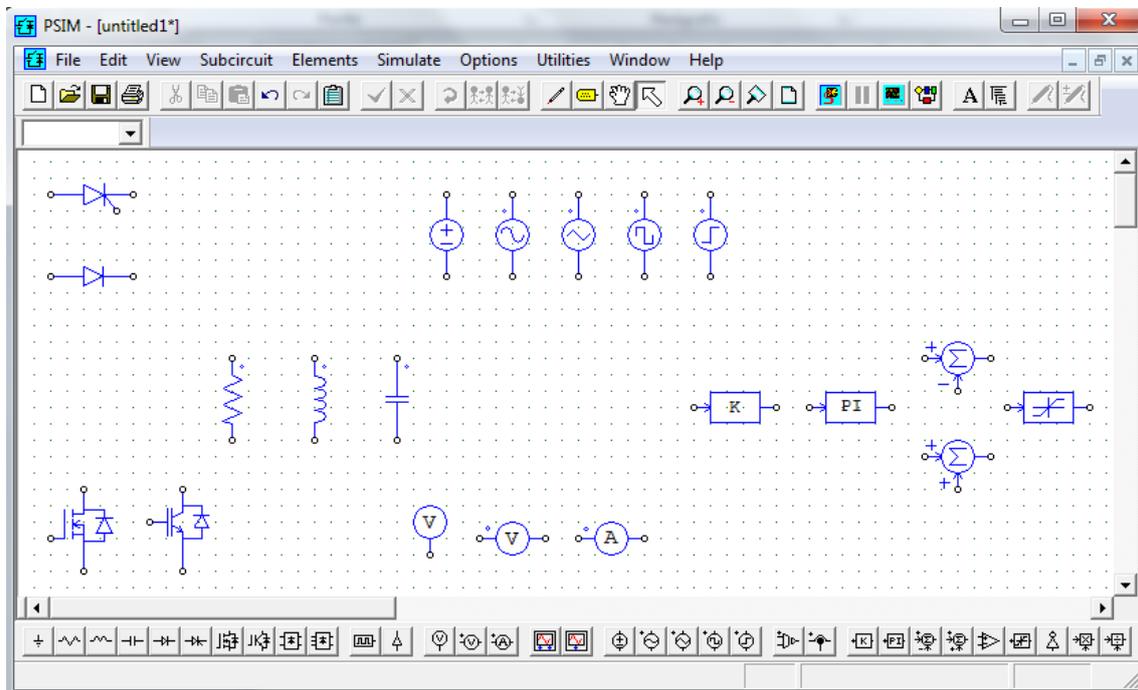


PSIM



Responsáveis

A apostila de **PSIM** é de responsabilidade do **Programa de Educação Tutorial** do curso de **Engenharia Elétrica** da **Universidade Federal do Ceará**, tendo como principais responsáveis os bolsistas:

- Ícaro Silvestre Freitas Gomes
- José Antonio de Barros Filho
- Lucas Cordeiro Herculano
- Lucas Rebouças Maia
- Nestor Rocha Monte Fontenele
- Ricardo Antônio de Oliveira Sousa Júnior
- Túlio Naamã Guimarães Oliveira

SUMÁRIO

Criando um novo projeto.....	4
Ambiente de Trabalho	8
Esquemático de um projeto	10
Simulação	13
▪ Inicializando uma simulação	13
▪ Visualizando os resultados	14
Transformadores.....	19
▪ Transformador ideal (Ideal Transformer)	19
▪ Transformador real (1-ph Transformer)	20
▪ Transformadores com “n” enrolamentos	21
▪ Transformadores trifásicos	21
Fontes	22
▪ Fonte DC (DC)	22
▪ Fonte Senoidal Monofásica (Sine) ou Trifásica (3-ph Sine)	23
▪ Fonte Triangular (Triangular).....	24
▪ Fonte Dente-de-serra (Sawtooth)	24
▪ Fonte quadrada (Square)	25
▪ Fonte Degrau (Step)	25
▪ Fonte Controlada por Tensão ou Corrente	26
Transiente	27
▪ Bi-directional Switch:.....	27
▪ Push Button Switch:	27
Corrente Alternada Trifásica	29
Exercícios	31
1. Máxima transferência de potência.....	31
2. Curva Característica do Diodo	33

Criando um novo projeto

Com o PSIM devidamente instalado, inicie o arquivo “PSIM”, que terá este símbolo . Este arquivo pode ser acessado em:

Botão Iniciar → Todos os Programas → PSIM → PSIM.

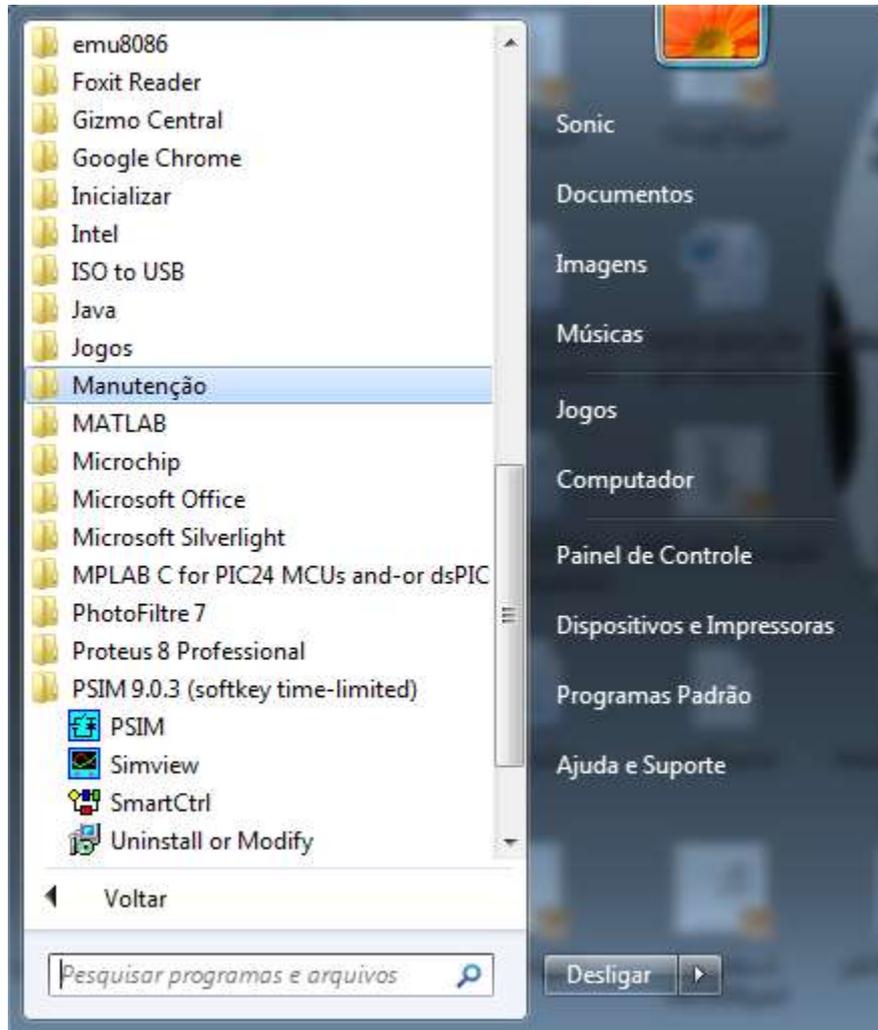


Figura 1 - Inicializando o PSIM

Após a inicialização do programa abrirá uma pequena janela dando sugestões sobre o *software*. Feche a janela clicando em “Close” como mostrado na Fig. 2.

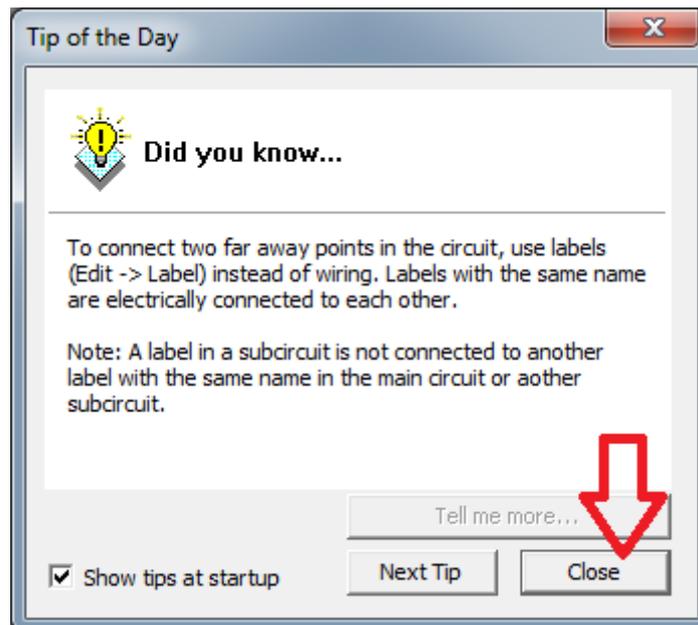


Figura 2 - Inicializando o PSIM

Ao iniciar o programa, surgirá a tela inicial do PSIM, Fig. 3.

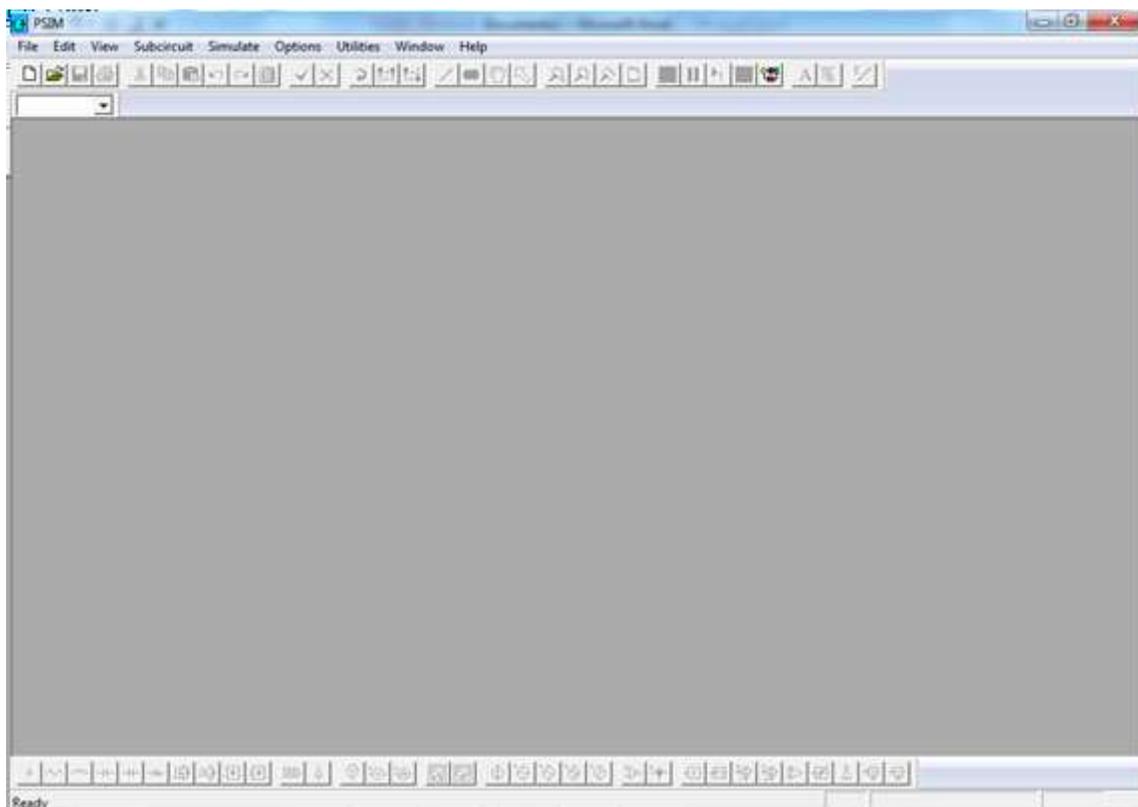


Figura 3 - Tela inicial do PSIM.

Para criar um novo projeto, acesse o Menu *File*, Submenu *New*, ou faça o comando “Ctrl+N” ou clique na caricatura de folha no espaço superior assim como é mostrado nas Fig. 4 e 5.

