

# CARACTERIZAÇÃO DE TRANSDUTORES PIEZELÉTRICOS AUXILIADO POR MÉTODOS NUMÉRICOS

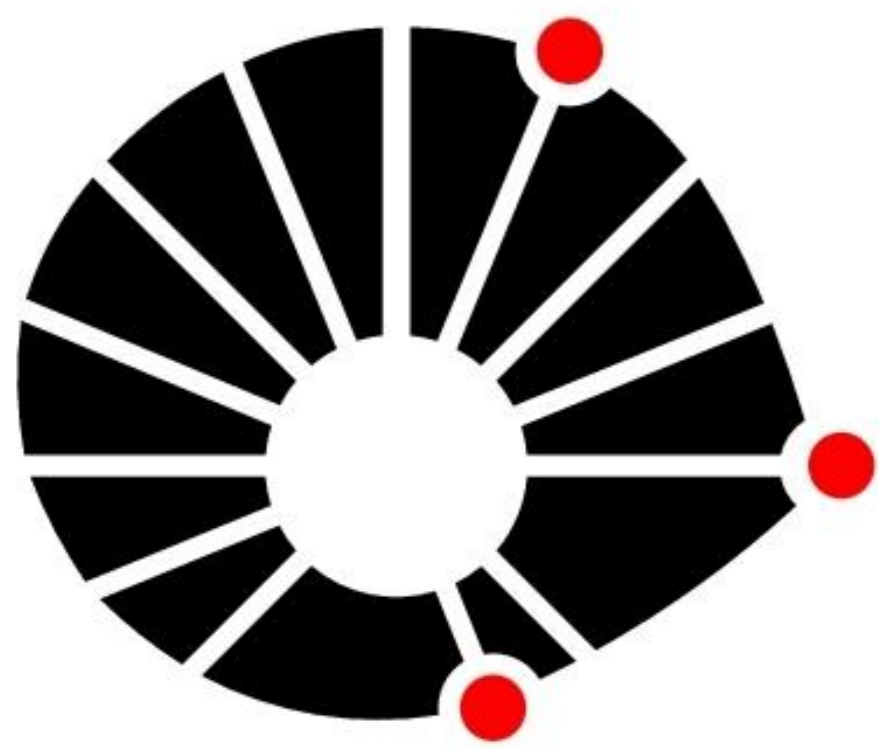
Victor G. Sampaio (Bolsista), Prof. Dr. Francisco José Arnold (Orientador)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE TECNOLOGIA

PIBIC/CNPq

Palavras Chaves: *Transdutor – Piezelétrico – Ajuste de Curvas*



UNICAMP



FACULDADE DE TECNOLOGIA

## Introdução

Os transdutores são dispositivos capazes de transformar um tipo de energia em outro. Os transdutores piezelétricos (J. A. GALLEGO-JUÁREZ), empregados em sistemas ultra-sônicos, podem atuar na transformação de energia mecânica em elétrica ou de elétrica em mecânica.

Como parte do projeto de um sistema qualquer que envolva transdutores piezelétricos, a caracterização elétrica do transdutor é de fundamental importância. O presente trabalho propõe caracterizar os transdutores piezelétricos, montados a partir de cerâmicas de PZT, pelo espectro de frequência e determinar, por técnicas numéricas, os parâmetros físicos dos elementos em questão.

## Metodologia

Foram estudados os modelos utilizados como referência no ajuste dos resultados experimentais como os modelos de Van Dyke que consiste em um circuito equivalente (Fig.1) e o de Mason (ARNAU). Com estes modelos a análise fica restrita a problemas unidimensionais. A impedância elétrica do transdutor, segundo o modelo de Mason, é dada na Equação I.

$$Z = \frac{1}{j\omega C_0} \left( 1 - k_t^2 \frac{\tan \alpha_3 a_3}{\alpha_3 a_3} \right) \quad (I)$$

$C_0$  é a capacitância intrínseca da cerâmica (em F);  
 $\omega$  é a frequência angular (em rad/s);  
 $\alpha_3 = \omega/v_3$  (em  $m^{-1}$ );  
 $v_3$  é a velocidade de propagação das ondas na direção longitudinal (em m/s);  
 $a_3$  é metade da espessura da placa piezelétrica (em m);  
 $k_t$  é o fator de acoplamento eletromecânico no modo espessura.

