

7

Referências

1. J.P. Sinnecker, Materiais Magnéticos Doces e Materiais Ferromagnéticos Amorfo, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 3, Setembro, 2000.
2. C. W. CHEN, **Magnetism and Metallurgy of Solt Magnetic Materials**, illustrated Ed Books, Publicado por Courier Dover Publications, 1986.
3. B. D. Cullity, C. D. Graham, **Introduction to Magnetic Materials**, 2ed Books, Publicado por Wiley-IEEE, 2008.
4. Griffiths, David J., **Introdution to electrodynamics**, 3ed Books, Upper Saddle River, N. J. Prentice Hall 1999.
5. Jiles, D. **Introduction to Magnetism and Magnetic Materials**, Chappman&Hall Ed, Books, 1991.
6. Moskowitz B.M., **Hitchhiker Guide to magnetism**, 3ed, 16 mar, 2006.
7. Reitz, John R., Milford, Frederick J., CHRISTY, Robert W., **Fundamentos da teoria eletromagnética**, 3. ed Livro, Rio de Janeiro, 1982.
8. Miguel A. Novak, **Introdução ao Magnetismo**,
<http://www.cbpf.br/~labmag/miguel.pdf> 15 de Maio de 2009.
9. HSU, Chang, MCGUIRE, Thomas R., Magnetism and magnetic materials, **New York: Academic Press**, 1968.
10. Nelson Martins, **Introdução à Teoria da Eletricidade e do Magnetismo**, Editora Edgard Blucher LTDA Livro, 1975.
11. J.P. Sinnecker, R. Grossinger, R. Sato Turtelli, G. Exel, G. Greifeneder, and C.Kuss, **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, 20 ed, pg 133, (1994).
12. <http://cienciahoje.uol.com.br/images/ch%20on-line/colunas/fabrica/108049a.jpg> 15 de Maio de 2009.
13. A. P. Guimarães, Propriedades Magnéticas de Sistemas Granulares, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.22, no. 3, setembro, 2000.

14. A.P. Guimarães, **Introdução ao Nanomagnetismo**, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas 2006
(ftp://ftp2.biblioteca.cbpf.br/pub/apub/2006/mo/mo_zip/mo00206.pdf) 15 de Maio de 2009.
15. B. D. Cullity, C. D. Graham, **Introduction to Magnetic Materials**, 2ed Books, Publicado por Wiley-IEEE, 2008.
16. Derek Craik, **Magnetism Principles And Applications**, 1ed Books, John Wiley & Sons Ltd, 1995.
17. A. A. O. Carneiro, A. Ferreira, E. R. Moraes, D. B. Araújo, M. Sosa, O. Baffa, Biomagnetismo: Aspectos Instrumentais e Aplicações, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 3, setembro, 2000.
18. Luiz C. Sampaio, Flávio Garcia, Geraldo R. C. Cernicchiaro e Armando Y. Takeuchi, Técnicas de Magnetometria, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol.22, no. 3, Setembro, 2000.
19. S. Foner, The Vibrating Sample Magnetometer-Experiences of a Volunteer (Invited), **Journal of Appl. Physics**, Vol.79 n2, April 1996.
20. A. Zieba and S. Foner, **Detection coil, Sensitivity function, and sample geometry effects for vibrating sample magnetometers**, Rev. Instrum 53(9), Sept. 1982.
21. Dissertação de Mestrado, Flávia Maria Pompéia Cavalcanti, **Desenvolvimento e Caracterização de um Transdutor de Campo Magnético Baseado no Efeito da Magnetoimpedância Gigante**, PUC-Rio, Setembro de 2005.
22. Tese de Doutorado, Alberto Einstein Pereira de Araújo, **Propriedades Magnéticas de Manganitas, Fitas Amorficas e Filmes Finos com Anisotropia Unidirecional**, UFPE, Março de 2002.
23. D. Duret, P. Karp, Figure of Merit and spatial resolution of superconducting flux transformers, **Journal of Appl. Physics**, Vol.56(6) September 1984.
24. David Halliday, Robert Resnick, Kenneth S. Krane, **Fundamentos De Física**, Volume 3, 3 ed, Livro.
25. **Manual GMW**, Model: 3470, 45MM Electromagnet, March 20, 2007.
26. **Instruction Manual**, Model Bop 50-8D Power Supply, 2006.
27. **Instruction Manual**, Model 9950 GAUSS/ TESLAMETER, 1996.
28. <http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/1716D6360C24ECF9862574E90065B811> 15 de Maio de 2009.

