

AVALIAÇÃO DE MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SENSIBILIDADE DE GOTEJADORES À OBSTRUÇÃO POR PARTÍCULAS SÓLIDAS

R. Lavanholi¹, M.V. Talamini Junior², F. C. de Oliveira³, A. P. Camargo⁴, J. A. Frizzone⁵, W. W. Á. Bombardelli⁶

RESUMO: A obstrução de emissores tem sido considerada como um dos principais problemas do sistema de irrigação por gotejamento. Por isso, um projeto de norma tem sido proposto para avaliação da sensibilidade de emissores sob condição de risco de obstrução. O método tem como base um procedimento desenvolvido e utilizado por um laboratório da França. Objetivou-se, neste trabalho, realizar um estudo para avaliar o protocolo de ensaios utilizado como base para a norma. Foram realizados três ensaios, considerados como repetições, utilizando quatro modelos de tubogotejadores comerciais, utilizando material de obstrução originado de solo natural. O ensaio foi dividido em quatro fases, utilizando concentrações de 125, 250, 375 e 500 mg L⁻¹ e faixas granulométricas de < 75, 75-125, 125-212, 212-500 µm para as fases um, dois, três e quatro, respectivamente. Embora a obstrução dos modelos de gotejadores avaliados tenha ocorrido sempre em uma determinada fase, foi observado variações dos resultados de grau de obstrução entre repetições. Considera-se que o procedimento de ensaio deve ser aprimorado a fim de reduzir a variabilidade dos resultados de ensaio e tornar o procedimento de ensaios mais adequado.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação localizada, concentração, partículas suspensas

EVALUATION OF METHODOLOGY TO ASSESS THE SENSITIVITY OF EMITTERS TO CLOGGING DUE TO SOLID PARTICLES

SUMMARY: Clogging of emitters has been considered one of the major problems in drip irrigation systems. A standard has been proposed to evaluate the sensitivity of emitters under clogging risk condition. The method is based on a procedure developed and used by a French

¹ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, CEP 13418 900, Piracicaba, SP. Fone: (19)995911544. E-mail: rogeriolavanholi@hotmail.com

² Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

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

⁴ Dr. em Irrigação e Drenagem, Espec. em Laboratório – Depto. Engenharia de Biossistemas – ESALQ/USP

⁵ Prof. Doutor, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

⁶ Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

laboratory. The objective of this study was to evaluate the protocol used as the basis for the standard. We carried out three tests, considered as repetitions, using four models of commercial driplines, using clogging material originated from natural soil. The test was divided into four stages, using concentrations of 125, 250, 375 and 500 mg L⁻¹ and particle sizes of <75, 75-125, 125-212, 212-500 µm for stages one, two, three, and four, respectively. Although clogging of drippers always occurred in a certain stage, excessive variation in the results of degree of clogging were observed between repetitions. The test procedure should be improved to obtain more accurate results and to ensure a test procedure more representative.

KEYWORDS: Microirrigation; concentration, suspended particles

INTRODUÇÃO

A obstrução de emissores tem sido reportada como um dos principais problemas do sistema de irrigação por gotejamento (Bucks et al., 1979; Niu et al., 2013). Na maioria das vezes, a obstrução implica na redução da uniformidade de distribuição de água (Wei et al., 2008; Liu & Huang, 2009), e mudanças no comportamento hidráulico do sistema (Bralts et al., 1981), sendo um dos principais responsáveis pelo comprometimento da vida útil do sistema de irrigação (Camargo et al., 2013).

O fenômeno de obstrução pode ser diretamente relacionado com a qualidade da água de irrigação utilizada (Nakayama & Bucks, 1991; Duran-Ros et al., 2009). Geralmente, a obstrução tem como origem a ação individual ou combinada de agentes de natureza química (precipitação de íons), biológica (desenvolvimento de microrganismos), ou física (partículas orgânicas ou inorgânicas em suspensão) (Bucks et al., 1979). Contudo, a obstrução causada por partículas sólidas em suspensão presentes na água de irrigação tem sido apontada como a mais comum entre os tipos de obstrução (Nakayama & Bucks, 1991; Taylor et al., 1995; Li et al., 2012).

