

### Introdução

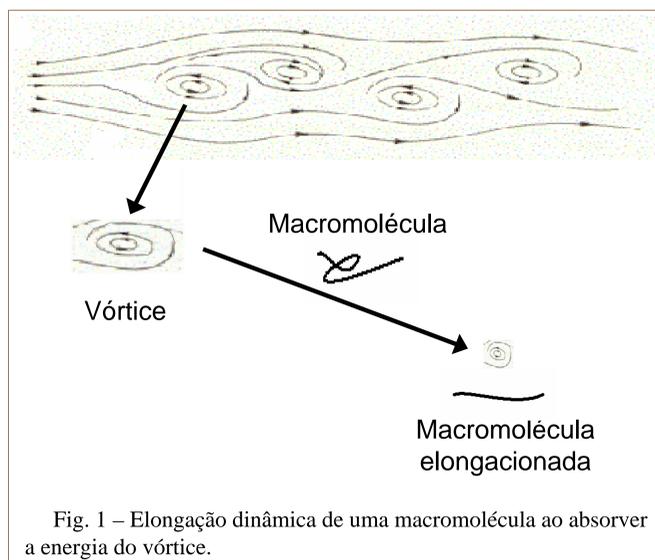


Fig. 1 – Elongação dinâmica de uma macromolécula ao absorver a energia do vórtice.

O fenômeno de redução de atrito está relacionado com a menor energia requerida para o escoamento de líquidos em fluxos turbulentos, quando certas macromoléculas estão dissolvidas. Estudos indicam que a redução de atrito pode estar diretamente relacionada à flexibilidade e ao tamanho de macromoléculas, que podem interagir com os vórtices (Figura 1) evitando a dissipação da energia. Entretanto, soluções de alguns surfatantes em determinadas condições (como a presença de contra-íons que se ligam fortemente aos íons-surfatantes e diminua, portanto, a repulsão eletrostática entre eles) podem formar micelas alongadas (gigantes) em forma de bastão (Figura 2). A solução resultante possui algumas características de soluções poliméricas, sendo capaz de produzir o mesmo efeito, sem no entanto sofrer degradação mecânica.

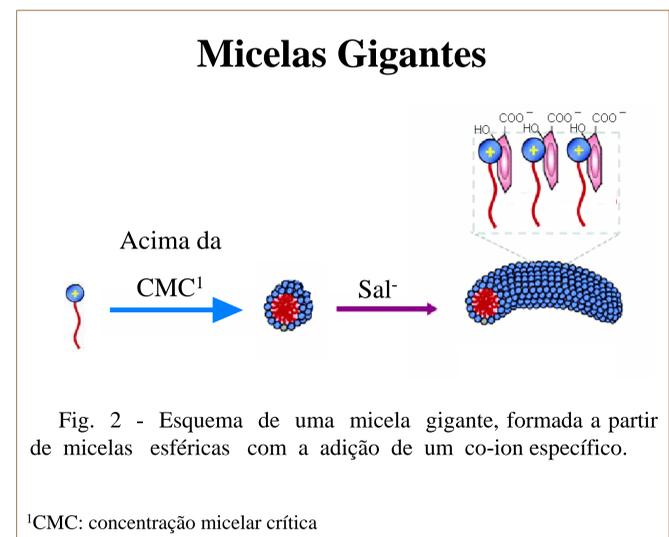


Fig. 2 - Esquema de uma micela gigante, formada a partir de micelas esféricas com a adição de um co-íon específico.

<sup>1</sup>CMC: concentração micelar crítica

### Parte experimental

Os experimentos foram realizados em um reômetro Haake (RS-100), equipado com geometria do tipo *double-gap*.

A rotação da peça superior da geometria causa o cisalhamento da solução. A obtenção de curvas de fluxo, viscosidade aparente versus taxa de cisalhamento é feita varrendo regiões de baixo cisalhamento, fluxo laminar, até a região de fluxo turbulento, para os sistemas de estudo e para soluções padrão, i.e., sem o aditivo.