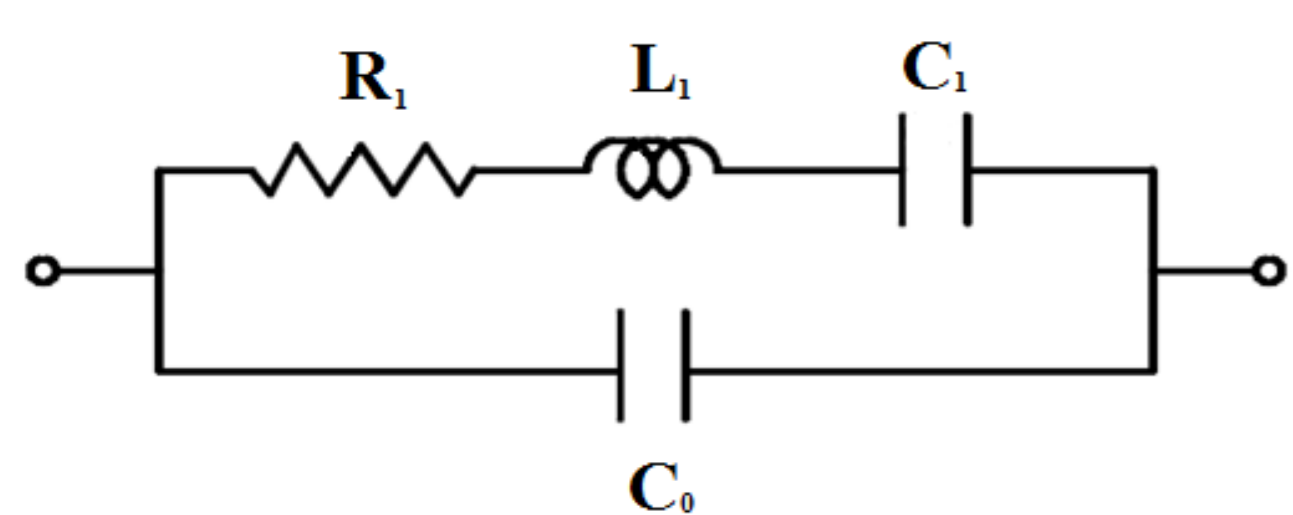


Figura1: Modelo de Van Dyke.

Empregou-se o método da ressonância para se obter a curva da impedância em função da frequência (Fig.2). Os valores experimentais foram ajustados segundo os modelos de Van Dyke e Mason usando-se um toolbox do Matlab chamado Ezyfit (MOYSE).

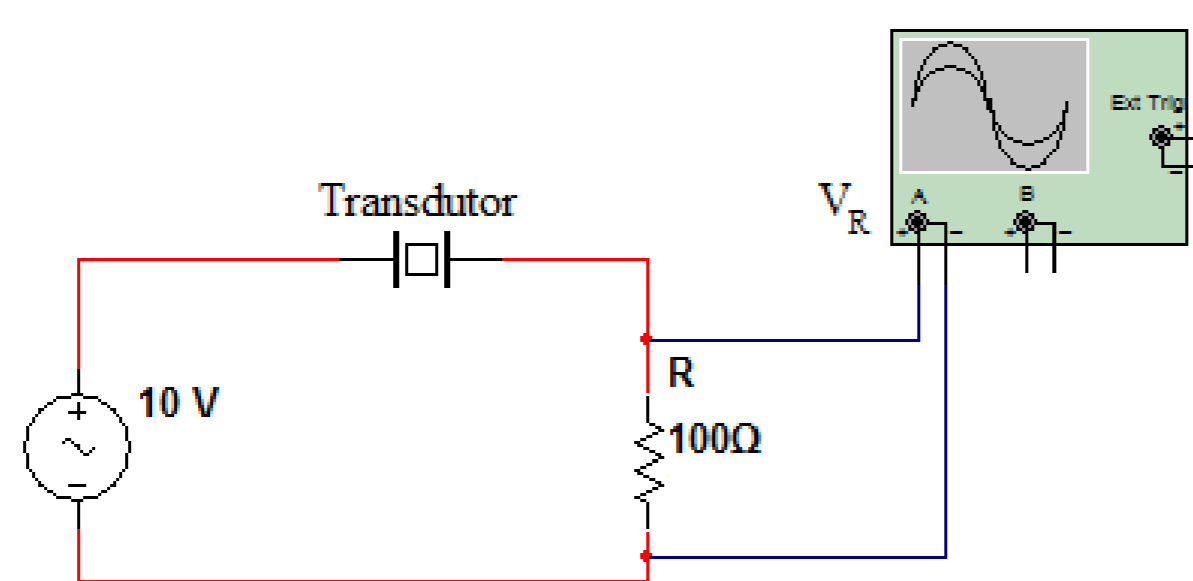


Figura2: Circuito utilizado para medir a tensão no transdutor.

