

Termistor

Termistor

Aplicação à disciplina: EE 317 - Controle e Automação Industrial

Este artigo descreve os conceitos básicos sobre termistores.

Termistor

Conteúdo

1	Introdução:.....	3
2	Operação básica:.....	4
3	Equação de Steinhart-Hart:.....	5
4	Parâmetro B (beta):.....	6
5	Modelo levando em conta a condução elétrica:.....	8
6	O efeito do auto-aquecimento:.....	9
7	O uso de termistores para medir o fluxo de ar ou líquidos:.....	10
8	O uso do NTC para aumentar o tempo de vida de lâmpadas de filamento.....	11

Termistor

1 Introdução:

Um termistor é um tipo de resistor cujo valor varia com a temperatura. O termo vem da junção das palavras temperatura e resistor.

Termistores são largamente usados para medir temperatura, limitar corrente de partida em circuito e componentes elétricos, proteção de sobre corrente, e podem ser usado em circuitos de controle de temperatura.

O material usado na construção do termistor é geralmente uma liga contendo cerâmica e outros polímeros. A temperatura de trabalho de um termistor é baixa ficando entre as escalas de -90°C e 130°C !

Existem basicamente dois tipos de termistores:

- NTC é um termistor que a resistência diminui com o aumento da temperatura.
- PTC é um termistor que a resistência aumenta com o aumento da temperatura.

A figura abaixo mostra o aspecto físico de um termistor:

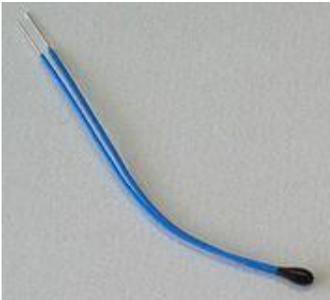


Figura 1: Aparência de um termistor.

O símbolo do termistor é mostrado na figura abaixo:

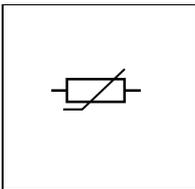


Figura 2: Símbolo de um termistor.

O termistor do tipo NTC é mais usado em aplicações práticas!

Termistor

2 Operação básica:

Uma aproximação linear pode ser usada para expressar a equação de um termistor, esta equação é mostrada abaixo:

$$\Delta R = k \cdot \Delta T \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

ΔR : Variação da resistência.

k : Coeficiente de temperatura

ΔT : Variação da temperatura.

Os tipos de termistores é função do sinal do coeficiente de temperatura:

Se o coeficiente for positivo o termistor será do tipo PTC e a variação da resistência será positiva, aumentando com o aumento da temperatura, pó isso o "P", de positivo no PTC (Positivo Temperatura Controle)!

Se o coeficiente for negativo o termistor será do tipo NTC e a variação da resistência será negativa, diminuindo com o aumento da temperatura, pó isso o "N", de negativo no NTC (Negativo Temperatura Controle)!

Um resistor comum, que não é um termistor tem o valor do coeficiente de temperatura próximo do zero, o que significa que não varia com a temperatura!

3 Equação de Steinhart-Hart:

Na prática a equação acima só funciona para faixas pequenas de variação de temperatura, para faixas maiores de variação de temperatura a equação de Steinhart-Hart apresenta uma precisão maior, esta equação é apresentada abaixo!

$$\frac{1}{T} = a + b \cdot \ln(R) + c \cdot \ln^3(R) \quad \text{Equação 2}$$

Onde os valores de a, b e c devem especificados para cada dispositivo, "T" é a temperatura em graus Kelvin e R a resistência em Ohm.

A equação abaixo mostra o valor da resistência de um termistor em função da temperatura!

$$R = e^{(\beta - \frac{\alpha}{2})^{\frac{1}{3}} - (\beta + \frac{\alpha}{2})^{\frac{1}{3}}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$$\alpha = \frac{a - \frac{1}{T}}{c}$$

$$\beta = \sqrt{\left(\frac{b}{3c}\right)^3 + \frac{\alpha^2}{4}}$$

O erro da equação de Steinhart-Hart é geralmente menor do que 0,02°C.