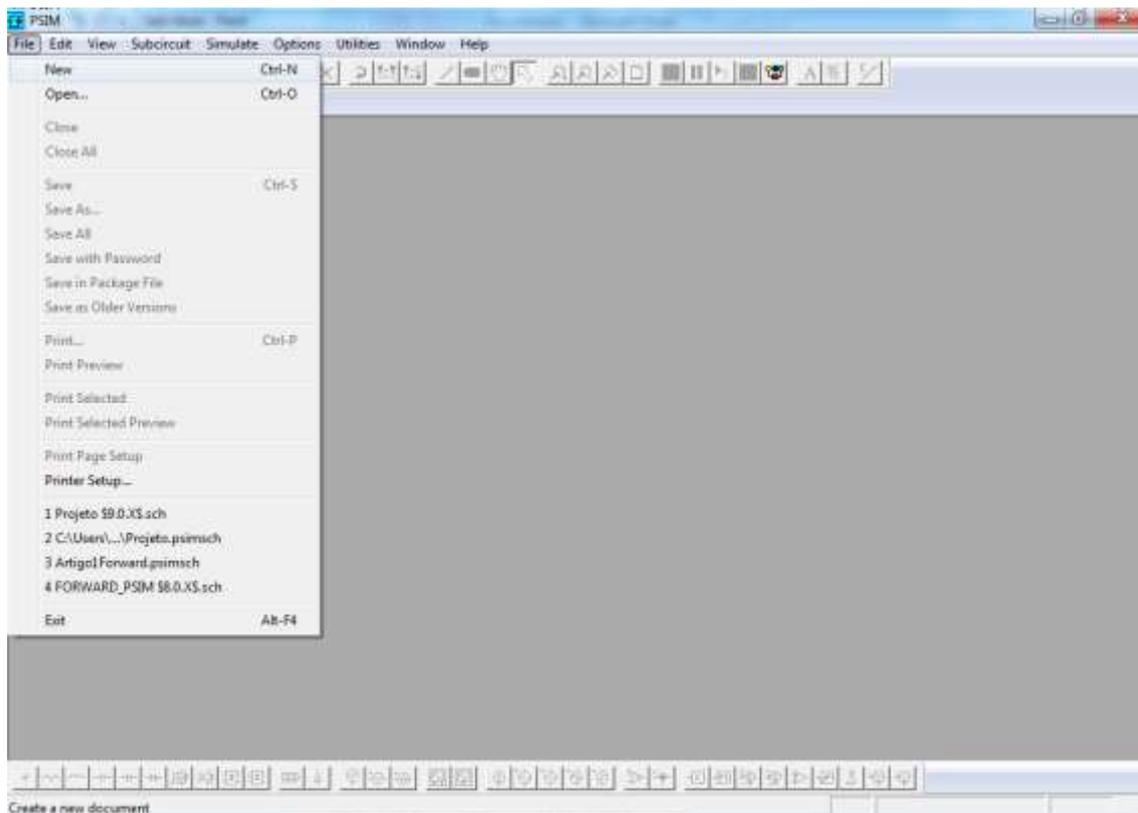


Figura 4 - Criando um novo projeto

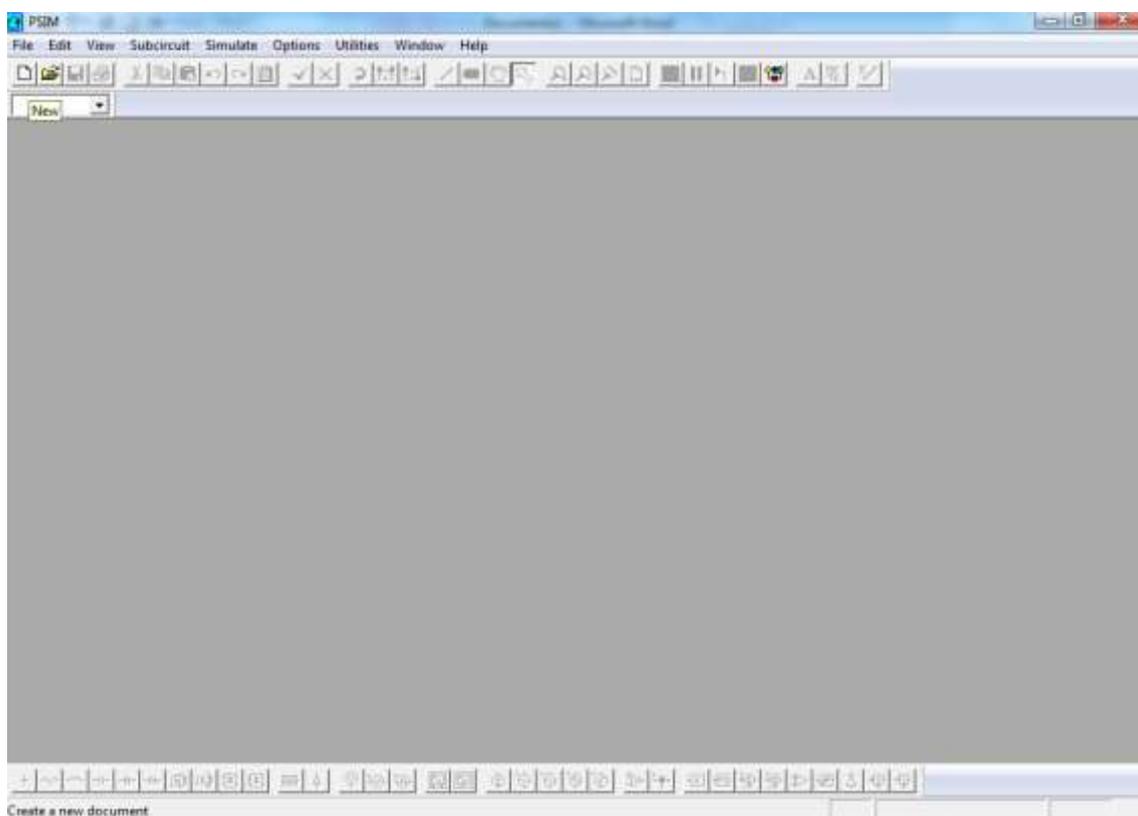


Figura 5 - Criando um novo projeto com atalho.

Imediatamente após escolhida a opção *new*, a tela para trabalho será mostrada e as opções que estavam nas bordas inferiores e superiores serão liberadas para uso, como mostrado na Fig. 6

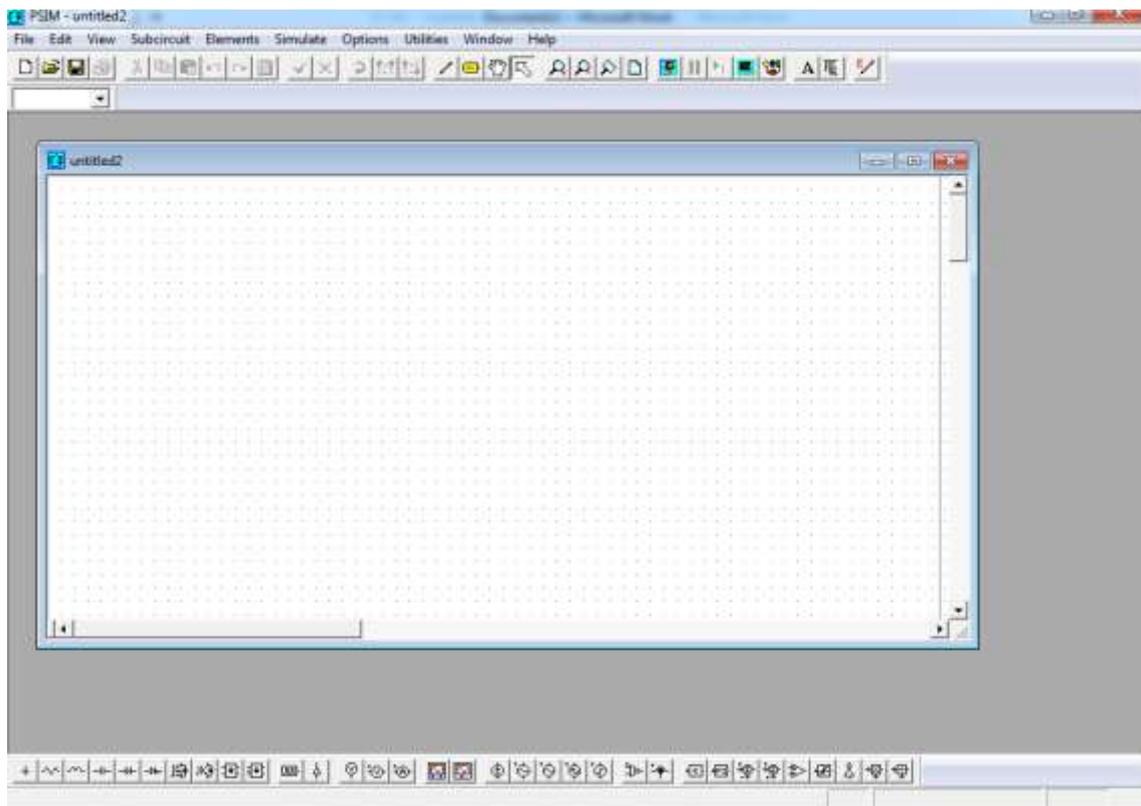


Figura 6 - Tela inicial do projeto.

Ambiente de Trabalho

Com o OrCAD Capture devidamente instalado, inicie o arquivo “OrCAD Capture CIS”. Este arquivo pode ser acessado em:

O Ambiente de trabalho do PSIM, Fig. 7, é a tela inicial do projeto do PSIM. Nele estão contidos os principais menus, toolbars e atalhos para se iniciar um projeto.

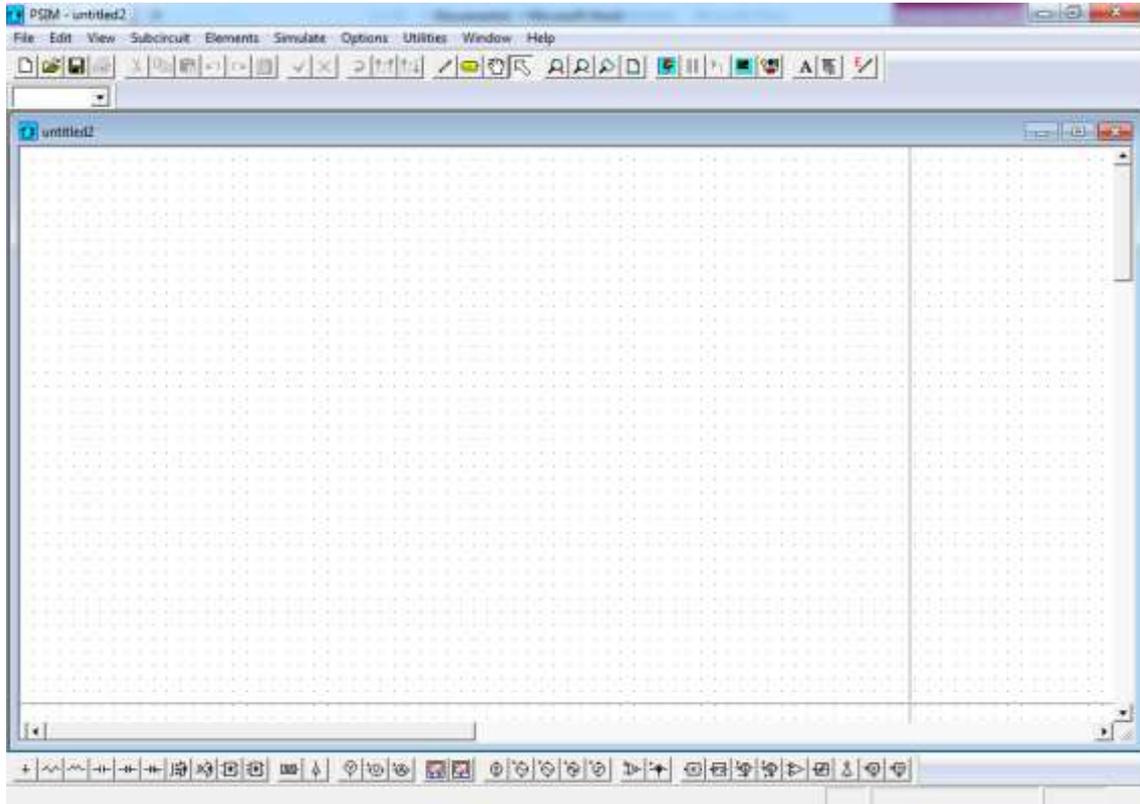


Figura 7 - Ambiente de trabalho do PSIM.