29. Zaber T-Series Positioning Products, **User's Manual** (Covers models T-LAxx, T-HLAxx, T-LSxx, T-LLSxx, T-MMxx, T-SNxx Firmware Versions 2.00 and Up.
30. Davis, Harold T. **Introduction to nonlinear differential and integral equations** /. New York : Dover, 1962.
31. Van Bladel, Jean. **Electromagnetic fields**. New York Books: McGraw-Hill Pub. Co., 1964.
32. Eugene Paperno, Anton Plotkin, Cylindrical induction coil to accurately imitate the ideal magnetic dipole, **Sensors and Actuators Physical A** , Vol.112 (2004), pag 248-252.
33. Tese de Doutorado, Orfelinda Avalo Cortez, **Síntese e Caracterização de ligas Fe-Ni nanoestruturadas**, PUC-Rio, 2008.
34. P. Costa Ribeiro, A. C. Bruno, H. R. Carvalho, S. M. Kafensztok, P. O. Almeida, and C. S. Wolff, Magnetic memory of oil paintings, **Journal of applied physics** 102, 2007.
35. S.S.M. Tavares, P.D.S. Pedrosa, J.R. Teodósio, M.R. da Silva, J.M. Neto, S. Pairis, Magnetic properties of the UNS S39205 duplex stainless steel, **Materials Characterization**, Vol.59 (2002), pag 901-904.
36. S.S.M. Tavares, M.R. da Silva, J.M. Neto, Magnetic property changes during embrittlement of a duplex stainless steel, **Journal of Alloys And Compounds**, Vol.313 (2000), pag 168-173.
37. MarkB.Moffett, Arthur E. Clark and Marilyn Wun-Fogle, Characterization of Terfenol-D for magnetostrictive transducers, **Journal of the Acoustical Society of America**, Vol.89(3), March 1991.
38. A.C.Bruno, H.R.Carvalho, S.R.W.Louro, P.C. Ribeiro, Application of a Bulk RF-SQUID to Detect Magnetic Particles used in Biological Immunoassays, **IEEE Transactions on applied Superconductivity**, Vol.17, June 2007.
39. Knobel, M. ;Goya, G.F.Ferramentas magnéticas na escala do átomo. **Scientific American Brasil**, p.58-66, 2004.
40. Tese de Doutorado, Luís Gustavo Dias, **Aplicação de Modelos Simples em Fenômenos envolvendo Monocamadas e Micelas**, USP, 1999.
41. Tese de Doutorado, Flavio Antonio Maximiano, Micelas Mistas De Surfatantes Zwitteriônicos e Catiônicos: **Propriedades Físico-Químicas e Efeito na Cinética de Reação Unimolecular**, USP, 2003.

42. M.j. Santander-Ortega, A. B. Jódar-Reyes, N. Csaba, D. Bastos-González, J.L.Ortega-Vinuesa, Colloidal stability of Pluronic F68-coated PIGA nanoparticles: **A variety of stabilisation mechanisms**, 20 July 2006.

8

Apêndice (Funções em MatLab)

8.1.