Valores típicos para um termistor de 3000 Ω a temperatura ambiente (25°C):

$$a = 1,40 \times 10^{-3}$$

$$b = 2,37 \times 10^{-4}$$

$$c = 9,90 \times 10^{-8}$$

Observe que o valor de c é muito pequeno e pode ser desprezado na maioria das aplicações.

Termistor

4 Parâmetro B (beta):

Um termistor do tipo NTC pode ser descrito pelo chamado parâmetro B que nada mais é do que a equação de Steinhart-Hart com $c=0$! Usar o parâmetro beta não é o meio mais preciso para determinar a relação R-T (Resistência – Temperatura) em um termistor, no entanto é de simples aplicação.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \cdot \ln\left(\frac{R}{R_0}\right) \quad \text{Equação 4}$$

Onde a temperatura é dada em graus Kelvin e R_0 e T_0 são medidos a temperatura ambiente (25°C), isolando resistência R na equação acima:

$$R = R_0 \cdot e^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad \text{Equação 5}$$

Esta equação também aparece na forma:

$$R = r_{\infty} \cdot e^{\frac{B}{T}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$$r_{\infty} = R_0 \cdot e^{-\frac{B}{T_0}} \quad \text{Equação 7}$$

Esta equação pode ser escrita isolando a temperatura:

$$T = \frac{B}{\ln\left(\frac{R}{r_{\infty}}\right)} \quad \text{Equação 8}$$

O parâmetro B também pode ser escrito na forma:

$$\ln(R) = \frac{B}{T} + \ln r_{\infty} \quad \text{Equação 9}$$

A equação acima é útil para linearizar a relação entre a temperatura e o valor da resistência. A inclinação desta curva também é usada para estimar o valor do parâmetro B!

Termistor

O fabricante especifica o beta a partir da medição da relação R-T medidas em duas temperaturas diferentes!

$$B = \frac{\ln\left(\frac{Rt2}{Rt1}\right)}{\left(\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2}\right)}$$

Equação 10

Onde Rt1 é a resistência do termistor na temperatura T1 e Rt2 é a resistência do termistor na temperatura 2.

A resistência dada em Ohm e a temperatura em Kelvin

5 Modelo levando em conta a condução elétrica:

Muitos termistores do tipo NTC são construídos com discos prensados ou fundidos de material semicondutor tais como óxidos metálicos.

O funcionamento do termistor é baseado no fato de que se a temperatura aumenta o número de elétrons livres na estrutura também aumenta aumentando a condutividade do material, diminuindo a sua resistência, permitindo com que a corrente aumente!

A equação abaixo mostra a relação entre a corrente e as características do semicondutor!

$$I = n.A.v.e \quad \text{Equação 11}$$

Onde

- I* : Corrente em Ampére.
- n* : Densidade dos portadores de carga
- A* . Área da seção reta por onde os portadores irão cruzar.
- v* Velocidade de transporte dos portadores de carga
- e* Carga do elétron ($e = 1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb)

Muitos termistores do tipo PTC são construídos para operarem com chaves, o que significa que a resistência troca subitamente quando alcança a temperatura de disparo. Este tipo de componente é construído com materiais a base de bário (BaTiO_3). A constante dielétrica destes materiais varia com a temperatura.

Existem termistores do tipo PTC que são usados como fusível e são chamados de Semifuses, Multifuses ou ainda Polyswitch. Este tipo de componente deixa passar a corrente normalmente a baixas temperaturas, mas quando a temperatura alcança o valor de disparo o circuito é interrompido! Este tipo de componente é construído com uma tira de plástico embebido com grãos de carbono. Em baixa temperatura os grãos estão bem unidos permitindo que a corrente flua livremente, com o aumento da corrente o plástico se expande e os grãos são separados cortando a corrente! Quando a temperatura cai o plástico retorna a sua posição inicial com os grãos unidos permitindo a passagem da corrente!

Existem ainda termistores construídos totalmente com semicondutores a base de silício!

Termistor

6 O efeito do auto-aquecimento:

Quando uma corrente passa pelo termistor a temperatura tende a aumentar neste componente, afinal, um termistor é uma resistência e as resistências dissipam energia elétrica na forma de calor!

O calor gerado pelo termistor pode influir na medição da temperatura acarretando erros de medição, por outro lado este efeito é usado em alguns equipamentos como, por exemplo, equipamento de medição do fluxo de ar ou ainda em temporizadores usando relés com termistores em série que disparam após certo tempo ligado!

