



## DESENVOLVIMENTO E USO DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÕES NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA ELÉTRICA

**Ricardo Tirone Fidelis** – ricardotirone@gmail.com

**Marcelo Escobar de Oliveira** – m.escobar.oliveira@gmail.com

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Itumbiara

Avenida Furnas, nº 55, Village Imperial

75524-010 – Itumbiara - GO

**Resumo:** *O advento da tecnologia tem levado ao desenvolvimento de ferramentas que visam auxiliar as instituições de educação no processo de ensino-aprendizagem, através de quadros digitalizados, computadores portáteis, internet, dentre outros. No ensino de engenharia, estes recursos são ainda mais necessários e demandados. Equipamentos de última geração aliados aos novos recursos didáticos gera a necessidade e o aprimoramento de novas práticas didáticas dos professores dentro de sala de aula e em laboratórios especializados. Juntamente com essas novas tendências, o ensino agregado de disciplinas, a multidisciplinaridade, muito cobrado nos exames avaliativos dos órgãos do setor da educação, requerem dos docentes a busca por novas metodologias de ensino e desafiam o discente em seus estudos. Considerando estas mudanças, este trabalho traz como foco principal a utilização de disciplinas de programação para o aprimoramento do conhecimento dos alunos em disciplinas técnicas do curso de bacharelado em Engenharia Elétrica. Assim, foram desenvolvidas ferramentas interativas que servirão para disciplinas técnicas do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Goiás (IFG) - Câmpus Itumbiara, utilizando a linguagem C++ e Matlab. Neste artigo é apresentado um dos programas desenvolvidos, bem como a metodologia utilizada para a interatividade.*

**Palavras-chave:** *Recurso didático, Ferramenta computacional, Simulação, Programação, Ensino-aprendizagem*

### 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os recursos tecnológicos têm avançado em ritmo acelerado, e vem ocupando um espaço cada vez maior em nossa vida cotidiana, principalmente na Educação no que se refere a uma aprendizagem significativa e didática. As instituições de ensino necessitam estar em constante discussão sobre o emprego de novas metodologias no processo de ensino-aprendizagem. As potencialidades do uso de novas tecnologias para a educação podem ser vistas a partir da variedade de usos possíveis (RIBEIRO & GRECA, 2003). A vinculação de tecnologias avançadas e da informática possibilitarão a criação de ambientes propícios a uma aprendizagem interdisciplinar,



que ultrapassarão as possibilidades das ferramentas tradicionais como livros, quadros, apostilas e outros, permitindo que o aluno visualize os problemas do mundo real em sala de aula. Assim, este cenário propiciará um ambiente motivador à aprendizagem, independente da área de atuação. Com o uso de novas ferramentas é possível que o educador tenha novos métodos para levar o educando a buscar um aprendizado além do proposto, pois com novas tecnologias é possível despertar a curiosidade no mesmo.

Na área da engenharia, o advento da tecnologia gera uma necessidade, ainda maior, pela revolução nas metodologias de ensino-aprendizagem. Além de ferramentas tradicionais, tem-se uma demanda grande pela utilização de recursos laboratoriais, os quais visam proporcionar aos estudantes um aprimoramento do conhecimento através da prática.

Nesta perspectiva, surgem diversas outras metodologias que podem ser agregadas aos métodos tradicionais utilizados por grande parte dos docentes, sendo o objetivo principal manter os estudantes envolvidos e motivados no aprendizado, tanto teórico como prático.

O uso de simulações computacionais auxiliam muito neste processo, porém, não garantem por si só a compreensão total dos vários conceitos envolvidos; no entanto podem otimizar o ensino de conceitos que requerem uma análise gráfica. Outra vantagem, é que ao utilizar ferramentas de modelagem, que são programas em que o usuário desenvolve sua própria simulação computacional, traz grande benefício ao estudante, com a possibilidade adicional de criar a oportunidade de explicitar suas próprias concepções (GRECA, 2002). Este procedimento de confrontação permite ao educando perceber seus enganos, fazer uma reflexão crítica sobre o modelo criado e operacionalizar as mudanças necessárias, fazendo a transposição dos seus conceitos intuitivos para concepções mais sistematizadas, rumo a um conhecimento mais axiomático (PENNER, 2001).

Este artigo é resultado de um trabalho desenvolvido em uma disciplina do terceiro período do curso de Engenharia Elétrica, do IFG - Câmpus Itumbiara, denominada Informática Aplicada, na qual é apresentada a linguagem de programação Matlab e aprimorados os conceitos de programação vistos nos dois primeiros períodos, quando é estudada a linguagem C++.