A ação dos agentes causadores da obstrução é agravada pelas características geométricas dos emissores, ou seja, dimensões e arranjo arquitetônico dos labirintos (Li et al., 2006, 2012; Wei et al., 2008, 2012; Zhang et al., 2010). Desta forma, diferentes emissores submetidos às mesmas condições de operação apresentam respostas distintas em relação a suscetibilidade à obstrução (Qingsong et al., 2008; Duran-Ros et al., 2009).

Diante dos inúmeros modelos de emissores disponíveis no mercado, torna-se necessário uma metodologia que permita identificar o risco de obstrução que determinado emissor

apresenta, para assim contribuir para dimensionamento do sistema de filtragem e/ou metodologias de tratamento que a água deve ser submetida.

Estudos desenvolvidos sobre sensibilidade de emissores à obstrução têm utilizado diferentes metodologias de ensaio (Wei et al., 2008; Niu et al., 2013). Metodologias e/ou estruturas de ensaios inadequadas podem conduzir a resultados pouco confiáveis, que não podem ser reproduzidos em condições de ensaio similares, ou ainda, que não reproduzem condições reais observadas a campo.

Atualmente, tem sido proposto um projeto de norma para avaliação da sensibilidade dos emissores à obstrução. A metodologia é baseada em um procedimento utilizada pelo laboratório francês PReSTI/IRSTEa, que tem utilizado o método de ensaios de obstrução há aproximadamente 40 anos, considerado por empresas e especialistas um método confiável. O procedimento de ensaio visa a avaliação da sensibilidade de emissores à obstrução causada por partículas sólidas.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o protocolo de ensaios utilizado pelo PReSTI/IRSTEa, a fim de contribuir com a validação da metodologia e colaborar com resultados científicos que dê suporte a um procedimento normatizado de ensaio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP). Nos ensaios foram utilizados quatro modelos de emissores convencionais (não compensantes), de formato plano (tipo pastilha), sendo dois Tal-drip de 1,7 e 0,6 L h⁻¹ do fabricante NaanDanJain, e dois Drip-Tech de 1,6 e 1,2 L h⁻¹ do fabricante Drip-Plan. Os quatro modelos apresentaram diâmetro nominal de 17 mm e espaçamento entre emissores de 0,30 m, e foram operados sob pressão de 98,1 kPa.

As avaliações foram realizadas em uma bancada de ensaio (Figura 1) utilizando um reservatório de polietileno de 250 L acoplado a um conjunto motobomba de 3 CV que alimentava uma linha de derivação com bifurcações simétricas responsável por distribuir a água uniformemente entre oito linhas laterais em paralelo e de igual comprimento (5 m). Um filtro de 30 mesh (595µm) foi instalado na saída da motobomba. Com o objetivo de manter as partículas sólidas em suspensão durante o ensaio foi instalado um agitador mecânico que manteve a água do reservatório em constante movimento. A velocidade de escoamento nos

tubos foi de 1 m s^{-1} , estabelecida pela metodologia adotada, controlada por meio de bocais de pivô central, com diâmetro de 4,2 mm, instalados na extremidade de cada tubogotejador.

Para obtenção do material de obstrução foi utilizado solo natural disponível na ESALQ que apresentou 60,56, 12,49 e 26,95% de argila, silte areia, respectivamente. O solo coletado passou por um processo de preparação realizado conforme a norma ISO 11277 (2009) que estabelece o procedimento para análise granulométrica de solo, adotando métodos de destruição de matéria orgânica e dispersão da argila. Após a dispersão, o material foi submetido a um processo de peneiramento para separação em diversas faixas granulométricas.

Os ensaios foram conduzidos utilizando água destilada. Antes da adição de partículas sólidas à água em cada ensaio, era determinada a vazão inicial dos emissores, e realizado um procedimento de desinfecção da bancada, que consistia na operação do sistema por cerca de três horas com uma solução de água destilada contendo 2 ppm de cloro livre, utilizando como fonte de cloro livre o hipoclorito de sódio (NaOCl). Essa medida foi adotada com a finalidade de eliminar microrganismos que pudessem interferir no desempenho dos emissores durante os ensaios.

Cada ensaio de obstrução teve duração de quatro semanas e foi dividido em quatro fases. Em cada fase o sistema foi submetido a 40 h de funcionamento em regime intermitente, operando por 8 h diárias ao longo de cinco dias. Em cada fase as concentrações e as faixas granulométricas das partículas sólidas presentes no reservatório foram controladas, conforme especificado na Tabela 1.

