, para um simulador a 2 m de altura e com pressões de 0,31 a 0,71 kgf.cm $^{-2}$ , sendo: FullJet  $\frac{1}{2}$  HH-36 SQ,  $\frac{1}{2}$  HH-40 SS e  $\frac{1}{2}$  HH-50 WSQ, desse modo o diâmetro variou para cada bico em 1,82 a 2,34 mm, 1,64 a 2,16 mm e 1,77 a 2,05 mm, respectivamente.

Como resultado também, não foram encontrados estudos que determinassem o diâmetro das gotas por meio do bico FullJet  $\frac{1}{4}$  SS HH 14W e pressão de 1,5 kgf.cm $^{-2}$ , simultaneamente. Observa-se na Tabela 1 que os diâmetros das gotas variaram de 0,34 a 1,74 mm, valores que compreendem os dados supracitados, com exceção do trabalho de Confessor *et al.* (2020). De fato, o valor de aproximadamente 1 mm de diâmetro está entre os resultados dos bicos  $\frac{1}{8}$  e  $\frac{1}{2}$ .

Ao utilizar a equação de Sousa Júnior *et al.* (2017) para a relação de pressão e D50 obtém-se  $3,243 - 0,014*x$  (KPa), com isso, para uma pressão equivalente usada neste simulador tem-se o D50 de 1,18 mm. Além disso, no trabalho de Yönter e Houndonougbo (2022) pode-se perceber que a maioria das relações de pressão por D50 não é linear para todos os 3 bicos, por isso, com apenas 3 pressões obteve-se a relação linear para o trabalho de Sousa Júnior *et al.* (2017).

Para a avaliação da velocidade foram considerados os mesmos trabalhos utilizando os tipos de bico FullJet. As velocidades foram de 5,30 a 7,99 m.s $^{-1}$  para 0,3 kgf.cm $^{-2}$  e 5,35 a 8,16 m.s $^{-1}$  para 0,6 kgf.cm $^{-2}$  (Navas *et al.*, 1990); velocidade de 4,04 a 6,5 m.s $^{-1}$  (Bento *et al.*, 2001); 2,6 a 11,1 m.s $^{-1}$  em função do diâmetro da abertura das peneiras com a pressão de 0,82 kgf.cm $^{-2}$  (Sousa Júnior *et al.*, 2017); 7,24 m.s $^{-1}$  como a velocidade final (Confessor *et al.*, 2020); para o bico HH-36 SQ tem-se a velocidade de 9,05 a 9,14 m.s $^{-1}$ , HH-40 SS com velocidade de 9,05 a 9,81 m.s $^{-1}$  e HH-50 WSQ com velocidade de 6,89 a 7,70 (Yönter e Houndonugbo, 2022).

Já para o simulador proposto, os valores da velocidade foram de 2,68 a 6,02 m.s $^{-1}$  valores que estão de acordo com a maioria dos dados citados no parágrafo anterior, com exceção dos dois últimos trabalhos. Ao analisar o resultado de Gomes *et al.* (2020) os valores se encontram próximos de 3,6 a 6,5 m.s $^{-1}$  para os períodos de 5 e 10 minutos, o que demonstra a coerência com o método, mesmo com bico diferente. Além disso, para Mello e Silva (2013) a velocidade para uma chuva forte é de 5,5 m.s $^{-1}$ , já que a velocidade terminal média é de 4,21 m.s $^{-1}$ .

