

Simpósio de Integração Acadêmica

“Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”

SIA UFV 2023



EFEITO DA EXPANSÃO DO SUBSTRATO NO CRESCIMENTO DE INTERFACES

Bryannie Carla de Lima Tonon¹, Tiago José de Oliveira²
 bryannie.tonon@ufv.br¹, tiago@ufv.br²

Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa ¹²

Palavras Chave: Dinâmica de Interfaces, Rugosidade, Classe KPZ
 Área Temática e Grande Área: Física da Matéria Condensada
 Categoria do Trabalho: Pesquisa

Introdução

> O estudo da dinâmica de crescimento de interfaces é essencialmente motivado devido a sua aplicação direta na produção de filmes finos, que são muito importantes para o desenvolvimento de dispositivos microeletrônicos.

> Sistemas distintos que apresentam propriedades estatísticas semelhantes podem ser agrupados em classes de universalidade.

> Interfaces curvas são complicadas de tratar. Em função disso, têm sido propostos trabalhos com simulações envolvendo domínios crescentes.



Foto: Bruno Kelly/Amazônia Real (via Fotos Públicas)

Figura 1 - Diferentes interfaces. A primeira imagem é uma frente de chamas de uma queimada e a segunda é uma colônia de células tumorais [1].

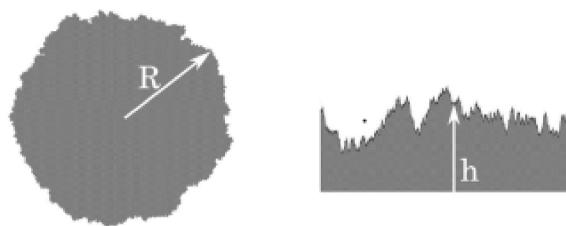


Figura 2 - Ilustração de um sistema curvo que expande radialmente e de um substrato que cresce lateralmente, em que o último reproduz a relação entre o perímetro e o raio do sistema circular [1].

Objetivos

Estudar o crescimento de interfaces em substratos cujo tamanho oscila (expande e contrai) ao longo do tempo, buscando entender como isso afeta a estatística das alturas das interfaces.

Agradecimentos



Material e Método

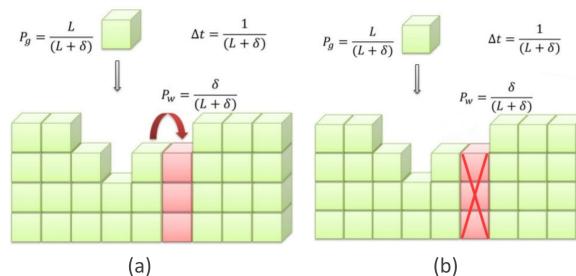


Figura 3 - Ilustração do modelo de crescimento lateral por meio de duplicação de colunas (a) e por remoção de colunas (b) [2].

As simulações se baseiam em um substrato cujo tamanho varia com o tempo, isso acontece através de duplicação de colunas, para sistemas que expandem, e através de remoção de colunas, para sistemas que contraem, além da presença de condições periódicas de contorno. Também há o crescimento das alturas das colunas, através da deposição de partículas sob a restrição do modelo RSOS, que pertence à classe KPZ. O tamanho lateral do substrato se altera com o tempo como $\langle L \rangle = L_0 + \omega t$, em que a velocidade lateral para sistemas que expandem será $(\omega > 0)$ e $(\omega < 0)$ para sistemas que contraem, e L_0 o tamanho inicial da rede.

Todos os modelos simulados pertencem a classe KPZ, assim a rugosidade cresce no tempo com t^β , em que $\beta = 1/3$ para tempos longos. No entanto, para essa mesma classe as distribuições de altura diferem, e para fazer essa análise se fazem necessárias a skewness e a curtose. Essas grandezas são definidas por

$$R = \frac{\langle h \rangle_c}{\langle h^2 \rangle_c^{1/2}}, \quad S = \frac{\langle h^3 \rangle_c}{\langle h^2 \rangle_c^{3/2}} \quad \text{e} \quad K = \frac{\langle h^4 \rangle_c}{\langle h^2 \rangle_c^2},$$

em que $\langle h^n \rangle$ é o momento de ordem n da distribuição de altura, que é dado por $\langle h^n \rangle = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L h_i^n$.

