

## DESEMPENHO DE GOTEJADORES SUBMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE PARTÍCULAS DE ARGILA EM SUSPENSÃO

F.C. de Oliveira<sup>1</sup>, V.G.M. Melo<sup>2</sup>, R. Lavanholi<sup>3</sup>, M. Talamini Junior<sup>4</sup>, W.W.A. Bombardelli<sup>4</sup>, A.P. Frizzone<sup>5</sup>

**RESUMO:** Embora as principais causas da obstrução de gotejadores sejam conhecidas, os processos envolvidos são pouco estudados. Esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho de gotejadores submetidos a água com partículas de argila em suspensão. Para isso, foram realizados ensaios em condições controladas para avaliar a sensibilidade dos gotejadores à obstrução. Foram utilizados materiais de argila de duas naturezas, caulinita e montmorillonita, com diferentes concentrações. As concentrações utilizadas foram: 500; 750; 1000 e 2000 mg L<sup>-1</sup>. Foram utilizados dois modelos de tubogotejadores, um modelo de menor vazão (0,6 L h<sup>-1</sup>) e uma de maior vazão (1,7 L h<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), Piracicaba, SP. Os resultados demonstraram que as concentrações de partículas de argila em suspensão apresentam potencial para interferir sobre o desempenho dos gotejadores, principalmente em concentrações superiores 1000 mg L<sup>-1</sup>. O modelo de gotejador de menor vazão foi mais suscetível a variação dos valores de vazão quando comparado com o modelo de maior vazão.

**PALAVRA-CHAVE:** obstrução, microirrigação, partículas pequenas, redução de vazão

## PERFORMANCE OF DRIP IRRIGATION EMITTERS SUBJECTED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SUSPENDED CLAY PARTICLES

**ABSTRACT:** Although the main causes of drip clogging are known the processes involved are poorly studied. This research had as objective to analyze the performance of drip irrigation emitter submitted to water with suspended clay particles. For this, tests were carried out under controlled conditions to evaluate the sensitivity of the drippers to clogging. Different types and

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, CEP 13418 900, Piracicaba, SP. Fone: (19)982678106. E-mail: fabricio\_agro@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Agrônômica, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

<sup>5</sup> Prof. Doutor, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

concentration of clay were used, kaolinite and montmorillonite. The concentrations used were: 500; 750; 1000 and 2000 mg L<sup>-1</sup>. Two models of drip irrigation emitter were used, a model of low flow rate (0,6 L h<sup>-1</sup>) and one of high flow rate (1,7 L h<sup>-1</sup>). The experiment was carried out at the “Luiz de Queiroz” College of Agriculture (ESALQ-USP), Piracicaba, SP. The results showed that concentrations of suspended clay particles present potential to interfere on the performance of drippers, especially with the concentrations greater than 1000 mg L<sup>-1</sup>. The low flow rate dripper model was more susceptible to variation in flow rate when compared to the high flow rate model.

**KEYWORDS:** clogging, microirrigation, small particles, flow rate reduction

## INTRODUÇÃO

A obstrução dos gotejadores tem sido apontada como a principal limitação do sistema de irrigação localizada, pois, além de proporcionar redução da durabilidade dos equipamentos (CAMARGO et al., 2013), pode causar redução da uniformidade de aplicação de água (ZHOU et al., 2013, 2015). A uniformidade de distribuição é um parâmetro importante no desempenho dos sistemas de irrigação, pois expressa a variação do volume de água aplicada em diferentes pontos de uma determinada área. Principalmente em áreas em que ocorre a prática de fertirrigação, alta uniformidade de distribuição é essencial para garantir que as plantas recebam quantidades equivalentes de nutrientes (BORSSOI et al., 2012).

A obstrução pode ser causada por diferentes origens (física, química ou biológica) (BUCKS; NAKAYAMA; GILBERT, 1979). A obstrução por origem física tem sido apontada como a forma mais comum de ocorrência, sendo causada por partículas em suspensão. Geralmente, essas partículas fazem parte da constituição do solo e podem ser separadas de acordo com seu diâmetro médio como: areia (2 a 0,05 mm), silte (0,05 a 0,002 mm) e argila (menor que 0,002 mm) (BUCKS; NAKAYAMA; GILBERT, 1979; HILLEL, 2003).