Foram monitorados 26 emissores para cada modelo. A vazão foi determinada ao fim de cada dia de ensaio (após as 8 h de funcionamento), pela medição da massa de água escoada em cada emissor e coletada manualmente utilizando coletores de alumínio. O valor da vazão para cada emissor foi determinado utilizando a massa coletada em cada emissor num tempo de 30 min e a massa específica da água. Para facilitar a coleta foram utilizados barbantes nos tubogotejadores, evitando que as gotas caíssem fora dos coletores.

Foram realizadas três repetições do ensaio utilizando a mesma estrutura, os mesmos modelos de tubogotejadores, e água com as mesmas características. Ao término da quarta etapa de cada repetição, os tubogotejadores foram substituídos por tubos novos e a bancada de ensaio foi lavada visando manter as mesmas condições durante as três repetições.

A sensibilidade dos emissores à obstrução foi avaliada por meio da proporção de redução da vazão dos emissores durante o tempo de ensaio. Foi utilizado como critério para o grau de obstrução crítico, redução de 25% da vazão média do grupo de emissores estudados. Quando o

grau de obstrução é superior a esse critério, o lote de emissores avaliado é considerado obstruído. O grau de obstrução dos emissores foi obtido por meio da Eq. 1 (Wei et al., 2008).

$$GO = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n \bar{q}} \right) \quad (1)$$

Em que,

GO – grau de obstrução, %

q_i – vazão atual o i -ésimo emissor avaliado, $L h^{-1}$

n – número de emissores avaliados, adimensional

\bar{q} – média da vazão inicial do modelo de emissor para uma dada pressão de operação, $L h^{-1}$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 resume o grau de obstrução calculado (Eq. 1) e o número de gotejadores em que o grau de obstrução ultrapassou o limite de 25% para os modelos estudados. Observa-se que a sensibilidade à obstrução dos modelos Drip-Tech 1,6 e 1,2 $L h^{-1}$ (Figura 2A e Figura 2B) foram semelhantes. Nos dois modelos foram obtidos níveis de obstrução maiores na última fase de ensaio, atingindo o limite de 25%, podendo-se dizer que ambos os emissores são sensíveis à partículas com granulometria superior a 212 μm para as condições de ensaio.

Analisando a Figura 2C, observa-se que o modelo Taldrip 0,6 $L h^{-1}$ obstruiu logo na primeira fase, em que foi utilizado partículas com granulometria inferior a 75 μm e concentração de 125 ppm. A obstrução precoce desses emissores pode ser atribuída às pequenas dimensões do labirinto quando comparada aos outros modelos.

O modelo Taldrip 1,7 $L h^{-1}$ (Figura 2D) não atingiu o critério de 25% de obstrução em nenhuma das fases. No entanto, foi observado uma pequena redução da vazão média dos emissores, principalmente na última fase acompanhado da obstrução completa de alguns emissores avaliados. Dessa forma, partículas com dimensões entre 212 e 500 μm pode afetar o desempenho de alguns gotejadores em campo.

É difícil afirmar se a obstrução dos emissores foi causada pelo aumento da concentração ou pela granulometria do material. Da mesma forma que Adin & Sacks (1991), esse procedimento considera que a severidade da obstrução depende mais do tamanho do que da quantidade de partículas na água de irrigação. Os modelos que não atingem o critério de obstrução em uma determinada fase, são considerados como resistentes à obstrução para aquela faixa granulométrica.

No entanto, não se tem garantias de que se houver aumento da concentração da faixa granulométrica correspondente as fases em que os emissores não foram obstruídos, os emissores apresentarão o mesmo comportamento. Niu et al. (2013), estudando obstrução de emissores utilizando partículas com diâmetro inferior à 100 μm , observaram influência significativa da concentração de partículas na redução da vazão de emissores.

Analisando-se resultados do emissor Tal drip 1,7 L h^{-1} (Figura 2D), observa-se que ao longo dos ensaios, as diferenças entre valores máximos e mínimos para o grau de obstrução entre repetições foram de até 8,9%. Por outro lado, a variabilidade entre resultados de medição para sucessivas repetições foi maior analisando-se os outros modelos de emissores, sendo de até 16, 31,7 e 67,6% para os modelos Drip-Tech 1,2 e 1,6 L h^{-1} e Tal drip 0,6 L h^{-1} , respectivamente.