Na próxima seção são discutidos os principais recursos didáticos utilizados no ensino da Engenharia e posteriormente, na seção 3, a ferramenta desenvolvida é apresentada detalhadamente. E por fim, na seção 4 são feitas algumas conclusões sobre o trabalho.

## **2. RECURSOS DIDÁTICOS-PEDAGÓGICOS**

A disseminação de equipamentos tecnológicos, internet, celulares, emails, chat's, redes sociais, tornou a prática didático-pedagógica um grande desafio nas instituições de ensino. A evolução da tecnologia e o grande volume de informações disponíveis requerem uma revolução das metodologias de ensino, empregadas pelos professores e de estudos realizados pelos discentes.

Nas últimas décadas, notou-se que o professor não é o único canal para o conhecimento, existem outras fontes de informação como: internet, bibliotecas virtuais, fóruns de discussões, que passaram ao longo do tempo a desenvolver um papel importante no processo ensino-aprendizagem (SILVA & CECÍLIO, 2007). Diante disso, o professor passou a ser um mediador do saber, portanto devendo aprimorar sua



atuação frente aos estudantes e buscar novos recursos para motivá-los a construir e desenvolverem seu próprio conhecimento.

Nesta Era da Informação, todos estão reaprendendo a ensinar e a estudar. Esse conjunto de materiais (dispositivos), os meios pelos quais se transmitem o conhecimento e qualquer objeto que estabeleça uma relação de interação com o aluno pode ser considerado um recurso didático para auxiliar o ensino.

Na Engenharia, os recursos impressos (livros, apostilas, artigos de revistas etc) requerem um menor investimento e desenvolvem o espírito crítico por parte dos estudantes. Estes recursos são ainda os mais utilizados pelos docentes e discentes, porém, os recursos audiovisuais e digitais, como computadores, data-show, internet etc, vem ganhando muito espaço nas instituições educacionais, tanto por parte dos estudantes como pelos professores. Outros recursos bastante utilizados na Engenharia são os laboratoriais, os quais desenvolvem a prática e a interação dos alunos com os conceitos estudados em sala de aula.

Pensando na dificuldade em abstrair a atenção dos estudantes nos conceitos apresentados em sala de aula e também na otimização do ensino, como por exemplo, a apresentação de figuras e gráficos (muitos estudados na Engenharia) de forma mais interativa possível, propõe-se a utilização de ferramentas computacionais no ambiente educacional, desenvolvidas pelos próprios estudantes e professores.

### **3. FERRAMENTA COMPUTACIONAL DESENVOLVIDA**

O desenvolvimento do trabalho envolveu conceitos das disciplinas de Algoritmos e Linguagens de Programação, Estruturas de Dados, Informática Aplicada, Circuitos Elétricos I e II e Eletrônica Analógica.

A proposta escolhida a ser apresentada neste artigo é uma ferramenta didática interativa que proporcione ao usuário realizar uma simulação do funcionamento de um circuito retificador, podendo alterar os parâmetros durante a simulação, sem a necessidade de reconfiguração prévia.

Para se obter o efeito desejado, permitindo alterar a simulação em tempo real durante a exibição dos resultados utilizou-se funções do tipo MEX-File, que são rotinas pré compiladas em C/C++, podendo ser chamadas diretamente pelo Matlab.

O uso desse recurso de programação foi feito para que, durante a simulação, fosse possível obter controle dos parâmetros da simulação e modificá-los sem a necessidade de interromper a simulação. Para isso, utilizou-se dispositivos de entrada e saída do sistema operacional através de funções escritas em linguagem C++, permitindo visualizar no processo simulado não apenas seu comportamento em regime permanente, mas também seu comportamento transitório, quando alguma das variáveis for modificada. Tudo de forma interativa e em tempo real.

A ferramenta desenvolvida foi idealizada para o uso em sala de aula e como auxílio nos estudos dos discentes, servindo como alternativa para demonstrar efeitos e simular sinais que posteriormente serão verificados através de experiências práticas. Para isso foi desenvolvido um método de apresentação de resultados, onde os dados são apresentados de forma gráfica e contínua, com uma interface "amigável" com o usuário, assemelhando-se a um osciloscópio para que seja percebido o comportamento de determinado sinal ao longo do tempo, inclusive quando for gerado algum efeito transitório.

