



FERRAMENTA EDUCACIONAL DESENVOLVIDA NO SCILAB PARA AUXÍLIO NA DISCIPLINA DE SISTEMAS DE CONTROLE DINÂMICO

Lucivando Ribeiro de Araújo – lucivandoribeiro@yahoo.com.br

Universidade Federal do Ceará - Campus Sobral
Curso de Engenharia Elétrica
Rua Estandislaufrota ,S/N - Centro
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

Muriel Martins Aragão – murielaragao@gmail.com

Universidade Federal do Ceará - Campus Sobral
Curso de Engenharia Elétrica
Rua Estandislaufrota ,S/N - Centro
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

Rômulo Nunes de Carvalho Almeida - rnunes@dee.ufc.br

Universidade Federal do Ceará - Campus Sobral
Curso de Engenharia Elétrica
Rua Estandislaufrota ,S/N - Centro
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

Vandilberto Pereira Pinto– vandilberto@ufc.br

Universidade Federal do Ceará - Campus Sobral
Curso de Engenharia Elétrica
Rua Estandislaufrota ,S/N - Centro
CEP 62010-560 – Sobral – Ceará

Resumo – A engenharia de controle apresenta ferramentas para análise de sistemas reais com o intuito de mostrar as características de um sistema em estudo como também compreender cada etapa de um processo e projetar algum dispositivo específico para controlá-lo. Ela possui diversas abordagens que possibilitam adaptar o estudo a cada caso embasado em teoremas e demonstrações ligados a fundamentos matemáticos. Entretanto, com o aumento da complexidade dos sistemas de controle principalmente nas indústrias objetivando aumentar a produtividade e melhorar o desempenho de um dispositivo ou até mesmo do sistema, passa a ser necessária uma análise precisa e rápida a respeito de tal processo. Para facilitar e melhorar o rendimento nesta etapa foi desenvolvido uma ferramenta gráfica que permite utilizar os conceitos de engenharia de controle para agilizar a análise através de uma interface simples e acessível para os estudantes de engenharia.

Palavras-Chave: Análise de Sistema, scilab, ferramenta gráfica, interface, sistemas de controle



1. INTRODUÇÃO

No geral, a área de controle de sistemas dinâmicos trata da análise, modelagem, simulação e controle de sistemas que possam ser descritas matematicamente, sendo multidisciplinar e presente nos cursos de engenharia. Ela possibilita a realização de avanços na tecnologia atual e desenvolvimento de novas ferramentas aplicadas a processos físicos (mecânicos, elétricos, químicos etc.). Nela há várias técnicas que possibilitam compreender de maneira mais objetiva o comportamento dos processos, mas torna-se necessário o conhecimento prévio de matemática superior e conhecimento físico do sistema a controlar para obtenção do modelo matemático. Na modelagem do sistema há a possibilidade da realização do controle com uma ou mais variáveis de entrada e saída. Após a modelagem busca-se encontrar soluções que possam melhorar o rendimento de algum componente ou até mesmo do próprio sistema.

Atualmente há uma quantidade considerável de *softwares* que auxiliam nas análises de sistemas permitindo um melhor entendimento sobre as características do comportamento do processo em estudo. Dentre estes o SCILAB se destaca pela sua versatilidade e numerosos recursos presentes para análise de sistemas, simulação e programação além de ser uma ferramenta gratuita. Neste trabalho foi utilizado o SCILAB para criação de uma ferramenta que auxilie na análise de sistemas mostrando as características existentes no sistema.

2. SOBRE O SOFTWARE SCILAB

O programa SCILAB (ScientificLaboratory) é um programa que permite o desenvolvimento e implementação de algoritmos numéricos nas mais diversas áreas voltadas para aplicações científicas e engenharia. Foi desenvolvido pelos pesquisadores do INRIA (InstitutNational de RechercheenInformatiqueetenAutomatique) e do ENPC(ÉcoleNationaledesPonts et Chaussées) com codificação livre e distribuição gratuita através da internet(<http://www.scilab.org>) para diversas plataformas como Linux e Windows. Este programa possui recursos de programação similares ao MATLAB possibilitando realizar desde cálculos simples a análise de sistemas mais complexos com o atrativo de ser gratuito sendo assim vantajoso em comparação a este por ser um *software* comercial e pago.