Na tela principal do PSIM, Fig. 8, tem-se:

- Barra de Menus: Barra que contém os principais menus do PSIM. São eles:
 - *File*: menu onde se pode criar, salvar ou abrir um projeto, imprimir o esquemático, verificar o histórico etc.
 - *Edit*: menu onde se pode editar os componentes do esquemático, como copiar, colar, recortar, rotacionar ou espelhar um componente, voltar ou avançar uma ação etc.
 - *View*: menu onde se pode ativar ou desativar a visualização de algum menu de atalhos na tela principal do PSIM, aplicar o zoom em determinada área do esquemático etc.
 - *Subcircuit*: menu que permite que o usuário trabalhe com todas as opções de novos circuitos como carregar um circuito já feito, iniciar um novo circuito, capturar imagem do circuito etc.
 - *Elements*: menu com os principais comandos do PSIM para inserir componentes, como fontes, resistores, capacitores, amperímetros etc. Além de poder ser utilizado para colocar nos circuitos sensores e símbolos, como flechas, por exemplo.
 - *Simulate*: menu para simular os circuitos do PSIM.
 - *Acessories*: menu de acesso a referências.
 - *Options*: menu de opções do PSIM, como alterar as barras de ferramenta, por exemplo.
 - *Utilities*: menu com algumas utilidades para o projeto, como calculadora, por exemplo.

- *Window*: menu de janelas do PSIM.
- *Help*: menu de ajuda do PSIM.
- *Toolbars*: menus com os principais atalhos para determinada atividade.
- Área de Trabalho: área de trabalho para o usuário inserir os circuitos do projeto.
- Barra de Status: barra do status do projeto.
- Barra de Rolagem: barra de rolagem vertical/horizontal da área de trabalho.

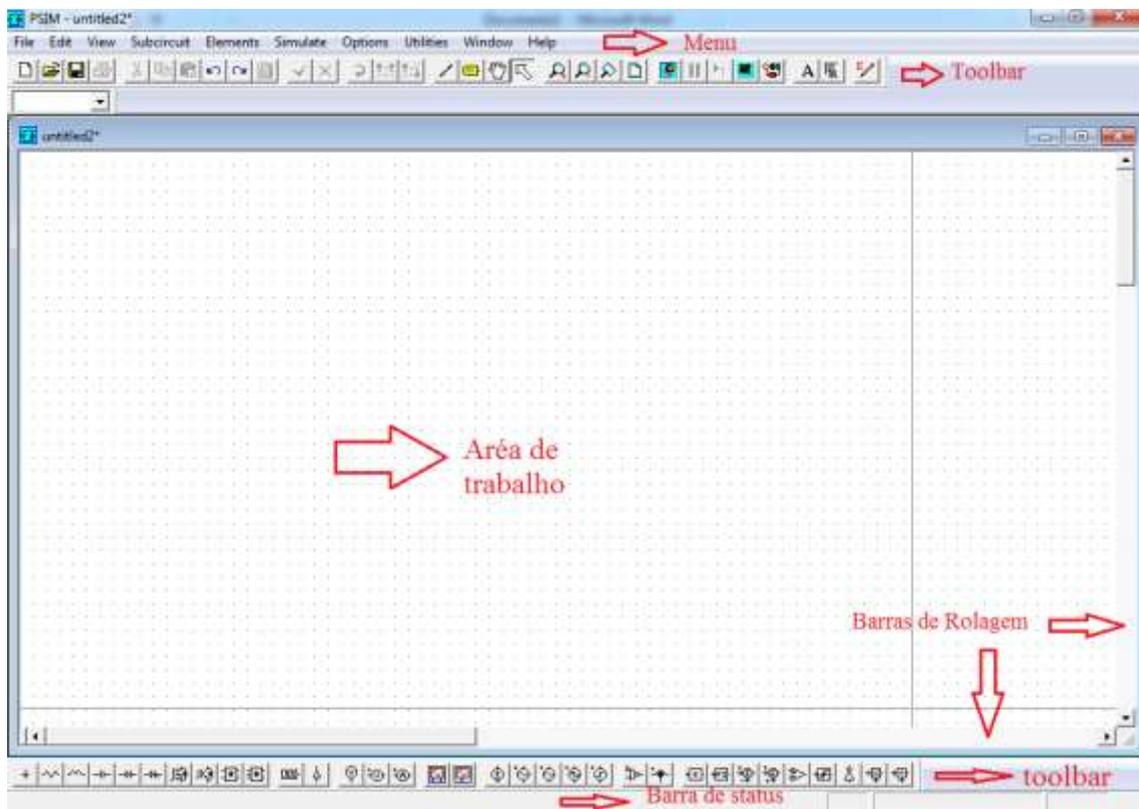


Figura 8 - Tela principal do PSIM.

Esquemático de um projeto

Depois de criado o projeto, pode-se, finalmente, começar a montar esquemáticos de circuitos. Para se adicionar componentes ao seu esquemático, deve-se, primeiramente, clicar no menu *Elements*, e depois escolher o componente a ser utilizado.



Figura 9 - Menu *Elements*.

Na parte inferior da tela do PSIM, existe ainda uma barra de ferramentas onde é mostrada uma lista com os componentes usados mais frequentemente nos esquemáticos de circuitos, a fim de facilitar no momento de adicioná-los à área de trabalho. Essa lista de componentes pode ser observada na Fig. 10.

Terra	Resistência
Indutor	Capacitor
Diodo	Tiristor
Chave MOSFET	Chave IGBT
Ponte de Diodos Monofásica	Ponte de Diodos Trifásica
Gerador de Clock para chaves	Controle de liga/desliga de chaves
Voltímetro (nó em relação ao terra)	Voltímetro diferencial
Amperímetro	Osciloscópio
Osciloscópio (1 Entrada)	Fonte de Tensão Contínua
Fonte de Tensão Senoidal	Fonte de Tensão Triangular
Fonte de Tensão (Onda Quadrada)	Fonte de Tensão (Degrau)
Sensor de Tensão	Sensor de Corrente
Bloco Proporcional	Controlador Proporcional-Integral
Subtrator	Somador
Comparador	Limitador
Porta NOT	Multiplicador
Divisor	

Figura 10 - Componentes presentes na barra de ferramentas inferior.

Para exemplificar a montagem de um esquemático no PSIM, vamos montar um circuito retificador meia onda. Primeiramente, devem ser adicionados os componentes que serão utilizados à área de trabalho. No caso em questão, é necessário adicionar um diodo, representado por , um resistor, representado por , e uma fonte de tensão senoidal, representada por . Adicione cada um desses componentes utilizando a barra de ferramentas inferior ou procurando pelo menu *Elements*. Organize o esquemático de acordo como é mostrado na Fig. 11. Caso queira girar o componente, basta apertar o botão  presente na barra de ferramentas superior.

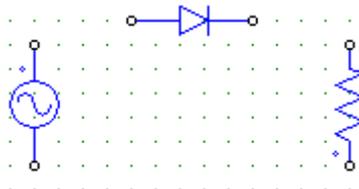


Figura 11 - Componentes adicionados à área de trabalho.

Para se configurar qualquer um dos componentes adicionados, deve-se dar um duplo clique sobre os mesmos. No caso do resistor, será aberta a tela mostrada na Fig. 12.



Figura 12 - Configuração do resistor.

Altere a resistência para 10k e a amplitude da fonte senoidal para 311. Marcando-se o campo *Display*, o parâmetro configurado aparecerá juntamente com o componente na área de trabalho. Há ainda a opção de se mostrar a corrente que atravessa o componente colocando-se “1” em *Current Flag*.

Agora que todos os componentes foram adicionados e configurados, deve-se adicionar a referência do circuito clicando no menu *Elements*, depois em *Sources* e, finalmente, em *Ground*. Como se pode ver na Fig. 13, ainda podem ser adicionados outros tipos de referência. Outra forma de se adicionar a referência é clicando no botão  presente na barra de ferramentas inferior.

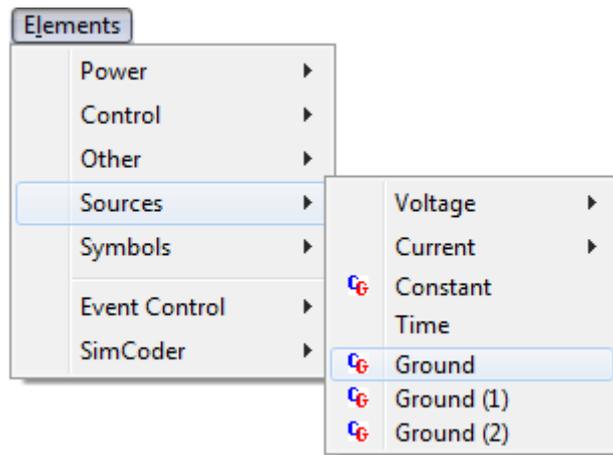


Figura 13 - Adição da referência do circuito.

Finalmente, deve-se fazer a ligação dos componentes que foram adicionados. Para isso, clique no botão  na barra de ferramentas superior e faça as ligações conforme é mostrado na Fig. 14.

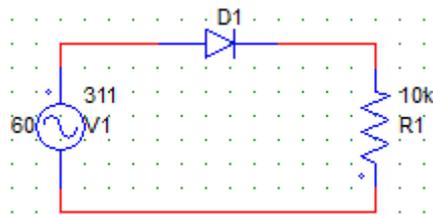


Figura 14 - Ligação dos componentes.

Simulação

▪ Inicializando uma simulação

O estudo da geração de sinais é uma necessidade prática. O método para verificar o resultado de um projeto de um circuito elétrico é construí-lo e testá-lo, no entanto, isso pode se tornar caro e demandar tempo. Uma alternativa é simular o circuito utilizando um programa computacional, no nosso caso, o PSIM.

O PSIM é um programa de simulação amigável e cuja análise da forma de onda é semelhante à tela de um osciloscópio. Esse programa apresenta um grande potencial para a análise de conversores de potência, malhas de controle e estudo de acionamento de motores. Além disso, o simulador pode ser utilizado em praticamente todos os tipos de circuitos, sejam eles digitais ou analógicos.

O passo-a-passo para a simulação de um circuito pode ser resumidamente descrita como:

- Criar o esquemático de um programa;
- Realizar a simulação;
- Analisar os resultados.

A primeira etapa foi descrita no tópico anterior dessa apostila. Considera-se agora a simulação de um circuito. Para estudar esse caso, considere o seguinte circuito retificador monofásico de onda completa sem filtro capacitivo, Fig. 15.

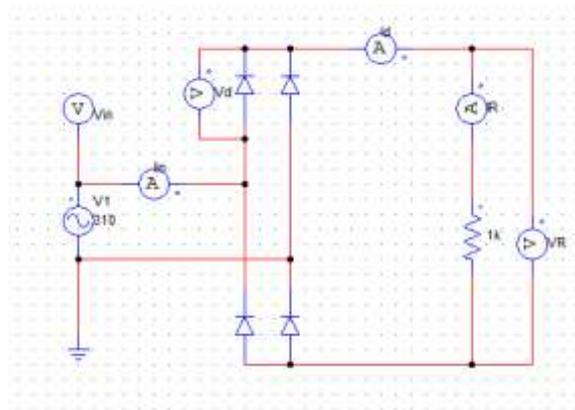


Figura 15 - Esquemático do circuito em estudo.

Observações:

- Adicione um sinal de tensão alternada ($f= 60$ hz, Tensão de pico= 310 V), componente Vsin.
- Adicione um resistor de 1k.
- Adicione ao circuito elementos de medição de tensão e corrente. Para adicionar o voltmímetro que mede a tensão de entrada da fonte de tensão em relação ao terra, siga esse procedimento: *Elements* → *Other* → *Probes* → *Voltage Probe*, ou então clique diretamente na componente, que se encontra na barra inferior do programa. Agora, faça o mesmo procedimento para o voltmímetro (*node-to-node*) que mede a tensão entre os terminais dos elementos do circuito e o amperímetro (*Current Probe*).

Após salvar o arquivo, é preciso definir os parâmetros de simulação do mesmo. Nesse caso, é necessário incluir o controle de simulação, presente no menu *Simulate* → *Simulation Control*. Em seguida, aparecerá uma tela para configurar os parâmetros de simulação, Fig. 16.

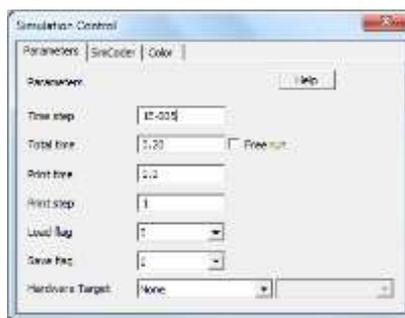


Figura 16 - Especifique os seguintes parâmetros de simulação.

Tabela 1 - Parâmetros de simulação

<i>Time Step</i>	Passo da simulação (segundos)
<i>Total Time</i>	Tempo total de simulação (segundos)
<i>Print Time</i>	Indica a partir de tempo será registrado os dados de simulação, antes desse instante, nenhum dado é salvo
<i>Print Step</i>	Passo que indica quanto pontos serão salvos em um intervalo. Se 10, 1 em cada 10 pontos é salvo.
<i>Load Flag</i>	Se 1, o simulador irá ler os valores iniciais de um arquivo ssf. (0 é padrão)
<i>Save flag</i>	Se 1, os dados serão salvos em um arquivo ssf. (0 é padrão).

