



## **DESEMPENHO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA NA CAFEICULTURA EM MICROBACIA DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**

Morgana Scaramussa Gonçalves<sup>1</sup>, Edvaldo Fialho dos Reis<sup>2</sup>, Juan Felipe Barrios Lopez<sup>3</sup>,  
Silvia Batista Soares<sup>4</sup>, Pedro Murilo Silva de Andrade<sup>5</sup>, Edmilson Costa Teixeira<sup>6</sup>

**RESUMO:** A uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação é uma das responsáveis pela alta produtividade das culturas, o que conseqüentemente reduz os custos de produção. Objetivou-se com o trabalho avaliar a uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação localizada utilizados na cafeicultura irrigada na microbacia hidrográfica Córrego Frigério no norte do Espírito Santo. Com os resultados do estudo, verificou-se que dos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição determinados, apenas um sistema apresentou valor abaixo de 70%, refletindo uma uniformidade ruim. No que se refere aos demais resultados, dois sistemas indicaram valores de uniformidade de distribuição entre 70 e 80%, três sistemas mostraram valores entre 80 e 90% e dois sistemas apontaram valores acima de 90%, indicando uniformidade razoável, boa e excelente, respectivamente. Os sistemas de irrigação classificados como razoáveis (25%), apresentaram valores de uniformidade abaixo do recomendado, principalmente por problemas relativos ao dimensionamento. Dos sistemas avaliados 62,5 % não possuíam dimensionamento por projeto hidráulico e eficiência de aplicação inferiores a 80%. 100% dos sistemas não apresentam manejo de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** eficiência aplicação, coeficiente de uniformidade, café conilon.

## **PERFORMANCE OF LOCATED IRRIGATION SYSTEMS IN THE COFFEE FARMING IN MICROBASIN IN NORTHERN ESPÍRITO SANTO**

<sup>1</sup> Engenheira agrônoma, Doutora em Produção Vegetal, bolsista FAPES, CEP 29.307-500. Cachoeiro Itapemirim, ES. Fone: (28) 99955-6109. E-mail: morganascg@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Rural, UFES, Alegre, ES

<sup>3</sup> Gestor ambiental, Msc geografia e Gestão Ambiental, coordenador de Campo, Econservation, Vitória, ES

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Ambiental, Gerente de Regulação e Gestão, Agência Estadual de Recursos Hídricos, Vitória, ES

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Agente de Desenvolvimento Ambiental e Recursos Hídricos-ADARH Gerência de Gestão de Infraestrutura Hídrica, Agência Estadual de Recursos Hídricos-AGERH, Vitória/ES

<sup>6</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Ambiental, UFES, Vitória, ES

**ABSTRACT:** The uniformity of water application in irrigation systems is one of the factors responsible for the high productivity of crops, which consequently reduces production costs. The objective of this work was to evaluate the distribution uniformity of localized irrigation systems used in irrigated coffee growing in the Córrego Frigério hydrographic microbasin in the north of Espírito Santo. With the results of the study, it was verified that, of the distribution uniformity coefficient values determined, only one system presented a value below 70%, reflecting a bad uniformity. With regard to the other results, two systems indicated distribution uniformity values between 70 and 80%, three systems showed values between 80 and 90% and two systems indicated values above 90%, indicating reasonable, good and excellent uniformity, respectively. . Irrigation systems classified as fair (25%) had uniformity values below the recommended, mainly due to problems related to dimensioning. Of the evaluated systems, 62.5% did not have sizing by hydraulic design and application efficiency below 80%. 100% of the systems do not have irrigation management.

**KEYWORDS:** application efficiency, coefficient of uniformity, conilon coffee.

## INTRODUÇÃO

Todos os setores da vida têm uma demanda inevitável pela água, desempenhando um papel fundamental na economia como um todo. A crescente demanda por água nos diversos setores agricultura, indústrias e uso urbano tornou-se um grave problema (ALEMADI, 2021). Na agricultura a prática da irrigação corresponde por mais de 70% das retiradas de água globalmente, representando 40% da produção mundial de alimentos, o que é fundamental para alimentar a população mundial e significando 20% do total das terras cultivadas (HAMIDOV & HELMING, 2020). Um sistema de irrigação na fazenda altamente eficiente está sendo necessário para atender à demanda atual das culturas e os desafios do fracionamento do recurso pelos distintos seguimentos.

