

UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM BASE NO EMPREGO DO MATLAB NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UERJ

*José Guilherme Santos da Silva¹, Luciano Rodrigues Ornelas de Lima²,
Alessandra Rodrigues Ferreira³, Saulo Moura da Silva⁴ e Alex da Rocha Mattos⁵*

Resumo — Atualmente, com base em um avanço tecnológico crescente, torna-se necessário o emprego de programas computacionais que contribuam para a modernização do ensino de engenharia. Os cursos de graduação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, FEN/UERJ, possuem uma grande demanda para a utilização dessas ferramentas computacionais que possibilitem a solução e a visualização gráfica (2D e 3D) de inúmeros problemas de engenharia, de forma rápida, prática e eficiente. Dentro desse contexto, o MATLAB é um programa que vem sendo largamente empregado pelo corpo docente da FEN/UERJ, no sentido de modernizar o ensino de engenharia por se tratar de uma poderosa ferramenta computacional que pode ser utilizada em inúmeras disciplinas pertencentes ao currículo regular da FEN/UERJ. O principal objetivo deste trabalho é apresentar e discutir a experiência didática adquirida com o emprego do MATLAB nos cursos de graduação da FEN/UERJ nas mais diversas ênfases da engenharia.

Palavras-chave — Ensino de Engenharia, Ferramentas Computacionais, MATLAB, Modelagem Matemática.

INTRODUÇÃO

O MATLAB [1-3] é um sistema gráfico que integra a capacidade de se fazer cálculos, programação e visualização gráfica em um ambiente interativo bastante agradável, onde os problemas e suas soluções são expressos em uma linguagem matemática familiar.

O programa em questão possui ferramentas bastante poderosas para vários tipos de aplicações, tanto na engenharia como em outras áreas. Portanto, basta que o MATLAB [1-3] seja adaptado através de comandos específicos.

Nas diversas áreas da engenharia necessita-se, usualmente, de ferramentas que simplifiquem as rotinas correntes dos engenheiros quando do desenvolvimento de modelos computacionais associados a projetos reais. Essas

ferramentas devem permitir, inclusive, que os engenheiros possam visualizar todas as etapas do processo.

Visando atender a esta crescente demanda por novas tecnologias de ensino, diversas Instituições de Ensino/Pesquisa do país têm se desenvolvido no sentido de se criarem laboratórios computacionais de qualidade que permitam a utilização de programas como o MATLAB [1-3], que são de importância bastante significativa para o ensino de engenharia [4].

Assim sendo, com base no desenvolvimento deste trabalho de ensino/pesquisa, objetiva-se dar uma contribuição no sentido de desmistificar e, principalmente, demonstrar com simplicidade a utilização de ferramentas reutilizáveis criadas na linguagem MATLAB [1-3] (arquivos do tipo *.M), apresentando um enfoque totalmente direcionado para os problemas de engenharia.

ENGENHARIA CARTOGRÁFICA

A engenharia cartográfica é a área da engenharia responsável por colher informações necessárias para a representação de documentos cartográficos de forma analógica ou digital. Através da coleta, análise e processamento destes dados, o engenheiro cartográfico torna-se um especialista em planejamento, organização e manipulação destes para que possam ser transformados para uma forma visual, de maneira analógica ou digital [5].

Todo processo de mapeamento exige o conhecimento de técnicas de coleta, processamento e representação de dados, bem como o conhecimento dos métodos para sua realização. Deste modo, é possível representar a superfície terrestre, bem como quaisquer outros fenômenos associados a esta área, de forma adequada [6].