É possível instalar mais recursos(similares ao *toolboxes* do MATLAB) no SCILAB caso necessário for a utilização de ferramentas não presentes na versão instalada no computador do usuário. Para isso basta ter acesso a internet e, através de o comando *atomsInstall* ('*nome_do_aplicativo*'), digitado no *prompt* do SCILAB esperar o download e instalação do aplicativo desejado. Dentre estes recursos extras foi utilizado o *guilder* fornecido gratuitamente no site da atoms (<https://atoms.scilab.org>), é um ambiente separado dentro do próprio programa que permite a criação de interfaces gráficas para interação mais intuitiva entre um programa e o usuário.

Neste ambiente foi construída uma interface gráfica para estudo e análise de sistemas de controle que permita explorar e compreender de maneira mais eficiente o comportamento de uma planta generalizada de um sistema.

3. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE *SOFTWARES* DE SIMULAÇÃO

O uso destes programas na área de controle propicia o entendimento prévio a respeito das características existentes no sistema em questão, ele permite a análise do comportamento da planta facilitando a tomada de decisões como, entre outras coisas, acrescentar ou retirar algum componente (como um controlador ou compensador) do sistema, verificar a estabilidade do mesmo. As ferramentas interativas virtuais cada vez mais vêm sendo desenvolvidas com a intenção de dar suporte e auxiliar os estudantes no aprendizado de conceitos e princípios sobre os diversos temas científicos (PASSOS *apud* NASCIMENTO, 2007, p.2). As interfaces gráficas utilizadas atualmente na maioria das aplicações tornam o software mais atraente, mais fácil de aprender e mais fácil de utilizar. Para o desenvolvimento destas aplicações, os projetistas utilizam uma série de diretrizes que são essenciais para a criação de um software amigável (PAMBOUKIAN, p.2 e p.3).

Com esse auxílio o tempo de análise de um dado processo pode então ser diminuído e a compreensão pode ser melhorada aumentando assim o desempenho das pessoas envolvidas nesses estudos. BIACHINI(2007) acrescenta que o fato de se trabalhar com o uso de ferramentas de softwares buscando simular situações reais, discutindo na estruturação do modelo a própria realidade em si leva a romper com o isolamento da disciplina e amplia as possibilidades de compreensão e reflexão. É necessário demonstrar como se dá a articulação teoria-prática no processo de organização dos conhecimentos. Não se trata de uma aplicação de conhecimentos teóricos à realidade a ser defrontada pelo profissional. O aluno deverá compreender a forma indissociada e contínua do movimento da relação teoria e prática (NETO, 2011, p.4).

Em indústrias esse tipo de ferramenta pode ser bastante útil para aumentar a produtividade de um processo permitindo um melhor planejamento, com as simulações é possível enxergar cenários futuros de uma produção com gastos menores e aproveitamento melhor de matéria prima etc. O uso de softwares para criação, análise e simulação de modelos matemáticos se encontra presente nos ambientes de trabalho de forma cada vez mais intensa e generalizada diante da forte presença dos recursos computacionais que a cada dia se tornam mais poderosos em termos de capacidade de processamento e maiores recursos de memória (MATSUMOTO *apud* BIACHINI, 2007, p.2). O uso de simulação e modelagem propicia o desenvolvimento de uma visão sistêmica, fortalecendo a prática de pensar de forma estratégica, instigando o trabalho em equipe com reflexos no compartilhamento de conhecimentos e da aprendizagem em grupo (BELTHOT *apud* BIACHINI, 2007, p.2).