Devido à falta de parâmetros que indiquem a variação admissível que pode ser observado entre repetições realizadas para ensaios de obstrução de emissores, é difícil afirmar se a variabilidade dos resultados obtidos estão em um nível aceitável ou não.

É provável que fatores não controlados apresentaram significativa influência nos processos de obstrução. Tal fato explicaria a variabilidade observada nos resultados obtidos em sucessivas repetições. Contudo, as diferenças obtidas entre as repetições nos diferentes emissores indicam que os fatores não controlados que possivelmente exerceram influência sobre a obstrução dos emissores afetaram cada modelo com intensidades diferentes.

O procedimento de ensaio avaliado estabelece a granulometria e a concentração de partículas a ser adicionada ao reservatório no início de cada fase do ensaio. Por não ser exigido o monitoramento e/ou correção da concentração, é possível que tenha ocorrido variações na concentração de partículas no reservatório, de modo que, variações na concentração de partículas afetam diretamente o potencial de obstrução da água (Niu et al. 2013).

A ação de agentes químicos também pode ter afetado o desempenho dos emissores. Segundo Nakayama & Bucks (1991) valores de pH, entre 7 e 8 e acima de 8 apresentam potencial de obstrução moderado e severo, respectivamente. Durante os ensaios foi observado que os valores de pH permaneceram na faixa entre 7 e 8,5, enquadrando-se na faixa de risco. Valores de pH próximos foram obtidos em experimentos realizados por Liu & Huang (2009) que atribuíram como razão da obstrução de emissores, a precipitação de íons causada pelo elevado pH que foram de 8,6 e 7,9 para efluente de esgoto tratado e água potável, respectivamente.

A atividade biológica é outro fator não controlado que pode ter influenciado na variação dos resultados observados. A presença de materiais gelatinosos, como biofilme, no interior do

emissor agem como adesivos e facilitam o acúmulo de partículas, proporcionando a obstrução dos emissores (Adin & Sacks, 1991).

Para o controle da atividade biológica, foi realizado o procedimento de desinfecção da bancada e dos tubogotejadores somente no início dos ensaios, utilizando cloro. Porém, o cloro livre é facilmente degradado, perdendo seu poder de desinfecção pouco tempo após ser aplicado, permitindo assim, o desenvolvimento de biofilme devido à falta de um controle contínuo da atividade biológica na água utilizada durante os ensaios.

Busato & Soares (2010), observaram a ocorrência de obstrução de emissores pela atividade de ferrobactérias. Essas bactérias utilizam energia da oxidação do ferro, e formam uma massa gelatinosa que se adere à parede do tubo e no emissor, causando a obstrução. Apesar de ter sido utilizado água destilada durante este experimento, foi utilizado como material de obstrução solo natural, que contém ferro em sua composição, possibilitando assim a atividade de ferrobactérias durante os ensaios.

CONCLUSÕES

O procedimento de ensaios permitiu a identificação da fase na qual ocorreu a obstrução dos modelos de gotejadores avaliados.

É provável que o procedimento de ensaio avaliado não considera fatores que apresentaram influência significativa nos processos de obstrução.

O procedimento de ensaios deve ser aprimorado por meio da identificação e controle de outros fatores relevantes para o processo de obstrução, a fim de reduzir a variabilidade de resultados entre sucessivas repetições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADIN, A.; SACKS, M. Dripper Clogging Factors in Wastewater Irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 117, n. 6, p. 813–826, 1991.

BRALTS, V. F.; WU, I. P.; GITLIN, H. M. Drip irrigation uniformity considering emitter plugging. *Transactions of the ASABE*, v. 24, n. 5, p. 1234–1240, 1981.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. *Agricultural Water Management*, v.2, p.149-162, 1979.

BUSATO, C.C.M.; SOARES, A.A. Desempenho de gotejadores utilizando água de baixa qualidade química e biológica. *Bioscience Journal*, v.26, p.739-746, 2010.

CAMARGO, A. P.; MOLLE, B.; TOMAS, S.; FRIZZONE, J. A. Assessment of clogging effects on lateral hydraulics: proposing a monitoring and detection protocol. *Irrigation Science*, v. 32, n. 3, p. 181–191, 2014.

DURAN-ROS, M.; PUIG-BARGUÉS, J.; ARBAT, G.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. *Agricultural Water Management*, v. 96, n. 1, p. 67–79, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11277: soil quality – determination of particle size distribution in mineral soil material – method by sieving and sedimentation. Geneva, 2009. 34 p.