Programa Principal

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clear
clc
format long

data=load('Ni_100_D16_02_09_M11_9mg_medida2.txt');
dat=load('C:\Documents and Settings\jefferson\Desktop\programa completo\medição\B(x)
B(z)\Amostras\Ferro_Niquel\Niquel100%\3_modelo\Cbp\Teste_Niquel01.txt');
yi=dat(:,2);
ki=dat(:,4);

%achando numero de medidas (jff)
jff=1;
ld=length(data(:,1));

ad=data(1,1);

for i=2:ld
    aa=ad;
    ad=data(i,1);
    if aa~=ad
        jff=jff+1;
    end
end
jff
%-----
%intervalo das curvas de magnetização ji=inicial jf=Final
ji=1;
jf=122;

%-----
i=1;

```

```

for j=1:jj;
    %Achando o i inicial
    t = true;
    ad=data(i,1);
    while t
        i=i+1;
        aa=ad;
        ad=data(i,1);
        if aa~=ad;
            t=false;
        end
    end
end
ia=i;
%-----
%Descobrimos quantas medidas existem para cada corrente
for j=jj:jf;

    t = true;
    ad=data(i,1);
    while t
        i=i+1;
        aa=ad;
        ad=data(i,1);
        if aa~=ad;
            t=false;
        end
    end
    N=i-ia;
    camp(j,1)=data(ia,4);
    y=data(ia:i-1,2);
    b=data(ia:i-1,3);
    h=data(ia:i-1,1);

    ia=i;
    % acha maximo e minimo medidos
    bmax=max(b);
    bmin=min(b);

    % acha o indice de Bmax
    ibmax=max((find(b==bmax)));
    ibmin=max((find(b==bmin)));

    %Colocando em zero
    if camp (j) > 0;

```

```

b = b - bmax;
end

if camp (j) < 0;
b = b - bmin;
end
% acha posição correspondente e atribui valor zero
if camp (j) < 0;
y = y - y(ibmax)+0.05;
end
if camp (j)> 0;
y = y - y(ibmin)+0.05;
end

% ajuste do dipolo
options = optimset('MaxFunEvals',2000,'TolFun',1.0e-6,'TolX',1.0e-10);
mx_ini = 0.0001;
mmo(j,1) = lsqcurvefit('fun_dipolo_magnetico',mx_ini,y./1000,b./10000,[],[],options);

% transforma o campo em Gauss novamente
bo = fun_dipolo_magnetico(mmo(j,1),y./1000)*1e4;

figure(205)
plot(y,b/10,'-ob',y,bo/10,'-k','LineWidth', [2]);
xlabel('Posição (mm)','FontSize',14);
ylabel('Campo Magnetico (mT)','FontSize',14);
legend ('medido','otimizado',2);
title(['\mu_{opt} =' num2str(mmo(j,1)) ' Am^2'],'FontSize',14);
set(gca,'FontSize',14,'Fontweight','normal');
grid on
axis tight
hold on

end

figure(1004)
%massa da amostra (Neste caso a amostra é de Níquel)
massa=11.9e-6;

%massa da amostra utilizada na calibração
mass=2.2;
kj=ki/mass;

%sa=[camp/10000 -mmo/massa];
%save niquel_100_92_122.txt sa -ascii

```

```

plot(camp/10000,mmo/massa,'-o',yi/10000,kj*1000,'-r','LineWidth', [2]);

xlabel('Campo Aplicado (T)','FontSize',16);
ylabel('Magnetização(Am^2/Kg)','FontSize',16);
set(gca,'FontSize',16,'Fontweight','normal');
title('Curva de Magnetização do Níquel');
grid on
axis tight
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

8.2.