Os métodos de irrigação atuais podem gerir inteligentemente uma grande quantidade de água sob boas práticas da técnica de irrigação, especialmente em áreas áridas e semiáridas (HASHIM et al., 2021). Um sistema de irrigação mal projetado e gerenciado resulta em desuniformidade de aplicação e baixas eficiências. A produção das culturas está diretamente relacionada à quantidade de água demandada e ao método de irrigação utilizado.

A “irrigação localizada” refere-se a regar apenas uma fração da área cultivada, sob alta frequência e baixo volume, a fim de manter o solo da zona radicular das plantas perto da

capacidade de retenção de água (SOUZA et al., 2018). A água aplicada por esses sistemas entra no solo e compõe o bulbo molhado. A forma e o tamanho do sistema dependem do volume, os tipos de emissores, a duração da irrigação e o tipo de solo (PIZARRO, 1996). Para conhecimento de tais características, aconselha-se avaliar o desempenho dos sistemas de irrigação logo após a instalação e, posteriormente, revisada de forma periódica, principalmente devido a suscetibilidade de mudanças nas condições de operação ao longo do tempo (ELSHAIKH et al., 2018).

Considerando-se o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, a uniformidade de distribuição de água e eficiência dos sistemas de irrigação localizada, empregados na cafeicultura irrigada, da microbacia Córrego Frigério ao norte do Espírito Santo.

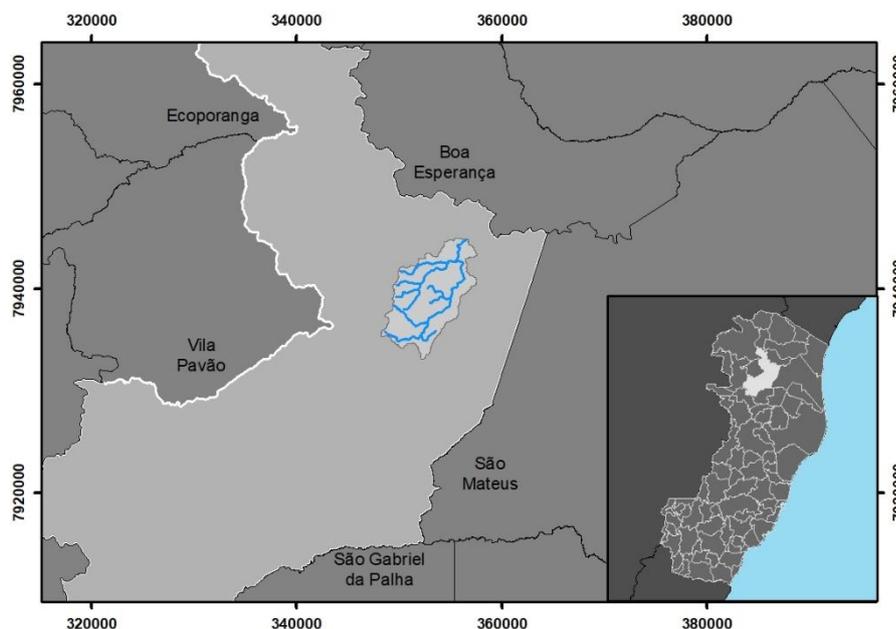
## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em janeiro de 2022 como parte do projeto do governo do estado do Espírito Santo, “Apoio à Implantação e Aperfeiçoamento de Instrumentos de Incentivo ao Uso Racional da Água na Agricultura e à Autogestão Comunitária de Recursos Hídricos por Microbacia”, desenvolvido na microbacia hidrográfica córrego do Frigério na região hidrográfica do rio São Mateus no município de Nova Venécia/ES (Figura 1). A microbacia apresenta área total de 60 km<sup>2</sup>, localizada na latitude 18° 37.928' Sul, longitude 40° 23.719' Oeste e altitude média de 150 m. A temperatura média anual é de 24°C e a precipitação normal anual em torno de 1000 mm.