LI, G. Y.; WANG, J. D.; ALAM, M.; ZHAO, Y. F. Influence of geometrical parameters of labyrinth flow path of drip emitters on hydraulic and anti-clogging performance. *Transactions of the Asabe*, v. 49, n. 3, p. 637–643, 2006.

LI, Y.; YANG, P.; XU, T.; REN, S.; LIN, X.; WEI, R.; XU, H. CFD and digital particle tracking to assess flow characteristics in the labyrinth flow path of a drip irrigation emitter. *Irrigation Science*, v. 26, n. 5, p. 427–438, 26 mar. 2008.

LI, Y. K. LIU, Y. Z.; LI, G. B.; XU, T. W.; LIU, H. S.; REN, S. M.; YAN, D. Z.; YANG, P. L. Surface topographic characteristics of suspended particulates in reclaimed wastewater and effects on clogging in labyrinth drip irrigation emitters. *Irrigation Science*, v. 30, n. 1, p. 43–56, 6 jan. 2012.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. *Agricultural Water Management*, 2009.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. *Irrigation Science*, v. 12, n. 4, p. 187–192, 1991.

NIU, W.; LIU, L.; CHEN, X. Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters. *Irrigation Science*, 2013.

QINGSONG, W.; GANG, L.; JIE, L.; YUSHENG, S.; WENCHU, D.; SHUHUI, H. Evaluations of emitter clogging in drip irrigation by two-phase flow simulations and laboratory experiments. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 63, n. 2, p. 294–303, out. 2008.

TAYLOR, H. D.; BASTOS, R. K. X.; PEARSON, H. W.; MARA, D.D. Drip irrigation with waste stabilisation pond effluents: Solving the problem of emitter fouling. *Water Science and Technology*, v. 31, n12, p. 417-424, 1995.

WEI, Q.; SHI, Y.; LU, G.; DONG, W.; HUANG, S. Rapid Evaluations of Anticlogging Performance of Drip Emitters by Laboratorial Short-Cycle Tests. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 134, n. 3, p. 298–304, jun. 2008.

ZHANG, J.; ZHAO, W.; TANG, Y.; LU, B. Anti-clogging performance evaluation and parameterized design of emitters with labyrinth channels. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 74, n. 1, p. 59–65, 2010.

ZHENGYING, W.; MENG, C.; XIA, L.; YIPING, T.; BINGHENG, L. Flow Behaviour Analysis and Experimental Investigation for Emitter Micro-channels. *Chinese Journal Of Mechanical Engineering*, v. 25, n. 4, 2012.

Tabela 1. Distribuição da concentração das faixas granulométricas em cada etapa

Fases	Tempo (h)	Faixa granulométrica das partículas (μm)				Concentração total (mg L^{-1})
		< 75	75 - 125	125 - 212	212-500	
		Concentração de partículas (mg L^{-1})				
1	0 – 40	125	-	-	-	125
2	40 – 80	125	125	-	-	250
3	80 – 120	125	125	125	-	375
4	120 – 160	125	125	125	125	500