## Resultados e Discussão

Para o transdutor piezelétrico do tipo Langevin (Fig.4) foi utilizado o modelo de Van Dyke para obter os parâmetros do circuito equivalente (Fig.3) (Tab.1).

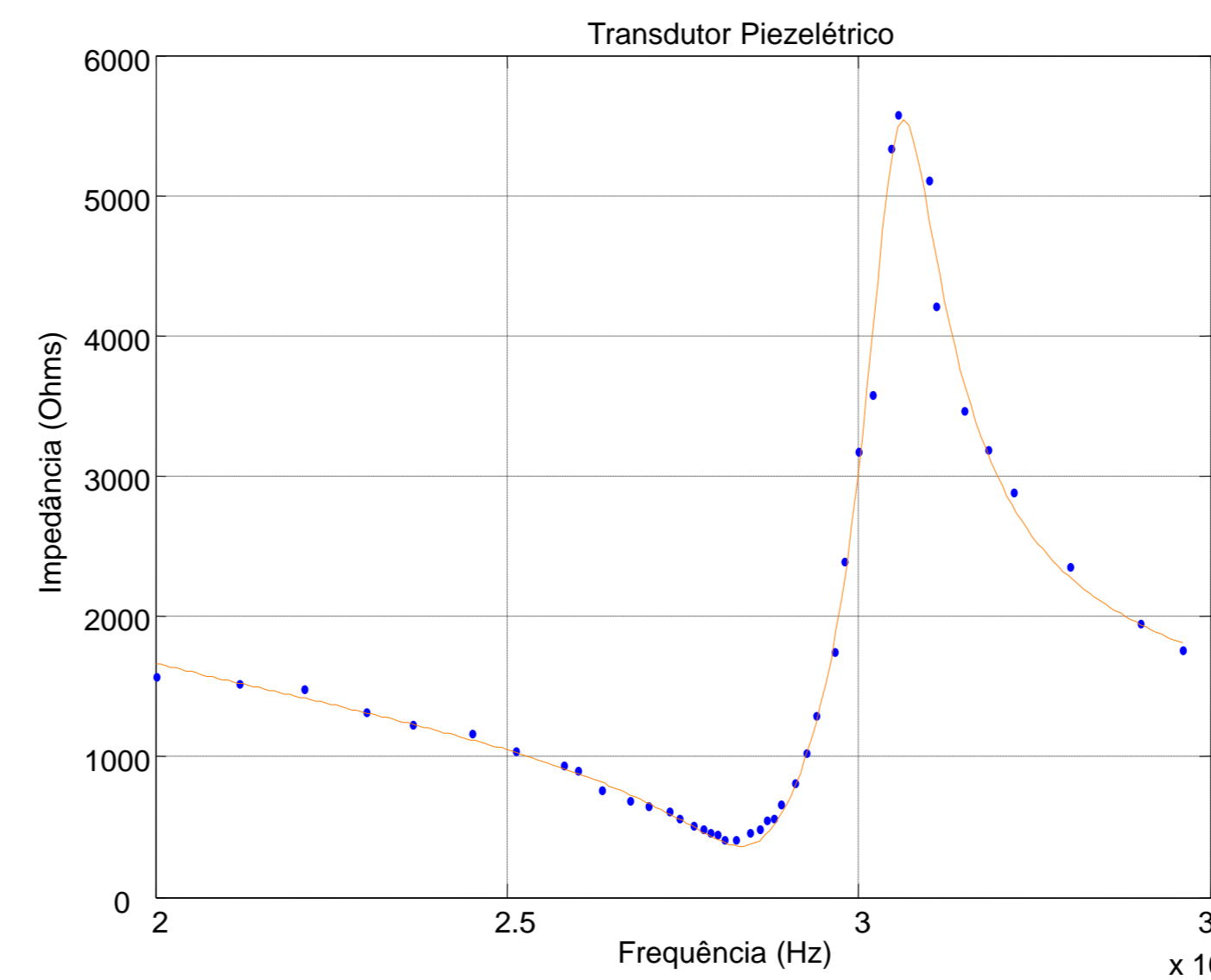


Figura3: Gráfico da impedância em função da frequência do transdutor 1 (Pontos e Curvas de Ajuste).