Primeira Função

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function bteo = fun_dipolo_magnetico2 (mx,y);
% magnetic field (Tesla) generated by a
% single current loop usando Biot-Savart
% a : raio (m)
% I : corrente (A)
% x : distancia ao centro da espira (m)
% d : standoff (m)
% mm: momento magnético (Am2)
% mx = 1.0e-6;

my= 0.0e-6;
mz= 0.0e-6;
mx= 1.0e-6;

% Vetor que simula o percurso da amostra
yincr=500e-6;
y_stop=16.5e-3;
y_final=16.5e-3;
y=-y_stop:yincr:y_final;

% x representa a distancia da amostra com relação ao sensor magnético
% z representa a altura do dipolo com relação ao sensor magnético
x = 2.6e-3;
z = 3.8e-3;

auxdotx = 3*(mx.*x.^2 + my.*y.*x + mz.*z.*x);
auxdoty = 3*(mx.*x.*y + my.*y.^2 + mz.*z.*y);
auxdotz = 3*(mx.*x.*z + my.*y.*z + mz.*z.^2);
auxd1 = (x.^2 + y.^2 + z.^2).^(5/2);

```



```

auxd2 = (x.^2 + y.^2 + z.^2).^(3/2);

% calculo o campo em Tesla
Bx=(auxdotx./auxd1 - mx./auxd2)*1e-7;
By=(auxdoty./auxd1 - my./auxd2)*1e-7;
Bz=(auxdotz./auxd1 - mz./auxd2)*1e-7;
% Fazendo a integração numérica no sensor 3 mm x 3 mm
yl = 0.67e-3;
xl = 0.67e-3;
zl = 0.67e-3;
yv=y;
n=length(yv);
for i=1:n;
y = yv(i);
Fzs = @(x,y) 3*(mx.*x.*z + my.*y.*z + mz.*z.^2)./(x.^2 + y.^2 + z.^2).^(5/2) - mz./(x.^2 + y.^2 + z.^2).^(3/2);
Bzqs(i)= dblquad(Fzs,x-xl,x+xl,y-yl,y+yl)./(4*xl.*yl);
end
Bzqs*1e-7;
Bzqss=transpose(Bzqs)*1e-7;
bteo=Bzqss;
figure(204)
plot(yv*1e3,Bzqs,'-or','Linewidth',[2])
ylabel('Campo Magnético (mG)','FontSize',16,'Fontweight','normal');
xlabel('posição (mm)','FontSize',16,'Fontweight','normal');
set(gca,'FontSize',14,'Fontweight','normal')
legend ('\Phi_z/A',1)
grid
title(['\mu =' num2str(my) 'Am^2 d=' num2str(d*1000) 'mm'])
axis tight
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

8.3.

Função Utilizada

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function Phi_y = fun_vanbladel_momento (mm,x)
% x distancia lateral movel do sensor ao centro do loop
% y altura do sensor em relação ao centro do loop
% z distancia lateral fixa do sensor ao centro do loop
format long
clc
clear
%posição de percuso da amostra

```

```

xincr=500e-6;
x_stop=16.5e-3;
x_final=16.5e-3;
x=-x_stop:xincr:x_final;

```

```

% posição da amostra

```

```

y = 4.0e-3;
z = 2.6e-3;

```

```

% mm: momento magnético (Am2)

```

```

mm=1.0e-6;

```

```

% raio do sensor em metros

```

```

a = 0.762e-3;

```

```

% van Bladel para By

```

```

r = sqrt(x.^2 + y.^2);
auxn = 4*a.*r;
auxd = (a+r).^2+z.^2;
k = (auxn./auxd);
[K, E] = ellipke(k);
auxr = -K + (a.^2 + r.^2 + z.^2).*E ./ ((a-r).^2 + z.^2);
Br = 2e-7*z.*auxr./(r.*sqrt((a+r).^2+z.^2)); % Resultado em T/A
By = Br*y./r;

```

```

Phi_y = By*mm;

```

```

figure(205)

```

```

plot(x*1e3,By,'-or','Linewidth',[2])
ylabel('Campo Magnético (mG)','FontSize',16,'Fontweight','normal');
xlabel('posição (mm)','FontSize',16,'Fontweight','normal');
set(gca,'FontSize',14,'Fontweight','normal')
legend('By',1)
grid
title(['\mu = ' num2str(my) 'Am^2'])
axis tight
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

8.4.