A equação da potência dissipada no termistor é dada por:

$$P_E = I.V \quad \text{Equação 12}$$

Quando uma corrente passa pelo termistor esta energia é transformada em calor e temperatura do termistor altera. A equação que descreve a alteração da temperatura no termistor é a equação geral de Newton:

$$P_T = K(T_{(R)} - T_o) \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

$T_{(R)}$: É a temperatura do termistor em função da sua resistência!

T_o : É temperatura ao redor do termistor.

K : é o fator de dissipação do termistor.

K é expresso normalmente em mW/°C!

No ponto de equilíbrio as duas equações devem ser iguais!

$$P_E = P_T \quad \text{Equação 14}$$

A corrente através do termistor depende do circuito em que ele está ligado, por exemplo, se o termistor está sendo alimentado por uma fonte de tensão fixa a corrente pode ser determinada pela equação de OHM, neste caso você pode resolver a equação para o equilíbrio a uma temperatura ambiente T_o ! A equação resultante é mostrada abaixo:

$$T_o = T(R) - \frac{V^2}{K.R} \quad \text{Equação 15}$$

Termistor

7 O uso de termistores para medir o fluxo de ar ou líquidos:

Note que a corrente no circuito é função do fator de dissipação K, valores típicos estão na faixa de $6 \text{ mW}/^\circ\text{C}$, se o componente é colocado em um ambiente onde há um fluxo, por exemplo de ar, isto irá dissipar mais calor alterando o valor da resistência do termistor, alterando a corrente no circuito. A corrente pode ser medida em um amperímetro calibrado para indicar o fluxo de ar ao redor do termistor. Quanto maior o fluxo, maior a corrente!

Este é o princípio de alguns dos medidores de velocidade em aeronaves, a velocidade do ar é função da velocidade do avião, um tubo montado na parte frontal do avião com um termistor dentro capta o fluxo de ar resfriando o termistor, alterando a corrente no circuito e mostrando no painel de controle a velocidade do avião!

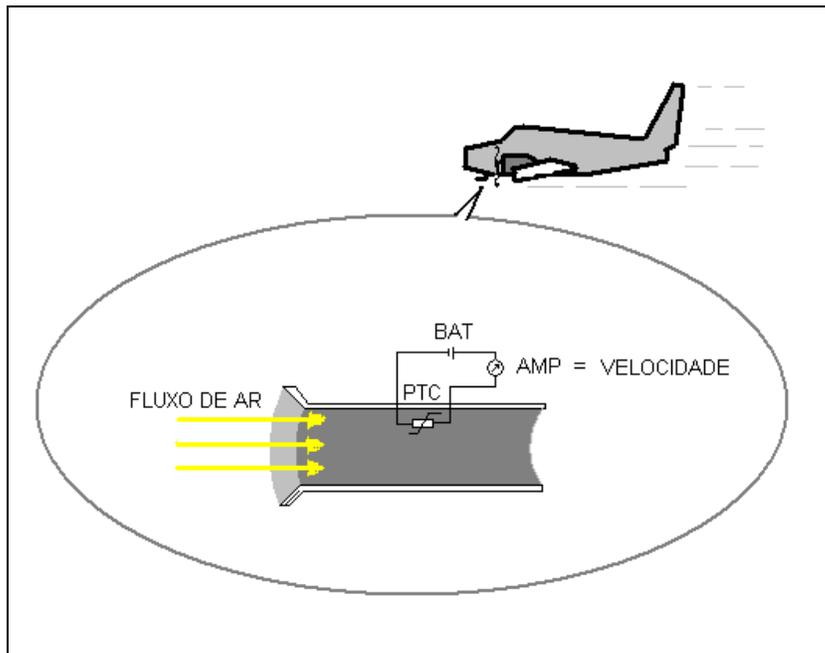


Figura 3: Usando termistor para medir a velocidade de um avião

Termistor

8 O uso do NTC para aumentar o tempo de vida de lâmpadas de filamento.

O termistor do tipo NTC pode ser usado para aumentar o tempo e vida de lâmpadas incandescentes.