Para tornar a apresentação de resultados contínua e animada toda a aplicação foi construída sobre uma função base que simula o deslocamento do tempo para o sinal em

um laço de repetição de duração indeterminada, plotando em cada instante de tempo seu resultado. A "Figura 1" demonstra o fluxo de dados realizado a fim de obter o efeito esperado.

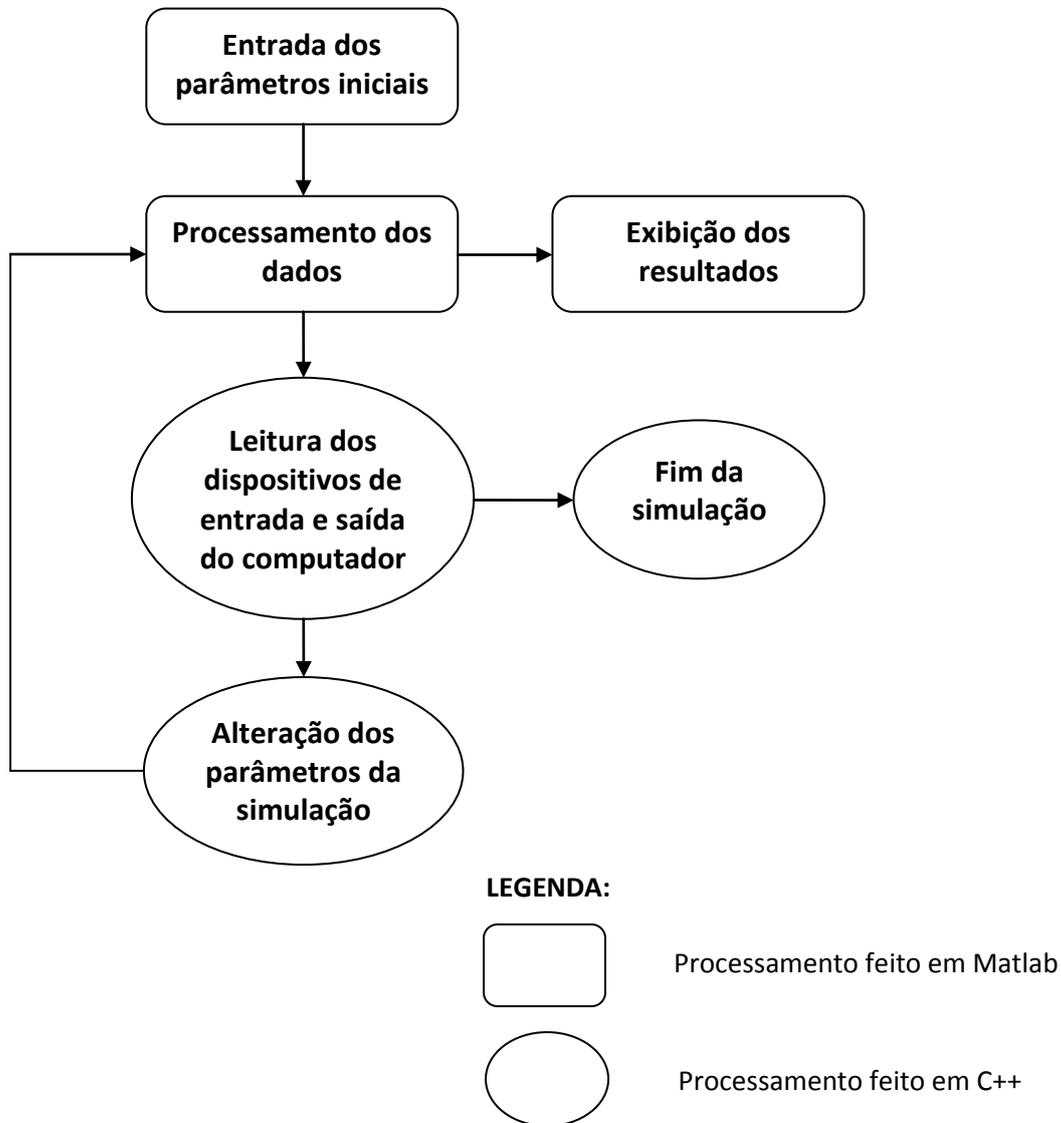


Figura 1 - Interação Matlab e C++ (fluxo de dados)

### 3.1. Entrada dos parâmetros iniciais

Os parâmetros iniciais da simulação são obtidos através de solicitação ao usuário, que informa a situação inicial do processo, ou valores iniciais das variáveis. Uma vez captados estes valores tem início o processo de simulação, primeiramente através de um pré-tratamento dos dados recebidos, geração das escalas de tempo e criação e inicialização das demais variáveis.