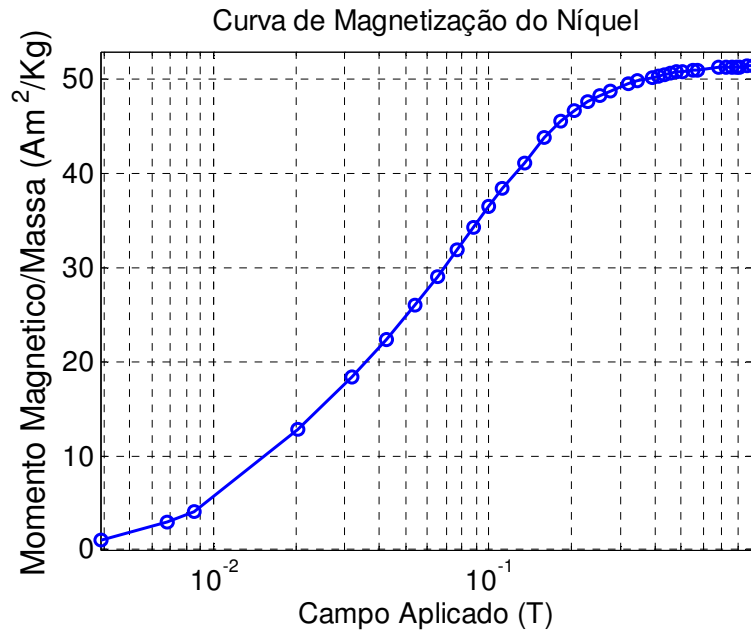
Desmagnetização do Material

Gráfico 28: Primeira magnetização.

Essa curva é normalmente chamada na literatura de curva de primeira magnetização, veja o gráfico 28. Para fazer uma caracterização magnética tomando como base a curva de primeira magnetização torna-se necessário que este material juntamente com o eletroímã esteja desmagnetizado. O método mais simples de fazer uma desmagnetização é obrigar o material a percorrer varias vezes um ciclo, no caso deste material ser ferromagnético este ciclo é chamado de histerese, alternando assim o sinal do campo aplicado e reduzindo o valor do mesmo em cada inversão. Desse modo, podemos estabelecer no material a condição para o qual o campo aplicado e o campo induzido sejam zero. Foi usando este método, para elaborar um programa de LabVIEW, onde o arquivo de entrada é justamente este ciclos em forma de seqüência.

Abaixo encontra-se um procedimento deste programa, seguido de uma captura de tela que mostra parte do que está por trás do funcionamento do painel:

- Colocar a amostra aproximadamente na metade do percurso de uniformidade dos pólos.
- Selecionar o arquivo de entrada, que deve estar na forma de seqüência, este arquivo contém todos os campos necessários para realizar o processo de desmagnetização.
- Selecionar o arquivo de saída, neste arquivo os dados da desmagnetização serão salvos, correntes aplicada, campo real, e campo teórico.
- Ajustar o tempo de cada intervalo entre a mudança da corrente.
- Ajustar os limites da corrente, pois depende de como o sistema se encontra no momento.

