

# Utilização de Processamento Digital de Imagem para Medição do Ângulo de Contato Formado entre Solução Fisiológica e Biomaterial

Marcos Pinotti<sup>1</sup>; Rogério M. Garcia<sup>2</sup>; Domingo M. Braille<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dept. Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP, Campinas, SP

<sup>2</sup> Programa PET/CAPEs - IBILCE - UNESP, São José do Rio Preto, SP

<sup>3</sup> Braille Biomédica Ind. Com e Rep. S.A., São José do Rio Preto, SP

**Resumo** - Processamento digital de imagem (PDI) foi empregado para a determinação do ângulo de contato formado entre solução fisiológica e uma superfície recoberta com carbono pirolítico. Os procedimentos experimentais e detalhes do processamento também são discutidos.

**Abstract** - Digital image processing was employed to measure the contact angle formed between physiologic solution and a surface coated by pyrolytic carbon. The experimental procedures, as well as the image processing details are also presented.

## Introdução

Quando uma pequena gota é colocada em contato com uma superfície plana, dois regimes de equilíbrio podem ocorrer<sup>1</sup>: molhamento parcial, com a formação de um ângulo de contato finito ( $\theta$ ) ou molhamento total ( $\theta = 0$ ). Se ocorrer molhamento parcial, a forma da gota dependerá das características superficiais do substrato. Por definição, a superfície será hidrofílica se  $\theta < 90^\circ$ , e hidrofóbica se  $\theta > 90^\circ$ . A Fig.1 ilustra estas situações de equilíbrio.

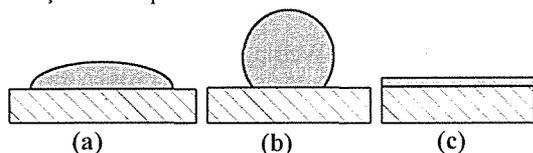


Fig.1- Equilíbrio de uma gota em superfície horizontal. (a) Superfície hidrofílica, (b) Superfície hidrofóbica, (c) Superfície em molhamento total.

O ângulo de contato ( $\theta$ ) é a manifestação da tensão superficial do sólido no qual o ângulo é formado, e sua determinação é relevante, pois pode ser relacionado a propriedades tais como adesão, energia superficial e molhabilidade. No estudo de biomateriais, estas propriedades são determinantes no sucesso do implante em contato com o sangue. A hemocompatibilidade de um biomaterial se manifesta pela sua inércia química uma vez implantado, ou, alternativamente por provocar reações com algumas proteínas do sangue, permitindo sua interação no meio ausente de reações adversas<sup>2</sup>.

Um dos métodos mais conhecidos para obter o ângulo de contato é a observação do perfil da gota sobre um substrato com o auxílio de um goniômetro de precisão. Alternativamente, o ângulo  $\theta$  obtido de forma indireta utilizando o diâmetro ( $d$ ) e a altura ( $h$ ) da gota tem apresentado bons

resultados na literatura<sup>3</sup>.  $\theta$  pode ser obtido da eq.(1), abaixo.

$$\theta = 2 \cdot \arctg\left(\frac{2h}{d}\right) \quad (1)$$

O objetivo do presente trabalho é o de apresentar o processamento digital de imagem (PDI) como uma ferramenta de análise no estudo do ângulo de contato formado durante a interação de um líquido e um substrato sólido.

## Materiais e Métodos

Os experimentos foram realizados utilizando uma câmera Canon A1, equipada com adaptador para lentes 50 mm 1:3.5, um tubo de extensão FD 50 mm e uma objetiva Canon 100 mm 1:40. O filme utilizado foi Kodak ultra 400. O conjunto estava fixado a um tripé H5 Mirage, permitindo a correta focalização do biomaterial e eliminando a vibração no momento do disparo do obturador. As amostras foram colocadas sobre uma plataforma de acrílico especialmente construída para este fim, com regulagem de nível nos três eixos coordenados para garantir uma superfície horizontal para a deposição da gota. O volume constante de  $30 \pm 2$  microlitros das gotas de solução fisiológica (0,9% NaCl) foi garantido por uma micropipeta Hamilton. Foram testados diferentes volumes de gota. Volumes menores ( $< 20$  microlitros) estavam sujeitos a uma taxa de evaporação excessiva enquanto que volumes maiores ( $> 50$  microlitros) dificultavam a deposição das gotas. A iluminação foi feita com uma lâmpada halógena de 1000 Watts instalada a uma altura de 1 metro acima da câmera, iluminando diretamente a gota. Por problemas de evaporação da gota, limitou-se o tempo de exposição em no máximo dois minutos, do momento da deposição ao disparo do obturador.