A classificação do risco de obstrução dos emissores pode ser realizada de acordo com a concentração de partículas presentes na água, sendo classificado da seguinte forma: a) sem risco de obstrução, quando as concentrações de partículas são inferiores a 50 mg L<sup>-1</sup>; b) moderado risco de obstrução, em concentrações entre 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>; e, c) alto risco de obstrução, em concentrações acima de 100 mg L<sup>-1</sup> (BUCKS; NAKAYAMA; GILBERT, 1979). Posteriormente, por meio de avaliações em campo, foi proposta outra classificação de risco de obstrução. Foi sugerido que concentrações de sólidos suspensos menores que 200 mg L<sup>-1</sup> não

apresentam risco de obstrução; concentrações entre 200 e 400 mg L<sup>-1</sup> apresentam moderado risco de obstrução; e, concentrações superiores a 400 mg L<sup>-1</sup> apresentam severo risco de obstrução (CAPRA; SCICOLONE, 1998).

Embora as principais causas da obstrução sejam conhecidas, os processos envolvidos são pouco estudados. Essa pesquisa fundamenta-se na hipótese de que a suscetibilidade de gotejadores à obstrução é influenciada pela vazão do emissor, pelo tipo de argila e pela concentração desse material na água de irrigação. Para contribuir com a compreensão do processo de obstrução causado por partículas de argila, esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho de gotejadores submetidos a água com partículas de argila em suspensão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma bancada projetada para a realização de ensaios de obstrução de gotejadores, no Laboratório de Ensaios de Material de Irrigação, da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP. A bancada de ensaios está equipada com reservatório de água de 250 L, conjunto motobomba, agitador, derivação com bifurcação simétrica, conjunto de coletores para medição automatizada da vazão e um sistema automatizado para monitoramento contínuo da vazão de até 32 gotejadores. A vazão de água é igualmente distribuída entre oito linhas laterais montadas em paralelo e de igual comprimento (2,8 m). A pressão de ensaio (100 kPa) foi monitorada por um manômetro digital instalado no início de uma das linhas laterais.

Nesta pesquisa foram utilizados dois tipos de compostos de argila. Um dos compostos é constituído pelo mineral caulinita (argila 1:1) e outro pelo mineral montmorilonita (argila 2:1). A caulinita (Kt) foi escolhida pela sua abundância nas águas de superfície, enquanto que a montmorilonita (Mt) pela sua sensibilidade às condições físico-químicas e hidrodinâmicas que ocorrem durante o funcionamento do sistema de irrigação e podem favorecer fenômenos de agregação.

Em relação ao procedimento de ensaio, foram analisadas quatro concentrações de cada composto de argila (Kt e Mt). As concentrações utilizadas foram: C1 (500 mg L<sup>-1</sup>), C2 (750 mg L<sup>-1</sup>), C3 (1000 mg L<sup>-1</sup>) e C4 (2000 mg L<sup>-1</sup>).

Foram utilizados dois modelos de tubos gotejadores com emissores convencionais, sem mecanismo regulador de pressão, integrados, com formato plano (tipo pastilha). Avaliaram-se 15 gotejadores de cada modelo de forma simultânea. Os tubos gotejadores são da marca

NaanDanJain® modelo Tal drip e foram selecionados porque os emissores apresentam geometria similar, com vazões de 0,6 L h<sup>-1</sup> (modelo A) e 1,7 L h<sup>-1</sup> (modelo B).

O efeito da concentração de partículas de argila sobre a suscetibilidade dos gotejadores à obstrução foi estudado durante 40 horas em regime intermitente, sendo 8 horas de ensaio e 16 horas em repouso. Após a avaliação de cada concentração, os tubos gotejadores foram substituídos por novos e a bancada foi limpa, a fim de evitar qualquer efeito residual ou influência de ensaios anteriores.

A avaliação do desempenho dos gotejadores foi realizada com base nos valores médios de vazão relativa (média de 15 gotejadores), sendo a média obtida a cada 8 h de ensaios, e correspondente a 384 medidas automatizadas de vazão. A vazão relativa ( $q_r$ ), obtida após a realização dos ensaios de um determinado tratamento, expressa em porcentagem, foi obtida pela eq. (1), que considera a vazão inicial ( $q_i$ ) e a vazão final ( $q_f$ ) dos gotejadores.

