

# Investigações Físico-Químicas acerca do Efeito Marangoni na Formação das “Lágrimas do Vinho”

Victor H. Rosas<sup>1</sup> (IC)\*, Daniel Rettori<sup>1</sup> (PQ), Carolina Vautier-Giongo<sup>1</sup> (PQ). \*v.hrosas@hotmail.com

<sup>1</sup> Laboratório de Química e Bioquímica de Espécies Altamente Reativas (LQBEAR) – Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema

Palavras Chave: Efeito Marangoni, tensão superficial, misturas água/etanol.

## Introdução

A ascensão de um filme fino de vinho nas paredes de uma taça de vidro, o acúmulo de líquido próximo às bordas da taça e sua posterior queda para o interior do reservatório de vinho são etapas da formação das “Lágrimas de Vinho”, um fascinante exemplo do Efeito Marangoni, que advém de gradientes de tensão interfacial, criados a partir de gradientes de concentração e/ou de temperatura.

Embora o fenômeno seja conhecido há séculos, ainda há controvérsias com relação à participação do Efeito Marangoni na formação das “Lágrimas do Vinho”.<sup>1</sup> Enquanto o efeito Marangoni torna-se cada vez mais pronunciado quanto maior o teor alcoólico do vinho, a taxa de variação da tensão superficial com a concentração de álcool é mais pronunciada para misturas menos concentradas em álcool.

Neste trabalho foram realizadas medidas da variação temporal da tensão superficial de misturas água/etanol com diferentes composições, a diferentes temperaturas, e estimado o excesso superficial de etanol, visando melhor compreender fenômenos físico-químicos envolvidos no Efeito Marangoni.

## Resultados e Discussão

A tensão superficial ( $\gamma$ ) de misturas água/etanol apresenta valores intermediários entre a tensão superficial do álcool e a da água ( $\gamma_{\text{Etanol}} = 22,55 \text{ mN/m}$  e  $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = 72,75 \text{ mN/m}$  20 °C), e aumenta com o passar do tempo para qualquer composição e temperatura, sendo a taxa ( $d\gamma/dt$ ) de aumento maior quanto maior a temperatura e quanto menor o teor de álcool na mistura, como mostra a Figura 1. Este resultado pode ser racionalizado em termos da tendência de escape das moléculas de álcool interfacial para a fase gasosa, a qual é favorecida para misturas onde o teor do álcool é menor, uma vez que as interações intermoleculares na interface, especialmente as interações de van der Waals entre as moléculas de etanol, são menos efetivas, já que a concentração de álcool é menor.

A Figura 2 mostra que o excesso superficial de etanol ( $\Gamma$ ) aumenta com o aumento da fração molar ( $X$ ) de álcool na mistura até um valor máximo ( $X \approx 0,1$  ou  $\approx 26\% \text{ v/v}$ ), relacionado com a formação de uma monocamada interfacial de etanol, a qual é seguida da agregação de moléculas de etanol no interior da mistura. A formação de agregados de etanol no *bulk* leva à diminuição da energia livre do sistema, o que justifica a diminuição do excesso

superficial com o aumento da fração molar de álcool. A área interfacial ocupada por molécula de etanol (calculada a partir de  $1/\Gamma$ ) diminui, atingindo um valor mínimo, quando a monocamada é formada, de cerca de  $20 \text{ \AA}^2$ . Este valor é comparável com a área calculada para um grupo metilênico, considerando empacotamento compacto.

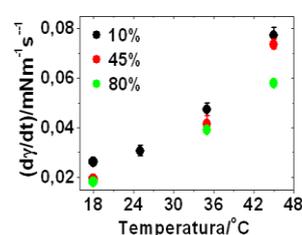


Figura 1. Taxas de variação temporal da tensão superficial versus temperatura para misturas água/etanol com diferentes teores (% v/v) de etanol.

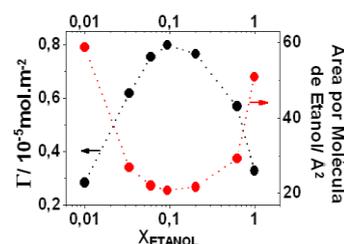


Figura 2. Concentração de excesso (●) e área ocupada por molécula de etanol na interface (●) versus fração molar de álcool a 18 °C.

Os resultados apresentados permitem sugerir que a atenuação do Efeito Marangoni em vinhos com menor teor alcoólico tenha como base a supressão mais rápida do gradiente de tensão superficial no filme de vinho que ascende nas paredes da taça e que sustenta o Efeito Marangoni, visto que para menores teores de álcool, a taxa de aumento temporal da tensão superficial é mais acentuada, em decorrência do escape do etanol interfacial para a fase gasosa ser favorecido nestas condições. No caso de bebidas com alto teor etanólico, para as quais são esperadas taxas de variação temporal de tensão superficial mais baixas, com a possibilidade da formação de agregados no *bulk*, a perda de álcool do reservatório é mais lenta, o que acentua o Efeito Marangoni, tornando possível a observação das “Lágrimas de Vinho” por um tempo mais longo.

## Conclusões

A formação das “Lágrimas de Vinho” foi interpretada com base em medidas de variação temporal da tensão superficial de misturas água/etanol e estimativas do excesso superficial de etanol.

## Agradecimentos

Aos técnicos dos laboratórios de ensino da UNIFESP-Diadema, pelo empréstimo do tensiômetro e do refratômetro.

<sup>1</sup>Tadmor, R. *J. Colloid Interface Sci.* 2009, 332, 451.