Após especificar os parâmetros de simulação, pode-se iniciar a simulação do circuito. Clique no ícone  (barra de ferramentas superior). Após o processamento da simulação, caso a opção *Auto-run* esteja selecionada (Menu *Options* → *Auto-run SIMVIEW*) automaticamente iniciará o programa *Simview*, caso contrário, selecione o botão .

▪ Visualizando os resultados

Executando o programa *Simview*, aparecerá a Fig. 17, na qual está indicada todas as medidas as quais podem ser mostradas (esses parâmetros foram escolhidos adicionando os elementos de medição ao circuito).

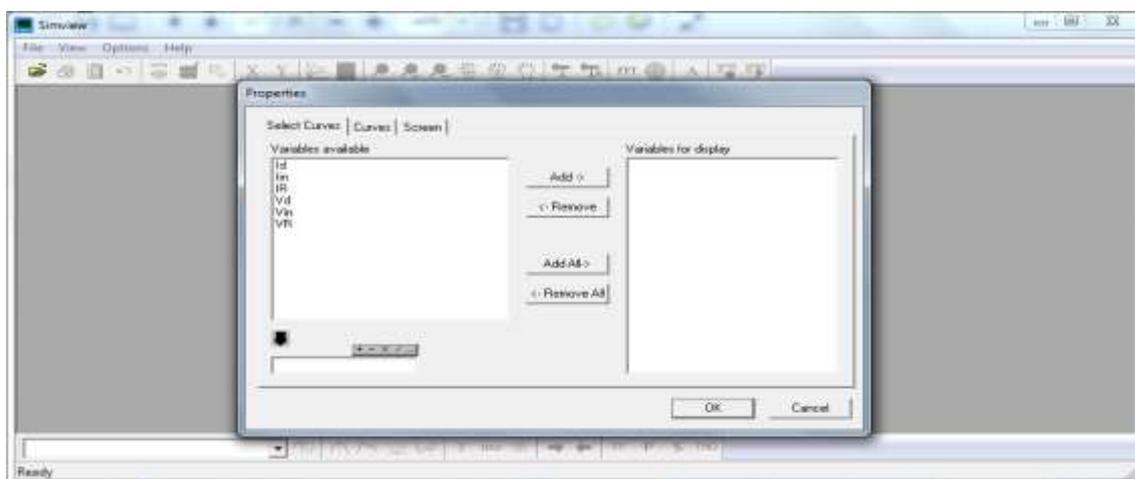


Figura 17 - Tela inicial do programa *Simview*.

Para estudar uma forma de onda, basta selecioná-la e clicar no botão *Add*. Para retirá-la, basta especificá-la e selecionar a opção *Remove*. Existe, também, a opção de realizar operações matemáticas nos sinais mensurados. Como, calcular a potência dissipada no diodo ($I_d * V_d$). Para esse caso, basta selecionar a variável, em seguida, aperte o ícone  juntamente com a operação e selecionar a outra grandeza. Após esses passos, basta adicioná-la a simulação.

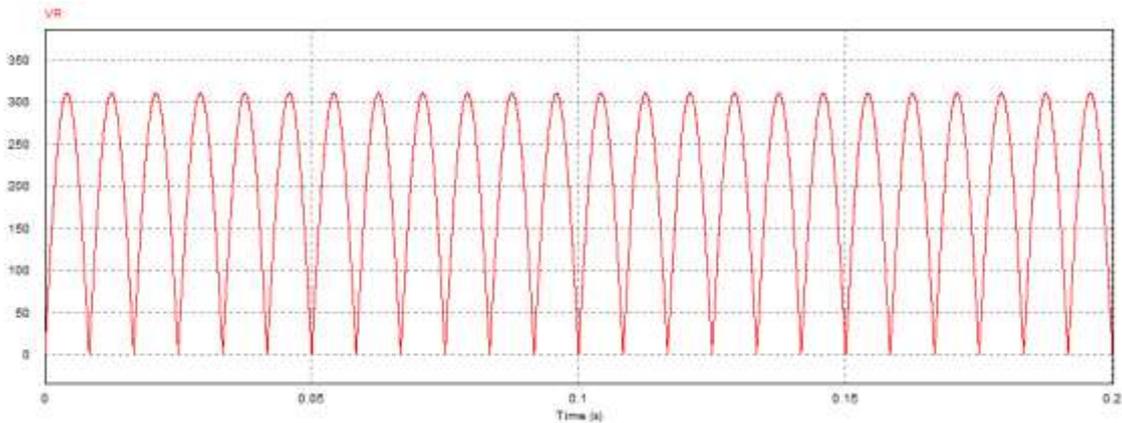


Figura 18 - Sinal de entrada após a retificação de onda completa.

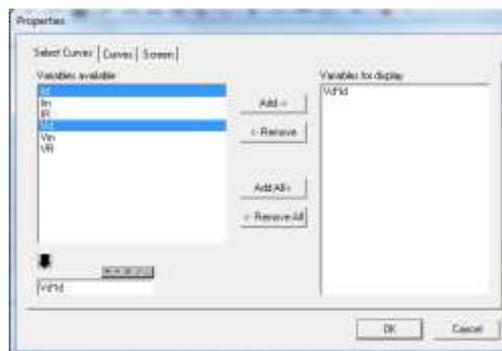


Figura 19 - Realizando operações matemáticas nos sinais medidos no diodo ($V_d * I_d$).

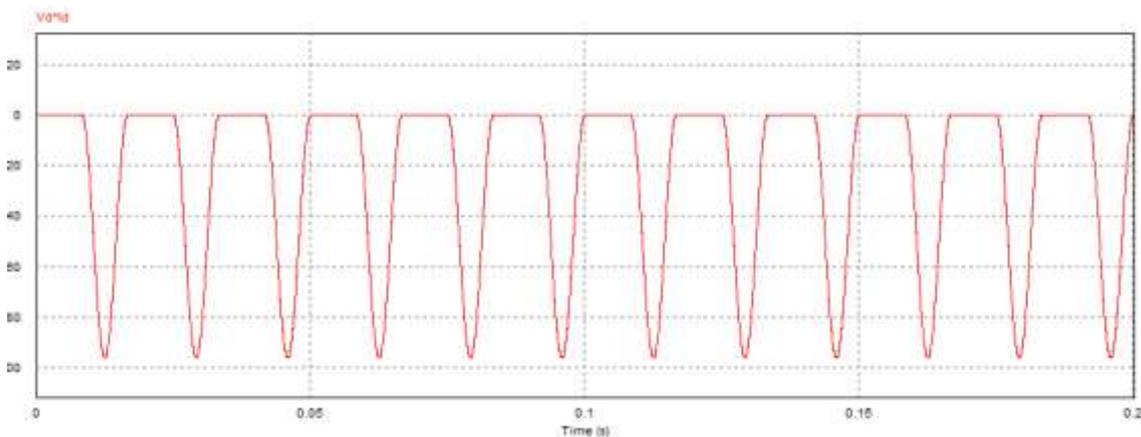


Figura 20 - Potência dissipada no diodo.

Caso exista a necessidade de estudar outro sinal, basta ir até o Menu *Screen* → *Add/Delete Curve*. Ainda há a possibilidade de adicionar outro gráfico na simulação, basta selecionar o menu *Screen* → *Add Screen*.

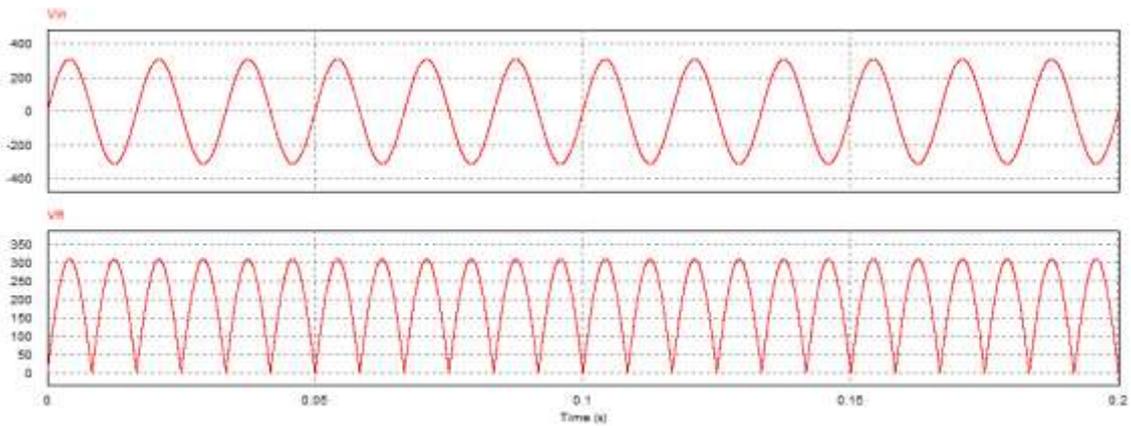


Figura 21 - Exemplo de adição de dois gráficos.

Para melhorar a visualização dos resultados obtidos, há a opção de modificar a escala dos eixos, para isso, basta clicar nos ícones **X** **Y**. Em seguida aparecerá a caixa de diálogo da Fig. 22.

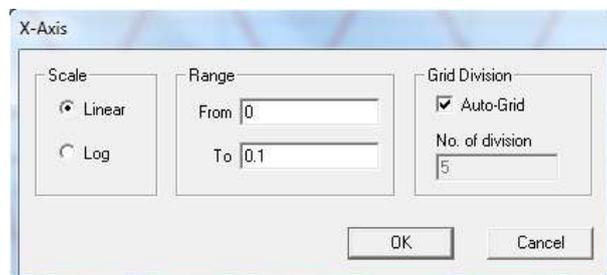


Figura 22 - Caixa de diálogo para alterar a escala do gráfico.

Altere a escala do gráfico de 0 até 0.1, como mostrado na Fig. 22.

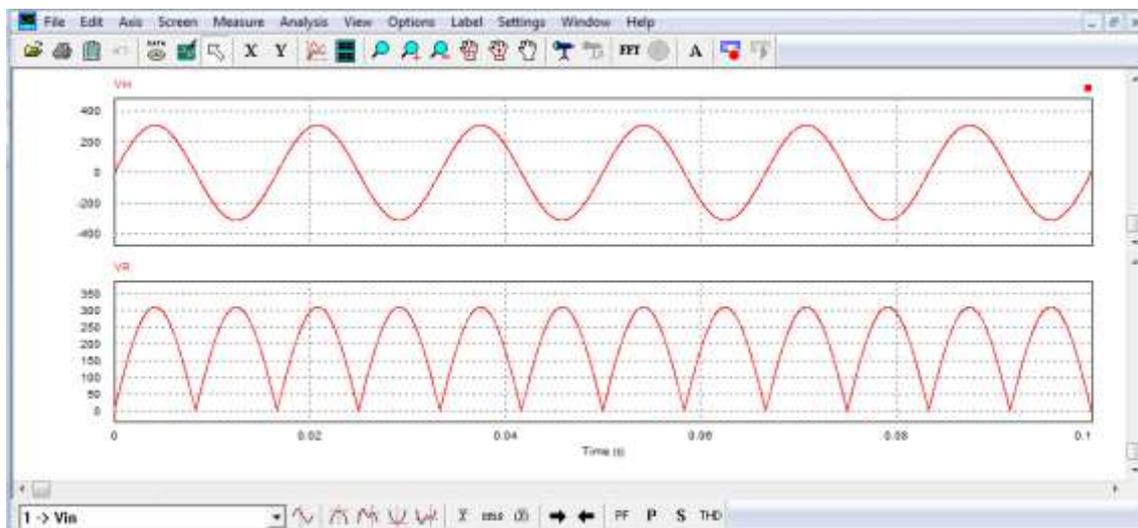


Figura 23 - Escala do eixo x alterada.

Caso queira copiar o gráfico para a área de transferência, basta clicar no menu *Edit* → *Copy to Clipboard*.

Na parte superior do programa se encontra uma lista de menu de atalhos das opções que são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Tabela de atalhos para o Simview.