Atualmente, as políticas urbanas e ambientais dependem direta e intensamente, do modo como são representadas as superfícies do meio presente. Por isso, o uso de novas tecnologias e ferramentas computacionais é de fundamental importância para um crescimento qualitativo na obtenção dos dados necessários para execução de determinados

¹ José Guilherme Santos da Silva, D.Sc., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Padre Achotegui, 37, apto 1503, 22.430-090, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, jgss@uerj.br

² Luciano Rodrigues Ornelas de Lima, D.Sc., Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Barata Ribeiro, 299/701, 22040-001, Rio de Janeiro, RJ, luciano@eng.uerj.br

³ Alessandra Rodrigues Ferreira, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Franco Job, 186, 21.920-440, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, ale@labbas.eng.uerj.br

⁴ Saulo Moura da Silva, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Ouro Branco, 730, apto 201, 21.321-560, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, saulo@labbas.eng.uerj.br

⁵ Alex da Rocha Mattos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. Glaziou, 55, apto 104, 20.750-010, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, amattos@labbas.eng.uerj.br

processos tais como: posicionamento por satélite, fotografias aéreas e imagens digitais, além de diminuir o tempo gasto para obtenção dos mesmos.

No MATLAB [1-3] é possível através de algumas linhas de comando de programação obter-se, por exemplo, as curvas de uma determinada superfície através de um gráfico tridimensional (3D) a partir dos dados coletados anteriormente. Utilizando-se comandos de interpolação de dados, pode-se obter com boa aproximação, a superfície desejada.

Os dados da área mapeada, assim como as alturas de pico encontradas para uma determinada região são inseridos nas linhas do programa, não sendo necessária a colocação de todos os pontos, somente dos mais sinuosos, pois o próprio MATLAB [1-3] se encarrega de interpolar os dados da rotina, simulando os contornos existentes.

Como exemplo, apresenta-se o mapeamento de uma parte do fundo do oceano, Figuras 1 a 3. Os dados são obtidos supostamente através de um sonar, ressaltando que essa é uma prática comum nos dias de hoje. Todos os dados são fictícios e meramente ilustrativos. O código empregado é mostrado na Tabela I.

TABELA I
CÓDIGO SUPERFÍCIE SUBMERSA

```
% Dados da profundidade do oceano
x=0:.5:4; %Eixo x varia ao longo das linhas de z
y=0:.5:6; %Eixo y varia ao longo das colunas de z
z= [100 99 100 99 100 99 99 99 100
    102 98 102 102 98 98 100 100 99
    99 100 100 100 102 101 102 101 99
    100 100 100 99 99 99 98 98 98
    106 105 104 105 106 102 101 100 99
    100 100 99 98 97 96 97 98 100
    100 100 101 101 100 101 100 101 99
    99 99 100 100 100 109 109 105 100
    100 100 100 99 99 99 98 98 98
    106 105 104 105 106 102 101 100 99
    100 100 99 98 97 96 97 98 100
    100 100 101 101 100 101 100 101 99
    99 99 100 100 100 109 109 105 100]

mesh(x,y,z)
zi=interp2(x,y,z,2.2,3.3)
zi=103.92
zi=interp2(x,y,z,2.2,3.3,'linear')
zi=103.92
zi=interp2(x,y,z,2.2,3.3,'cubic')
zi=104.19
zi=interp2(x,y,z,2.2,3.3,'nearest')
zi=102
xi=linspace(0,4,30); % Eixo x refinado
yi=linspace(0,6,40); % Eixo y refinado
[xxi,yyi]=meshgrid(xi,yi); % Malha de todas as
combinações de xi e yi
zzi=interp2(x,y,z,xxi,yyi,'cubic'); %
Interpolação
surf(xxi,yyi,zzi) % Grafico dos dados já
suavizados
hold on
[xx,yy]=meshgrid(x,y) % Malha dos dados originais
colordef black
xlabel ('Eixo X,em Km'); ylabel ('Eixo Y,em Km')
zlabel ('Profundidade em Metros')
title ('Medidas de uma Superficie Submersa')
hold off
```