Como a programação em LabVIEW é gráfica, torna-se complicado expô-la em detalhes

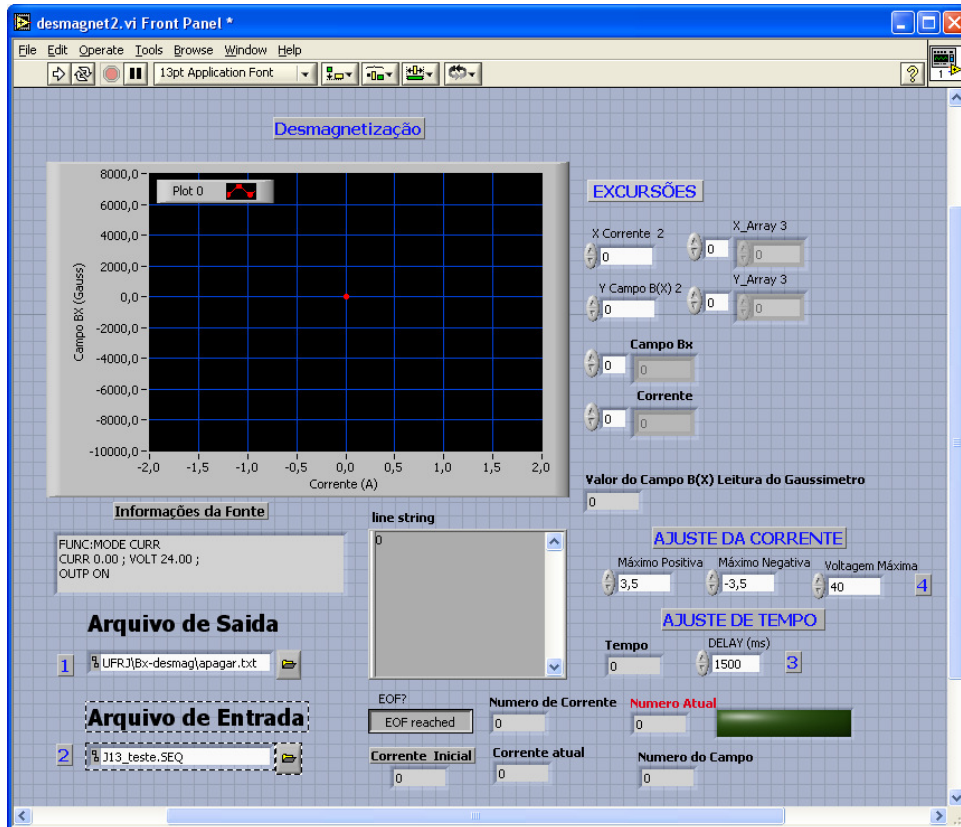


Figura 56: Painel de controle do programa em LabVIEW.

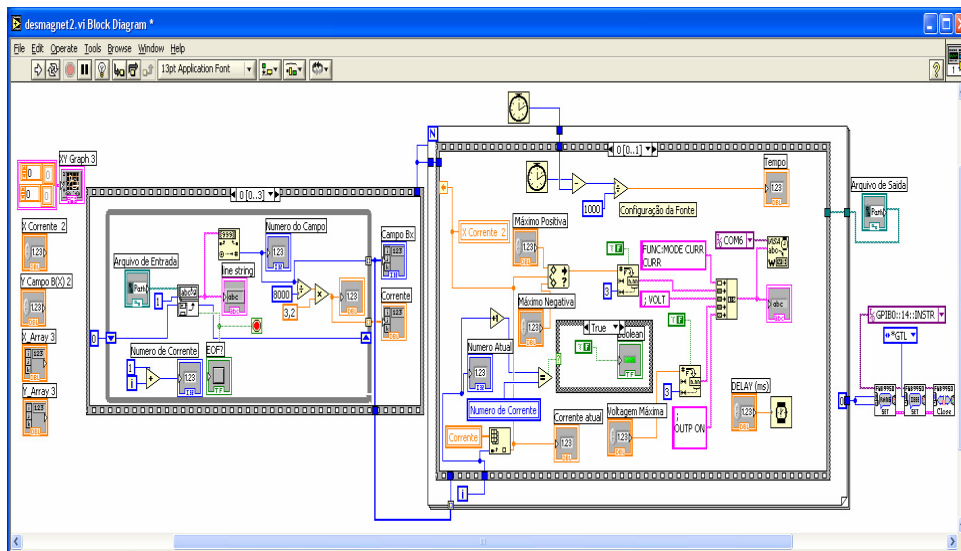


Figura 57: Diagrama dos comandos do programa em LabVIEW.