

## ESTUDO DE RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS ANÔMALAS EM TRILHAS HETEROGÊNEAS DE FIOS DE SOLDA EM DUAS DIMENSÕES (2D)

*Renata Rodrigues da Hora (bolsista PIBIC-UFPI), Marcelo A. F. Gomes (colaborador, DF/UFPE-PE), Valdemiro da Paz Brito (Orientador, Depto. de Física-UFPI)*

### Introdução

Arames ou fios injetados em uma cavidade quase-bidimensional apresentam uma rica física caracterizada por leis de escala robustas, transições de fase, fenômenos de correlação espacial, formação de padrões além de analogias com importantes sistemas da física da matéria condensada e macia [1,2]. O processo de empacotamento desses sistemas quase-1D em cavidade quase-2D dá origem, no limite de empacotamento máximo ou limite rígido, a uma distribuição hierárquica de laços caracterizada por uma baixa fração de empacotamento e por uma dimensão fractal  $D = 1,9 \pm 0,1$  e um expoente de difusão anômalo,  $d_w = 3,03 \pm 0,05$ , obtidos através de experimentos e simulações computacionais [3]. Ambos os expoentes implicam em uma resistência elétrica  $R$  escalando com o tamanho  $L$  através do expoente  $\zeta = d_w - D = 1,13 \pm 0,15$ . Ou seja a resistência elétrica da estrutura quase-2D se comporta de forma anômala, sendo essencialmente a de um resistor 1D:  $R(L) \sim L^\zeta$ , com  $\zeta$  próximo da unidade. Neste trabalho construímos essas estruturas hierárquicas usando fios de solda da liga de chumbo (40%) e estanho (60%), com 1,5mm de diâmetro, através do confinamento forçado dos fios em cavidades circulares de 7,5cm e 11cm de raios, respectivamente. Em seguida, a resistência elétrica dessas estruturas em função da distância  $L$  entre os eletrodos foi medida diretamente e os resultados comparados com aqueles obtidos através de simulações computacionais realizadas em 2006 por Donato, Gomes e Oliveira [3].

### Métodos e Materiais

O aparato experimental utilizado no nosso trabalho para obter as configurações dos fios de solda 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 1,6mm de espessura, com diâmetros de 15cm e 22cm, respectivamente. O fio de solda usado nos experimentos possuía diâmetro de 1,5mm. Novas células foram utilizadas com a finalidade de preservar as propriedades dos fios empacotados no momento de obter as medidas elétricas. Estas células foram compostas por uma lâmina de madeira 25cm x 25cm, coberta de PVC com uma abertura circular no seu centro com 15cm e 22cm de diâmetro, respectivamente. A resistência elétrica  $R$  dos arranjos foi medida como função da distância  $L$ , entre dois pontos destes, utilizando um multímetro de alta precisão. Para realizarmos o estudo estatístico proposto, usamos um conjunto de cinco arranjos. Na coleta de dados dos arranjos cada distância começava em um dos seus extremos e era controlada com uma régua graduada em centímetros que permitia a varredura de todo o arranjo. Para cada experimento foi calculado o valor médio,  $\langle R(L) \rangle$ , a partir dos dados adquiridos.

## Resultados

Abaixo apresentamos os resultados experimentais para os arranjos de fios de solda produzidos nas células de 15cm e 22cm de diâmetros usadas. Dos dados experimentais coletados foram feitas as médias das médias, as quais geraram os gráficos a seguir:

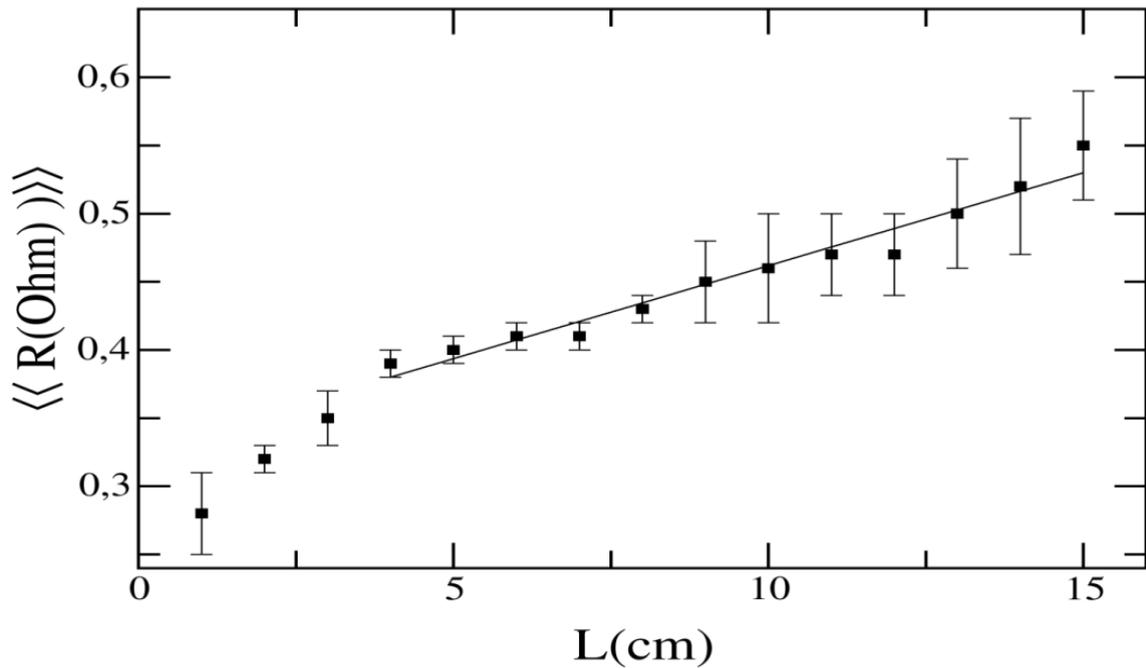


Figura 4.  $\langle\langle R(\text{Ohm}) \rangle\rangle$  X  $L(\text{cm})$  para estruturas heterogêneas de fios de solda com 15 cm de diâmetro.

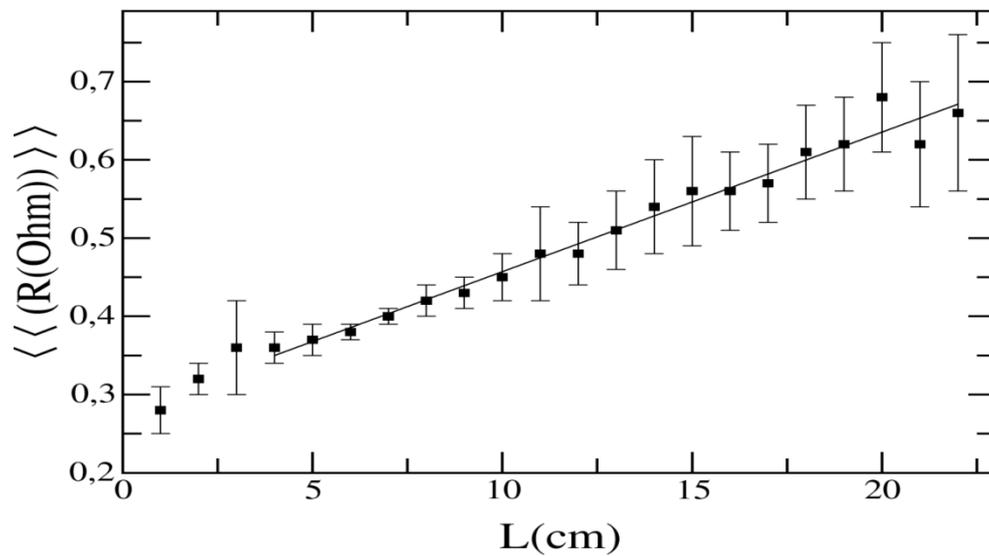


Figura 5.  $\langle\langle R(\text{Ohm}) \rangle\rangle$  X  $L(\text{cm})$  para estruturas heterogêneas de fios de solda com 22 cm de diâmetro

## **Conclusão**

Neste estudo, demonstramos a partir de medidas experimentais diretas que estruturas hierárquicas 2D de fio de solda, altamente heterogêneas, 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 na estrutura, nos contatos fio-fio. Para as trilhas heterogêneas de solda a resistência elétrica escala linearmente com a distância entre os eletrodos com uma incerteza de mais ou menos 10% no expoente, como pode ser observado nos gráficos anteriores (Figuras 4 e 5) .

**Apoio:** Agradecemos à UFPI pelo apoio logístico e de infra-estrutura à realização da pesquisa, agradecemos também a CAPES, (Projeto PROCAD/2007) pelo apoio financeiro dispensado ao programa. Agradecemos também pelo apoio financeiro à bolsista nos últimos meses do programa.

## **Referências**

- [1] C.C. Donato, M. A. F. Gomes, R. E. de Sousa, Phys. Rev. E ( R ) **66**, 015102 (2002);
- [2] M. A. F. Gomes, V. P. Brito, M. S. Araújo, C. C. Donato; Phys. Rev. E **81**, 031127 (2010);
- [3] C.C. Donato, F. A. Oliveira, M. A. F. Gomes, Physica A **367**, 1 (2006);
- [4] Gomes, M. A. F.; R .R Hora ; BRITO, V.P ;J. Phys D:Appl Phys **44**, 255401(2011).

Palavras-chave: Resistência elétrica. Difusão anômala. Empacotamento.