	Abrir Arquivo
	Imprimir
	Copiar para área de transferência
	Compilar o arquivo atual
	Redesenhar a forma de onda
	Ferramenta de seleção
X	Configurar o eixo X
Y	Configurar o eixo Y
	Adicionar uma forma de onda em um novo gráfico
	Para Adicionar\Remover gráfico(s)
	Aplicar Zoom
	Inserir a caixa de medição e habilita os botões de medição
	Salvas a medição calculada no gráfico
FFT	Para passar a simulação para o domínio da frequência
	Para passar a simulação para o domínio do tempo
A	Adicionar texto no gráfico
	Seleção de gráfico
	Inserir uma linha vertical no gráfico
	Mostrar o valor máximo da variável selecionada
	Mostrar o próximo valor máximo da variável selecionada
	Mostrar o valor mínimo da variável selecionada
	Mostrar o próximo valor mínimo da variável selecionada
 x̄ 	Mostrar o módulo do valor médio da variável selecionada
rms	Mostrar o valor eficaz da variável selecionada
x̄	Mostrar o valor médio da variável selecionada
	Calcular o ponto imediatamente posterior
	Calcula o ponto imediatamente anterior
PF	Calcula o fator de potência (necessário duas ondas)
P	Calcula o fator de potência real(necessário duas ondas)
S	Calcula o fator de potência aparente(necessário duas ondas)
THD	Calcula o THD (total distorção harmônica)

Por exemplo, para calcular o valor da tensão de pico sobre o diodo e o resistor, pressione o botão , em seguida, selecione o ícone . Aparecerá como resultado a Fig. 24. Observa-se que o resultado simulado é igual ao valor teórico.

Measure	
Time	1.3750000e-001
Vin	3.1000000e+002
VR	3.0999999e+002

Figura 24 - Resultado obtido para a medição.

Transformadores

No Psim, podem ser utilizados transformadores de diversos tipos, como:

- Ideal ou real;
- Invertido ou não-invertido;
- Com “n” enrolamentos;
- Monofásico ou trifásico;

Para incluir um transformador no circuito de simulação, acessa-se:

Elements>Power>Transformers

A seguir temos as especificações de alguns tipos de transformadores disponíveis no *software*.

▪ Transformador ideal (Ideal Transformer)

Um transformador ideal não tem perdas de potência ou fuga de fluxo magnético. Os elementos do transformador real estão dispostos na Fig. 25.

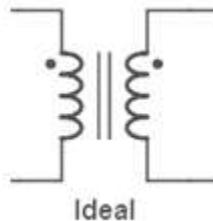


Figura 25 - Modelo de transformador ideal

Ao clicar duas vezes no componente, podemos alterar suas propriedades, Fig. 26, que são:

- **N_p**, número de enrolamentos no primário
- **N_s**, número de enrolamentos no secundário.

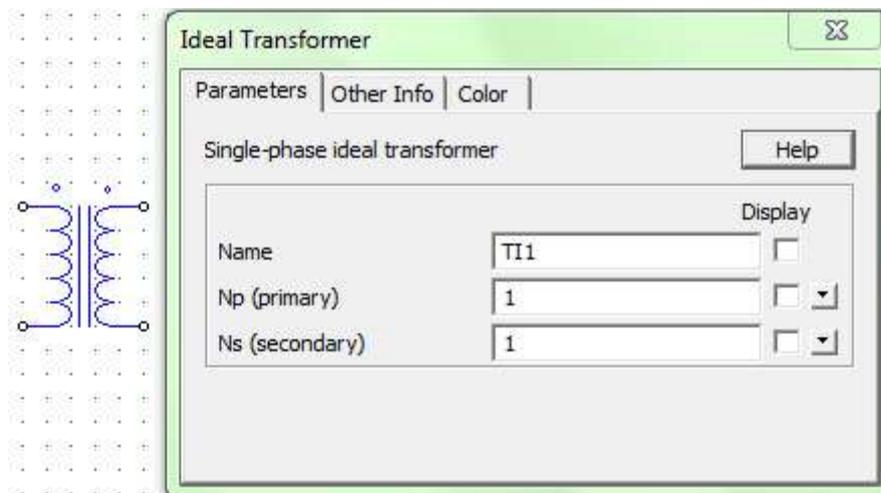


Figura 26 - Parâmetros do transformador ideal do PSIM.

O número de enrolamentos também pode ser substituído pela tensão em cada lado. No transformadores ideal ou real invertido, identifica-se os “terminais positivos” do transformador pelas duas bolinhas nas extremidades dos enrolamentos, Fig. 27.

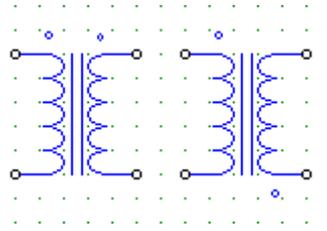


Figura 27 - Transformadores não-invertido e invertido.

▪ Transformador real (1-ph Transformer)

No transformador real, diferente do ideal, ocorrem as perdas, nos enrolamentos, de cobre e no núcleo do transformador. Os elementos do transformador real estão dispostos na Fig. 28.

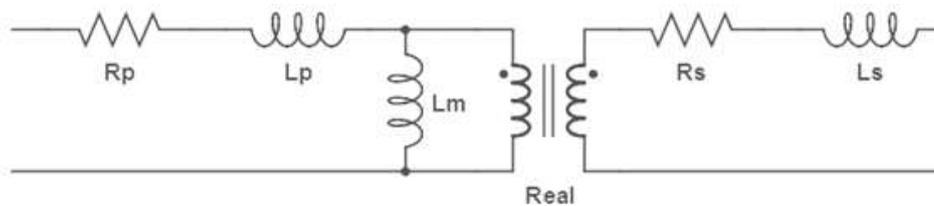


Figura 28 - Modelo de transformador real

Ao clicar duas vezes no componente, podemos alterar suas propriedades, Fig. 29, que são:

- **Rp**, resistência do enrolamento primário;
- **Rs**, resistência do enrolamento secundário;
- **Lp**, indutância de dispersão do enrolamento primário;
- **Ls**, indutância de dispersão do enrolamento secundário;
- **Lm**, indutância de magnetização;
- **Np**, número de enrolamentos no primário;
- **Ns**, número de enrolamentos no secundário.

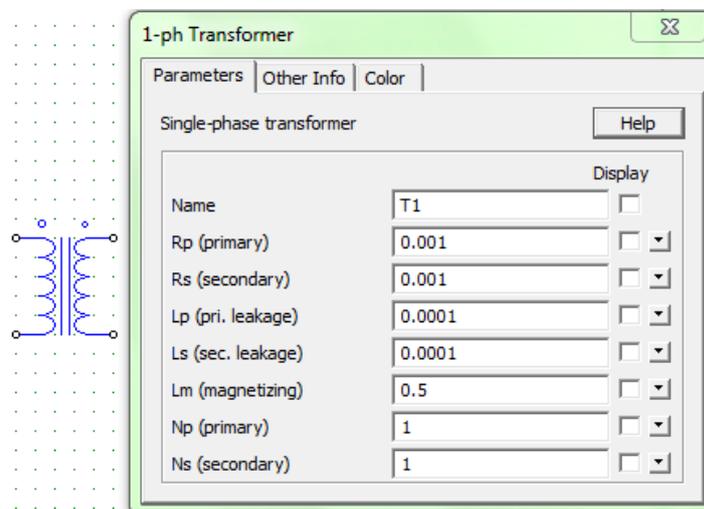


Figura 29 - Parâmetros do transformador real do PSIM.

▪ Transformadores com “n” enrolamentos

No PSIM, pode-se adicionar transformadores com diferentes tipos de TAP, ou seja, vários enrolamentos seja no primário, seja no secundário. Na Fig. 30 estão dispostos os principais tipos de transformadores com mais de um enrolamento primário ou secundário. Os parâmetros desses transformadores são os mesmos dos monofásicos reais.

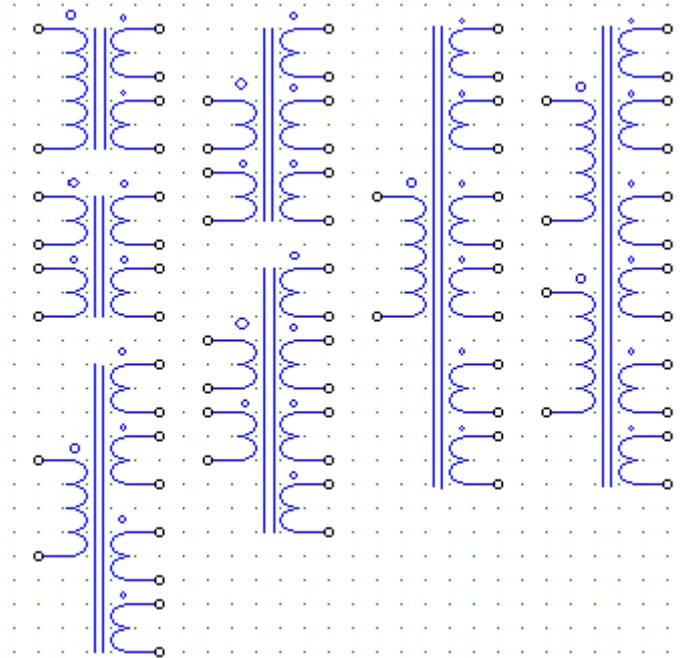


Figura 30 - Transformadores com “n” enrolamentos

▪ Transformadores trifásicos

O PSIM possui também transformadores trifásicos em suas diversas configurações, Fig. 31, como Y/Y, Δ/Δ , Y/ Δ e Δ/Y . Os parâmetros desses transformadores são os mesmos dos monofásicos reais.

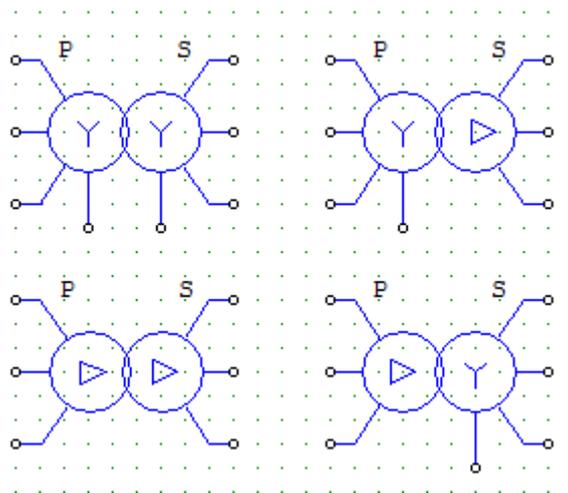


Figura 31 - Transformadores trifásicos

Fontes

No Psim, podem ser utilizados fontes de tensão ou de corrente dos mais diversos tipos, como:

- Fonte DC
- Fonte Senoidal monofásica ou trifásica
- Fonte Triangular
- Fonte Dente-de Serra
- Fonte quadrada
- Fonte Step
- Fonte Controlada por Tensão ou Corrente

As fontes mais utilizadas em circuitos de simulação possuem atalhos na toolbar do PSIM, no entanto, para incluir uma fonte no circuito de simulação, pode-se acessar:

Elements>Source

A seguir, estão dispostos os principais tipos de fontes e seus parâmetros disponíveis no *software*.

▪ Fonte DC (DC)

Nas fontes DC, o único parâmetro a ser modificado, Fig. 32, é:

- **Amplitude**, valor de tensão constante.

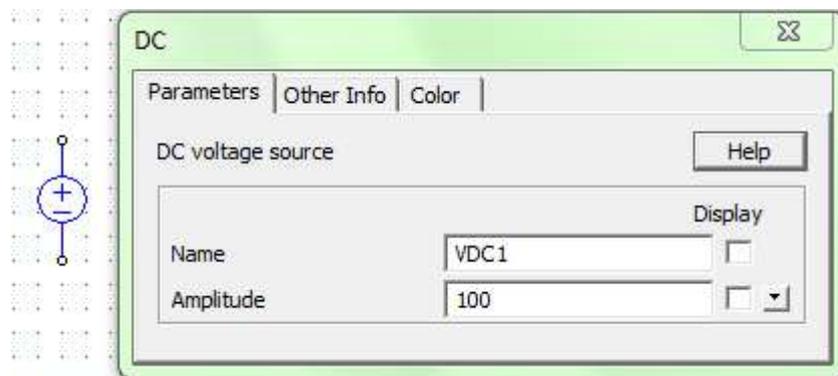


Figura 32 - Parâmetros da Fonte DC

Ícone na *toolbar*: 

- **Fonte Senoidal Monofásica (Sine) ou Trifásica (3-ph Sine)**

A Fonte Senoidal Monofásica pode ser definida por $V_o = V_p \cdot \text{sen}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \theta) + V_{\text{offset}}$.

Nessas fontes, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 33, são:

- **Peak Amplitude**, valor de tensão de pico, V_p .
- **Frequency**, frequência da senóide, f .
- **Phase Angle**, ângulo de defasagem, θ .
- **DC Offset**, nível de offset DC, V_{offset} .
- **Tstart**, instante de tempo de início, t .