4. DO QUE TRATA A FERRAMENTA

Segundo OGATA(2010) uma planta seria qualquer objeto físico (um forno, um reator químico, uma espaçonave etc.) a ser controlado, esse objeto tem o objetivo de realizar determinada operação. Ele é descrito matematicamente por uma função transferência que relaciona a saída com a entrada. Essa planta se encontra em um sistema que é definido como uma interconexão de componentes e dispositivos para um fim desejado (DORF, 1998). O sistema pode ser malha aberta (sem retroação ou realimentação) ou malha fechada (com retroação ou realimentação). Essa realimentação serve para comparar o sinal de saída com a



entrada de referência para diminuir ao máximo os erros produzidos usando a diferença entre os dois como meio de controle. De acordo com NISE (2002) Um sistema de controle é composto de subsistemas e processos objetivando, de acordo com a entrada fornecida, obter uma saída específica com desempenho desejado.

Na ferramenta criada no ambiente *guibuilder* do SCILAB é possível entrar com a função transferência da planta a ser analisada, aplicar um sinal degrau, impulso ou rampa nela visualizando os gráficos gerados. Pode-se visualizar o gráfico do lugar das raízes, diagrama de Nyquist, Bode, como também o diagrama de pólos e zeros da função transferência. O diagrama de pólos e zeros mostra o posicionamento dos pólos e zeros no plano complexo permitindo verificar a estabilidade do sistema onde para instabilidade basta ter pelo menos um pólo no semi-plano direito, caso os pólos estejam no semi-plano esquerdo o sistema é estável. O lugar das raízes permite estudar a evolução das raízes de uma equação, quando um parâmetro é variado continuamente possibilitando a determinação deste parâmetro de tal forma que o sistema atinja o comportamento dinâmico desejado (EDVALDO & MARCELO, 2010).

Diagrama de bode apresenta dois gráficos, um do logaritmo do módulo da função transferência em decibel e o outro do ângulo de fase em graus, ambos em função da frequência em escala logarítmica (OGATA, 2010). Serve para análise e projeto de sistemas de controle onde o cruzamento de fase e de ganho, margem de ganho e de fase são mais facilmente encontrados do que no diagrama de Nyquist (KUO, 1996), sendo úteis principalmente para estudo de estabilidade de sistemas com função transferência de fase mínima (pelo menos um pólo ou zero no semiplano direito). Diagrama de Nyquist permite investigar tanto a estabilidade absoluta quanto a relativa através do critério da estabilidade de Nyquist de sistemas a malha fechada a partir do conhecimento de suas características de resposta de frequência a malha aberta (OGATA, 2010).

Pode-se também adicionar um controlador e variar os ganhos proporcional (K_p), integral (K_i) e derivativo (K_d) para verificar suas influências no comportamento do sistema.

5. DESCRIÇÃO DA FERRAMENTA E FUNCIONAMENTO

Na figura 01 mostra a ferramenta desenvolvida no ambiente *guibuilder* do SCILAB. Na parte superior desta figura há um desenho que mostra a forma do sistema analisado, nele o sistema está em malha aberta. Na parte logo abaixo encontramos dois painéis: O “ $G(s)$ ” e o “Controlador $G_c(s)$ ”. No $G(s)$ temos os campos Numerador e Denominador em que são inseridas as equações correspondentes ao numerador e denominador respectivos da função transferência da planta.

A função transferência abaixo será usada para exemplificar a forma de como preencher e gerar os gráficos