Devido às características fisiológicas da espécie de café e das aptidões climáticas da região estudada no norte do Espírito Santo, foram avaliados 8 sistemas em propriedades produtoras de *Coffea canephora* cv. Conilon ao longo da microbacia. A uniformidade de distribuição de água foi determinada utilizando-se a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980), que consiste na coleta da vazão dos gotejadores em oito pontos ao longo da linha lateral e em quatro linhas laterais, ao longo da linha de derivação. As linhas laterais selecionadas foram aquelas situadas no início da linha de derivação, a 1/3 da origem da linha de derivação, a 2/3 da origem da linha de derivação e no final desta. Os oito pontos selecionados em cada linha lateral foram os situados no início da linha lateral, a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7 e a 6/7 do comprimento da linha lateral, e aquele situado no final. Coletou-se o volume que cada planta recebia, em um intervalo de tempo utilizado para

determinação da vazão. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi definido utilizando-se a equação proposta por Keller & Karmeli (1975).

Na determinação da área molhada utilizou-se a metodologia proposta por Merriam & Keller (1978), que consiste na determinação das medidas do bulbo molhado formado pelo emissor, depois de concluído o tempo total de irrigação, em pontos predeterminados na área, próximos às plantas onde foram coletados os volumes para determinação da vazão. Foram cavadas pequenas trincheiras ao redor da planta, com auxílio de enxada, para melhor se estimar a real extensão do bulbo formado, visto que a maior área horizontal do bulbo não ocorre na superfície e, sim, a alguns centímetros de profundidade. A porcentagem de área molhada foi estimada dividindo-se a área do bulbo molhado formado pelo emissor pelo espaçamento entre emissores e as linhas laterais.



**Figura 1.** Microbacia hidrográfica córrego Frigério em Nova Venécia/ES.

De posse dos resultados das análises físicas e hídricas do solo, procederam-se aos cálculos da Irrigação Real Necessária (IRN) para elevar a umidade atual do solo até a Capacidade de Campo (MANTOVANI et al., 2009). Considerou-se a profundidade do sistema radicular com até 0,30 m, entende-se que é onde encontra-se as maiores responsáveis pela absorção de água no cafeeiro, o que está de acordo com a definição clássica de raízes absorventes como tendo diâmetro menor que 1,0 mm (RENA & DAMATTA, 2002; SOUZA et al., 2018).

Silva et al. (2004) afirmam que na obtenção da área adequadamente irrigada, busca-se o ponto ótimo entre percentual de área que deve receber aplicações de água em quantidades iguais ou superiores à lâmina requerida pela cultura para satisfazer suas exigências para pleno desenvolvimento, com menor percentual de excesso possível. Dessa forma a eficiência de

aplicação foi calculada pela relação entre a lâmina armazenada na zona radicular (IRN) e a lâmina média aplicada coletada por emissor em cada planta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 apresenta-se os valores do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) determinados para os sistemas de irrigação localizada avaliados na microbacia Córrego Frigério ao Norte do Espírito Santo.

**Tabela 1.** Capacidade de campo (CC), Ponto de murcha (PM), Densidade do solo (Ds), Espaçamento da cultura, Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), Porcentagem de área molhada (PAM), Irrigação real necessária (IRN), Lâmina média coletada (LMC) e Eficiência de aplicação (Ea) para os sistemas de gotejamento avaliados na microbacia córrego do Frigério.

| Sistemas | CC<br>(-10<br>KPa) | PM<br>(-1500<br>KPa) | Ds<br>(g<br>dm <sup>-3</sup> ) | Espaçamento da<br>cultura (m) | CUD<br>(%) | PAM<br>(%) | IRN<br>(L/planta) | LMC<br>(L/planta) | Ea<br>(%) |
|----------|--------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-----------|
| A        | 0,112              | 0,068                | 1,3                            | 3,0 x 1,0                     | 79,38      | 8,37       | 2,59              | 10,40             | 24,88     |
| B        | 0,161              | 0,087                | 1,42                           | 3,5 x 0,5                     | 89,66      | 7,18       | 2,37              | 10,00             | 23,87     |
| C        | 0,19               | 0,107                | 1,22                           | 3,0 x 1,0                     | 80,11      | 8,37       | 4,58              | 4,80              | 95,43     |
| D        | 0,154              | 0,082                | 1,27                           | 3,5 x 0,75                    | 90,78      | 4,79       | 2,07              | 3,70              | 55,90     |
| E        | 0,218              | 0,131                | 1,46                           | 3,0 x 1,0                     | 56,88      | 8,37       | 5,75              | 5,04              | 114,01    |
| F        | 0,212              | 0,115                | 1,43                           | 3,0 x 1,0                     | 87,70      | 8,37       | 6,27              | 6,08              | 103,21    |
| G        | 0,205              | 0,117                | 1,37                           | 3,0 x 0,8                     | 94,99      | 20,94      | 13,63             | 38,24             | 35,66     |
| H        | 0,117              | 0,059                | 1,43                           | 3,0 x 1,0                     | 73,54      | 5,23       | 2,34              | 18,64             | 12,58     |