Para a aplicação desenvolvida e objeto deste estudo, os parâmetros solicitados são: tensão da rede (RMS), valor do capacitor utilizado no filtro do circuito, frequência da

rede e carga alimentada pelo circuito. Estes dados são requeridos ao mesmo tempo em que uma imagem é exibida ("Figura 2") mostrando o circuito simulado, possibilitando ao usuário identificar qual grandeza está sendo solicitada e a qual parte do circuito a mesma se refere.

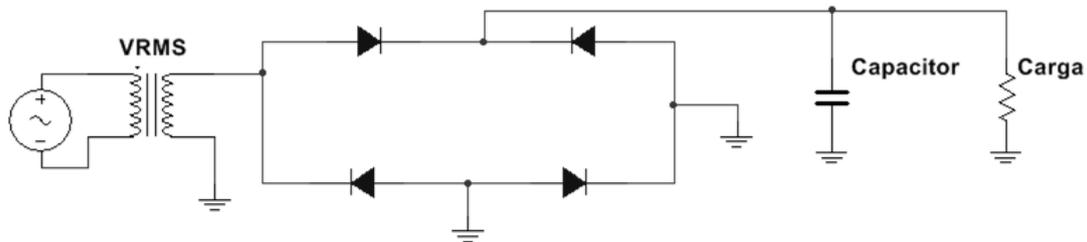


Figura 2 - Circuito apresentado durante a Simulação

O circuito simulado é um circuito facilmente encontrado em dispositivos eletrônicos, o qual tem por função converter a tensão alternada da rede em corrente contínua, para isso é utilizado um transformador abaixador que fará o rebaixamento da tensão da rede a níveis desejados de tensão, alimentando assim um arranjo de quatro diodos retificadores conhecido como ponte de diodos que fará retificação da tensão alternada. Na saída da ponte retificadora é colocado um capacitor a fim de filtrar a tensão obtida na retificação de forma a reduzir as ondulações (*ripple*). Em suma, o circuito simulado receberá uma tensão que varia senoidalmente ao longo do tempo e disponibilizará uma tensão contínua cujo valor de ondulação dependerá do valor do capacitor e da carga ligada ao circuito. Na "Figura 3" é exibido um exemplo do formato de entrada da tensão no circuito e o formato esperado na saída do circuito.

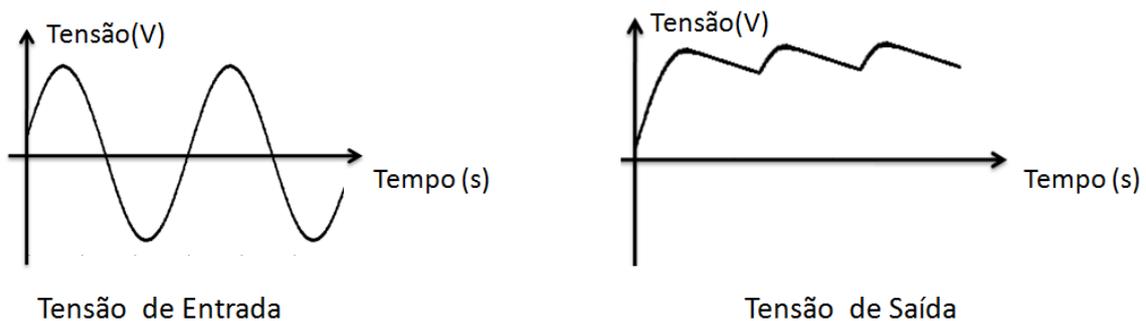


Figura 3 - Formato das Tensões de Entrada e Saída

### 3.2. Processamento dos dados

O processamento dos dados para o projeto aqui descrito foi feito em linguagem Matlab, no entanto, para outras aplicações mais complexas criadas, utilizando técnica semelhante, foi feito uso de desvios de processamento para a linguagem C++, a fim de se obter um tempo de resposta mais eficaz. Isto permite que se consiga garantir que a

saída esteja no mínimo a 20 frames por segundos, assegurando uma boa qualidade dos dados exibidos e conforto visual ao usuário.

