

Modelo estocástico para a dinâmica de partículas em contrafluxo

Eduardo Velasco Stock

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Silva

Novembro 2021

Na natureza ou no dia-a-dia, nos deparamos com sistemas que apresentam uma dinâmica em que dois ou mais conjuntos de objetos deslocam-se em direções e sentidos conflitantes. Esse problema pode ser observado tanto na escala microscópica de colóides de cargas opostas sob a influência de um campo elétrico externo, quanto na escala do nosso cotidiano, como o contrafluxo de pessoas nas calçadas povoadas do centro das grandes metrópoles. Estes sistemas bidimensionais caracterizam-se por apresentar alguns padrões como a formação de filas de fluxo de mesmo sentido ou até mesmo o completo “entupimento” do sistema, onde a densidade média dos corpos, (ρ), atua em um papel fundamental.

Para modelarmos esse tipo de sistema, abordamos o problema a partir de uma automata celular, na qual as partículas deslocam-se de maneira estocástica por um sistema bidimensional de células de acordo com um conjunto de probabilidades de transição.

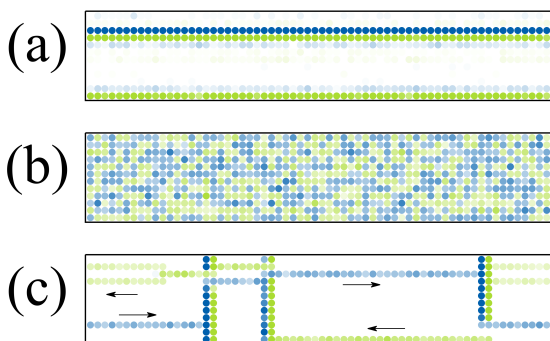


Figura 1: Snapshots dos três possíveis estados da dinâmica encontrados em nosso modelo: (a) estado com fase móvel (formação de faixas), (b) estado de imobilidade ou (c) estado de coexistência de fases.

Nossa contribuição para o entendimento deste tipo de dinâmica, foi propor um modelo estocástico no qual as probabilidades de movimento de dois conjuntos de partículas são definidas a partir de taxas de transição com o

formato semelhante a uma distribuição do tipo Fermi-Dirac. Desta maneira, um parâmetro α controla a estocasticidade da dinâmica, enquanto que um parâmetro σ_{\max} limita a ocupação celular pelas partículas, de modo a introduzir um fator de escala relacionado ao tamanho das partículas.

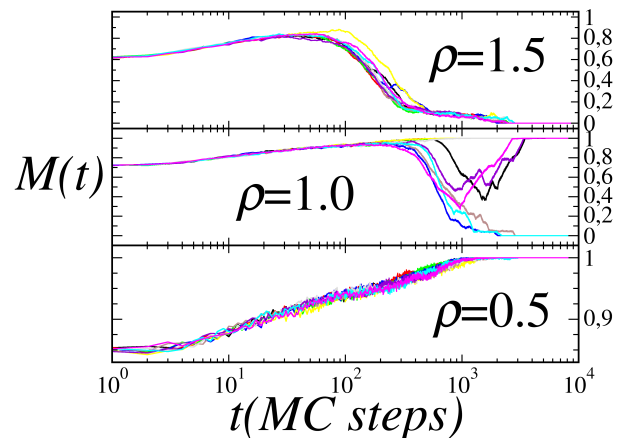


Figura 2: Evolução da mobilidade das partículas na rede bidimensional quando apenas partículas das espécies opostas interagem. O fenômeno de bimodalidade pode ser observado.

Em nosso trabalho, exploramos o modelo a partir de simulações Monte Carlo (MC) e integração numérica de equações de recorrência apenas para o caso unidimensional. Podemos observar pelas simulações MC que a mobilidade estacionária da dinâmica apresenta uma transição abrupta em função do fator que controla a estocasticidade (α), descrevendo a transição de um caso de partículas com fraca interação para um caso de partículas fortemente interagentes.

No estudo da rede bidimensional, observamos que o sistema pode relaxar para dois estados antagônicos (mobilidade com formação de faixas ou imobilidade total) na situação em que a interação de objetos de espécies diferentes é muito mais forte que a interação de entes de mesma espécie. Neste caso, ambos estados estacionários ocorrem com probabilidades que dependem dos parâmetros extensivos do sistema.