Nota-se que, dos oito sistemas avaliados na microbacia, apenas um (E) apresentou valor de CUD abaixo de 70% classificado, portanto, como ruim, pelo critério proposto por Merriam & Keller (1978). Neste sistema já se observava, visualmente, uma baixa uniformidade pois, as linhas laterais eram extensas (mais de 100m de comprimento) dispostas no sentido morro a baixo, com rompimentos, entupimentos e o proprietário não utilizou gotejadores com mecanismo de autocompensação, provocando grande variação de vazão ao longo da linha lateral.

Dos sistemas restantes, dois (A e H) apresentaram CUD entre 70 e 80%, três mostraram valores entre 80 e 90% (B, C e F) e apenas dois (D e G) resultaram em valores acima de 90%, podendo ser classificados como razoáveis, bons e excelentes, respectivamente (MERRIAM & KELLER, 1978). Dos sistemas classificados como razoáveis, utilizam emissores construídos sem qualquer especificação técnica, os problemas foram causados principalmente pelo inadequado dimensionamento hidráulico da linha lateral, cujo comprimento excessivo (para o

emissor considerado), ou mesmo uma altura manométrica insuficiente (para o projeto), implicou em uma variação de vazão acima do recomendado para sistemas de irrigação localizada, corroborando com os dados encontrados por Souza et al. (2006). Nesses sistemas foram encontradas negligências nas práticas de operação com falta de manutenção em linhas rompidas e gotejadores entupidos.

A uniformidade de distribuição dos sistemas classificados como bons pode ser melhorada por meio de práticas de operação do equipamento mais criteriosas, como melhoria no sistema de filtragem, limpeza ou substituição dos gotejadores entupidos e limpeza das linhas laterais.

A porcentagem de área molhada (PAM) (Tabela 1) nos oito sistemas avaliados encontram-se com valores inferiores a 33%, valor esse recomendado por Keler & Bliesner (1990) para cultivos em regiões com baixa precipitação. Segundo Zur (1996), a área molhada deve atingir o final da zona efetiva da raiz, e uma irrigação mais profunda significaria um desperdício de água e uma irrigação mal administrada, o que está de acordo com os resultados deste estudo e os obtidos por Souza et al. (2018) e Souza et al. (2006).

Os irrigantes executam a irrigação duas vezes por semana por 2 horas, exceto os sistemas D e G que são irrigações diárias de 1 hora. O aumento do tempo de irrigação pode levar à aplicação de uma lâmina excessiva, que se perderá por percolação profunda.

A IRN (Tabela 1) foi calculada por planta, os furos nas fitas gotejadoras dos sistemas avaliados eram espaçados de 0,5 m, exceto nos sistemas D (0,75 m) e na microaspersão do sistema G (0,8 m). A microaspersão do sistema G favorece a uma faixa molhada. Junto ao PAM e as características físico-hídricas dos solos proporcionaram diferentes valores de IRN.

A eficiência de irrigação é um conceito largamente utilizado, tanto em projetos quanto no manejo de sistemas de irrigação. Segundo Keller & Bliesner (1990), o conceito de eficiência pode ser dividido em dois aspectos básicos: em uniformidade de aplicação e nas perdas que podem ocorrer durante a operação do sistema.