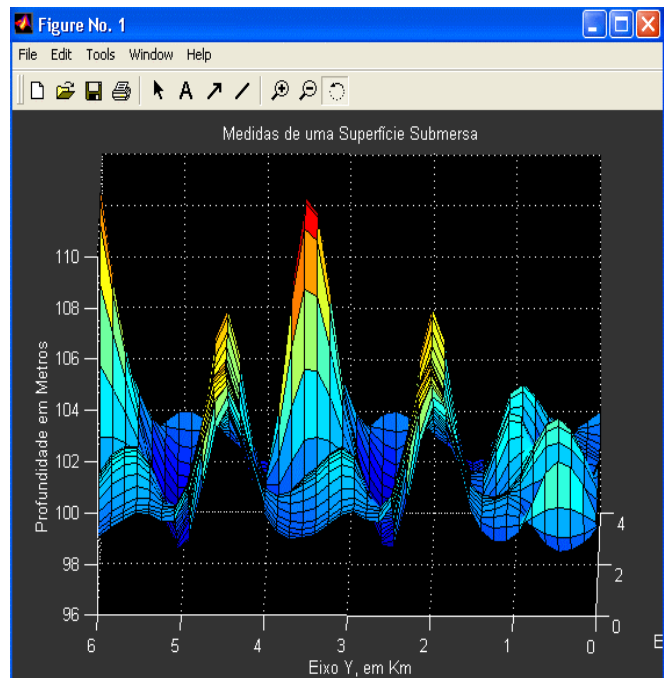


FIGURA. 1
VISÃO DOS EIXOS (X,Z).

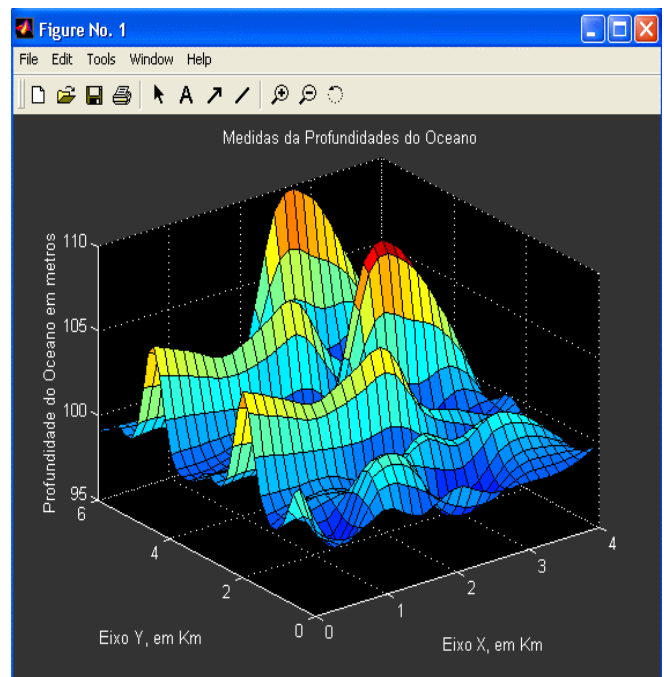


FIGURA. 2
VISÃO DOS EIXOS (X,Y,Z).

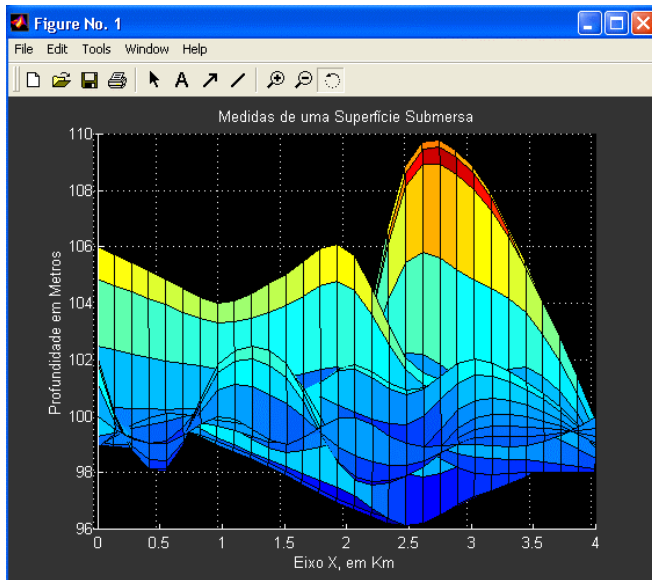


FIGURA. 3
VISÃO DOS EIXOS (X,Z).