A lâmpada incandescente queima normalmente ao ser ligada, pois, nesta condição com a temperatura ainda baixa a resistência interna da lâmpada é muito baixa, logo a corrente no circuito vai ser maior neste instante, após ligada a lâmpada aquece aumentando a resistência do filamento e estabilizando a corrente.

O circuito abaixo um termistor do tipo NTC é colocado em série com a lâmpada. Quando a lâmpada é ligada o termistor está frio, assim a sua resistência é alta e a corrente no circuito é baixa, conforme a corrente vai circulando no termistor este começa a aquecer diminuindo o valor da resistência e aumentando a corrente na lâmpada, após algum tempo esta estará plenamente acesa e no circuito estará circulando a corrente nominal da lâmpada. Nestas aplicações o termistor poderá ser montado junto a lâmpada e a temperatura sobre este componente será função da temperatura da lâmpada tornando o circuito ainda mais eficiente!

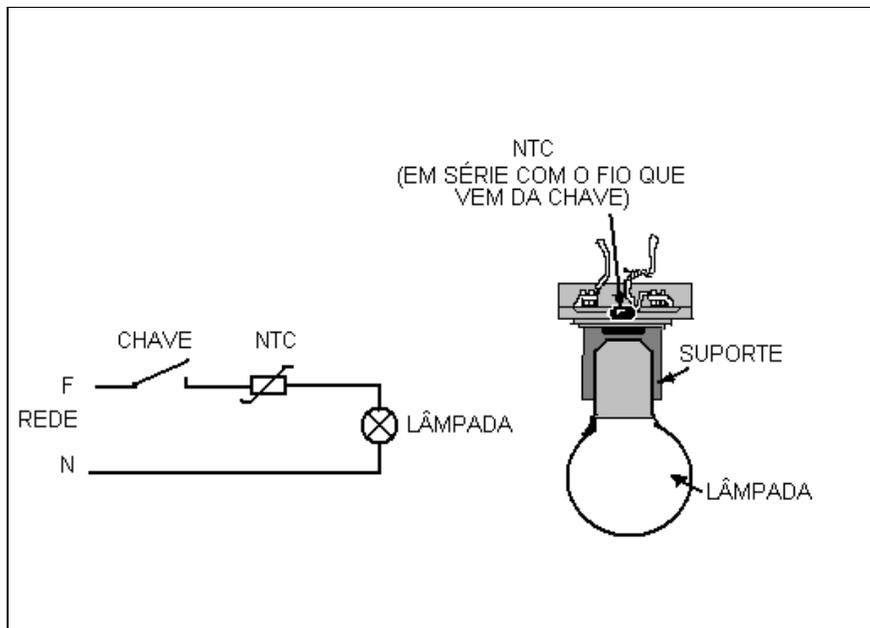


Figura 4: NTC usado para aumentar a vida útil de uma lâmpada incandescente!

Termistor

Exemplo de termistor comercial:

A tabela abaixo mostra os valores padronizados para os parâmetros a, b e c da equação de Steinhart-Hart:



Application Note

Galway Steinhart Coefficients, A, B and C constants for Standard Part Numbers

Part No.	"A" Constant	"B" Constant	"C" Constant	Temperature reference points °C
0.1K1A	1.942952x10 ⁻³	2.989769x10 ⁻⁴	3.504383x10 ⁻⁷	-20°C, 25°C and 50°C
0.3K1A	1.627660x10 ⁻³	2.933316x10 ⁻⁴	2.870016x10 ⁻⁷	-20°C, 25°C and 50°C
1K2A	1.373168x10 ⁻³	2.772261x10 ⁻⁴	1.997412x10 ⁻⁷	-20°C, 25°C and 50°C
1K7A	1.446059x10 ⁻³	2.683626x10 ⁻⁴	1.643561x10 ⁻⁷	-20°C, 25°C and 50°C
2K3A	1.498872x10 ⁻³	2.379047x10 ⁻⁴	1.066953x10 ⁻⁷	0°C, 25°C and 70°C
2.2K3A	1.471388x10 ⁻³	2.376138x10 ⁻⁴	1.051058x10 ⁻⁷	0°C, 25°C and 70°C
3K3A	1.405027x10 ⁻³	2.369386x10 ⁻⁴	1.012660x10 ⁻⁷	0°C, 25°C and 70°C
5K3A	1.287450x10 ⁻³	2.357394x10 ⁻⁴	9.505200x10 ⁻⁸	0°C, 25°C and 70°C
10K3A	1.129241x10 ⁻³	2.341077x10 ⁻⁴	8.775468x10 ⁻⁸	0°C, 25°C and 70°C
10K4A	1.028444x10 ⁻³	2.392435x10 ⁻⁴	1.562216x10 ⁻⁷	0°C, 25°C and 70°C
30K5A	9.331754x10 ⁻⁴	2.213978x10 ⁻⁴	1.263817x10 ⁻⁷	0°C, 25°C and 70°C
30K6A	1.068981x10 ⁻³	2.120700x10 ⁻⁴	9.019537x10 ⁻⁸	0°C, 25°C and 70°C
50K6A	9.657154x10 ⁻⁴	2.106840x10 ⁻⁴	8.585481x10 ⁻⁸	0°C, 25°C and 70°C
100K6A	8.271111x10 ⁻⁴	2.088020x10 ⁻⁴	8.059200x10 ⁻⁸	0°C, 25°C and 70°C
1M9A	7.402387x10 ⁻⁴	1.760865x10 ⁻⁴	6.865999x10 ⁻⁸	25°C, 100°C and 150°C

Observação:

O valor antes da letra k indica o valor da resistência do termistor para a temperatura padrão de 25°C.

Esta tabela foi retirada do site <http://www.meas-spec.com/>

Termistores – NTC e PTC

Prof. Corradi - Disciplina: EE 317 Controle e Automação Industrial - Cotuca

Resumo - Os termistores são excelentes sensores para aplicações que seja necessário uma alta sensibilidade com as mudanças de temperatura. As aplicações de termistores estão mais voltadas à área média e na biologia.

Palavras chave – termistores e termoresistências, NTC e PTC, variação da resistência .

I. INTRODUÇÃO

Os termistores fazem parte da classificação de termoresistência. Termistores são sensores de temperatura fabricados com materiais semicondutores.

II. CONSIDERAÇÕES

A resistência elétrica dos termistores pode variar tanto de forma proporcional ou inversa com o aumento de temperatura ao qual o sensor for exposto. Por essa característica é feita uma classificação dos termistores, sendo NTC (negative temperature coeficiente) e PTC (positive temperature coeficiente).

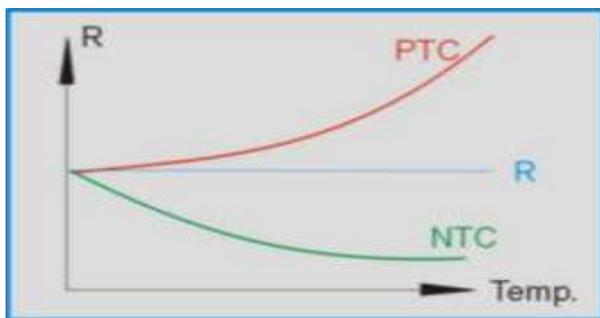


FIGURA I
CURVAS DOS SENSORES PTC E NTC

O NTC é mais utilizado do que o PTC, devido a maior facilidade de ser manufaturado. O PTC tem como sua peculiaridade possuir um ponto de transição, somente a partir de uma determinada temperatura exibirá uma variação ôhmica com a variação da temperatura.

A. Comportamento do termistor NTC

O diferencial do NTC é ser muito mais sensível a variações de temperatura, comparado com outros sensores de resistência variável com a temperatura, como os RTDs e os termopares.

Porém, o fato de ser mais sensível faz com que se comporte de forma não linear. A curva que define o comportamento da temperatura pela temperatura tem um comportamento exponencial.