Tabela1: Resultados obtidos com o ajuste de curva de impedância do transdutor 1, onde  $C_0$ ,  $R_1$ ,  $C_1$  e  $L_1$  formam o circuito equivalente.

<b>R</b>	0,996
<b><math>C_0</math></b>	3,68nF
<b><math>R_1</math></b>	383,4Ω
<b><math>C_1</math></b>	554 pF
<b><math>L_1</math></b>	56,4mH

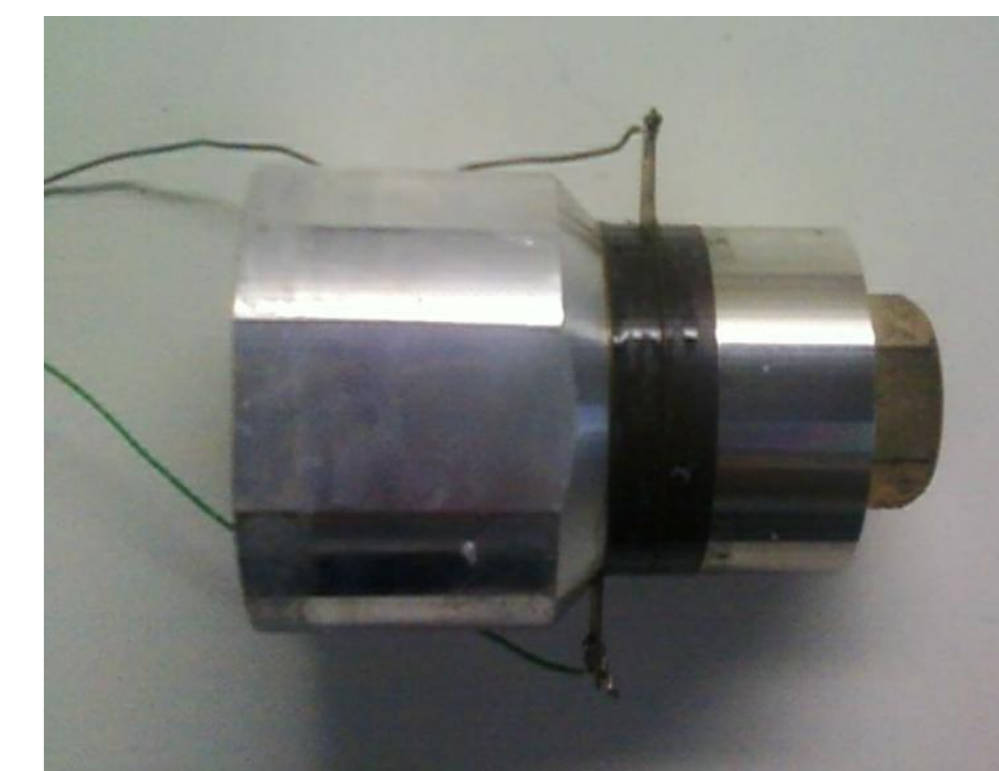


Figura4: Transdutor 1 (tipo Langevin); Diâmetro: 45mm; Comprimento: 78,3mm (Peça Inteira).

Para a cerâmica piezelétrica (Fig.7) utilizamos o modelo de Van Dyke (Fig.5) (Tab.2) e de Mason (Fig.6) (Tab.3).