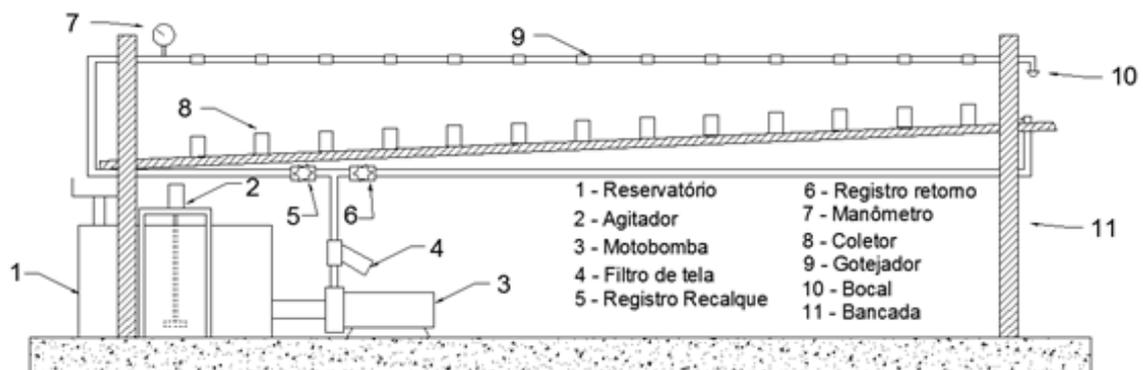


Figura 1. Esquema da bancada para ensaios de obstrução

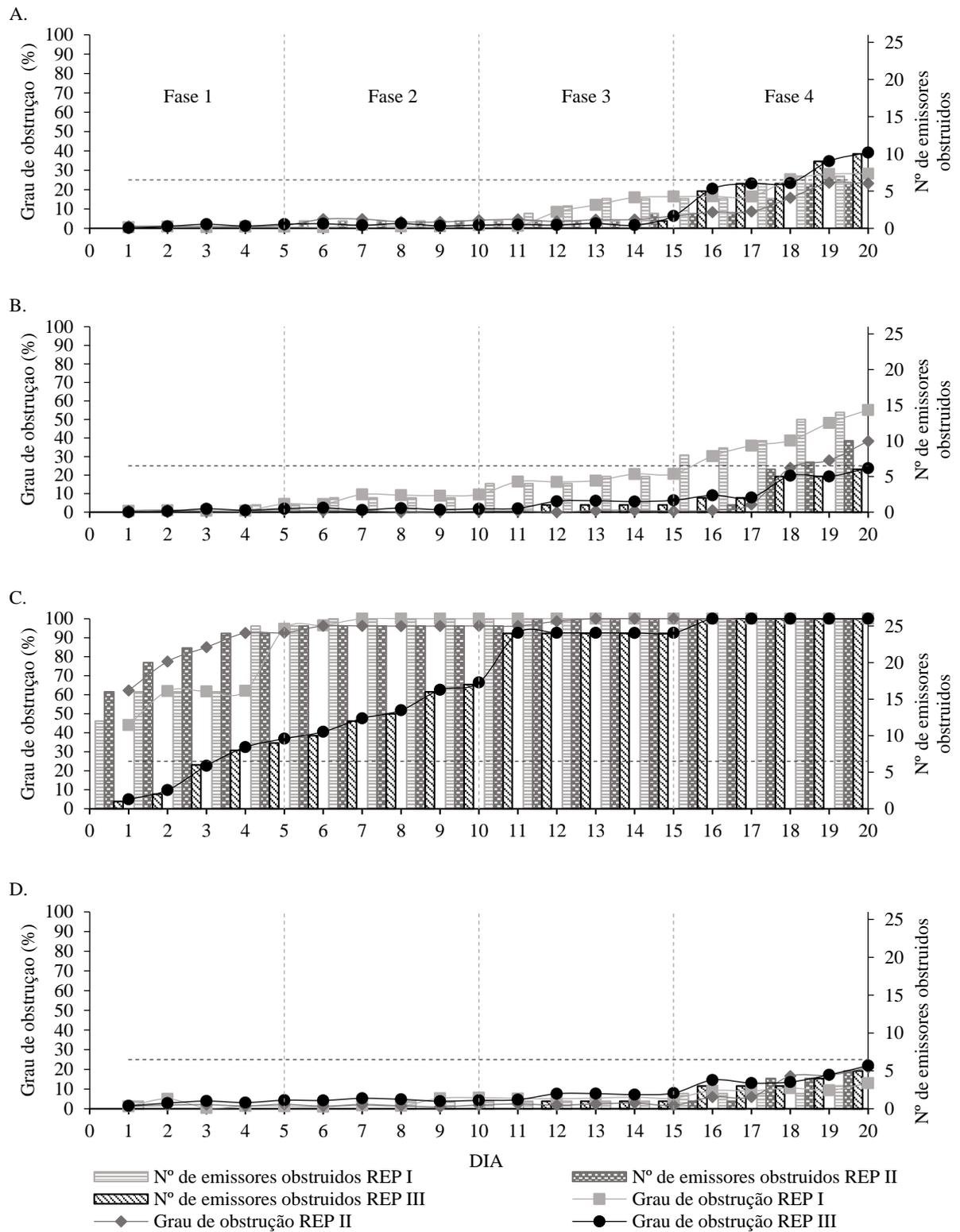


Figura 2. Grau de obstrução e número de emissores obstruídos nas três repetições para os modelos Drip-Tech 1,2 L h⁻¹ (A); Drip-Tech 1,6 L h⁻¹ (B); Taldrip 0,6 L h⁻¹ (C); e, Taldrip 1,7 L h⁻¹ (D)