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 3 \cdot s + 1} \quad (1)$$

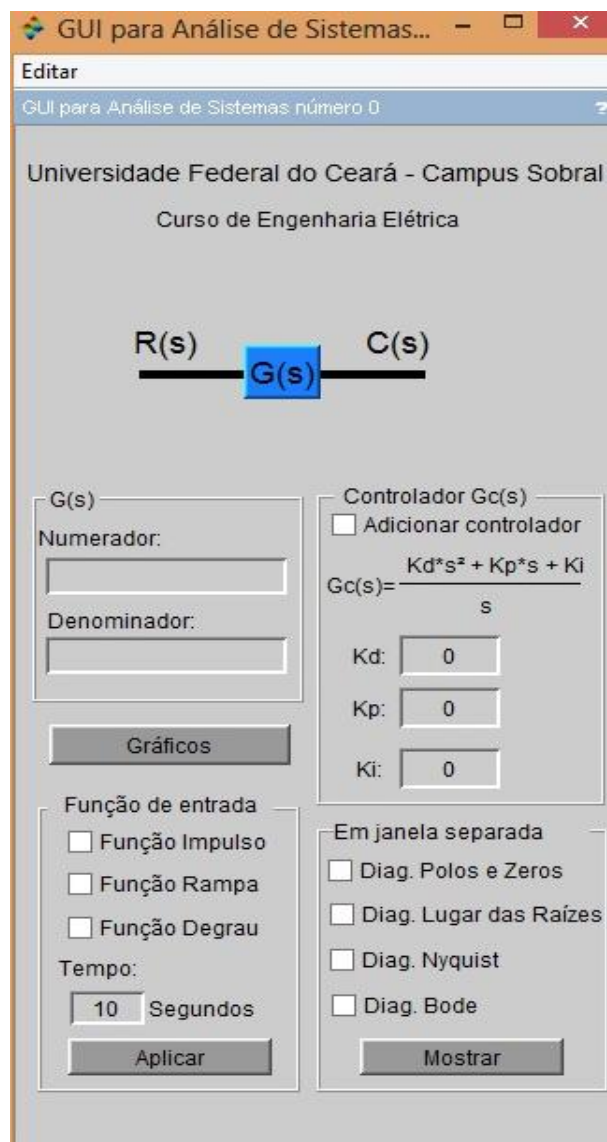


Figura 01 – Interface para análise de sistemas de controle

Algumas observações devem ser levadas em consideração na hora de utilizar a ferramenta:

- A função de transferência deve ser usada com a letra ' s ' em minúsculo como variável;
- Ao entrar com a função transferência nos campos numerador e denominador e apertar o botão gráficos ou qualquer outro botão, o SCILAB não reconhece de imediato que estes campos estão preenchidos. Para resolver este problema basta apertar novamente o botão que o software passa a reconhecer os dados;
- Ao alterar os dados de entrada e apertar qualquer botão o SCILAB não atualiza imediatamente podendo apresentar gráficos da função de transferência anterior. Como anteriormente dito, basta apertar novamente o botão que ele mostra os gráficos dos dados atuais;
- Função de transferência cujo denominador seja uma função do tipo $s^{2n} \pm s^n \pm a$ ou a equação do denominador sem um ou dois termos desta, em que a é um número

qualquer e n um número par, apresentará problemas para mostrar o diagrama de Nyquist. Este problema é da própria programação do SCILAB e não da ferramenta desenvolvida.

Usando a fórmula (1), a forma de preencher é mostrada na figura 02:

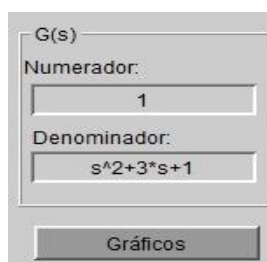


Figura 02 – Campos preenchidos com a função transferência de exemplo

Logo abaixo encontramos o botão Gráficos que, ao ser pressionado, exibe os diagramas de Pólos e Zeros, Lugar da Raízes, Bode e Nyquist da função transferência do sistema em um janela separada da interface sendo apresentada na figura 03.