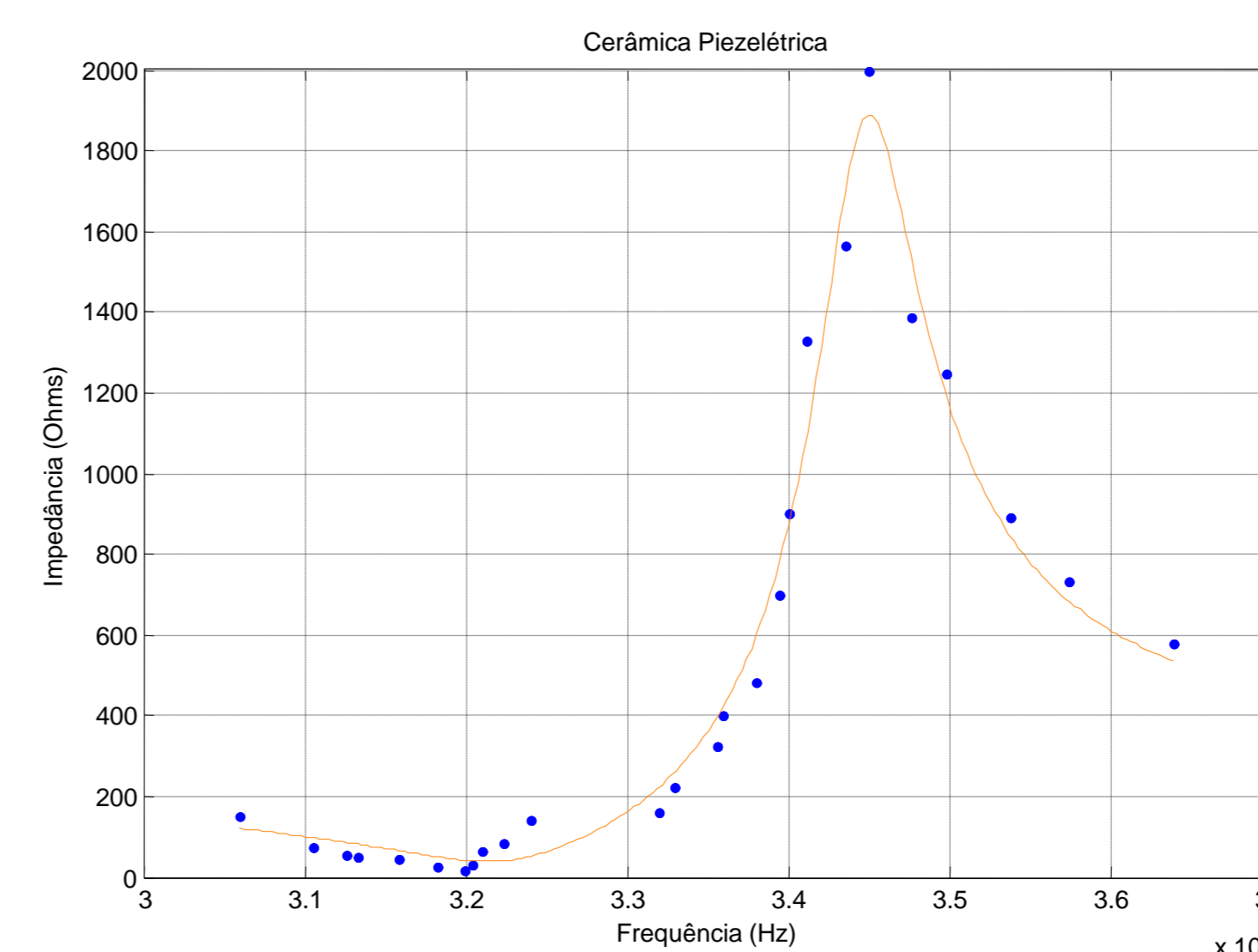


Figura5: Gráfico da impedância em função da frequência do transdutor 2 – Modelo de Van Dyke (pontos e curva de ajuste).

Tabela2: Resultados obtidos com o ajuste de curva de impedância do transdutor 2, onde  $C_0$ ,  $R_1$ ,  $C_1$  e  $L_1$  formam circuito equivalente.

<b>R</b>	0,989
<b><math>C_0</math></b>	1,71nF
<b><math>R_1</math></b>	39,19Ω
<b><math>C_1</math></b>	0,252nF
<b><math>L_1</math></b>	0,968mH

Tabela3: Resultados obtidos com o ajuste da curva de impedância do transdutor 2, onde  $R$  é o coeficiente de Pearson,  $k$  é o coeficiente de acoplamento eletromecânico e  $v$  é a velocidade de propagação de ondas (m/s).