A caracterização de eficiência agrônômica dos sistemas consistiu na avaliação de quanto de água a planta necessita e quanto ela recebe pela aplicação via sistema de irrigação (VIEIRA et al., 2020). Dentre os sistemas de irrigação, a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80 a 90% (KELLER & BLIESNER, 1990), 62,5 % dos sistemas avaliados apresentam eficiência inferior a 80% e os demais 20% expõem uma sub-irrigação, com tempo inferior ao necessário para retornar o solo a capacidade máxima de armazenamento de água (CC).

Os resultados exibem a ausência de suporte técnico de qualidade aos irrigantes por projeto técnico elaborado aliado à ausência de manejo e manutenção inadequada dos sistemas, o que

induz ao desperdício de água, fertilizantes (já que todos fertirrigam), energia e depreciação acelerada dos equipamentos irrigantes por utilização inadequada. Tal perda de água por percolação pode se tornar ainda mais grave caso o irrigante utilize o sistema para controle fitossanitário, podendo acarretar prejuízos ambientais por percolação profunda dos mesmos.

A irrigação localizada possui o maior potencial para uso eficiente da água, porém, o mal dimensionamento, a ausência de manejo e acompanhamento técnico, a maior sensibilidade por entupimento dos emissores e a necessidade de manutenção frequente, devem ser aspectos analisados antes da decisão por sua utilização. Porque a baixa eficiência afetando diretamente na produtividade da cultura e na conservação do meio ambiente, o que vem se apresentando como grande desafio da agricultura irrigada atualmente.

## CONCLUSÕES

Dos sistemas avaliados, 25% apresentaram valores de CUD acima de 90%, classificados, portanto, como excelentes; os sistemas de irrigação classificados como razoáveis (25%), apresentaram valores de uniformidade abaixo do recomendado, principalmente por problemas relativos ao dimensionamento; Dos sistemas avaliados 62,5 % não possuíam dimensionamento por projeto hidráulico e eficiência de aplicação inferiores a 80%. 100% dos sistemas não apresentam manejo de irrigação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos as participações e apoio do Governo do estado do Espírito Santo, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES), a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) do estado do Espírito Santo e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMADI, F. **The water crisis in the middle east: Exploring the relationship between water insecurity and political instability**. 2021. 191 f. Tese (Doutorado em Política

Internacional). Edmund A. Walsh Escola de Relações Exteriores no Qatar, Universidade de Georgetown.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo, num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa. v 27, n. 150, p. 155 – 162, 1980.

ELSHAIKH, A. E., JIAO, X., YANG, S. HONG. Performance evaluation of irrigation projects: Theories, methods, and techniques. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 87–96, 2018.

HAMIDOV, A., HELMING, K. Sustainability considerations in water-energy-food nexus research in irrigated agriculture. **Sustainability**, v. 12, n.15. 6274 p, 2020.

HASHIM, S., KHAN, A. A., IKRAM, R. M., MEHVISH, F., SAIFULLAH, M., ALI, M., REHMAN, H. UR, HUSSAIN, A., ASHRAF, A., WAQAS, M., HEDFI, A., ALMALKI, M. Performance evaluation of indigenous floppy sprinkler irrigation system for various crops water management. **Journal of King Saud University - Science**, v. 33, n. 8, 2021.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990.649 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª ed., atual. 3ª reimpressão. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

RENA, A.B.; DAMATTA, F.M. O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p.11 92.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Proposição de um model o matemático para avaliação de desempenho de sistemas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 741-748, 2004.

SOUZA, J. M. DE; DOS REIS E. F.; BONOMO, R.; GARCIA, G. DE O. Wet bulb and Conilon coffee root distribution under drip irrigation. **Ciência e Agrotecnologia**, 42, p. 93-103, 2018.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.541–548, 2006

VIEIRA, G. H. S.; NASCIMENTO, D. P.; MONACO, P. A. V. L.; HADADDE, I. R.; ROSADO, T. L.; CHAMBELA NETO, A. Eficiência de irrigação em cafeeiros conilon na região Centro Serrana do Espírito Santo. **Revista Ifes Ciência**. v. 6 n. 3, p. 22-34, 2020.

ZUR, B. Wetted soil volume as a design objective in trickle irrigation. **Irrigation Science**, 16, p. 101-105, 1996.