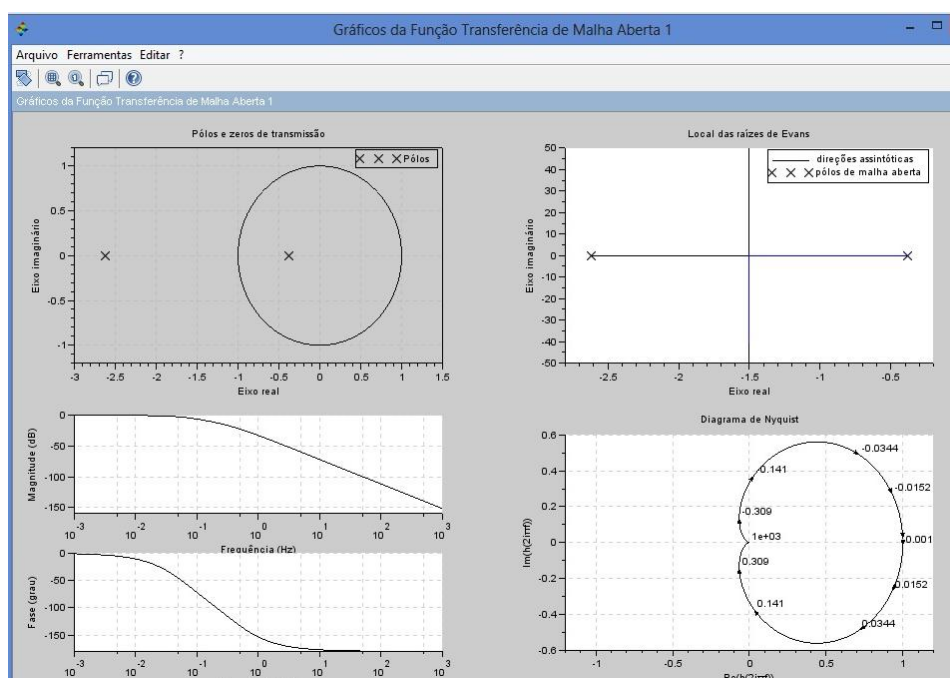


Figura 03 – Janela apresentada ao apertar o botão Gráficos para a função de transferência de entrada

Abaixo do botão Gráficos tem um painel chamado “Função de entrada” que serve para mostrar a resposta gráfica ao aplicar uma das funções de entrada (escolhida ao marcar a caixa em branco logo ao lado da opção) na função transferência do sistema quando se pressiona o botão Aplicar. O tempo do gráfico em segundos é digitado no campo tempo. A figura 04 mostra esse painel e a figura 05 mostra a resposta a entrada da função degrau.

Função de entrada

Função Impulso

Função Rampa

Função Degrau

Tempo:

Segundos

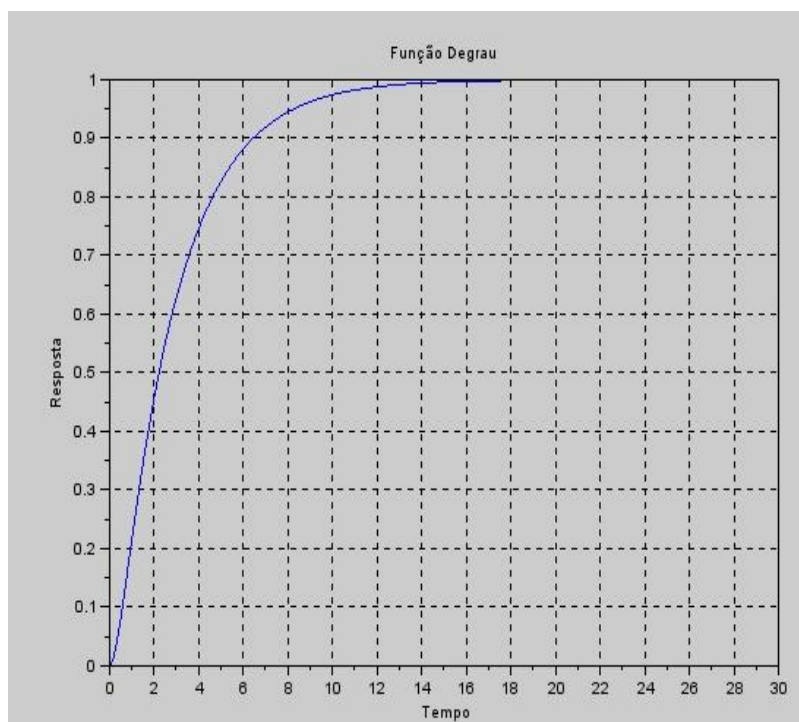


Figura 04 – Aplicação da função degrau a entrada da planta em malha aberta

Figura 05 – Gráfico correspondente a aplicação da função degrau a entrada da planta em malha aberta