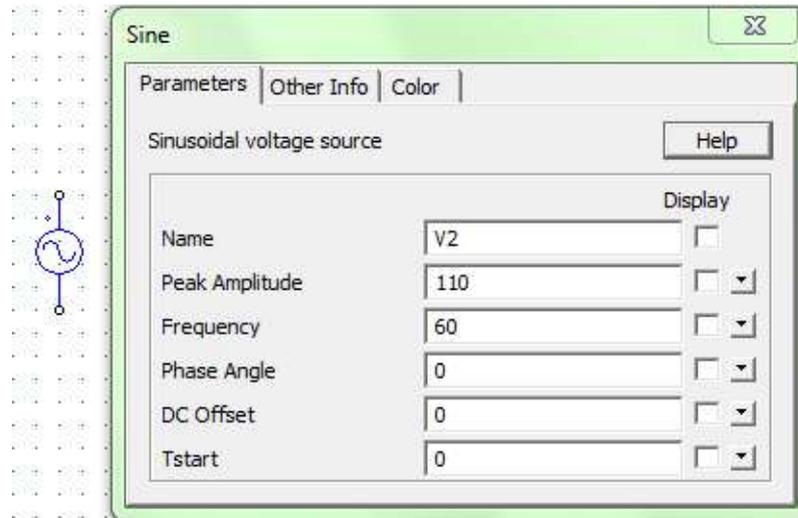


Figura 33 - Parâmetros da Fonte Senoidal Monofásica.

Ícone na *toolbar*:

O PSIM fornece ainda uma Fonte Senoidal Trifásica.

Nessas fontes, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 34, são:

- **V (line-line-rms)**, valor de tensão de linha eficaz.
- **Frequency**, frequência das senóides, f .
- **Init. Angle (phase A)**, ângulo de defasagem inicial da Fase A.

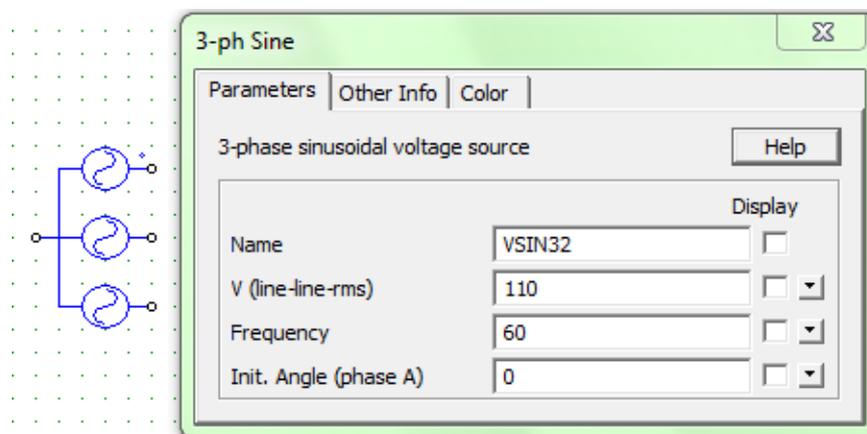


Figura 34 - Parâmetros da Fonte Senoidal Trifásica.

▪ Fonte Triangular (Triangular)

Nas fontes triangulares, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 35, são:

- **V_{peak_to_peak}**, valor de pico a pico da onda.
- **Frequency**, frequência da onda.
- **Duty Cycle**, razão entre o tempo de subida e o período da onda.
- **DC Offset**, nível de tensão CC da onda.
- **Tstart**, momento em que a onda começa.
- **Phase Delay**, atraso de fase.

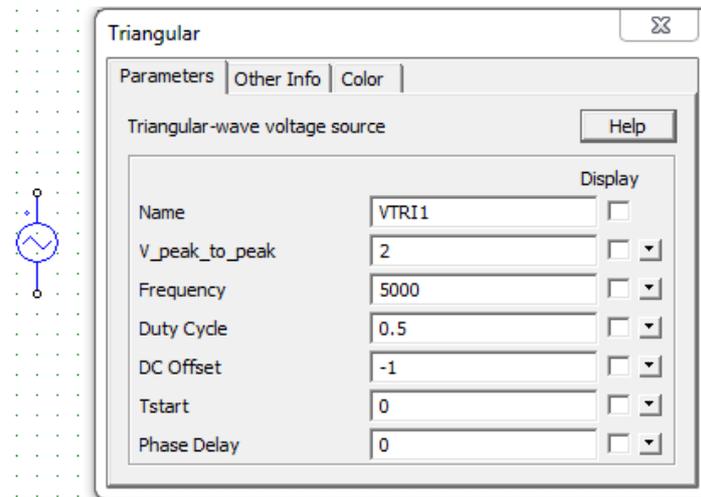


Figura 35 - Parâmetros da Fonte de Onda Triangular.

Ícone na *toolbar*: 

▪ Fonte Dente-de-serra (Sawtooth)

Nas fontes dente-de-serra, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 36, são:

- **V_{peak}**, valor de pico da onda.
- **Frequency**, frequência da onda.

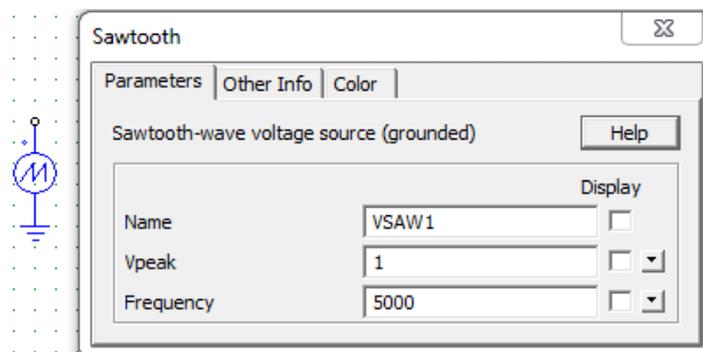


Figura 36 - Parâmetros da Fonte Dente-de-serra.

▪ Fonte quadrada (Square)

Nas fontes de ondas quadradas, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 37, são:

- **Vpeak_peak**, valor de pico a pico da onda.
- **Frequency**, frequência da onda.
- **Duty Cycle**, razão entre o tempo em nível alto e o período da onda.
- **DC Offset**, nível de tensão CC da onda.
- **Tstart**, momento em que a onda começa.
- **Phase Delay**, atraso de fase.

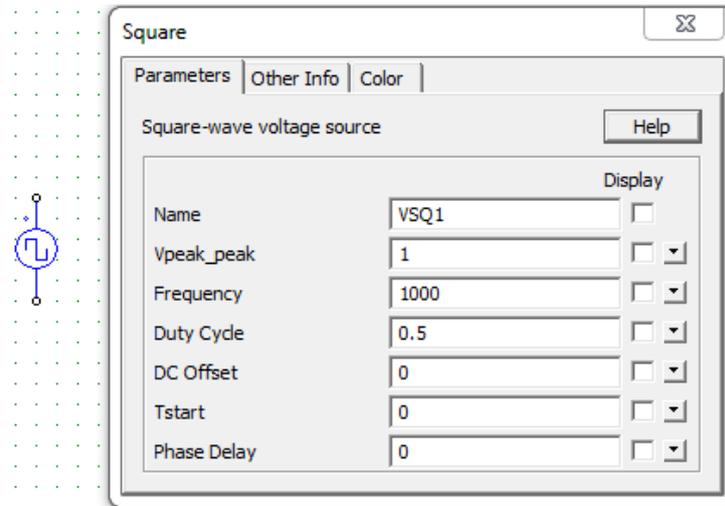


Figura 37 - Parâmetros da Fonte de Onda Quadrada.

Ícone na *toolbar*:



▪ Fonte Degrau (Step)

Nas fontes degrau, os principais parâmetros a serem modificados, Fig. 38, são:

- **Vstep**, valor assumido após o degrau.
- **Tstep**, momento em que o degrau é aplicado.

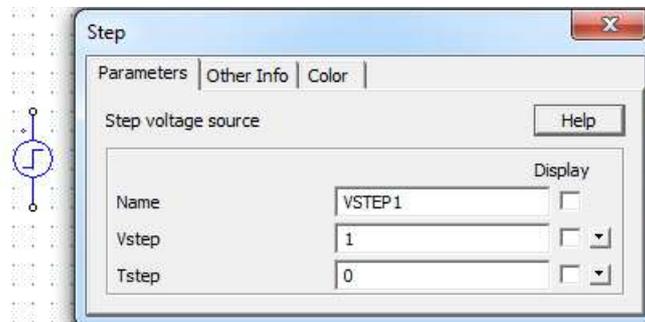


Figura 38 - Parâmetros da Fonte Degrau.

Ícone na *toolbar*:



▪ Fonte Controlada por Tensão ou Corrente

Existem quatro tipos básicos de fontes dependentes no PSIM. São elas: fonte de tensão controlada por tensão (voltage-controlled voltage source), fonte de tensão controlada por corrente (current-controlled voltage source), fonte de corrente controlado por tensão (voltage-controlled current source) e fonte de corrente controlada por corrente (current-controlled current source). Para todos esses tipos, o único parâmetro a ser modificado, Fig. 39, é:

- **Gain**, ganho da fonte dependente.

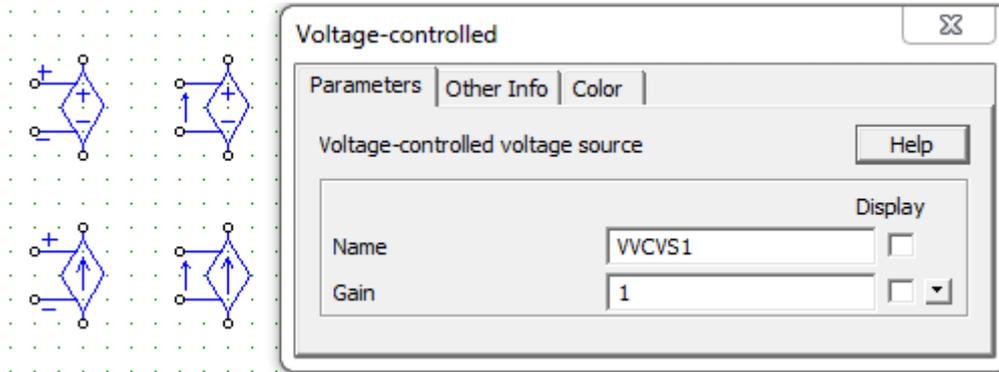


Figura 39 - Parâmetros de Fontes Controladas por Tensão ou Corrente.

Transiente

Para fazer a análise de transitórios no PSIM em circuitos RC e RL são utilizados dispositivos “Switch” a fim de fazer os chaveamentos desejados. O caminho para inserção dos componentes é o seguinte:

Menu *Elements* → *Power* → *Switches*

A tela será similar a da Fig. 40:

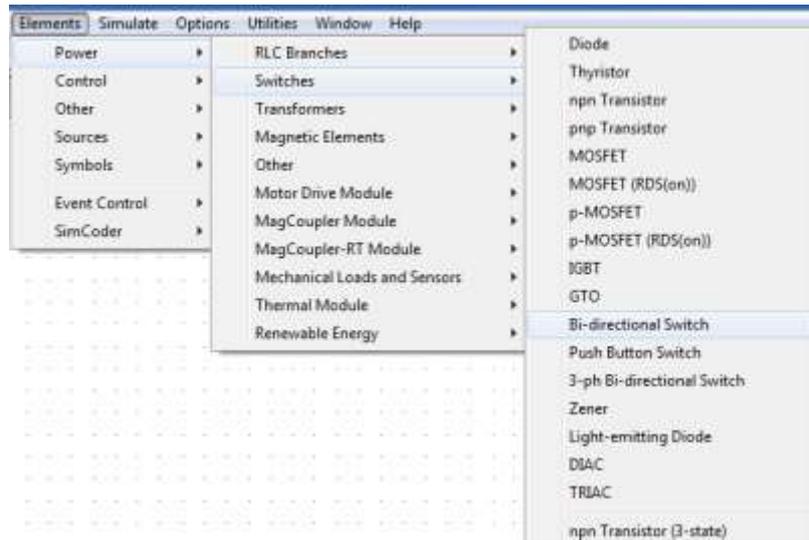


Figura 40 - Menu *Switches*

Pode-se utilizar, por exemplo, as chaves Bi-directional Switch e Push Button Switch localizadas:

- **Bi-directional Switch:**

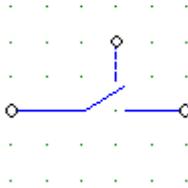


Figura 41 - Chave bidirecional.

- **Push Button Switch:**

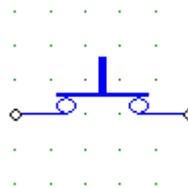


Figura 42 - Chave Push-Button.

