

ESTUDO DE PROPRIEDADES ELÉTRICAS DE TRILHAS HETEROGÊNEAS DE GRAFITE (2D)

Renata Rodrigues da Hora (bolsista PIBIC/UFPI/ICV), Marcelo Andrade de Figueiras Gomes (colaborador, Depto. de Física- UFPE), Valdemiro da Paz Brito (Orientador, Depto. de Física- UFPI).

Introdução

No final do século XX os físicos começaram a se interessar pela dinâmica de sistemas ditos complexos, cujas partes interagem de forma não-linear entre si, visto que a maior parte dos fenômenos naturais possui essas características. Neste trabalho estudou-se um dos sistemas complexos que ultimamente está sendo bastante abordado – trilhas heterogêneas de grafite, buscando entender a correlação entre sua geometria fractal e suas propriedades elétricas.

Este trabalho teve como objetivo analisar as propriedades elétricas de trilhas heterogêneas de grafite, ou seja, estabelecer a dependência da resistência elétrica R de uma estrutura amassada como uma função direta da distância L entre os eletrodos. Para um fractal com dimensão D , estas variáveis estão relacionadas através $R \sim L^\alpha$, onde $\alpha = d_w - D$, sendo que d_w é o expoente de difusão da estrutura e D a sua dimensão fractal de massa.

Procedimento Experimental

O aparato experimental utilizado no nosso trabalho para obter as configurações dos fios de cobre em 2D foi composto por duas células transparentes formadas pela superposição de duas lâminas de vidro de 30cm x 30cm, com separador de PVC de 1,1mm de espessura, com dois diâmetros diferentes: 15cm e 22cm. O fio de cobre usado nos experimentos possuía diâmetro de 1 mm. Os arranjos de fios produzidos nas células foram fotografados com uma câmera digital Sony (com resolução de 7.2 Mpixel).

A partir de fotocópias destes arranjos, tratados pelo programa Gimp 2.6, preparou-se as trilhas de grafite a serem utilizadas para as medidas elétricas, cobrindo-se as fotocópias com uma camada aproximadamente uniforme de grafite *Big Tree* de 2 mm de diâmetro. A resistência elétrica R das trilhas foi medida como função da distância L , entre dois pontos destas, utilizando um multímetro de alta precisão. Para procedermos ao estudo estatístico proposto, usamos um conjunto de dezessete trilhas, sendo nove produzidas a partir da célula de 15 cm de diâmetro e oito, a partir da célula de 22 cm de diâmetro. Na coleta de dados nas trilhas cada distância começava em um dos seus extremos e era controlada com uma régua graduada em centímetros que permitia a varredura de toda a trilha. Para cada experimento foi calculado o valor médio, $\langle R(L) \rangle$, a partir dos dados adquiridos.

Resultados e Discussão

Abaixo apresentamos os resultados experimentais para as trilhas de grafite, produzidas via arranjos das células de 15 cm e 22 cm de diâmetro. Dos dados experimentais coletados foram feitas as médias das médias para cada célula, as quais geraram os gráficos a seguir:

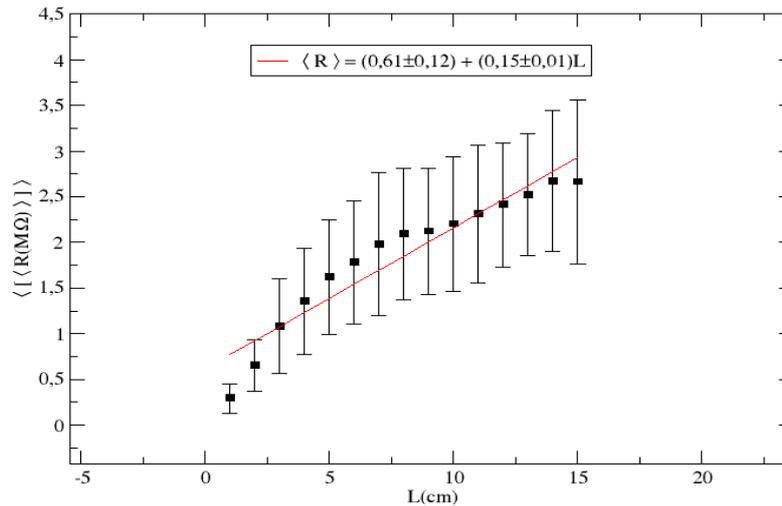


Figura 1: Gráfico de $\langle R(M\Omega) \rangle$ X $L(cm)$ referente à célula de 15 cm.