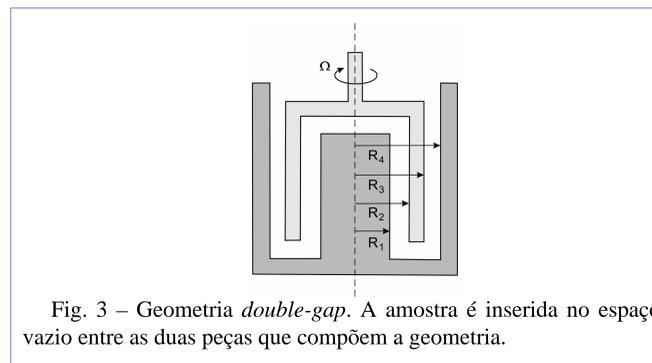


Fig. 3 – Geometria *double-gap*. A amostra é inserida no espaço vazio entre as duas peças que compõem a geometria.

O efeito de redução de atrito será obtido a partir da diferença de viscosidade aparente entre os sistemas com aditivos (menor viscosidade) e as soluções padrão (maior viscosidade) na região de fluxo turbulento. As micelas gigantes foram formadas a partir da mistura de Brometo de Cetil trimetil amônio (CTAB) e Salicilato de sódio (Sal) em diversas proporções.

### Dados experimentais

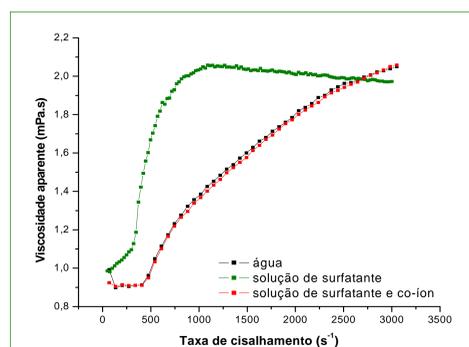


Fig. 4 - Curvas referentes a valores de viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento para água (padrão), soluções de CTAB 2,0 mmol/L, CTAB 2,0 mmol/L e Sal<sup>1</sup> 1,2 mmol/L (co-íon).

Observa-se que a partir de certa taxa de cisalhamento a viscosidade aparente da solução de CTAB + Sal<sup>1</sup> é praticamente constante, e para elevadas taxas de cisalhamento chega a ser menor que a da água (Figura 4). Isto se deve a ação da micela gigante em atenuar os vórtices no regime turbulento.

A inserção das moléculas de salicilato entre as cabeças catiônicas do surfatante (Figura 2) pode ser indiretamente observada através da fluorescência do salicilato. Ao ligar com o surfatante, as moléculas do salicilato perdem menos energia em processos colisionais, com conseqüente aumento da fluorescência (Figura 5).

Observa-se que a intensidade de emissão de fluorescência aumenta com o aumento da concentração de surfatante das soluções de comportamento viscoelástico e mantém-se numa estreita faixa em diferentes concentrações de surfatante em soluções de comportamento não-viscoelástico. Esse resultado pode ser explicado pela quantidade de moléculas de salicilato inseridas entre as cabeças catiônicas do surfatante aumentar com o aumento da concentração de surfatante nas soluções até que se atinja um limite em que a quantidade máxima de cadeias de salicilato inseridas já foi atingida.

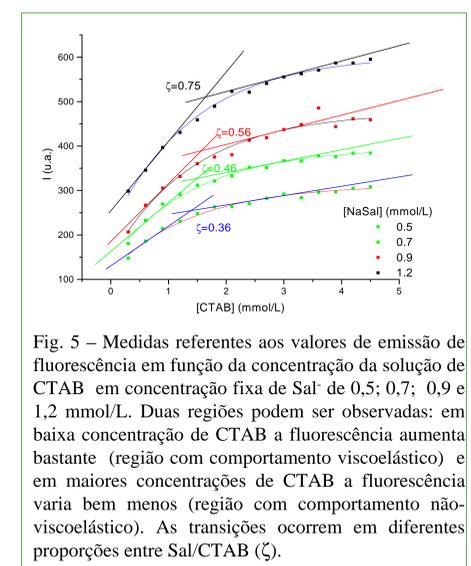


Fig. 5 – Medidas referentes aos valores de emissão de fluorescência em função da concentração da solução de CTAB em concentração fixa de Sal<sup>1</sup> de 0,5; 0,7; 0,9 e 1,2 mmol/L. Duas regiões podem ser observadas: em baixa concentração de CTAB a fluorescência aumenta bastante (região com comportamento viscoelástico) e em maiores concentrações de CTAB a fluorescência varia bem menos (região com comportamento não-viscoelástico). As transições ocorrem em diferentes proporções entre Sal/CTAB (ζ).