$$q_r = 100 \frac{q_f}{q_i} \quad (1)$$

Os resultados foram apresentados em forma de gráficos, relacionando a vazão relativa média em função do tempo de ensaio. Para complementar as análises, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, aplicando-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação das médias de vazões relativas obtidas em um determinado tratamento, para um mesmo período de tempo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o efeito da concentração de caulinita em relação ao tempo de ensaio para o modelo A de gotejador, observou-se que para a concentração C1 houve diminuição progressiva da vazão relativa, alcançando redução de 2% após 40 h de ensaio. A concentração C2 apresentou redução de 7% até 24 h de ensaio e, posteriormente, houve pequeno aumento da vazão (1%), que foi mantido até 40 h de ensaio. A mesma tendência foi observada com a concentração C3, com redução inicial de 5% após 16 h de ensaio e posterior aumento (1%), que se manteve até o final do ensaio. A maior concentração (C4), apresentou maior flutuação dos valores de vazão relativa. No primeiro dia de ensaio (8 h), a redução foi de 2%; em seguida, ocorreu um aumento progressivo, retornando à vazão inicial após 24 h de ensaio. Finalmente, após 40 h de ensaio, houve redução de vazão relativa de 9% (Figura 1).

Analisando-se as concentrações em cada tempo de ensaio, observa-se que no primeiro dia (8 h) não houve diferença significativa. Às 16 h e 24 h de ensaio ocorreram diferenças

significativas. Às 16 h a concentração C3 apresentou menor redução (5%). Às 24 h a menor redução (7%) foi causada pela concentração C2. Após 32 h e 40 h de ensaio, as concentrações C2 e C4 foram semelhantes, diferindo da concentração C1.

As diferentes concentrações de caulinita não influenciaram significativamente as vazões dos gotejadores do modelo B. As reduções de vazão em função do tempo foram pouco expressivas, mesmo após 40 h de ensaio. A maior redução (4%) ocorreu utilizando a maior concentração de partículas (C4). No entanto, não houve diferença significativa entre as concentrações dentro do respectivo tempo de ensaio, com exceção às 24 h de ensaio em que se observou diferença entre as concentrações C1 e C2 (Figura 2).

Em relação às diferentes concentrações de montmorilonita e seus efeitos sobre o desempenho do modelo A de gotejador, observa-se que, durante todo o tempo de ensaio, as concentrações C3 e C4 apresentaram maior redução de vazão, porém não houve diferença significativa entre as mesmas (Figura 3). As concentrações C1 e C2 resultaram menor redução de vazão, sendo estatisticamente semelhantes entre si e diferindo das concentrações C3 e C4. As maiores reduções de vazão (18% e 14%) ocorreram após 8 h de ensaio com as concentrações C3 e C4, respectivamente. No decorrer do ensaio, a redução de vazão foi diminuindo progressivamente e, ao final do ensaio, a redução foi de 9% para ambas as concentrações.

Para o modelo B de gotejador as concentrações de montmorilonita apresentaram comportamento diferente quando comparado com o modelo A. De forma geral, as reduções de vazão foram menores, sendo a maior redução observada para a concentração C3 após 8 h de ensaio (14%) (Figura 4). No decorrer do ensaio houve flutuações dos valores de vazão relativa para todas as concentrações. No entanto, após 40 h de ensaio, a concentração C1 não apresentou redução de vazão e a concentração C2 apresentou 3% de redução, sendo esta estatisticamente semelhante à concentração C4, que apresentou 4% de redução de vazão.

O efeito da concentração de partículas sobre o desempenho dos gotejadores foi semelhante para os dois tipos de argila utilizados, sendo caracterizado pela flutuação dos valores de vazão ao longo do tempo. De forma geral, a redução de vazão apresentou maior significância sobre o desempenho dos gotejadores com concentrações superiores a  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ . Para próximas pesquisas com partículas de argila, sugere-se a utilização de concentrações superiores a essa, uma vez que concentrações inferiores não apresentaram efeitos significativos sobre o desempenho dos gotejadores. Outra sugestão refere-se ao estudo do tempo de exposição a uma dada condição de risco de obstrução, maior que 40 horas.

A flutuação dos valores de vazão ao longo do tempo foi observada em pesquisas anteriores que utilizaram partículas pequenas, areia fina, silte (NIU et al., 2013) e argila

(BOUNOUA et al., 2016). Os resultados podem ser atribuídos ao fenômeno de autolimpeza que ocorre no interior dos labirintos no momento em que o sistema é acionado. Em pesquisas que visam melhorar o desempenho dos gotejadores, a autolimpeza é considerada uma alternativa que pode ser explorada durante o projeto de gotejadores menos suscetíveis à obstrução (LIU et al., 2010). O aumento de vazão observado em algumas condições de ensaio também é relatado na literatura, sendo mais relevante no estudo de gotejadores auto-compensantes (Pinto et al., 2017).