ENGENHARIA CIVIL E MECÂNICA

Atualmente, em decorrência das novas tendências do mercado mundial, que se torna cada vez mais competitivo, os profissionais ligados à área de projetos estruturais têm procurado concatenar soluções que conduzam a situações de consumo mínimo de material e mão de obra e, bem como, uma maior velocidade de execução do projeto. Por outro lado, tem-se verificado um aumento considerável dos problemas de engenharia, associados à vibração dos mais variados tipos de estruturas, quando estas são submetidas a solicitações essencialmente dinâmicas [7].

O crescimento deste tipo de problema, referente à vibração de sistemas estruturais, deve-se, principalmente, ao fato de que a grande maioria dos engenheiros desconhece o problema referente à dinâmica estrutural e/ou vibrações mecânicas, e, assim, limitam-se apenas a proceder a uma análise estática das estruturas correntes em projetos de engenharia.

De acordo com esse contexto, bastante relevante, pretende-se exemplificar a enorme potencialidade do MATLAB [1-3] no que tange a esse assunto. Inicialmente, apresenta-se neste trabalho um exemplo associado à obtenção da resposta de um sistema com um grau de liberdade (S1GL), Figuras 4 a 6. Este sistema empresta uma importância indiscutível ao estudo do comportamento de modelos simplificados que, em inúmeras situações, podem simular o comportamento de sistemas reais [8-9].

O MATLAB [1-3] pode proceder a uma análise de vibração livre, através do cálculo da frequência natural do sistema, ou de vibração forçada, com a obtenção da resposta do modelo em termos de deslocamento, velocidade e aceleração. No caso em questão, considera-se que uma ação dinâmica do tipo senoidal esteja excitando o S1GL.

Evidentemente, o usuário deve fornecer, todas as grandezas físicas referentes à massa, amortecimento e rigidez do sistema além de definir a excitação dinâmica. O código empregado é mostrado na Tabela II.

TABELA II
CÓDIGO SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR

```
% Função auxiliar da principal
function dydt=calcdydt(t,y,opt,P) % Função
necessária para a derivação
m = P(1); c = P(2); % Propriedades dinâmicas
k = P(3); f = P(4); % Propriedades dinâmicas
omega=120; % Em rad/s (ω=120rad/s)
dydt1=y(2); % Primeira coluna da matriz
dydt2=(-k*y(1)-c*y(2)+f*sin(omega*t))/m; %
Segunda coluna da matriz
dydt=[dydt1;dydt2]; % Criação da matriz
% Função principal
function mma(m,c,k,f,xi,vi,ti,tf) % Função
principal na qual são inseridos os dados do
sistema (gráficos)
dados = [m c k f]; % Massa, amortecimento,
rigidez e definição da força (excitação
dinâmica), respectivamente
Di = [xi; vi]; %Variável criada para facilitar a
inserção de dados na sintaxe abaixo
[t,Y] = ode45('calcdydt',[ti tf],Di,[],dados);%
Sintaxe de integração das equações
% Criação de gráficos
plot(t,Y(:,1));
xlabel('Tempo'); ylabel('Deslocamento');
pause
plot(t,Y(:,2));
xlabel('Tempo'); ylabel('Velocidade');
pause
plot(Y(:,1),Y(:,2))
xlabel('Deslocamento'); ylabel('Velocidade');
```

