

Análise do modo de operação do microscópio de força atômica: uso da aproximação harmônica para estudo de modificações na amplitude de operação do sistema

André Luís Bertini Castelhana¹; Rubens Bernardes Filho²

¹Aluno de graduação em Engenharia Física, Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, albcastelhano@gmail.com;

²Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP.

A microscopia de força atômica (MFA), desenvolvida por Binning, Quate e Gerber em 1986, permite a observação de dados topográficos de amostras em escala que podem chegar a até poucos nanômetros. Esta microscopia baseia-se na movimentação de um cantiléver sobre a amostra, e sua deflexão serve para mapear a topografia da amostra. No modo de operação *Tapping Mode* as medidas são realizadas mantendo-se a amplitude de vibração, ou a fase constantes durante a varredura, realizada dentro de uma fina camada de contaminante. A ponteira do MFA é vibrada com grande amplitude e o sinal é predominantemente influenciado por interações repulsivas de curto alcance seguindo um potencial de Lennard-Jones. Uma análise cuidadosa da operação dinâmica do MFA em *Tapping Mode* necessita da resolução da equação de movimento do conjunto cantiléver-ponteira sob influência das forças entre a superfície da amostra e a ponteira. Algumas considerações de simetria permitem a aproximação para um objeto unidimensional, considerando a ponteira como um objeto sem massa. Uma aproximação simples para esse sistema é considerar o conjunto cantiléver-ponteira como um sistema massa-mola, assim a equação de movimento pode ser descrita por uma equação de segunda ordem, não-linear e não-homogênea. Na ausência de forças de interação entre superfície e ponteira, temos a equação de um oscilador harmônico forçado com amortecimento. Para a realização de tal estudo, simulações gráficas variando-se os parâmetros de operação do microscópio de força atômica foram realizadas com o intuito de analisar o comportamento dinâmico do conjunto cantiléver-ponteira em frequências próximas da frequência de ressonância do sistema, uma vez que alguns experimentos e estudos mostram que quando o sistema opera em frequências abaixo da ressonância (predominância de forças atrativas) há um contato da ponteira com a amostra, e por outro lado, acima da frequência de ressonância (predominância de forças repulsivas) não há esse contato. As simulações utilizando a aproximação harmônica foram feitas com valores reais de operação do microscópio (fator de qualidade, força atuante sobre o sistema e frequência natural de operação) e mostraram que quando o sistema opera numa faixa de 5% a 7% menor que a frequência de ressonância, há um aumento da amplitude da oscilação forçada em aproximadamente 0,3nm em relação à de operação do sistema acima da frequência de ressonância. Esse pequeno aumento de acordo com a frequência de operação sugere que o sistema entre em contato com a amostra durante a operação em *Tapping Mode*, podendo gerar modificações estruturais nanométricas na amostra e/ou danificar o conjunto cantiléver-ponteira, como mostrado experimentalmente.

Apoio financeiro: Embrapa, CNPq.

Área: Instrumentação Agropecuária