## CONCLUSÕES

As concentrações de partículas de argila em suspensão apresentaram potencial para afetar o desempenho dos gotejadores, principalmente em concentração superior a  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ ; O modelo de gotejador de menor vazão ( $0,6 \text{ L h}^{-1}$ ) foi mais suscetível à variação dos valores de vazão quando comparado com o modelo de maior vazão ( $1,7 \text{ L h}^{-1}$ ).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- BORSSOI, A. L.; VILAS BOAS, M. a.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. a. C. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 718–726, 2012.
- BOUNOUA, S.; TOMAS, S.; LABILLE, J.; MOLLE, B.; GRANIER, J.; HALDENWANG, P.; IZZATI, S.N. Understanding physical clogging in drip irrigation: in situ, in-lab and numerical approaches. **Irrigation Science**, v.34, n.4, p.327–342, 2016.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, v.2, n.2, p.149–162, 1979.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water Quality and Distribution Uniformity in Drip/Trickle Irrigation Systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.70, n.4, p.355–365, 1998.
- HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 2003. 494 p.

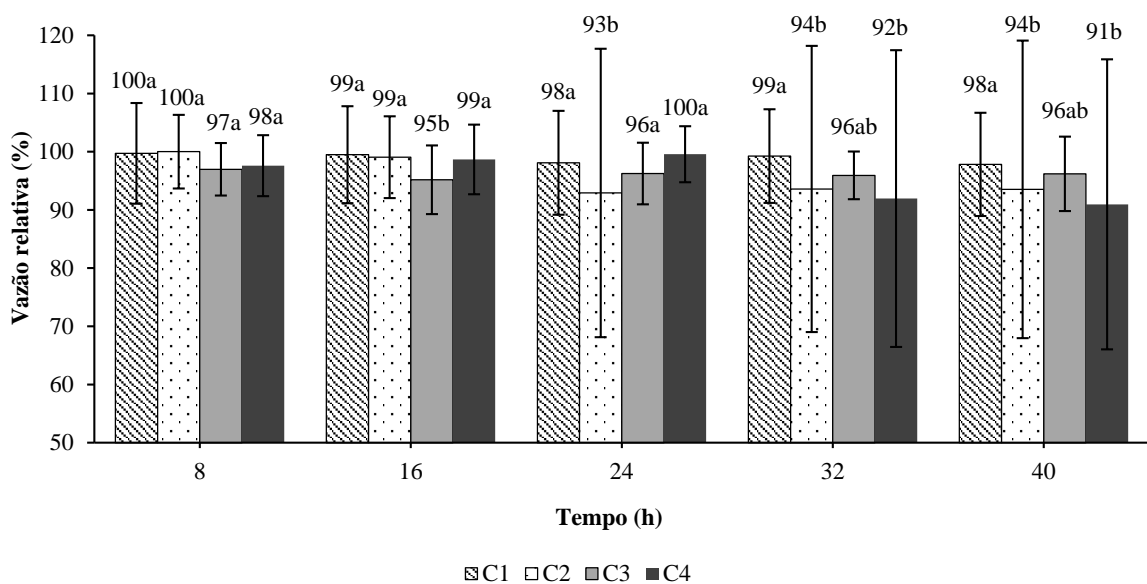
LIU, H.S.; LI, Y.K.; LIU, Y.Z.; YANG, P.L.; REN, S.M.; WEI, R.J.; XU, H.B. Flow characteristics in energy dissipation units of labyrinth path in the drip irrigation emitters with DPIV technology. **Journal of Hydrodynamics**, v.22, n.1, p.137–145, 2010.

NIU, W.; LIU, L.; CHEN, X. Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters. **Irrigation Science**, v.31, n.4, p.545–555, 2013.