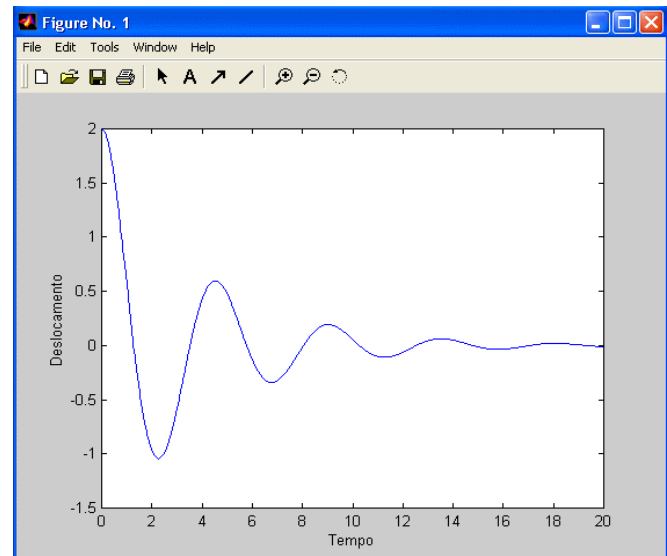


FIGURA. 4
GRÁFICO DESLOCAMENTO X TEMPO.

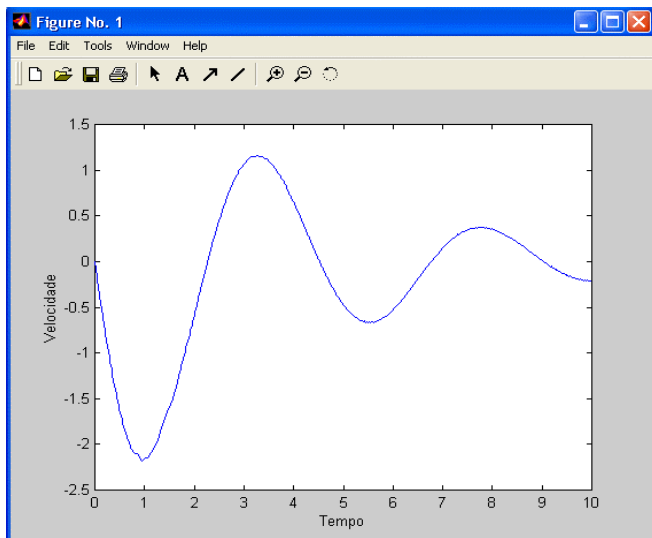


FIGURA. 5
GRÁFICO VELOCIDADE X TEMPO.

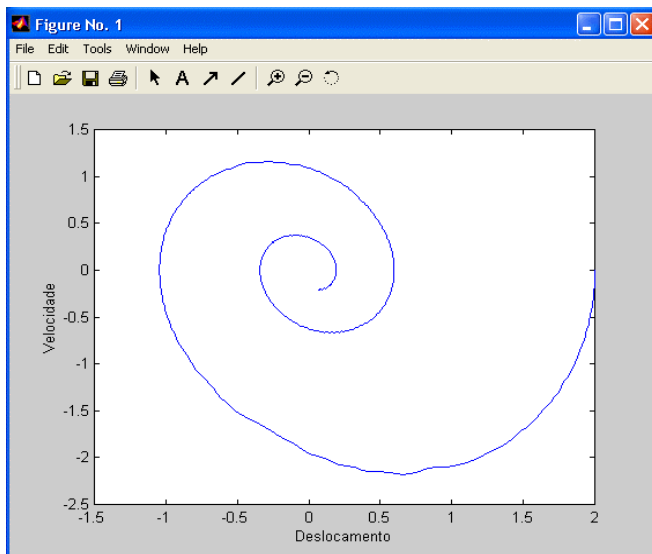


FIGURA. 6
GRÁFICO DESLOCAMENTO X TEMPO.

ENGENHARIA ELÉTRICA

A resposta no domínio da frequência determina o comportamento de um sistema submetido a um sinal de entrada senoidal em regime estacionário, Figura 7. Os métodos de investigação da resposta em frequência contemplam uma determinada faixa de interesse. Deste modo, pode-se estudar a resposta resultante do sistema. O assunto em questão apresenta grande relevância no ensino dos cursos de graduação, principalmente, na área de engenharia elétrica [10].



FIGURA. 7
SISTEMA EM REGIME ESTACIONÁRIO.