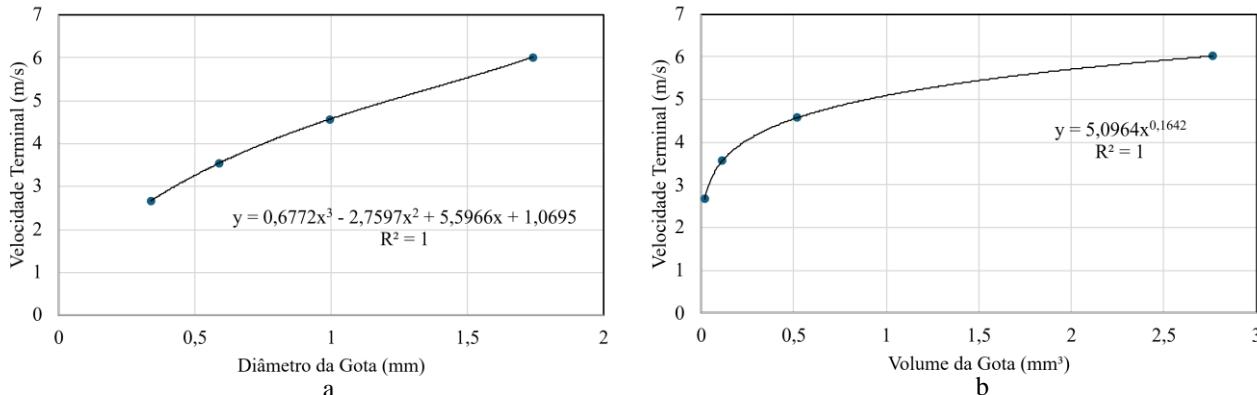
Como apenas a publicação de Gomes *et al.* (2020) apresenta o volume das gotas, que para fins práticos é o mesmo valor da massa das gotas, 0,12 a 4,42 mm $^3$  valores superiores aos encontrados para este simulador que é de 0,02 a 2,76 mm $^3$ , tal diferença é devido ao tipo de bico, já que o VeeJet possibilita uma concentração maior das gotas e por isso, gotas maiores, diferentemente do FullJet que propicia uma maior uniformidade das gotículas e por conseguinte um menor volume.

Na Figura 3 apresenta-se dois gráficos que estão em função do diâmetro e do volume das gotas para uma velocidade terminal qualquer, respectivamente. Esses gráficos também foram elaborados por Gomes *et al.* (2020), sabendo que a velocidade terminal média para este trabalho é de 4,21 m.s $^{-1}$  pode-se calcular o valor do diâmetro da gota média.

Com base na função descrita na Figura 3(a) e na velocidade terminal média, calculou-se o diâmetro da gota, que foi de 0,83 mm, corroborando com dados obtidos por Navas *et al.* (1990). O gráfico da Figura 3(b) descreve a relação da velocidade terminal com o volume das resultando num volume médio de 0,31 mm $^3$ . Segundo Silva *et al.* (2015) esta relação é importante para a compreensão

do processo erosivo, já que possuem interferência na força de impacto sobre o solo, o que contribui para uma maior ou menor taxa de desagregação.

Figura 3 –Velocidade Terminal em Função do Diâmetro (a) e do Volume das Gotas (b).



Fonte: Autores (2025)

## CONCLUSÃO

O simulador utilizado com um bico FullJet ¼ SS HH 14W foi validado diante das informações apresentadas, como, diâmetro das gotas que variaram de 0,34 a 1,74 mm, velocidade terminal que se encontra entre 2,68 a 6,02 m.s⁻¹, bem como um volume que varia de 0,02 a 2,76 mm³.

Importante destacar, a recomendação para trabalhos futuros utilizando o bico FullJet ¼, além da validação da equação obtida pela relação da velocidade terminal com diâmetro da gota para determinação do D50.

Conclui-se que o método da farinha é válido e por meio dele pode-se obter informações que esclarecem o comportamento da chuva simulada e assim compreender melhor os processos erosivos do solo.

## REFERÊNCIAS

- AKSOY, H.; UNAL, N. E.; COKGOR, S.; GEDIKLI, A.; YOON, J.; KOCA, K.; INCI, S. B.; ERIS, E. (2012). “A rainfall simulator for laboratory-scale assessment of rainfall-runoff-sediment transport processes over a two-dimensional flume”. *Catena*, v. 98, p. 63–72, 2012.
- BENITO, E.; BLAS, E.; SANTIAGO, J. L.; VARELA, M. E. (2001). “Descripción y puesta a punto de un simulador de lluvia de campo para estudios de escorrentía superficial y erosión del suelo”. *Revista de Xeoloxía Galega e do Hercínico Peninsular*, v. 26, n. 4, p. 211–220, 2001.
- CARVALHO, M.F.; TARQUI, J. L. Z.; SILVA, V. S.; LOBO, B. R. H. (2012). “Avaliação do Funcionamento de um Simulador de Chuva Pelo Método da Farinha”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2012, 17, 115-124.
- CONFESSOR, J. G.; CARVALHO, F.; RODRIGUES, S. C. (2020) “Desenvolvimento, calibração e validação de um simulador de chuvas aplicado a estudos hidrogeomorfológicos”. *Geografia* (Londrina), v. 31, n. 2, p. 233–248, 2022.
- CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. (2018). “Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão”. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 1, 2018.