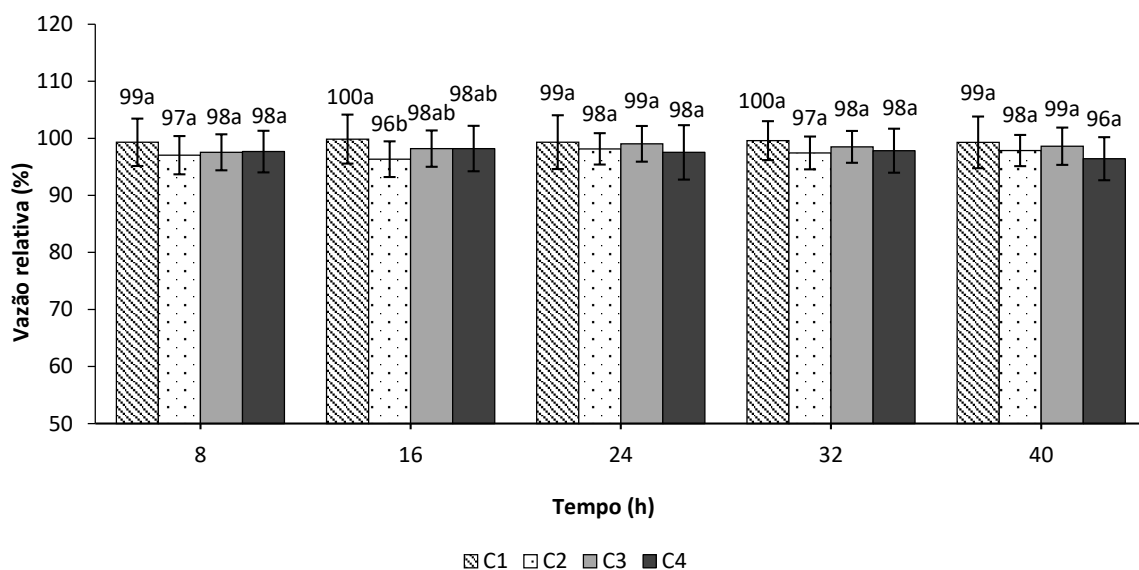
PINTO, M.F.; MOLLE, B.; ALVES, D.G.; AIT-MOUHEB, N.; CAMARGO, A.P.; FRIZZONE, J. A. Flow rate dynamics of pressure-compensating drippers under clogging effect. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.5, p.304–309, 2017.

ZHOU, B.; LI, Y.; LIU, Y.; XU, F.; PEI, Y.; WANG, Z. Effect of drip irrigation frequency on emitter clogging using reclaimed water. **Irrigation Science**, v.33, n.3, p.221–234, 2015.

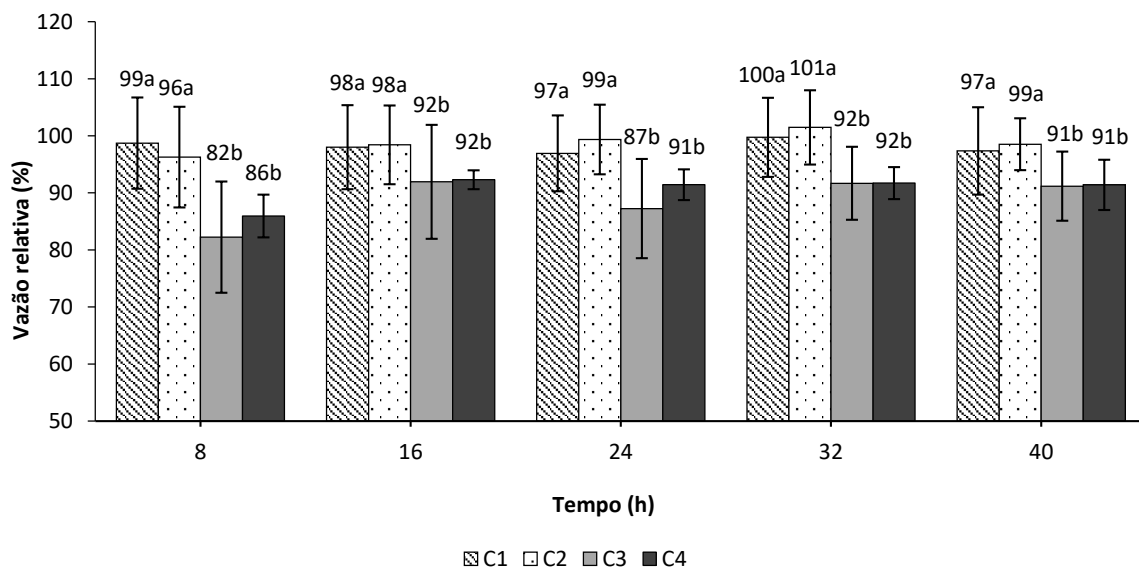
ZHOU, B.; LI, Y.; PEI, Y.; LIU, Y.; ZHANG, Z.; JIANG, Y. Quantitative relationship between biofilms components and emitter clogging under reclaimed water drip irrigation. **Irrigation Science**, v.31, n.6, p.1251–1263, 2013.