A função de transferência senoidal, $G(s)$, é uma grandeza complexa e pode ser representada por magnitude e fase tendo como parâmetro, a frequência.

Uma função de transferência senoidal pode ser representada por meio de dois gráficos distintos. O primeiro estabelece o valor do módulo (magnitude) *versus* o valor da frequência. O segundo gráfico fornece o do valor do ângulo de fase (em graus) *versus* o valor da frequência.

Um diagrama de Bode consiste em dois gráficos. O primeiro diz respeito ao logaritmo do módulo da função de transferência senoidal. O segundo gráfico representa o ângulo de fase. Ambos os gráficos são construídos em função da frequência em uma escala logarítmica.

Como vantagens do diagrama de Bode (gráficos logarítmicos) pode-se destacar a facilidade em desenhar as curvas de resposta em frequência e o fato da multiplicação dos módulos dos fatores da função de transferência senoidal, $G(s)$, poder ser transformada em uma soma simples.

O MATLAB [1-3] permite ao usuário, com base apenas em algumas linhas de comando, a obtenção do diagrama de Bode da função de transferência desejada, fornecendo os gráficos de módulo *versus* frequência e do ângulo de fase *versus* frequência.

Como exemplo de aplicação, será empregada a função de transferência, $H(s)$, de acordo como apresentado na Equação (1).

$$H(s) = \frac{25}{s^2 + 4s + 25} \quad (1)$$

Com base no emprego do MATLAB [1-3] e utilizando as linhas de comando mostradas no código da Tabela III, pode-se obter facilmente os diagramas de Bode do módulo e da fase, Figuras 7 e 8, associados à função de transferência, $H(s)$, definida pela Equação (1).

TABELA III

CÓDIGO DIAGRAMA DE BODE DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA

```
% Diagrama de Bode da Função de Transferência,
H(s)
g=tf(-25,[-1,-4,0])
t=g/(1+g)
t=minreal(t)
grid on
bode(t)
title('Diagrama de Bode de G(s)=25/(s^2+4s+25)')
```

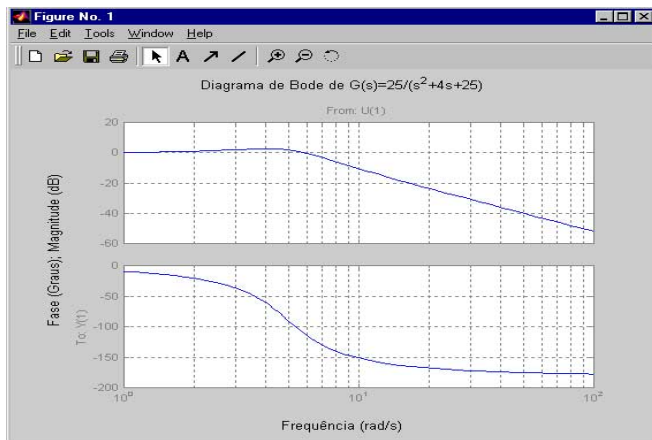


FIGURA. 8

DIAGRAMA DE BODE: MÓDULO X FREQUÊNCIA E FASE X FREQUÊNCIA.

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

O MATLAB oferece arquivos pré-definidos de algumas funções, chamadas *toolboxes*, que resolvem problemas em áreas específicas. Para explorar problemas de processamento de sinais em telecomunicações, o MATLAB possui a *toolbox* de processamento de sinais. A ferramenta *sptool* permite explorar e analisar sinais e frequências, bem como criar filtros. Para a construção de um sinal qualquer se utilizou a ferramenta *sptool* para se obter a representação gráfica do sinal e seu respectivo espectro de frequência, de acordo com a Figura 9.

