

# CLASSIFICAÇÃO REOLOGICA DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE AVICULTURA

J. A. R. de SOUZA<sup>1</sup>; R. O. BATISTA<sup>2</sup>; D.C. FERREIRA<sup>3</sup>

**RESUMO:** As propriedades reológicas dos fluídos são de grande importância nos estudos voltados tanto no bombeamento quanto na aplicação de águas residuárias via sistemas de irrigação. Neste trabalho objetivou-se classificar reologicamente a água residuária de galinhas poedeiras (ARA - P) em distintas concentrações de sólidos totais (0,26, 0,46, 0,73, 0,94, 1,63 e 2,89 dag L<sup>-1</sup>). As características reológicas da ARA - P foram obtidas por meio de reômetro. Concluiu-se que ARA - P foi classificada reologicamente como plástico de Bingham.

**PALAVRAS CHAVES:** viscosidade, efluente, sólidos totais.

## CLASSIFICATION RHEOLOGICAL OF LAYING HENS WASTEWATER

**ABSTRACT:** The rheological properties of the fluids are of great importance in the studies directed in such a way for pumping how much for wastewater applications by irrigations systems. In this work was objectified to classify the rheology of laying hens wastewater (LHW) in distinct total solid concentrations (0.26, 0.46, 0.73, 0.94, 1.63 and 2.89 dag L<sup>-1</sup>). The rheological characteristics of LHW were obtained by mean of a rheometry. It concluded that LHW was classified as plastic of Bingham.

**KEYWORDS:** viscosity, effluent, total solids.

## INTRODUÇÃO

As propriedades reológicas dos fluídos são de grande importância nos estudos voltados tanto no bombeamento quanto na aplicação de águas residuárias via sistemas de irrigação.

---

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola-UFV, Av. P. H. Rolfs s/n, CEP: 36570-000, Viçosa, MG.  
Fone: (31)3899-2715 e-mail: jarstec@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutorando em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG;

<sup>3</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG.

Os líquidos podem ser classificados, quanto à sua resistência ao escoamento em duas grandes classes: os fluidos newtonianos e os não-newtonianos.

Nos fluidos newtonianos, a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação constitui-se em uma linha reta passando pela origem. Dentro dessa classe, podem-se destacar os óleos, a gasolina, o leite, a água e as bebidas aquosas como o chá, o café e a cerveja (Herum et al., 1966; Hughes e Brighton, 1974; Bourne, 1982; Fox e McDonald, 1995).

Os fluidos da classe dos não-newtonianos, em que a relação da tensão de cisalhamento não é linear, são subdivididos em pseudoplásticos, dilatantes e plásticos. Nos fluidos plásticos a curva do fluido pode ser côncava, convexa e retilínea (Plástico de Bingham); no entanto, não passa pela origem. Neste tipo de fluido,  $\tau_0 \neq 0$ , o que implica que o fluido não escoar logo que a força é aplicada, sendo necessária uma força de certa magnitude para o fluido começar a escoar. Exemplos clássicos são o creme dental, a maionese, as suspensões de argila e a mistura de óleo com água (Arney et al., 1993). A equação do plástico de Bingham é a seguinte:

$$\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma} \quad (1)$$

em que:

$\tau$  = tensão de cisalhamento,  $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$ ;

$\tau_0$  = tensão mínima que promove o escoamento (constante reológica),  $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$ ;

$\eta$  = viscosidade aparente ou plástica,  $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$ ;

$\dot{\gamma}$  - taxa de deformação,  $\text{T}^{-1}$ .

Segundo Schramm (2000), muitos fluidos que têm comportamento pseudoplástico sob certas condições de tensão e taxa de deformação angular, mostram diminuições de viscosidade drásticas quando a taxa de deformação angular é aumentada. As propriedades reológicas das águas residuárias de bovinocultura (ARB), suinocultura (ARS) e avicultura (ARA) demonstram que esses fluidos também são do tipo pseudoplástico, conforme trabalhos desenvolvidos por Kumar et al. (1972), Chen e Hashimoto (1976a, 1976b), Hashimoto e Chen (1976) e Bashford et al. (1977).