Ao desejar o acréscimo do controlador no sistema marcamos no painel “Controlador Gc(s)”, a caixa Adicionar controlador e em seguida nos campos inferiores altera-se os valores de cada ganho, que inicialmente possuem valor zero, para os valores desejados. Nesse caso o sistema torna-se automaticamente malha fechada, com isso a representação do sistema será alterada para uma figura com o sistema em malha fechada adicionado o controlador.

A representação da função transferência do controlador foi acrescentada nesse painel para facilitar a visualização. Depois basta apertar o botão Gráfico para obter o resultado da atuação do controlador no sistema em malha fechada. Pode-se ver a resposta deste sistema com o controlador e em malha fechada ao escolher a função de entrada e apertar o botão Aplicar. Na figura 06 vemos a inclusão do controlador no sistema com os valores dos ganhos e na figura 07 a função degrau aplicada a esse sistema em malha fechada com o controlador.

No caso de o usuário desejar ver apenas um dos diagramas em uma janela separada, basta no painel “Em janela separada” marcar a opção desejada e apertar o botão Mostrar que será apresentado a figura do diagrama do sistema em questão.

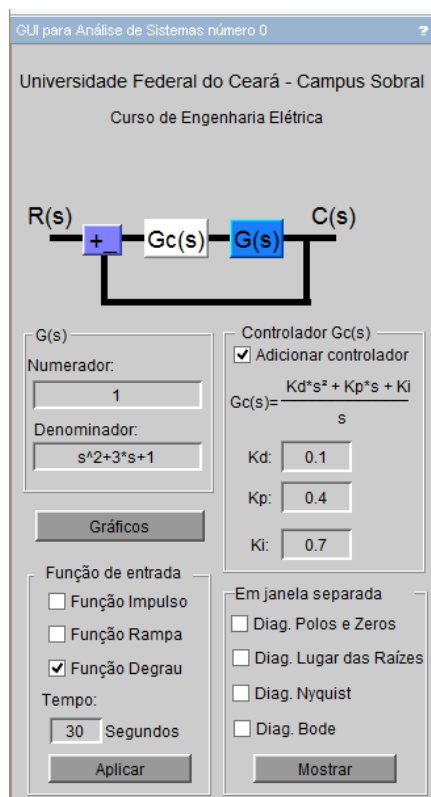


Figura 06 - Aplicação da função degrau a entrada da planta em malha fechada com controlador

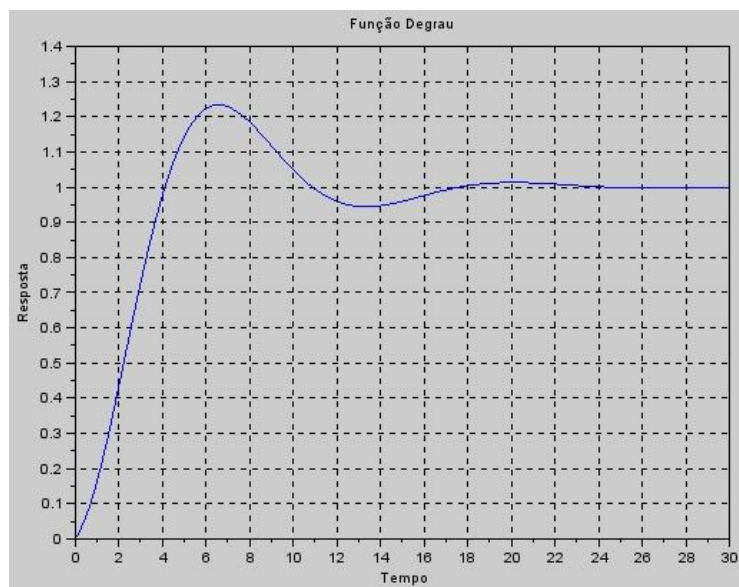


Figura 07 - Gráfico correspondente a aplicação da função degrau a entrada da planta em malha fechada com controlador