Resultados e Discussão

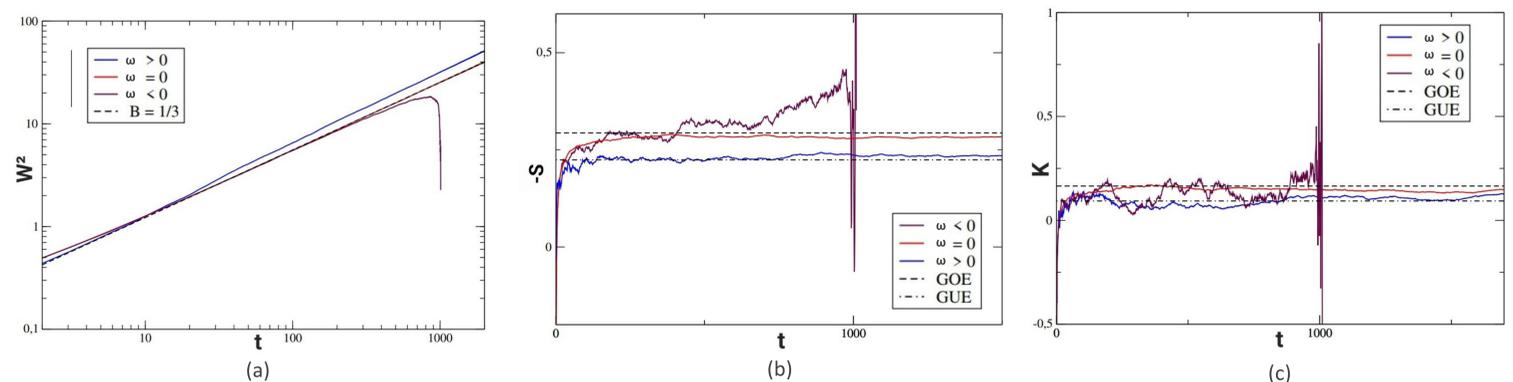


Figura 4 - Gráficos da evolução temporal da rugosidade (a), skewness (b) e curtose (c) para substratos de tamanho fixo ($\omega = 0$), substratos que expandem ($\omega > 0$), substratos que contraem ($\omega < 0$).

Para substratos de tamanho fixo e para substratos que contraem as distribuições de altura estão próximas aos valores esperados para a distribuição do caso plano (GOE), já para substratos que expandem as distribuições de altura tendem para a distribuição do caso curvo (GUE).

Conclusões

A subdivisão da classe KPZ não acontece apenas devido à geometria, pois a mesma subdivisão pode ser obtida em simulações de substratos planos de tamanhos muito grandes. De fato, para tempos muito longos, as distribuições de alturas para sistemas que expandem tendem para a GUE [2], e as distribuições de alturas para sistemas que contraem (tamanho inicial grande) inicialmente se aproximam da GOE [3].

Bibliografia

- [1] CARRASCO, I. S. D. S. Efeitos das condições iniciais da dinâmica de crescimento de interfaces. 2018. Tese (Doutorado em Física) - 2018
- [2] CARRASCO, S.; TAKEUCHI, K. A.; FERREIRA, S. C.; OLIVEIRA, T. J. Interface fluctuations for deposition on enlarging flat substrates. New Journal of Physics, v. 16, p. 123057–123057, 12 2014.
- [3] CARRASCO, S.; OLIVEIRA, T. J. Kardar-parisi-zhang growth on one-dimensional decreasing substrates. Phys. Rev. E, v. 98, 07 2018.