Diante do que foi exposto o presente trabalho teve por objetivo analisar as propriedades reológicas da água residuária de galinhas poedeiras (ARA - P) com distintas concentrações de sólidos totais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG. Analisou-se no experimento água residuária de galinhas poedeiras (ARA - P) em seis diferentes concentrações de sólidos totais (0,26; 0,46; 0,73; 0,94; 1,63 e 2,89 dag L<sup>-1</sup>), obtidas mediante adição e mistura de esterco de galinhas poedeiras a um reservatório de 10 m<sup>3</sup> contendo água.

Antes de fazer a água residuária, o esterco foi previamente moído e passado em peneirado com abertura de 6 mm para a retirada de penas e outros materiais indesejáveis, sendo posteriormente adicionado ao reservatório com o fluido em circulação, para evitar sedimentação e facilitar a homogeneização. Depois de adicionar o esterco correspondente a cada concentração avaliada, o fluido circulava por pelo menos 5 horas, depois de ficar pelo menos 12 horas em repouso para absorção de água.

A ração das galinhas poedeiras do galpão de onde foi obtido o esterco continha cerca de 60% de milho, 25% de farelo de soja, 7% de calcário e 2% de fosfato bicálcico, além de suplementos minerais, óleos e aditivos, totalizando 6%.

Para determinar as propriedades reológicas da ARA - P e definir o tipo de fluido em questão foi utilizado um reômetro, modelo RheoStress RS 150, de fabricação da Haake. Nas determinações foi utilizado um sensor DG41 Ti (doble gap 41 titânio), com fatores geométricos “A” igual a 3701.000 Pa/Nm e “M” igual a 72.670 (s<sup>-1</sup>)/(rad s<sup>-1</sup>) e fenda de 5.100 mm. O volume da amostra de ARA - P utilizado foi de 4,5 cm<sup>3</sup>.

Com o auxílio do software Rheowin versão 2.94, foram obtidos dados de tensão de cisalhamento ( $\tau$ ), taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ) e viscosidade aparente ( $\eta$ ) a cada segundo, durante três minutos, totalizando 180 dados para cada concentração de ARA - P, com temperatura de ensaio de 25 °C ± 0,50. O método de teste utilizado foi o CS (deformação constante). A amplitude das medidas de viscosidades foi de 0,5 a 10<sup>4</sup> mPas, com uma faixa de taxa de deformação de 0,05 a 4.000 s<sup>-1</sup>, com incerteza de ± 6%.