O sinal é dado pela Equação (2) onde o termo $6 \cdot \text{randn}(\text{size}(t))$ representa um ruído aleatório no referido sinal. As linhas de comando utilizadas no MATLAB [1-3] são mostradas no código da Tabela IV e o espectro de frequência deste sinal pode ser visualizado na Figura 9.

$$g = 5 \cdot \sin(7 \cdot t) - 9 \cdot \cos(3 \cdot t) + 6 \cdot \text{randn}(\text{size}(t)) \quad (2)$$

TABELA IV

CÓDIGO REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SINAL

```
%Representação do sinal
>>t=linspace(0,10,512); % eixo do tempo
>>g=5*sin(7*t)-9*cos(3*t)+6*randn(size(t)); % sinal
>>sptool
```

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada uma iniciativa no sentido de se desmistificar e demonstrar, com simplicidade, a utilização do aplicativo MATLAB [1-3], apresentando um enfoque totalmente direcionado para problemas de engenharia.

Pretende-se, a partir deste desenvolvimento, dar uma contribuição objetivando a criação e o desenvolvimento de laboratórios computacionais nas Instituições de Ensino/Pesquisa do país, de forma que estes possam utilizar o aplicativo MATLAB [1-3]. Entretanto, algumas medidas devem ser tomadas de forma a não se adotar um aplicativo

com o qual a grande maioria dos usuários não está familiarizada. Os referidos laboratórios de computação podem, sem nenhum tipo de problema, oferecer cursos de nivelamento para os usuários com menos experiência com base em levantamentos estatísticos criteriosos.

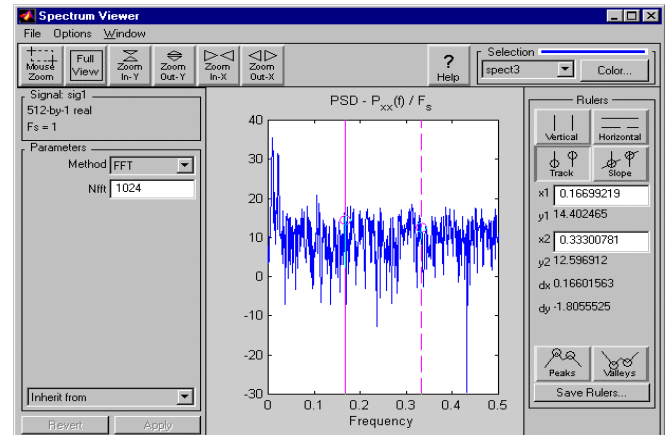


FIGURA. 9

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO SINAL G(T).

Pretende-se ainda, contribuir para a reformulação e modernização do ensino das disciplinas que compõe o currículo regular dos cursos de graduação da Faculdade de Engenharia, FEN/UERJ.

Como consequência desse tipo de desenvolvimento, o aprendizado torna-se cada vez mais dinâmico permitindo aos alunos de graduação ter um melhor aproveitamento durante o curso, em termos quantitativos e qualitativos, através de um melhor entendimento e visualização dos fenômenos físicos envolvidos em diversos tipos de problemas de engenharia.

REFERÊNCIAS

- [1] Chapman, S, "Programação em Matlab para Engenheiros", Thomson, 2003.
- [2] Hanselman, D; Littlefield, B, "Matlab 6: Curso Completo", Makron Books, 1ª Edição, 2003.
- [3] Trindade, M; Sampaio, R, "Introdução ao Matlab", PUC-Rio, 2002.
- [4] Saouma, V, "Computing Literacy for Undergraduate Engineering Students", University of Colorado, 2000.
- [5] Bakker, M, "Cartografia: noções básicas", Ministério da Marinha - Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1965.
- [6] Burrough, P, "Principles of geographical information systems for land resources assessment", Oxford University Press, 1986.
- [7] Beer, F; Johnston, R, "Mecânica Vetorial para Engenheiros", Makron Books, Vol. I e II, 5ª Edição Revisada, 1994.
- [8] Clough, R; Penzien, J, "Dynamics of Structures", McGraw-Hill, 1993.
- [9] Jr., C; R, R, "Structural Dynamics. An Introduction to Computer Methods", John Wiley & Sons, 1982.
- [10] Lathi, B, P, "Modern Digital and Analog Communications Systems", I-E Oxford, 3ª Edição, 1998.