6. CONCLUSÃO

A interface desenvolvida atendeu ao objetivo que é o de criar um ambiente para análise de sistemas sobre a ótica da teoria contida na área de controle de sistemas se mostrando bastante útil, pois acelera o processo de exame dos vários componentes que o compõe mostrando a interferência na resposta final. É uma ferramenta que pode ser usado a qualquer sistema que possa ser descrito por uma função transferência podendo ou não ser acrescentado um controlador dando atenção as observações feitas. Isso facilita a análise de sistemas reais que possuem maior complexidade melhorando significativamente a compreensão das características do processo.

7. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

BIACHINI D., GOMES F.S.C., A Simulação Como Ferramenta Didática No Ensino De Engenharia-Pontifícia Universidade Católica, Faculdade de Engenharia Elétrica –Campinas, São Paulo – 2007

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. – **Sistemas de Controle Modernos**, 8ª Edição, LTC, Rio de Janeiro, 1998.



KUO, B.C..**Sistemas de Control Automático.** 7ª Edição, Prentice Hall Hispanoamericana,S.A.,1996.

OGATA, K. - **Engenharia de Controle Moderno**, 5ª Edição, Pearson Pretice Hall, São Paulo, 2010

MURTA, A.A.P.,PAULA, L.T., BRAGA,M.R.,GUIMARÃES,R., Universidade e Software Livre O uso do SCILAB nas Ciências e Engenharias – Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre. Disponível em:
<http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/2699/2652> acessado dia 04/02/2014

NASCIMENTO W.D., Desenvolvimento De Software Interativo Para Apoiar O Ensino Do Movimento De Água Nos Solos –Departamento de Construções Civas, Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora Minas Gerais – 2007

NETO,J.C.S.,Caracterização do Curso de Engenharia de Automação Industrial do Cefet-Mg Campus IV Araxá - CEFET-MG-Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-Campus IV, Araxá - 2011

NISE, N.S. – Engenharia de Sistemas de Controle, 3ª Edição, LTC, Rio de Janeiro, 2002.

PAMBOUKIAN, S.V.D., CYMROT,R., ZAMBONI, L.C., TSAN HU, O.R., BARROS, E.A.R.. Ensino de Programação em Cursos de Engenharia: Interfaces Console X Interfaces Gráficas – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo – 2010.

SILVA, E.M., CUNHA, J.P.V.S.. SCILAB, SCICOS e RLTOOL: Softwares Livres no Ensino de Engenharia Elétrica – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – 2006

EDUCATIONAL DEVELOPED TOOL IN SCILAB TO AID IN THE DYNAMIC CONTROL SYSTEMS SUBJECTS

Abstract:*The control systems' engineering offers several tools for real systems analysis. The main purpose of this toolset is not only show the characteristics of the studied system but also to serve as a guide for understanding each one of the process stages and finally, aid the design of a specific solution for control it. Its diverse approach allows to adapt the study of each case to be supported in theorems and mathematical proofs. However, with increasing complexity of these systems, mainly pulled for the increase of productivity and performance on the industry, the augmentation of a system or device now requires a precise and rapid analysis with respect of its proceedings. In order to improve this stage outcome a graphical tool that allows the direct manipulation of control engineering concepts was developed to simplify the analysis through a simple and accessible interface for the engineering students.*

Key-words: *control systems, Scilab software ,engineering students*