GOMES, C.; SANTOS, M. A. L. S.; LIMA, S. F.; SANTOS, I. G. O.; CARVALHO, T. N. A.; SANTOS, V. R.; ALVES, E. S. (2020). “*Calibração de um sistema de chuva simulada por diâmetro da gota pelo método da farinha e coeficiente de uniformidade*”. Revista Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 18, n. 3, p. 43-47, 2020

GONÇALVES, F. L. T.; MASSAMBANI, O. (2010). “*Uma análise do coeficiente de remoção depoluentes em função do espectro de gotas de chuva em diferentes localidades no Brasil e Alemanha*”. Quim. Nova v. 33, n. 5, 1027 - 1033

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. (2013). “*Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas*”. Ed. UFLA Lavras – MG, 455 p.

MORAES, S. L.; REZENDE, M. O. O. (2002). “*Análise de resíduos de pesticidas em tomates por cromatografia em camada delgada*.” Quim. Nova, v. 25, n. 2, pp. 196 – 202

MORIN, J.; GOLDBERG, D.; SEGINER, I. (1967) “*A rainfall simulator with a rotating disk. Transacions of the ASAE*”. St. Joseph, v.10, p.74-79, 1967.

NAVAS, A.; ALBERTO, F.; MACHÍN, J.; GALÁN, A. (1990). “*Design and operation of a rainfall simulator for field studies of runoff and soil erosion*”. Soil Technology, v. 3, n. 4, p. 385-397, 1990.

SALAH, I. C.; FARO, V. P.; OLIVEIRA, E. P. (2022). “*Simulador de chuva para análise de infiltração de água no solo*” in Anais do XX COBRAMSEG; Campinas.SP.BR. Campinas: Galoá; 2022.

SILVA JUNIOR, V. P.; LIMA, J. L. M. P.; LIMA, M. I. P.; MONTENEGRO; A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. (2014). “*Caracterização da distribuição e do diâmetro das gotas da chuva: utilização termografia de infravermelho*” in: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal, Nov. 2014.

SILVA, J. J.; BEZERRA, S. A.; RIBEIRO, P. R.; BARROS, A. P. S. M.; SILVA, E. L.; PEREIRA, R. A. (2015). “*Determinação das Médias dos Diâmetros das Gotas de um Simulador de Chuvas para servir de Ferramenta para Pesquisas Científicas Relacionadas à Erosão Hídrica Utilizado o Método da Farinha de Trigo*” in: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015.

SOUSA JÚNIOR, S. F.; MENDES, T. T.; SIQUEIRA, E. Q. (2017). “*Development and calibration of a rainfall simulator for hydrological studies*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH, Porto Alegre, v. 22, e59.

SPOHR, R. B.; CORCINI, A. L. M.; PELLEGRIN, J.; BONFANTI J. B.; SOTO, M. F. D.; CARDOSO, T. (2017). “*Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH vol. 20, n.2, 2015 p. 411 – 417

SPRAYING SYSTEMS (2014). “*Equipment Manufacturer Keeps Workers and Environment Safe with Dust Control System Problem*”. Case Study No. 193 ©Spraying Systems Co, 2014

YÖNTER, G.; HOUNDONOUGBO. M. H. (2022). “*Comparison of different fulljet nozzles used in laboratory type rain simulator in terms of some rainfall characteristics*”. Ege Univ. Ziraat Fak. Derg., 59 (1): 33-41, 2022.

**AGRADECIMENTOS** - À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio à pesquisa.