O substrato utilizado foi uma superfície polida de titânio liga (Ti 6Al 4V) recoberto com carbono pirolítico. A superfície foi lavada com água bidestilada e detergente neutro, e limpa com freon, garantindo-se assim a remoção de óleos e gorduras. Após a limpeza, a amostra foi sempre manipulada com luvas de algodão e posicionada no local de testes com pinças.

### Processamento da Imagem

As fotos foram digitalizadas no Scanner HP ScanJet II CX. Para a leitura do Scanner foi usado *Deskscan II* selecionando-se a opção *Sharp Million of Colors*. O processamento das imagens digitalizadas foi realizado por um programa comercial de edição de imagens (*Adobe Photostyler*). Utilizando-se de filtros especiais disponíveis na versão 1.1a do programa, o processamento foi realizado seguindo a seqüência abaixo:

- 1) Controle da saturação para uma maior nitidez dos contornos da gota;
- 2) Utilização do filtro *Find Edge & Invert*, permitindo destacar os pontos de interesse para a medição do ângulo de contato.
- 3) Conversão da imagem de 16 milhões de cores para tons de cinza.

É importante frisar que testes preliminares com fotografias de cubos e esferas, processadas através da seqüência descrita acima, não apresentaram deformações de razão de aspecto (altura dividido por largura), revelando que o processamento não interferiu nas dimensões relativas da gota. Uma vez aplicados os filtros necessários, a gota com o seu contorno delimitado, destacando com clareza os pontos de altura máxima e os de interface com o biomaterial, foi realizada a determinação do ângulo de contato.

### Resultados e Discussão

A Fig.2, a seguir, mostra a imagem da gota após o processamento. Foram acrescentados, na fase de pós-processamento, retângulos para destacar as regiões onde o processamento da imagem deveria atuar de forma a deixar mais nítidos os contornos.

O tempo de exposição da gota à iluminação afetou severamente as medidas devido aos efeitos da evaporação. Por este motivo, a observação da gota ao longo do tempo (estudo do espalhamento) não foi realizada. Observou-se, durante o testes, que um tempo de exposição maior do que dois minutos era suficiente para tornar perceptível o fenômeno da evaporação e, por este motivo, este foi o limite de tempo adotado para a realização destas medidas.

A Fig.2 mostra que o substrato é hidrofóbico ( $\theta > 90^\circ$ ), o que é confirmado pela Eq.(1), que fornece o valor de  $\theta = 112^\circ$ , utilizando os valores de  $h$  e  $d$ , obtidos do processamento da imagem da gota.

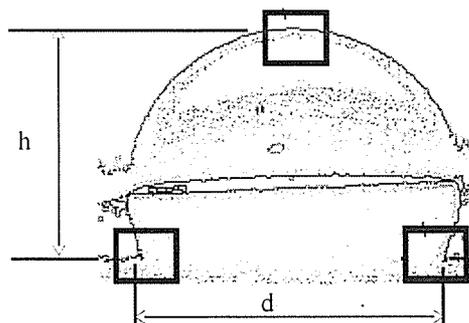


Fig.2- Imagem da gota após processamento digital. As regiões importantes para as medidas estão destacadas com retângulos.

### Conclusões

O PDI mostrou-se adequado para a obtenção do ângulo de contato, sendo o primeiro passo para a automatização deste tipo de medida, requisito importante para o estudo de espalhamento (*spreading*) em biomateriais.

### Referências

- <sup>1</sup>DE GENNES, P.G. Wetting: statics and dynamics. *Rev. Mod. Phys.*, v.57,n3, p.827-863, 1985.
- <sup>2</sup>RUCKESTEIN, E.; GOURISANKAR, S.V. A surface energetic criterion of blood compatibility of foreign surfaces. *J. Colloid Interface Sci*, v.101,n.2, p.436-451, 1984.
- <sup>3</sup>MUZZARELLI, RAA; ILARI,P; XIA, W; PINOTTI, M; TOMASETTI, M. Tyrosinase-mediated quinone tanning of chitinous materials. *Carbohydrate Polymers*, v.24, p. 295-300, 1994.