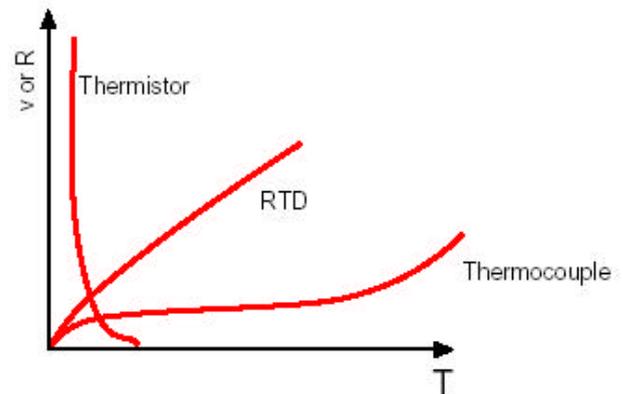


FIGURA II
SENSORES DE TEMPERATURA

Os RTDs são formados por materiais como o níquel, a platina ou uma liga níquel-platina. Já os termistores são fabricados de material semicondutor, tais como óxido de níquel, cobalto ou magnésio e sulfeto de ferro. Os óxidos semicondutores reagem de forma diferente do que os metais que formam os RTDs, para o NTC a resistência decresce exponencialmente com o aumento da temperatura.

$$\ln(R/R_0) = \beta(1/T - 1/T_0)$$

$$R = R_0 \exp[\beta(1/T - 1/T_0)]$$

R é a resistência do termistor na temperatura T
 R_0 é a resistência do termistor na temperatura T_0
 β é a constante do material (3000 - 5000 K)

Como o NTC não possui um comportamento linear da resistência com a variação da temperatura, é necessário a utilização de algum circuito que ajuste a curva exponencial para uma aproximação linear. Alguns exemplos de modelo de circuito que fazem a aproximação são: Ponte de Wheatstone e Amplificador operacional.

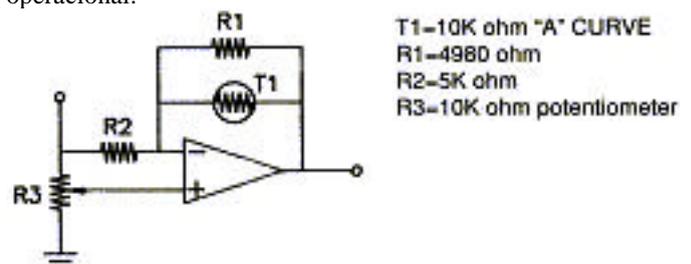


FIGURA III
AMPOP LINEARIZAÇÃO

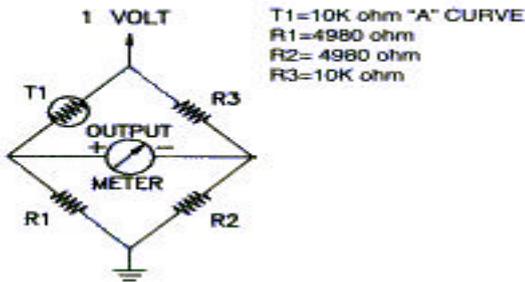
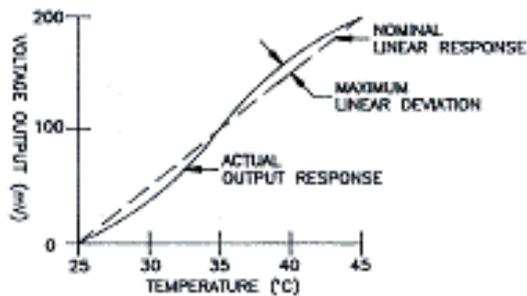


FIGURA IV
PONTE DE WHEATSTONE

Figure 2: Wheatstone Bridge - Voltage Mode



B. Características dos termistores

Os termistores possuem uma constante de tempo, que considera o tempo levado para que se atinja 63% do valor da próxima temperatura. A constante de tempo do sensor depende diretamente da sua massa e do acoplamento térmico da amostra.

No caso de consumo de potência, a corrente necessária para que o termistor comece a atuar é da ordem de 100mA, o que representará uma dissipação de potência de aproximadamente 2mW/°C. A estabilidade do termistor NTC abrange temperaturas de -50°C até 150°C, os termistores são sensores muito estáveis e sensíveis a variações pequenas de temperatura. Devido a essas características é utilizado massivamente na área militar.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LANDGRAF, F.; RODRIGUES, D.; Materiais magnéticos - Seleção e controle de qualidade, Capítulo 7
- [2] Metaltag Ltda, Fabricante de ímãs permanentes , <http://www.metalmag.com.br/ produtos.htm>
- [3] Magneto Ltd, fabricante de ímãs permanentes, <http://www.magnetosgerais.com.br/index2.htm>