

## A INFLUÊNCIA DAS CONCENTRAÇÕES RELATIVAS DO SURFACTANTE DODECIL SULFATO DE SÓDIO E DO CO-SURFACTANTE DECANOL NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA LIOMESOFASE NEMÁTICA CALAMÍTICA

Beatriz Siqueira Santos (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Anderson Reginaldo Sampaio (Orientador), E-mail: [arsampaio@uem.br](mailto:arsampaio@uem.br).

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento:** Física / Física da matéria condensada.

**Palavras-chave:** cristal líquido liotrópico; nemático; reologia.

### RESUMO

Neste trabalho foi estudado a resposta reológica do sistema liotrópico Dodecil Sulfato de Sódio (SLS), 1-decanol (DeOH) e água (H<sub>2</sub>O) frente a modificações das concentrações relativa dos seus constituintes, expressas em termo das razões molares  $M_d = n_{DeOH}/n_{SLS}$  e  $M_w = n_{H_2O}/n_{SLS}$ .

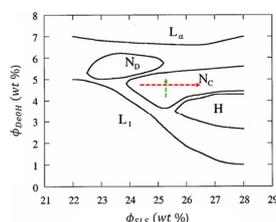
### INTRODUÇÃO

Cristais líquidos liotrópicos são formados por moléculas anfifílicas em meio a um solvente em concentrações acima da concentração micelar crítica. A liomesofase nemática calamítica ( $N_C$ ) é constituída por micelas anisométricas com geometria prolata e apresenta ordem orientacional de longo alcance e birrefringência negativa. Este estudo investiga o comportamento reológico da liomesofase  $N_C$  do sistema SLS/DeOH/H<sub>2</sub>O, frente a modificações de concentração. A reologia investiga a fluidez da matéria, sendo a viscosidade ( $\eta$ ) sua principal grandeza. Essa viscosidade é calculada como a razão entre a tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e o gradiente de deformação, conhecido como taxa de cisalhamento ( $\dot{\gamma}$ ). A liomesofase  $N_C$  exibe um comportamento reológico fracamente não-Newtoniano (Risi et al., 2005), exibindo diminuição da viscosidade com aumento da taxa de cisalhamento (*shear thinning*). Neste caso, sua viscosidade não é uma grandeza absoluta, e sim uma grandeza aparente ( $\eta_{ap}$ ). O modelo de Cross é um dos modelos que descrevem o *shear thinning*:  $\eta_{ap}(\dot{\gamma}) = \eta_{\infty} + \{(\mu_0 - \mu_{\infty})/[1 + (\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_{\beta})^n]\}$  (Schramm, 1994). Para pequenos valores de  $\dot{\gamma}$  este modelo prevê um primeiro platô Newtoniano, cuja

viscosidade é definida como viscosidade de cisalhamento zero ( $\eta_0$ ). Para valores de  $\dot{\gamma}$  intermediários o modelo prevê *shear thinning*, com índice de comportamento de fluxo ( $n < 1$ ). Já para elevados valores de  $\dot{\gamma}$ , o modelo prevê a existência de um segundo platô Newtoniano cuja viscosidade é definida como viscosidade de cisalhamento infinito ( $\eta_\infty$ ). Este modelo prevê ainda, a possibilidade de obter o tempo característico do material ( $\lambda$ ), a partir da taxa de cisalhamento  $\dot{\gamma}_\beta$  que marca a fronteira entre o primeiro platô Newtoniano e a região de *shear thinning*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O SLS com pureza  $\geq 98,5\%$  (Sigma-Aldrich) e o DeOH com pureza  $\geq 98,5\%$ , são comercialmente disponíveis. A água ultrapura foi obtida em nosso laboratório utilizando um sistema Mili-Q Direct 8 (resistividade de 18,2 M $\Omega$  a 25,0 °C). As concentrações utilizadas na preparação das misturas foram extraídas de duas linhas do diagrama de fases (Fig.1) e suas razões molares calculadas a partir das equações (1) e (2) (Thiele et al., 1998).



$$M_d = \frac{n_{DeOH}}{n_{SLS}} = \frac{\phi_{DeOH}}{\phi_{SLS}} \times \frac{W_{SLS}}{W_{DeOH}} \quad (1)$$

$$M_w = \frac{n_{H_2O}}{n_{SLS}} = \frac{\phi_{H_2O}}{\phi_{SLS}} \times \frac{W_{SLS}}{W_{H_2O}} \quad (2)$$