Na "Figura 4" é exibido um fluxograma detalhado do *script* programado, sendo composto inicialmente pela parametrização das variáveis e criação das escalas de tempo para plotagem dos gráficos (sinais), em seguida é feito em laço de repetição de duração indeterminada em que são realizados todos os cálculos e a exibição dos resultados. A cada execução do laço de repetição é feito um incremento do tempo da simulação, de forma que a cada passo será calculado e plotado um tempo infinitesimalmente maior que o anterior. O efeito visual provocado por essa técnica resulta em um gráfico animado na forma de vídeo, muito semelhante ao obtido em osciloscópios.

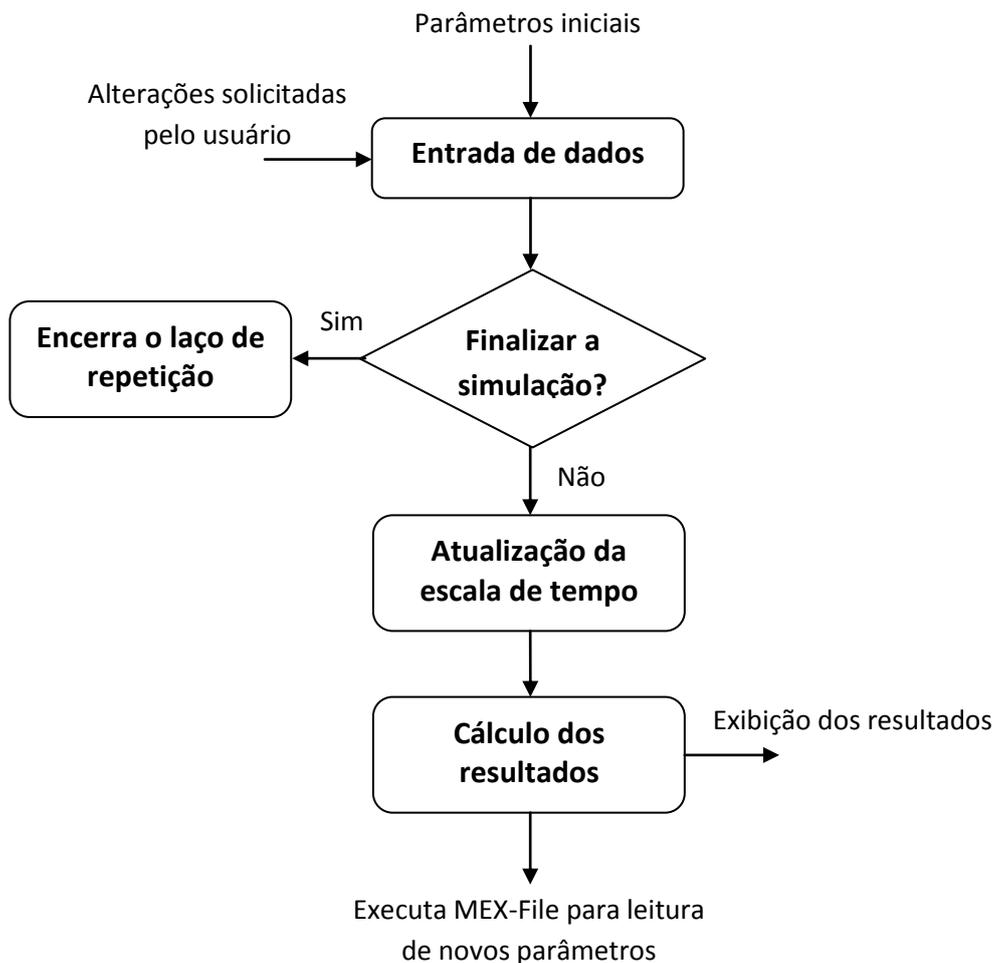
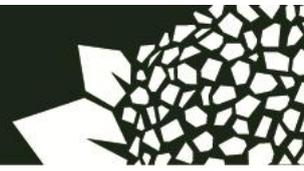


Figura 4 - Fluxograma do script principal

### 3.3. Leitura dos dispositivos de entrada/saída do computador

A solução encontrada para interagir com a simulação em tempo de execução sem provocar a interrupção, foi ler diretamente do teclado a solicitação de alteração de algum parâmetro. Visto que, se fosse solicitado ao usuário que digitasse o novo valor do parâmetro, a simulação ficaria parada neste ponto do código até que o usuário digitasse o novo valor desejado.