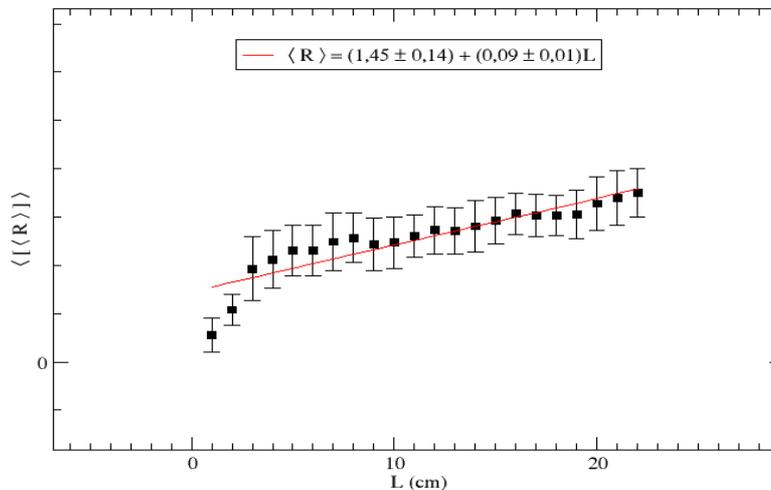


Figura 2: Gráfico de $\langle R(M\Omega) \rangle$ X $L(cm)$ referente à célula de 22 cm.

Da física elementar, a resistência elétrica de um resistor é: $R = \rho L/A$ sendo ρ a resistividade, L o tamanho do resistor ou a distância entre os eletrodos, e A a área da seção transversal à corrente. Para um sistema euclidiano d -dimensional de tamanho L , temos um $A \sim L^{d-1}$. Para um resistor fractal com massa $M \sim L^D$, sendo D a dimensão fractal de massa, a dependência algébrica esperada é $R \sim (N/M) \sim L^\zeta$, com $\zeta = d_w - D$, em que N é o número de passos do caminho aleatório e d_w é o expoente de difusão. Experimentalmente obtemos $D = 1,9 \pm 0,1$ [1] e na simulação obtemos $d_w = 2,9 \pm 0,1$ [2]. Como consequência, esperamos que a dependência entre a resistência elétrica e o tamanho (ou a distancia entre os eletrodos) seja $R \sim L^\zeta$, com $\zeta = d_w - D = 1,0 \pm 0,1$.

Conclusão

O estudo das propriedades físicas de sistemas desordenados como um cluster de percolação foi objeto de enorme interesse do ponto de vista das aplicações e da teoria. Neste estudo, demonstramos a partir de medida experimental direta que estruturas hierárquicas 2D e altamente heterogêneas de grafite com dimensão fractal de massa $D = 1,9 \pm 0,1$ se comportam como um resistor anômalo 1D, como consequência da sub-difusão das correntes da estrutura nos contatos fio-fio.

O expoente de difusão $d_w = 3,03 \pm 0,05$, e o expoente de massa encontrado para as estruturas aqui estudadas são muito próximos aos obtidos para os clusters de percolação conhecidos em 2D: $D(PC) = 1,89 \pm 0,03$ e $d_w(PC) = 2,87 \pm 0,02$. Estes valores comparáveis implicam que a resistência elétrica das estruturas investigadas escala como $R \sim L^{1,3 \pm 0,15}$, enquanto que $R \sim L^{1,98 \pm 0,05}$ encontrado é o comportamento no caso dos agregados de percolação. Enfim para as trilhas heterogêneas de grafite a resistência elétrica escala linearmente com a distância entre os eletrodos com uma incerteza de mais ou menos 10% no expoente que podem se observados nos gráficos acima [3].

Referências

- [1] C.C. Donato, M. A. F. Gomes, R. E. de Sousa, Phys. Rev. E **66**, 015102 (R), (2002)
- [2] C.C. Donato, M. A. F. Gomes, Physica A **367**, 1 (2006).
- [3] M. A. F. GOMES, R. R. Hora, V. P. Brito. *Electrical Resistance in Hierarchical Structures of Loops of Graphite* Journal Physics D: Applied Physics (submetido)

Apoio

Agradecemos à UFPI pelo apoio logístico e de infra estrutura e à CAPES, (Projeto PROCAD/2007) pelo apoio financeiro dispensado ao programa.

Palavras-chave: Resistência Elétrica; Empacotamento; Sistemas Complexos.