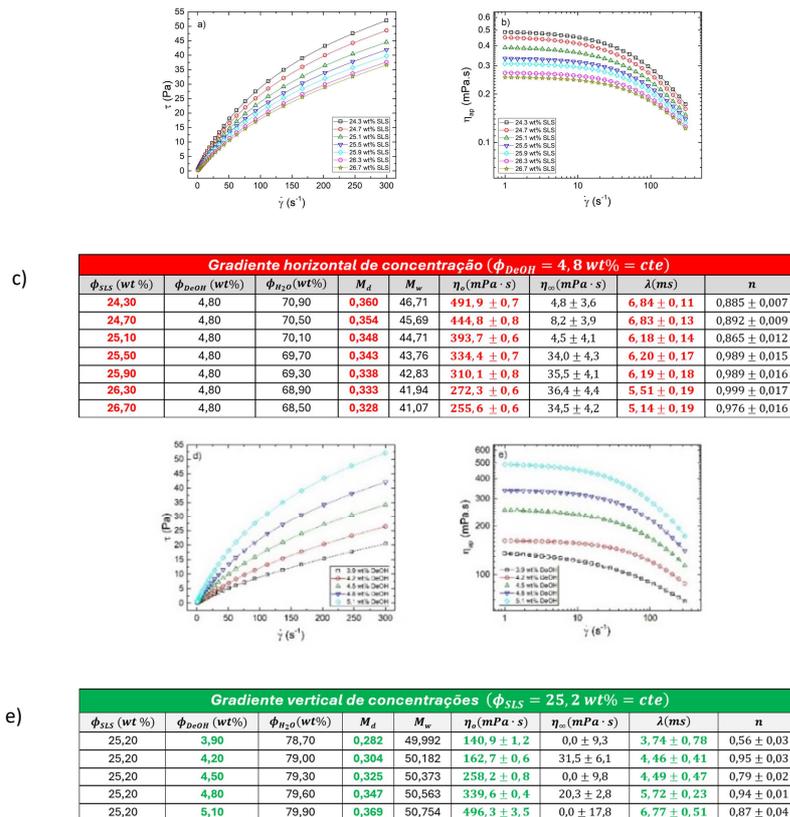
**Figura 1** – Diagrama de fases proposto por (Thiele,1998), onde  $\phi_{SLS}$  e  $\phi_{DeOH}$  são as concentrações em peso do SLS e do DeOH. Nas equações (1) e (2) os termos  $W_{SLS}$ ,  $W_{DeOH}$  e  $W_{H_2O}$  representam os pesos molares do SLS, DeOH e da água.

As análises reológicas foram realizadas utilizando o reômetro Thermo Scientific HAAKE MARS II, na geometria cone placa, utilizando-se o sensor de rotação CP35/2 Ti (17,5 mm de raio e 2° de ângulo do cone), a temperatura de 25,0 °C. Dados de  $\tau$  versus  $\dot{\gamma}$  (curvas de fluxo) foram obtidos no modo rotacional CR, em etapas a cada 60s, sob condições de fluxo laminar, a fim de garantir que o estado estacionário fosse alcançado no intervalo  $1,0 \text{ s}^{-1} \leq \dot{\gamma} \leq 300,0 \text{ s}^{-1}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de fluxo e viscosidade das amostras nemáticas em estudo (gradiente horizontal de concentrações e gradiente vertical de concentrações), encontram-

se ilustradas na Fig. 2. As razões molares  $M_d$  e  $M_w$ , bem como os parâmetros reológicos obtidos via modelo de Cross são descritos na Fig.2(c) e na Fig.2(e).



**Figura 2** – Curvas de fluxo: (a)  $\phi_{DeOH} = 4,8 \text{ wt\%} = cte$ , (d)  $\phi_{SLS} = 25,2 \text{ wt\%} = cte$ . Curvas de viscosidade: (b)  $\phi_{DeOH} = 4,8 \text{ wt\%}$ , (e)  $\phi_{SLS} = 25,2 \text{ wt\%}$ . Concentrações em peso, razões molares e parâmetros reológicos extraídos das respectivas curvas via modelo de Cross: (c)  $\phi_{DeOH} = 4,8 \text{ wt\%} = cte$ , (d)  $\phi_{SLS} = 25,2 \text{ wt\%} = cte$ .

A não linearidade encontrada nas curvas de fluxo (Fig.2(a) e Fig.2(d)), indicam um comportamento reológico fracamente não-Newtoniano. O *shear thinning* exibido acima de  $\dot{\gamma}_\beta$  ocorre porque, com o aumento da taxa de cisalhamento, o alinhamento do diretor induzido por fluxo torna-se mais pronunciado. Ao analisar os parâmetros reológicos exibidos contidos na Fig.2(c) percebemos que, com o aumento da concentração em peso  $\phi_{SLS}$ , o número de moléculas do álcool graxo DeOH por moléculas do surfactante SLS, expresso por meio de

$M_d$ , diminui. Neste processo  $\eta_0$  e  $\lambda$  diminuem. Já no caso das amostras do gradiente vertical *de* concentrações (Fig.2(d)), com o aumento de  $\phi_{DeOH}$ , temos um aumento de  $M_d$ . Neste processo  $\eta_0$  e  $\lambda$  crescem.

## CONCLUSÕES

O comportamento reológico do meio nemático está diretamente associado a razão molar  $M_d$ . Sua viscosidade zero e tempo característicos dependem do número de moléculas do álcool graxo DeOH em relação ao número de moléculas do surfactante SLS.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fluidos Complexos (INCT-FCx) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

## REFERÊNCIAS

RISI, C.L.S., FIGUEIREDO NETO, A.M., FERNANDES, P.R.G., *et al.*, Shear viscosity and rheology of ternary and quaternary lyotropic liquid crystals in discotic and calamitic nematic phases. **Rheologica Acta**, v. 54, n. 6, p. 529–543, 3 abr. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00397-015-0850-2>. Acesso em: 24 set. 2024.

SCHRAMM, G.A., **Practical Approach to Rheology and Rheometry**. 2. ed. Karlsruhe: Gebrueder Haake, 1994.

THIELE, T., BERRET, JF., MÜLLER, S., SCHMIDT, C., Rheology and NMR Measurements of Sodium Dodecyl Sulphate/Decanol/Water Nematics.

**Steinkopff eBooks**, p. 537–538, 1 jan. 1998. Disponível em:

[https://doi.org/10.1007/978-3-642-51062-5\\_261](https://doi.org/10.1007/978-3-642-51062-5_261). Acesso em: 24 set. 2024.