Capítulo 9

Discussão final e conclusões

Neste trabalho, discutimos alguns modelos definidos em reticulados, que apresentam uma transição de fase (para um valor definido de ρ, a densidade de partículas do modelo, que é uma grandeza conservada pela dinâmica de cada modelo) entre um estado estacionário ativo ergódico e um dentre infinitos estados absorventes, no limite termodinâmico do sistema. Discutimos como a propriedade ergodicidade permite que utilizemos o formalismo de matrizes de transferência, que é utilizado mais amplamente na Mecânica Estatística de Equilíbrio, para calcular as propriedades físicas do sistema. Embora não seja possível provar que, dadas condições iniciais quaisquer, cada modelo caia em um estado ativo ou absorvente com propriedades bem-definidas, em cada caso, simulações numéricas foram utilizadas para embasar os cálculos analíticos.

O cálculo de grandezas físicas por matrizes de transferência revelou-se útil, embora não possa ser aplicado de forma irrestrita. É muito fácil encontrar modelos para os quais este método não pode ser aplicado, variando-se as regras de transição, a geometria e/ou a dimensão do modelo.

Vale a pena observar que todos os modelos que puderam ser descritos por matrizes de transferência obedecem à equação:

$$P(\eta_1\,\eta_2\ldots\eta_{l+1}) = \frac{P(\eta_1\,\eta_2\ldots\eta_l)P(\eta_2\,\eta_3\ldots\eta_{l+1})}{P(\eta_2\,\eta_3\ldots\eta_l)} \qquad (9.1)$$

onde $l=2$ para o modelo (1), $l=3$ para os modelos (2), (1,2)c e (1,2). De fato, para o modelo (1), vale:

$$P(110) = \frac{P(11)P(10)}{P(1)} \qquad (9.2)$$

Para o modelo (1, 2)c, tomando:

$$P(110) = P(1100) + P(1101) = \frac{(1-\rho-\sigma_2)(2\rho+\sigma_2-1)}{\rho} \tag{9.3}$$

$$P(010) = P(101) + P(100) - P(110) = \frac{\sigma_2(1-\rho-\sigma 2)}{\rho} \tag{9.4}$$

podemos mostrar que:

$$P(1100) = \frac{P(110)P(100)}{P(10)} \tag{9.5}$$

$$P(1101) = \frac{P(110)P(101)}{P(10)} \tag{9.6}$$

$$P(10100) = \frac{P(1010)P(0100)}{P(010)} \quad \text{, com} \tag{9.7}$$

$$P(1010) = \frac{P(101)P(010)}{P(01)} \quad \text{e} \tag{9.8}$$

$$P(0100) = \frac{P(010)P(100)}{P(10)} \tag{9.9}$$

Para o modelo (1, 2), vale:

$$P(10101) = \frac{P(1010)^2}{P(010)} \tag{9.10}$$

além dos resultados (9.5), (9.6) e (9.8).

Como a equação (9.1) também é utilizada em cálculos de campo médio, podemos dizer que tais modelos são possíveis de solução pela aproximação de campo médio ou, em outras palavras, a aproximação de campo médio se torna exata. Entretanto, isso não é uma novidade, já que o mesmo pode ser dito do modelo de Ising unidimensional.

Para aplicar alguma aproximação de campo médio, é necessário partir de uma ou mais equações de evolução de grandezas físicas, mostradas no capítulo 2. Conforme aumenta a complexidade do modelo, a complexidade de manipulações numéricas necessárias para obter cada termo destas equações aumenta rapidamente. Neste caso, é útil escrever um programa que realize automaticamente estas manipulações, dada a grandeza cuja equação de evolução deseja-se calcular. Escrevemos um programa dessa natureza para tratar do PCCI de segundos vizinhos, mas este programa pode ser adaptado para praticamente qualquer modelo, respeitando-se as capacidades da máquina utilizada.

Neste trabalho não simulamos o modelo (1, 2)c a partir de condições iniciais aleatórias, como fizemos para os outros modelos, restringindo-nos à escolha de condições iniciais dentro do estado estacionário. Pretendemos complementar este estudo futuramente.

No final do capítulo 8, apresentamos uma pequena comparação entre os resultados obtidos para o PCCI de n-ésimos vizinhos, para $n = 1, 2$. Um problema importante é procurar extender estes resultados para outras dimensões, geometrias e valores de n.

Referências Bibliográficas

[1] P. Bak, C. Tang e K. Wiesenfeld, Phys. Rev. Lett. **59**, 381 (1987); Phys. Rev. A **38**, 364 (1988).

[2] S. S. Manna, J. Phys. A **24**, L363 (1991).

[3] P. Bak e K. Sneppen, Phys. Rev. Lett. **71**, 4083 (1993).

[4] S. Field, J. Witt e F. Nori, Phys. Rev. Lett. **74**, 1206 (1995).

[5] R. Dickman, M. A. Muñoz, A. Vespignani e S. Zapperi, Braz. J. Phys **30**, 27 (2000).

[6] T. Tomé e M. J. de Oliveira, Phys. Rev. Lett. **86**, 5643 (2001).

[7] M. J. de Oliveira, Phys. Rev. E **71**, 016112 (2005).

[8] T. Tomé e M. J. de Oliveira, *Dinâmica Estocástica e Irreversibilidade*, Edusp (2001).

[9] S. R. A. Salinas, *Introdução à Física Estatística*, Edusp (1999).

[10] K. Huang, *Statistical Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc. (1963).