**Figura 1.** Efeito das concentrações de partículas de caulinita (Kt) em suspensão: C1 (500 mg L<sup>-1</sup>), C2 (750 mg L<sup>-1</sup>), C3 (1000 mg L<sup>-1</sup>) e C4 (2000 mg L<sup>-1</sup>), sobre a obstrução de gotejadores, utilizando o modelo A de gotejador (0,6 L h<sup>-1</sup>)

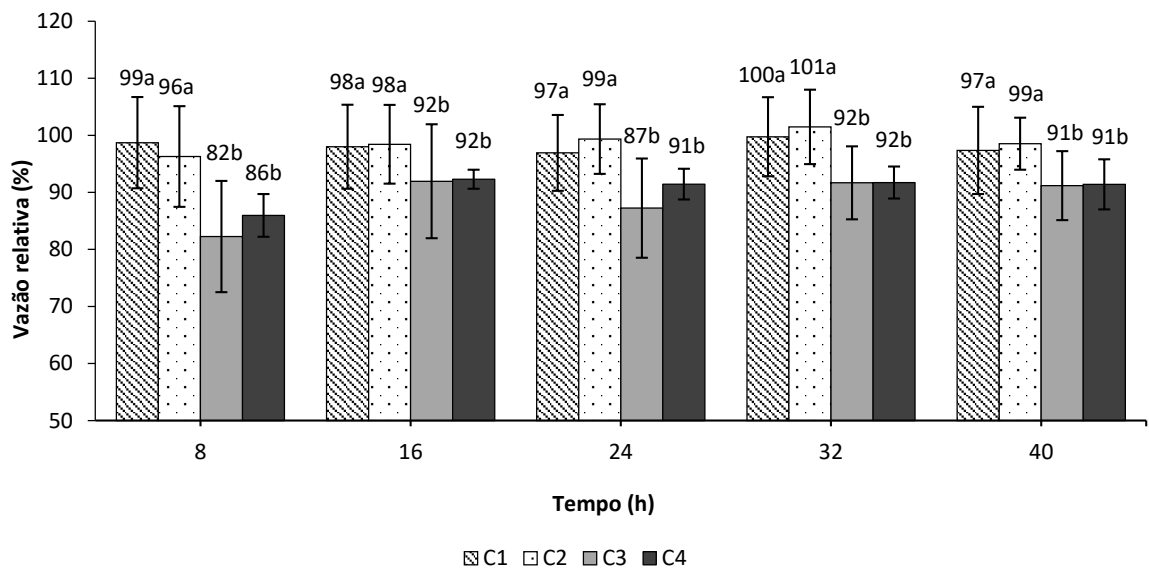


**Figura 2.** Efeito das concentrações de partículas de caulinita (Kt) em suspensão: C1 (500 mg L<sup>-1</sup>), C2 (750 mg L<sup>-1</sup>), C3 (1000 mg L<sup>-1</sup>) e C4 (2000 mg L<sup>-1</sup>), sobre a obstrução de gotejadores, utilizando o modelo B de gotejador (1,7 L h<sup>-1</sup>)



**Figura 3.** Efeito da concentração (C1 = 500 mg L<sup>-1</sup>; C2 = 750 mg L<sup>-1</sup>; C3 = 1000 mg L<sup>-1</sup>; C4 = 2000 mg L<sup>-1</sup>) sobre a obstrução de gotejadores causados por partículas de montmorilonita (Mt) em suspensão utilizando o modelo A de gotejador (0,6 L h<sup>-1</sup>)





**Figura 4.** Efeito das concentrações de partículas de montmorilonita (Mt) em suspensão: C1 (500 mg L<sup>-1</sup>), C2 (750 mg L<sup>-1</sup>), C3 (1000 mg L<sup>-1</sup>) e C4 (2000 mg L<sup>-1</sup>), sobre a obstrução de gotejadores, utilizando o modelo B de gotejador (1,7 L h<sup>-1</sup>)