Para isso foram utilizados alguns recursos presentes na biblioteca "windows.h" na linguagem C++, de forma a conseguir ler os valores digitados no teclado, e utilizá-los na aplicação em execução do Matlab, mesmo que esta esteja em segundo plano, ou minimizada.

Para se obter o efeito desejado o Matlab inicia o arquivo MEX-File repassando um vetor com todas as células iniciadas com o valor zero. Ao retornar da função C++, o vetor estará modificado de forma a conter os parâmetros a serem modificados conforme indicado abaixo:

- Retornando zero: o usuário não solicitou alteração do parâmetro;
- Retornando um número positivo (+1): o usuário solicitou incremento do parâmetro;
- Retornando um número negativo (-1): o usuário solicitou decremento do parâmetro.

A função responsável por receber e devolver a matriz modificada ao Matlab é a função chave do arquivo MEX-File, chamada mexFunction (conforme código fonte abaixo), devendo esta, substituir a função "main()" do código fonte em C++. O código descrito abaixo foi utilizado para fazer esta interface entre o Matlab e o C++, recebendo e enviando dados ao Matlab sempre que for solicitada uma modificação nos parâmetros da simulação.

```
void mexFunction( int nlhs, mxArray *plhs[],
int nrhs, const mxArray *prhs[])
{
double *parametros; //ponteiro para o vetor

plhs[0]=mxCreateDoubleMatrix(1,6,mxREAL); //Cria um vetor de 6 posições
Parametros=mxGetPr(plhs[0]); //Atribui o vetor criado a variável parametros

tecla(parametros); //Executa a função tecla escrita em C++ para leitura do teclado.
}
```

A organização e distribuição dos parâmetros dentro do vetor são indicadas na "Figura 5". Cada parâmetro tem sua posição definida possibilitando uma forma simples de repassá-los.

## Vetor

Vetor[0]	vetor[1]	Vetor[2]	vetor[3]	Vetor[4]	vetor[5]	Vetor[6]
Tensão	Capacitância	Carga	Frequência	Escala de Tempo	Finalizar Simulação	Seleção do Gráfico

Figura 5 - Distribuição dos parâmetros no vetor



O preenchimento do vetor é feito de forma simples, utilizando o comando `GetAsyncKeyState` (conforme código fonte abaixo), no qual se deve utilizar como argumento da função o código ASCII da tecla que se deseja monitorar. Este comando retorna verdadeiro caso a tecla esteja pressionada ou falso caso não esteja pressionada. Em seguida, é atribuído ao vetor o valor correspondente ao efeito, causado pela tecla pressionada em sua posição definida no vetor.

```

if (GetAsyncKeyState( Código ASCII da tecla ))
  {
    parametro [ posição ] = valor;
  }
  
```

O mapeamento do teclado durante a simulação foi feito utilizando uma tecla para cada modificação possível nos parâmetros da simulação, como por exemplo: as teclas A e S do teclado provocam, respectivamente, o acréscimo e decréscimo do valor da tensão do circuito simulado instantaneamente sempre que forem pressionadas. Na "Figura 6" é exibido um mapa completo das teclas utilizadas.

Esc	" ' ! 1	@ 2	# 3	\$ 4	% 5	^ 6	& 7	* 8	( 9	) 0	- _	= +	⌫
Tab	q	w	e	r	t	y	u	i	o	p	[	]	Enter
Caps	a	s	d	f	g	h	j	k	l	ç	~	]	
Shift	\	z	x	c	v	b	n	m	<	>	;	^	
Ctrl	Fn	⊞	Alt					Alt	,	.	<	∨	>

Tecla	Função	Tecla	Função
A	Aumenta a Tensão	O	Aumenta a frequência
S	Diminui a Tensão	P	Diminui a Frequência
↑	Aumenta a Capacitância	1	Exibe todos os gráficos
↓	Diminui a Capacitância	2	Exibe o gráfico da Tensão na Fonte
→	Aumenta a Carga	3	Exibe o gráfico da Tensão no Diodo
←	Diminui a Carga	4	Exibe o gráfico da Tensão na Ponte
Q	Expande o eixo de Tempo	5	Exibe o gráfico da Tensão no Capacitor
W	Comprime o eixo de Tempo	Esc	Finaliza a simulação

Figura 6 - Mapa das teclas utilizadas

### 3.4. Exibição dos resultados

Uma vez que foi iniciado o laço de repetição e verificação do teclado para mudança dos parâmetros da simulação, é exibida na área de trabalho do Matlab uma lista com os comandos possíveis ao usuário, e sempre que algum valor for modificado é informado qual o valor atual da variável.