Utilizando o circuito abaixo, pode-se fazer uma análise de tensão do transitório enquanto o capacitor carrega. A Fig. 43 mostra o circuito e a Fig. 44 a forma de onda da tensão aplicada nos terminais do capacitor.

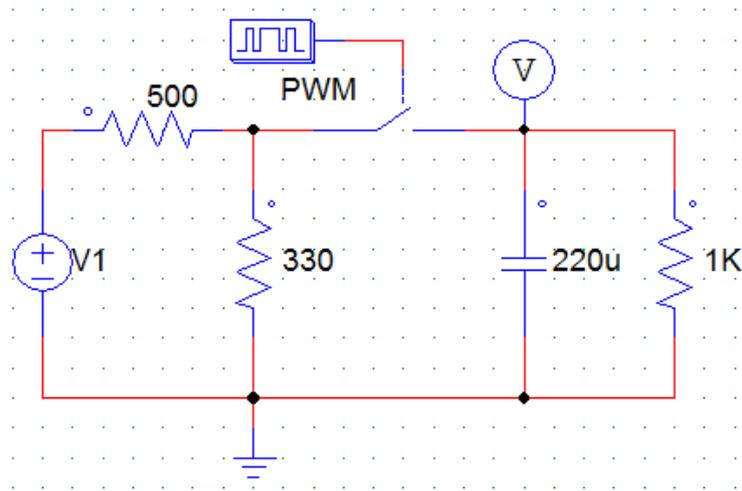


Fig. 43 - Circuito simulado no ORCAD

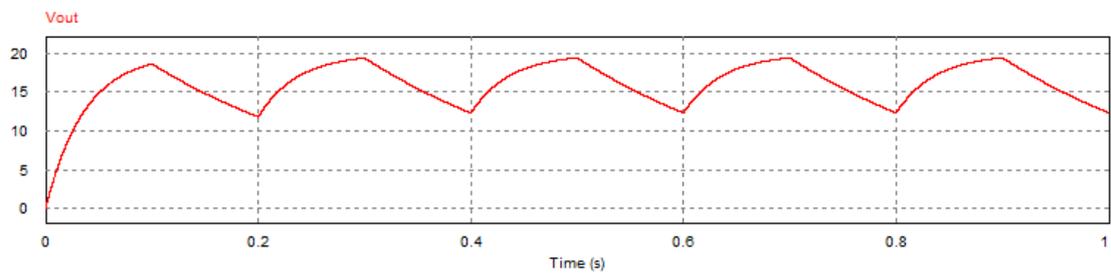


Fig. 44 - Tensão nos terminais do capacitor.

Corrente Alternada Trifásica

O software PSIM não tem um dispositivo prático para trabalhar com geradores trifásicos ou afins. O dispositivo que o programa dispõe é uma fonte de tensão AC senoidal que tem parâmetros ajustáveis tais como: valor de pico de tensão, OFFSET, defasamento em graus, entre outros. O artifício utilizado para utilizar geradores trifásicos é a inserção de três fontes senoidais com mesmo valor de pico e defasadas de 120° . O circuito da Fig. 45 mostra uma configuração possível.

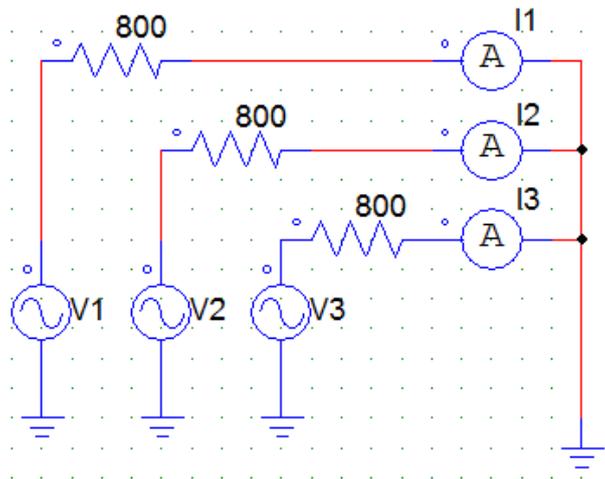


Figura 45 - Circuito trifásico.

A configuração das fontes é feita por meio da janela Sine, Fig. 46. Para inserir o defasamento basta alterar o campo Phase Angle inserindo em uma fonte 0, na segunda fonte 120° e na terceira 240° .

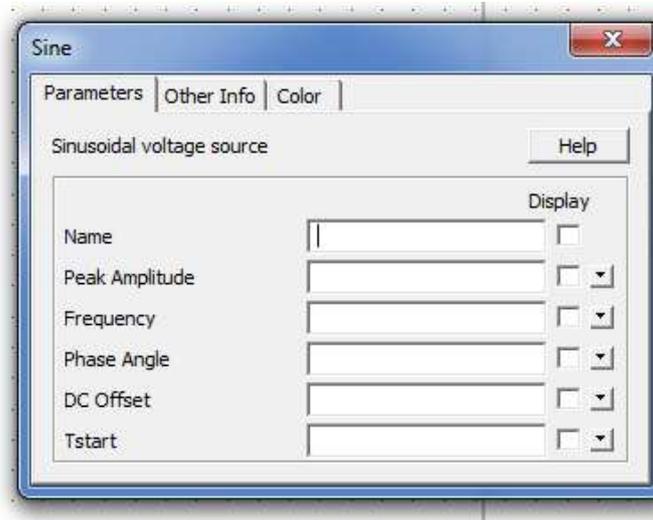


Figura 46 - Parâmetros da Fonte de tensão senoidal.

Caso sejam utilizados instrumentos de medição poderemos obter diferentes formas de onda de tensão e corrente. A Fig. 47 é o da corrente em função do tempo em todas as três fases do circuito da Fig. 45.

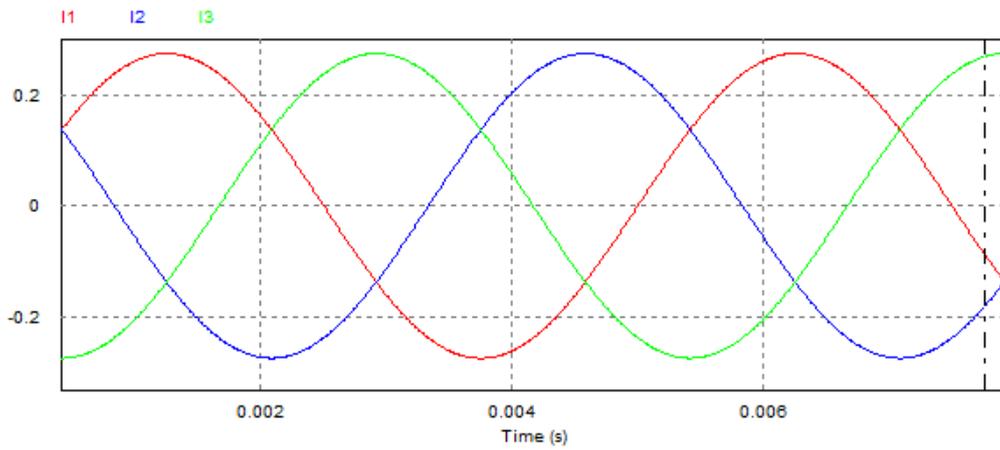


Figura 47 - Gráfico das correntes das fontes

Analogamente, temos o gráfico das tensões de entrada do circuito da Fig. 48.

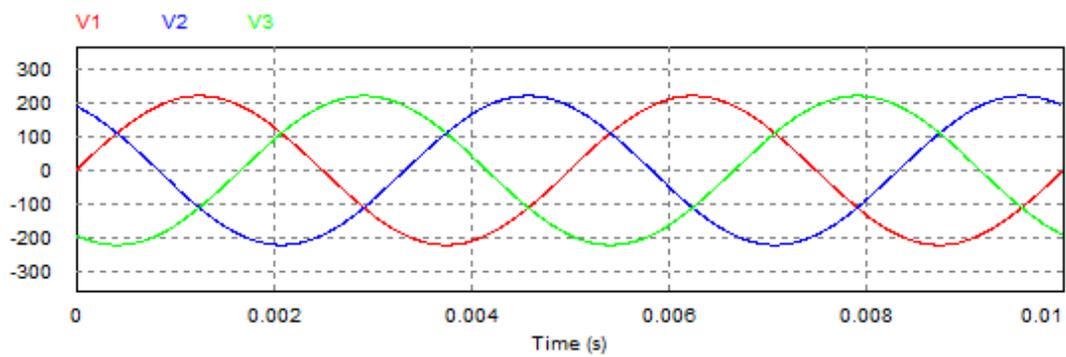


Figura 48 - Gráfico das tensões das fontes.

Exercícios

1. Máxima transferência de potência

Para simularmos esse circuito, é importante que variemos a resistência da carga para saber qual será a resistência ideal para que haja a máxima transferência de potencia. Vamos primeiramente montar o circuito da Fig. 49:

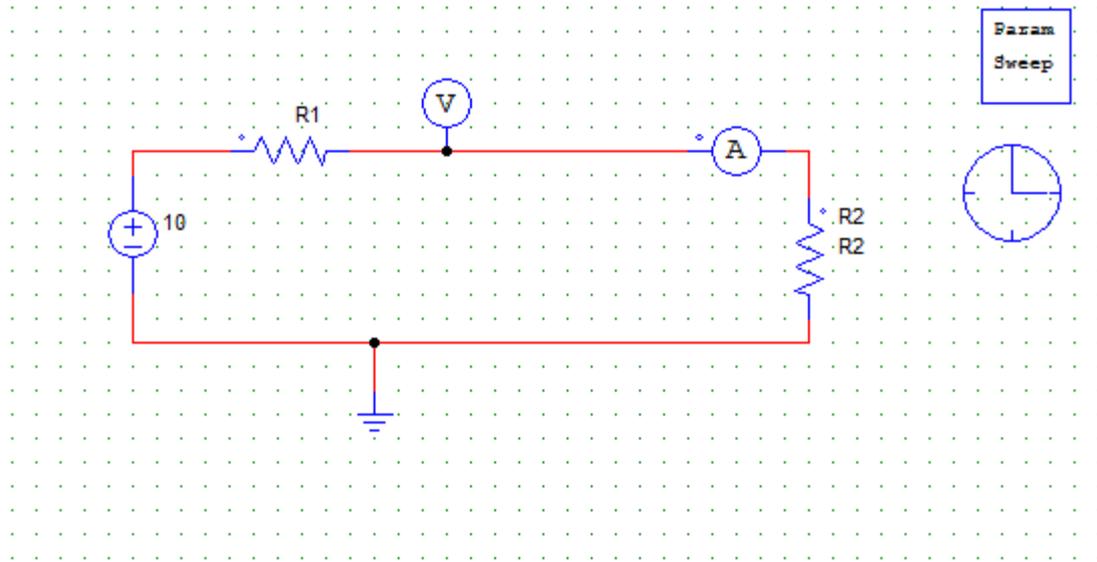


Figura 49 - Esquemático do circuito para simulação da máxima transferência de potência.

Ao adicionar o Param. Sweep (*Elements >> Others >> Param Sweep*), deve-se variar a resistência R2 da carga da forma da Fig. 50:

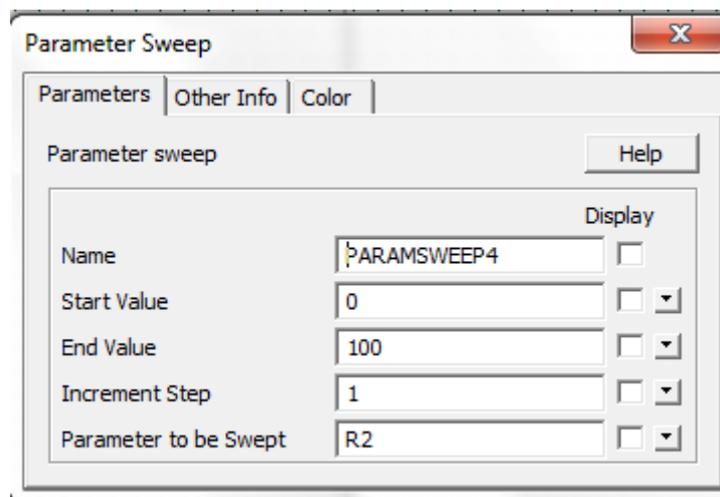


Figura 50 - Parâmetros da ferramenta *Parameter Sweep* para o Resistor.