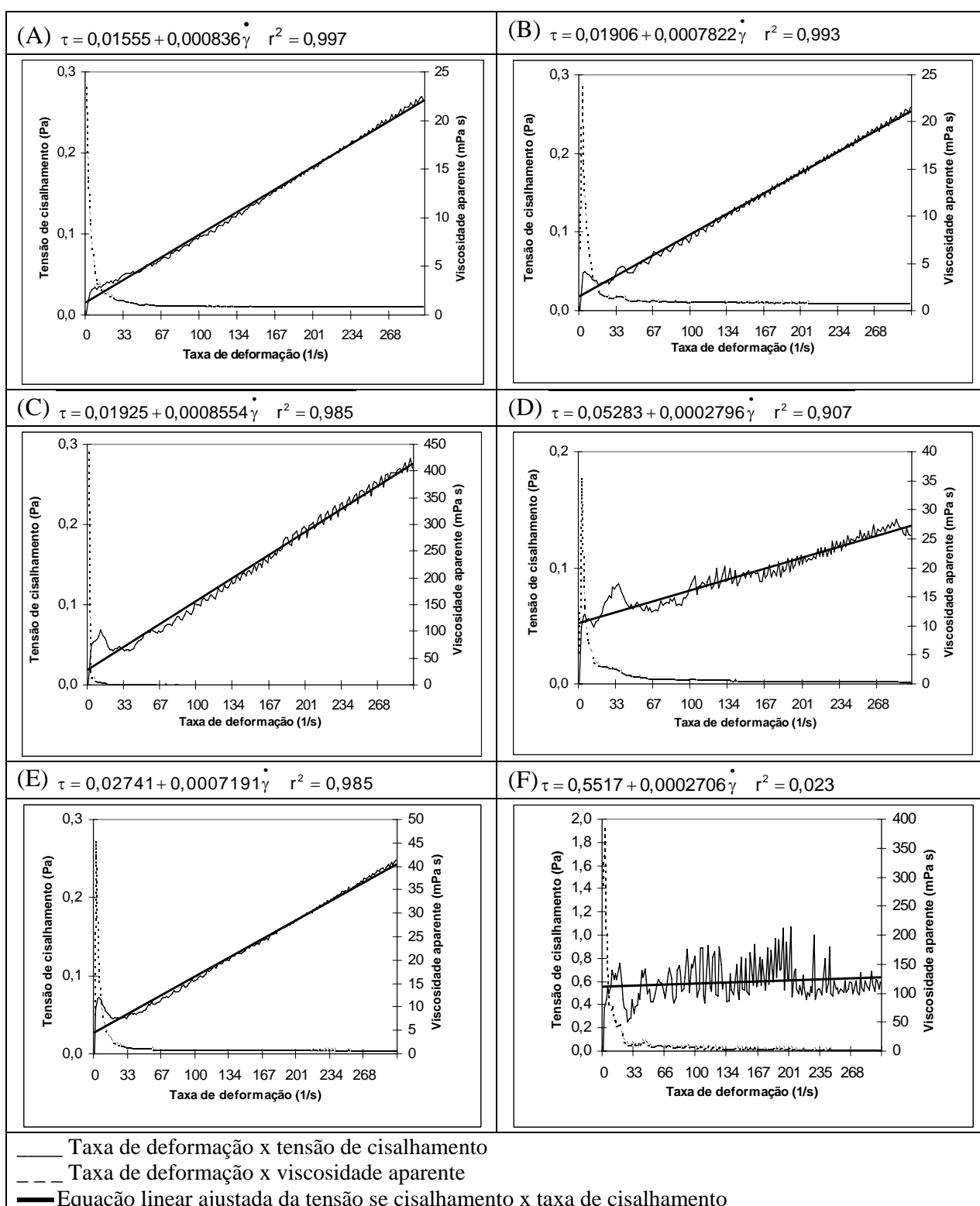
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 estão apresentadas as curvas de taxa de deformação angular x tensão de cisalhamento (curva de fluxo) e da taxa de deformação angular x viscosidade (curva de viscosidade), construídas ao longo do teste para caracterização reológica da ARA - P nas diversas concentrações de sólidos totais avaliadas. Notou-se que as equações de regressão foram retilíneas ( $n = 1$ ) com  $\tau_0 \neq 0$  caracterizando o fluido como plástico de Bingham.

Com exceção da concentração de sólidos totais de 2,89 dag L<sup>-1</sup>, o coeficiente de determinação foi alto para o modelo ajustado. Possivelmente, durante a determinação, ocorreu sedimentação de parte dos sólidos no cilindro do reômetro e as características levantadas podem representar apenas a solução sobrenadante, explicando os valores mais baixos para as viscosidades aparentes das concentrações de sólidos totais de 0,94 e 2,89 dag L<sup>-1</sup>. Para esta última concentração não houve ajuste de modelo.

Os plásticos de Bingham, segundo Hughes e Brighton (1974), exibem uma tensão de escoamento com taxa de deformação nula, seguida por uma relação linear entre tensão e taxa de deformação. Forças de ligação moleculares ou interpartículas possibilitam às partículas sólidas dispersas e em suspensão a formação de estrutura em forma de flocos. Quando submetidas a um esforço externo, estas forças internas conferem ao fluido uma resistência ao escoamento relativamente alta, dificultando, num primeiro instante, o fluxo do fluido. A partir de certa magnitude, a força externa supera as forças internas, rompendo a estrutura inicial, e o fluido se comporta como um líquido. Este comportamento caracteriza o fluido como plástico de Bingham, modelo reológico descrito pela equação 1, que melhor se ajustou entre todos contidos no software Rheowin para a ARA - P.