<b>R</b>	0,930
<b><math>k</math></b>	0,411
<b><math>v</math></b>	4316,4 m/s

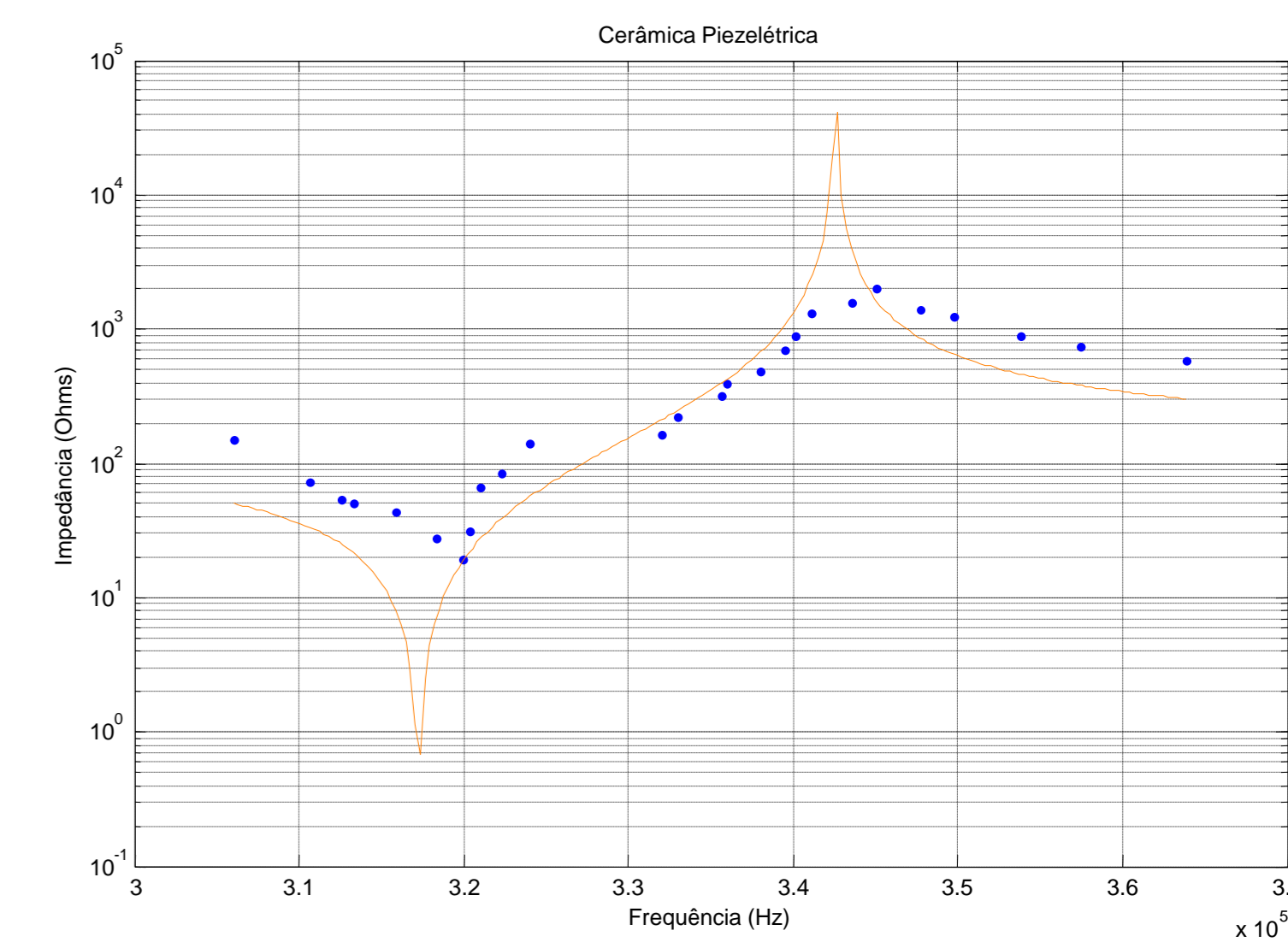


Figura6: Gráfico da impedância em função da frequência do transdutor 2 – Modelo de Mason (pontos e curva de ajuste).



Figura7: Transdutor 2; Diâmetro interno: 12,6mm; Diâmetro externo: 38mm; Comprimento da lateral: 6,3mm.

## Conclusão

Os valores dos coeficientes Pearson,  $R$ , próximos a 1, mostram que os modelos utilizados se ajustam satisfatoriamente aos resultados experimentais. Uma vez que, sob excitações com tensões elétricas reduzidas (10 V<sub>p</sub>) os efeitos das perdas elétricas e mecânicas são desprezíveis, a metodologia empregada pode ser considerada como uma técnica satisfatória para caracterizar transdutores piezelétricos.

## Bibliografia

- [1] J. A. Gallego-Juarez, Journal of Physics E: Scientific Instruments, **22**, 804 (1989).
- [2] A. Arnau, *Piezoelectric Transducers and Applications*, Springer, Berlim (2004).
- [3] MOYSE, Frederic. *Ezyfit – A free curve fitting toolbox for MatLAB*, 2009. Disponível em: < <http://www.fast.u-psud.fr/ezyfit/> >. Acesso em: fev. 2010.