Basta inserir o nome do componente que se deseja variar, no caso a resistência R2 da carga. Já para mostrar o gráfico da máxima transferência de potência, basta inserir o voltímetro e o amperímetro nos locais indicados na Fig. 50 e plotar o gráfico da potência dissipada multiplicando as duas variáveis $I \times V$ (como explicado anteriormente na sessão Simulação >>> Visualização dos resultados). Desta forma teremos o gráfico da Fig. 51:

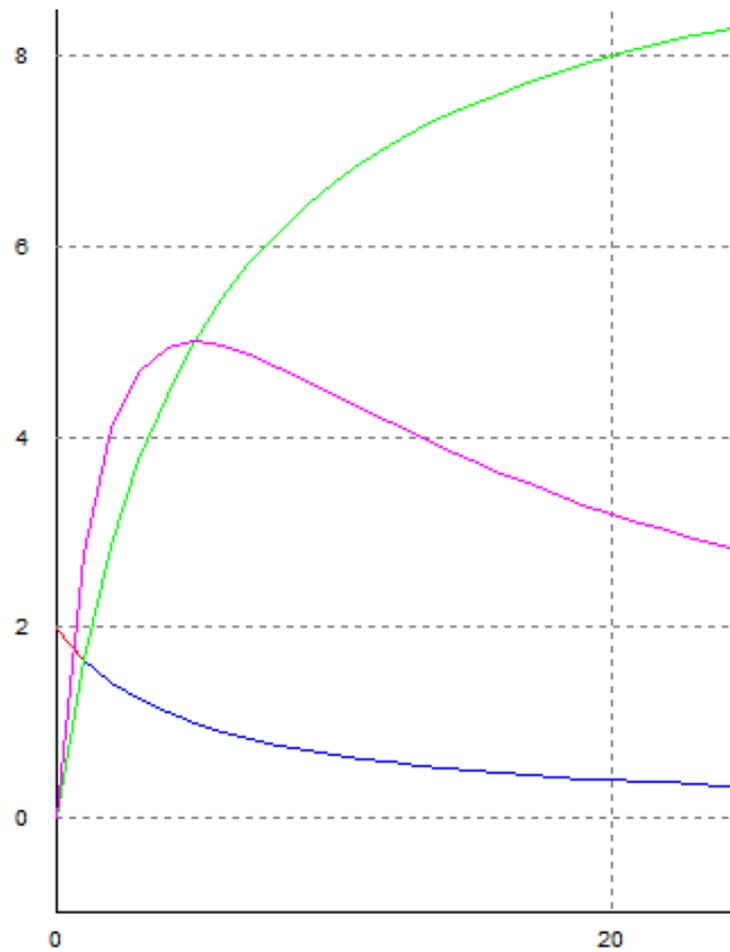


Figura 51 - Curva de potência, tensão e corrente.

Na curva central (rosa), tem-se a curva de potência, onde pode-se observar seu máximo no eixo Y e o valor da resistência de carga, no eixo X, que devemos colocar para obtê-la.

2. Curva Característica do Diodo

Para observarmos a curva característica do diodo, devemos variar a tensão cc da fonte e analisar a tensão no diodo pela corrente que circula nele. Para isso, é preciso montar o circuito da Fig. 52

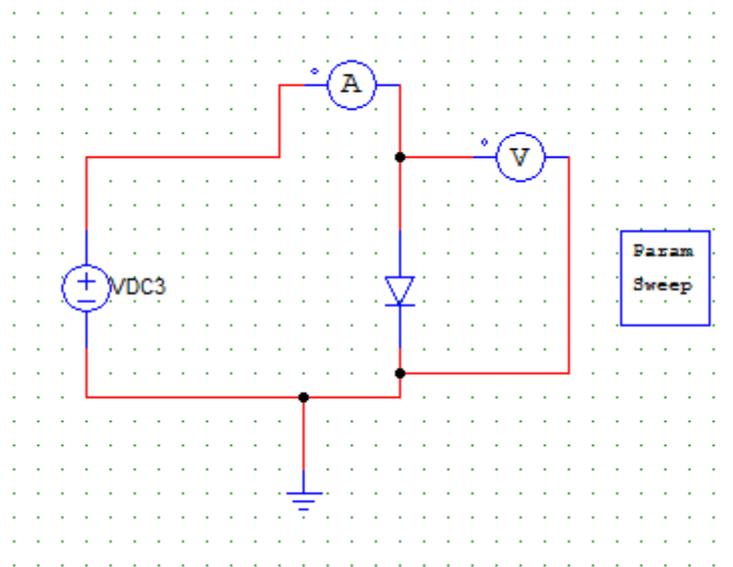


Figura 52 - Esquemático do circuito para simulação da curva característica do Diodo.

Agora o *Param Sweep* (*Elements >> Others >> Param Sweep*) irá variar o valor da fonte VDC 3 como feito na Fig. 53:

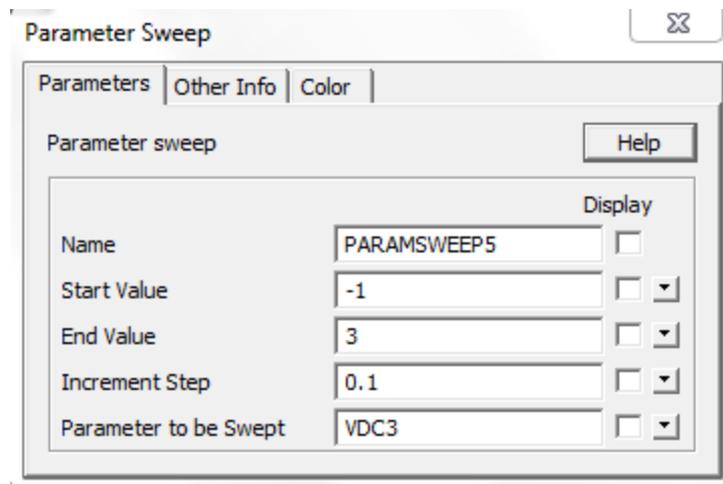


Figura 53 - Parâmetros da Ferramenta *Parameter Sweep* do diodo.

O diodo também pode ser configurado no PSIM. Quando clicamos duas vezes com o botão esquerdo nele, aparecerá a janela da Fig. 54.



Figura 54 - Parâmetros do Diodo.

Desse modo pode-se configurar a tensão máxima antes do diodo entrar em regime de condução. Assim, simulando o circuito, obtém-se o gráfico da Fig. 55.

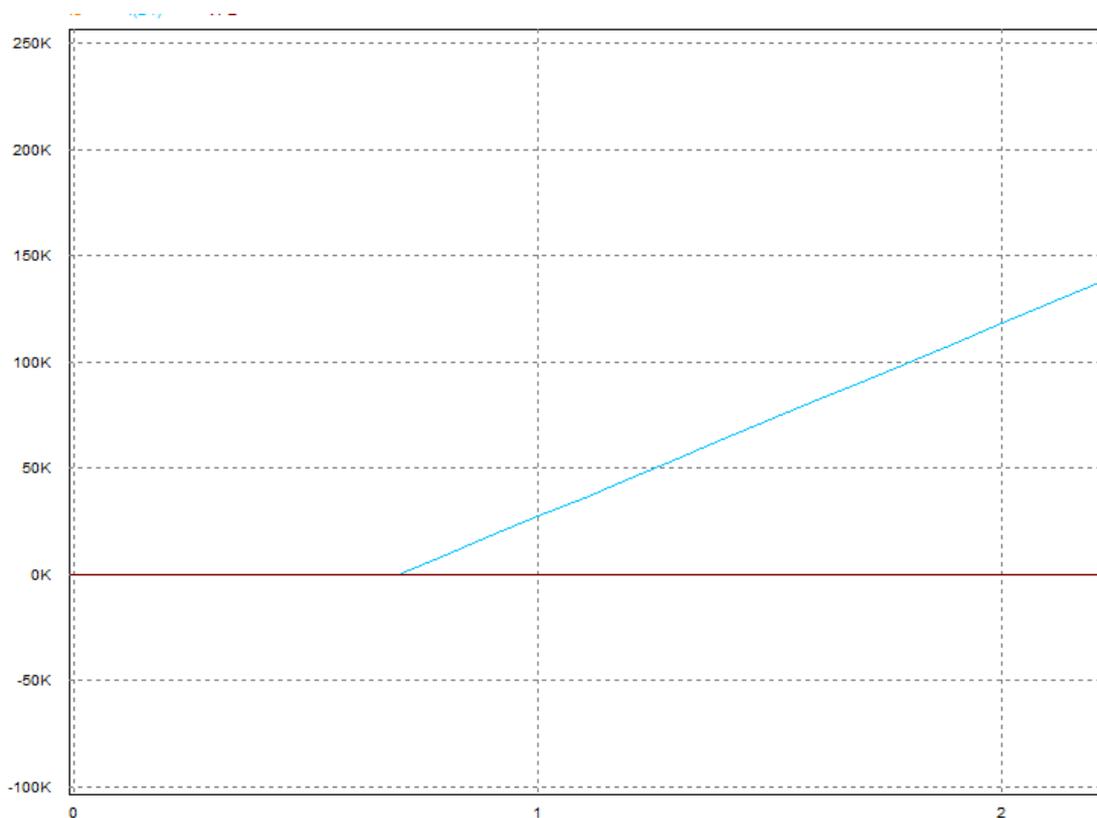


Figura 55 - Curva característica do diodo.

Devemos notar que a escala da corrente está muito maior que a da tensão no diodo, dessa forma quando chega em 0.7 V ele entra em regime de condução e a corrente atinge valores elevadíssimos, pois o diodo funciona basicamente com uma chave, na qual permite passagem de corrente quando a tensão em seus terminais é superior a sua tensão de limiar,. Se a escala fosse reduzida teríamos praticamente uma curva vertical.

Reduzindo-se a escala, tem-se o gráfico da Fig. 56, se aproximando do modelo “Circuito equivalente simplificado” do diodo, onde a resistencia é desprezada mas a tensão é levada em consideração. No PSIM é possível configurar todas as especificações do diodo, inclusive sua resistência interna.

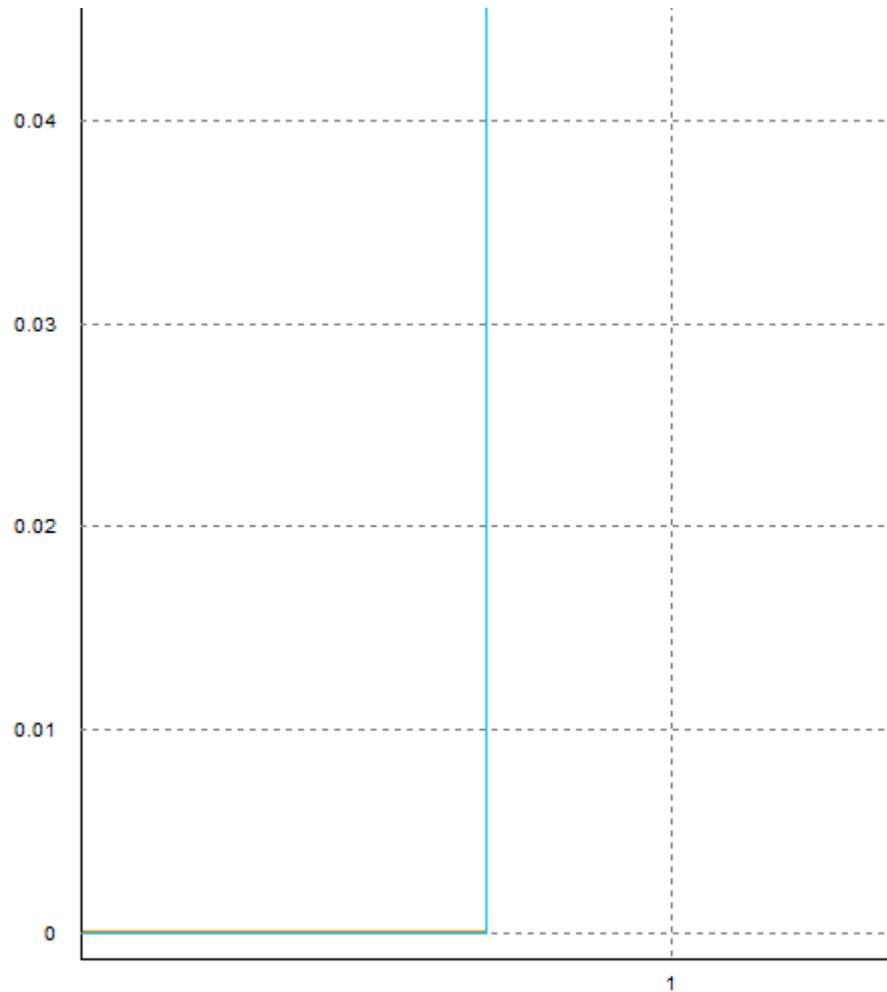


Figura 56 - Curva característica do Diodo Ideal.