Referências indicam a ARA como fluido pseudoplástico. Duas possibilidades podem justificar o resultado diferente encontrado neste trabalho. A primeira é que a ARA - P em questão foi produzida com a adição de esterco curtido à água, depois de seco, moído e peneirado, enquanto que nos trabalhos de Chen e Hashimoto (1976), a ARA de esterco fresco foi reutilizada para lavar o galpão das poedeiras. As características químicas, físicas e biológicas podem ser diferentes para cada processo de geração da ARA, podendo variar de acordo com a dieta dos animais, forma de coleta, armazenamento, manejo e utilização, podendo ainda apresentar características diferentes nos diferentes estágios do tratamento pelo qual passa a ARA. Outro fato é que os reômetros e viscosímetros nos quais foram testados os fluidos a décadas atrás eram experimentais e não haviam equipamentos automatizados que garantissem a repetibilidade e as condições de controle para a realização destas determinações, como nos equipamentos atuais, dificultando qualquer comparação conclusiva.



**Figura 1.** Curva de taxa de deformação x tensão de cisalhamento e curva de taxa de deformação x viscosidade aparente para ARA - P com (A) 0,26 dag L<sup>-1</sup>, (B) 0,46 dag L<sup>-1</sup>, (C) 0,73 dag L<sup>-1</sup>, (D) 0,94 dag L<sup>-1</sup>, (E) 1,64 dag L<sup>-1</sup>, (F) 2,89 dag L<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados e as condições específicas do experimento, concluiu-se que a água residuária de galinhas poedeiras (ARA - P), nas concentrações de 0,26, 0,46, 0,73, 0,94 e 1,63 dag L<sup>-1</sup>, foi classificada reologicamente como plástico de Bingham.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNEY, M. S.; BAI, R.; GUEVARA, E.; JOSEPH, D. D.; LIV, K. Friction factor and holdup studies for lubricated pipelining – experiments and correlations. **Journal Multiphase Flow**, Great Britain, v. 19, n. 6, p. 1061-1076, 1993.

BASHFORD, L. L.; GILBERTSON, C. B.; NIENABER, J. A.; TIETZ, D. Effects of rations roughage content on viscosity and theoretical head losses in pipe flow for beef cattle slurry. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 20, n. 6, p. 1106-1109, 1977.

BOURNE, M. C. **Food texture and viscosity (Concept and management)**. New York: Academic Press, 1982. 325 p.

CHEN, Y. R.; HASHIMOTO, A. G. Rheological properties of aerated laying hens waste slurries. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 19, n. 5, p. 128-133, 1976.

EL – MASHAD, H. M.; van loon, W. K. P.; ZEEMAN, G.; BOT, G. P. A. Rheological properties of dairy cattle manure. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 96, n. 5, p. 531 - 535, 2005.

FOX, R. W.; McDONALD, A. T. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1995. 430 p.

HASHIMOTO, A. G.; CHEN, Y. R. Rheology of livestock waste slurries. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 19, n. 5, p. 930-934, 1976.

HERUM, F. L.; ISAACS, G. W.; PEART, R. M. Flow properties of highly viscous organic pastes and slurries. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 2, p. 45-51, 1966.

HUGHES, W. F.; BRIGHTON, J. A. **Dinâmica dos fluidos**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1974. 358 p.

KUMAR, M.; BARTLETT, H. D.; MOHSENIN, N. N. Flow properties of animal waste slurries. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 4, p. 718-722, 1972.

SCHRAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2ª ed. Karlsruhe: Gebrueder HAAKE GmbH, 2000, 291 p.