Inicialmente são apresentados todos os gráficos simultaneamente, possibilitando a visualização do comportamento do circuito em diversos pontos. Na "Figura 7" é apresentada a tela com todas as curvas disponibilizadas pela ferramenta. Porém, é

possível também visualizar individualmente cada ponto do circuito, alternando os modos de exibição com as teclas de 1 a 5 do teclado, escolhendo um gráfico específico que se deseja analisar, como por exemplo, o gráfico da tensão no capacitor.

A escolha dos gráficos/telas de saída que é referenciada segundo listagem a seguir:

1. Exibe todos gráficos simultaneamente;
2. Tensão na entrada do circuito;
3. Tensão no diodo
4. Tensão na saída da ponte retificadora;
5. Tensão no capacitor.

É importante ressaltar que a interatividade, com a possibilidade de modificação dos parâmetros do circuito, continua totalmente acessível.

Ao disponibilizar a visualização de gráficos animados como uma interface "amigável", espera-se proporcionar ao usuário uma ferramenta para a otimização do processo de ensino-aprendizagem, permitindo assim, visualizar os efeitos provocados pela mudança de um dos parâmetros instantaneamente, comparando com os efeitos esperados apresentados na teoria de Circuitos e Eletrônica.

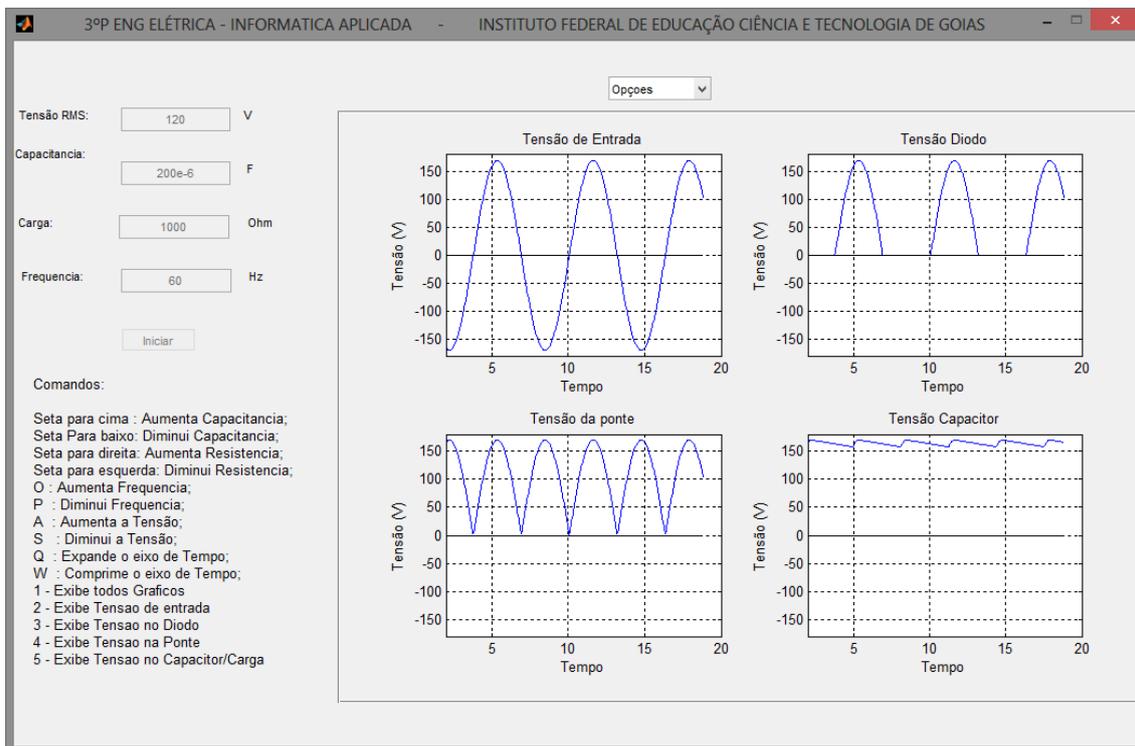


Figura 7 - Resultados da simulação

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um ensino de qualidade é função das instituições educacionais, que devem se pautar na busca de uma educação interdisciplinar, prática e motivadora. Nas últimas décadas com o advento da tecnologia, globalização e internet, o ensino-aprendizagem tem sido cada vez mais um grande desafio a ser discutido e analisado. A forma de chamar atenção e motivar os estudantes dentro e fora de sala de aula merece grande atenção e discussão. É necessário que todos se atentem em buscar uma educação



transformadora e didática, em que os alunos visualizem na prática o conteúdo estudado em sala.

Dessa forma o trabalho desenvolvido apresentou uma ferramenta que poderá ser útil no ensino de Engenharia em vários aspectos, estimulando assim o senso crítico e de curiosidade por parte dos discentes, otimizando os estudos na orientação, problematização e resolução de questões acadêmicas. Permitindo assim ao docente demonstrar de forma simples e motivadora os conceitos que serão explorados posteriormente em aulas práticas e possibilitar a descrição de relações entre conceitos, aplicar os modelos construídos e comparar os resultados obtidos com o conhecimento que é aceito pela comunidade científica ou com experimentos laboratoriais.

A metodologia proposta pode, claramente, ser utilizada em disciplinas que necessitem de apresentações gráficas e simulações de exemplos dos conceitos apresentados pelo professor, sendo mais um recurso didático disponível. Assim, este recurso tem sido utilizado abordando outros temas como: interferência de sinais e séries de Fourier para a disciplina de Sistemas Lineares, fatores e potência complexa para a disciplina de Circuitos Elétricos II.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITES, F. S.; BARBOSA, I. S. O desafio de ensinar conformação mecânica: uma pesquisa sobre os diferentes recursos didáticos disponíveis. Anais: XL – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém: UFPA, 2012.

CHAPMAN, S. J. Programação em Matlab para engenheiros. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011, 463 p.

FIGUEIREDO, E.; LOBATO, C.; DIAS, K.; LEITE, J.; LUCENA, C. Um jogo para o ensino de engenharia de software centrado na perspectiva de evolução. Anais: XXVII Congresso da SBC. Rio de Janeiro: IME, 2007.

GRECA, I. M. Projeto integrado de pesquisa - modelização no ensino de física: estudo do processo de formalização e de estratégias didáticas facilitadoras. ULBRA, Canoas, 2002.

LODER, L.L. A formação de identidades e a construção de saberes em um curso de engenharia elétrica. Anais: XXXVIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Fortaleza: UFC, 2010.

PENNER, D. E. Cognition, computers, and synthetic science: building knowledge and meaning through modelling. Rev. Res. Sci. Educ, n.25, p. 1-37, 2001.

RIBEIRO, A. A.; GRECA, I. M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão da literatura publicada. Quím. nova, v.26, n.4, p. 542-549, 2003.

SEDRA, A. S.; SMITH, K.C.. Microeletrônica. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.



SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de ensino e formação na engenharia. Educação em Revista, Belo Horizonte, v. 45. p. 61-80, 2007.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, F. J. Visão analítica da informática na educação no Brasil: a questão da formação do professor. Revista Brasileira de Informática na Educação, n.1, p. 1-28, 1997.

### **DEVELOPMENT AND USE OF SIMULATION TOOLS IN TEACHING- LEARNING PROCESS IN ELECTRICAL ENGINEERING**

***Abstract:** The advent of technology has led to the development of tools that are designed to help educational institutions in the process of teaching and learning through digitized frames, laptops, internet, among others. In engineering education, these features are even more needed and demanded. Latest equipments allies to new teaching features generates the necessity and the upgrading for new teaching practices of teachers within the classroom and in specialized laboratories. Along with these new trends, the aggregate of teaching disciplines, multidisciplinary, very charged in exams of evaluative agency in the education sector, require of the teachers to search for new teaching methodologies and challenge the student in their learning. Considering these changes, this work has, as its main focus, the use of programming disciplines to improve the knowledge of students in technical subjects of the Electrical Engineering degree course. The subjects of programming are part of the first semesters of the curriculum in most institutions that offer the course of Electrical Engineering. The proposal is to enrich the knowledge of programming and technical concepts, and especially use it to assist teachers in improving the use of computational tools in the classroom. Thus, there were developed interactive tools that serve to technical disciplines of Electrical Engineering course at the Federal Institute of Goiás (IFG) - Campus Itumbiara, using the language C++ and Matlab. This article presents one of programs developed, as well as the methodology used for the interactivity.*

***Key-words:** Teaching resources, Computational tools, Simulation, Programming, Teaching and Learning.*