

## Tutorial para utilização dos programas de simulação da SILVACO

Este tutorial tem como objetivo facilitar o primeiro contato do usuário com os *softwares* de simulação da Silvaco. Trata-se aqui, apenas dos primeiros passos que o usuário deve realizar para desenvolver uma simulação, não sendo demonstradas todas as ferramentas possíveis que se pode utilizar para a realização de simulações. São descritos os comandos básicos e a ordem que o usuário deve executá-los, passo a passo, para evitar problemas de sintaxe.

### ATHENA

ATHENA é um programa de simulação de processos de fabricação de dispositivos. Com ele é possível descrever a geometria de um dispositivo, especificar a grade de simulação a ser utilizada para interpolação ponto a ponto e realizar etapas de processo de fabricação, tais como difusões, implantações iônicas, deposições, oxidações, corrosões, dentre outros. O dispositivo final pode ser então salvo em formato .str (estrutura) e ser utilizado como arquivo de entrada para o simulador de dispositivo ATLAS. É possível ainda extrair parâmetros de processo (espessura do óxido, dopagens, etc.). Os passos básicos para a utilização do ATHENA são:

1- No terminal de comando do linux (Figura 1) digite o caminho: `/usr/local/tcad/bin/deckbuild &`

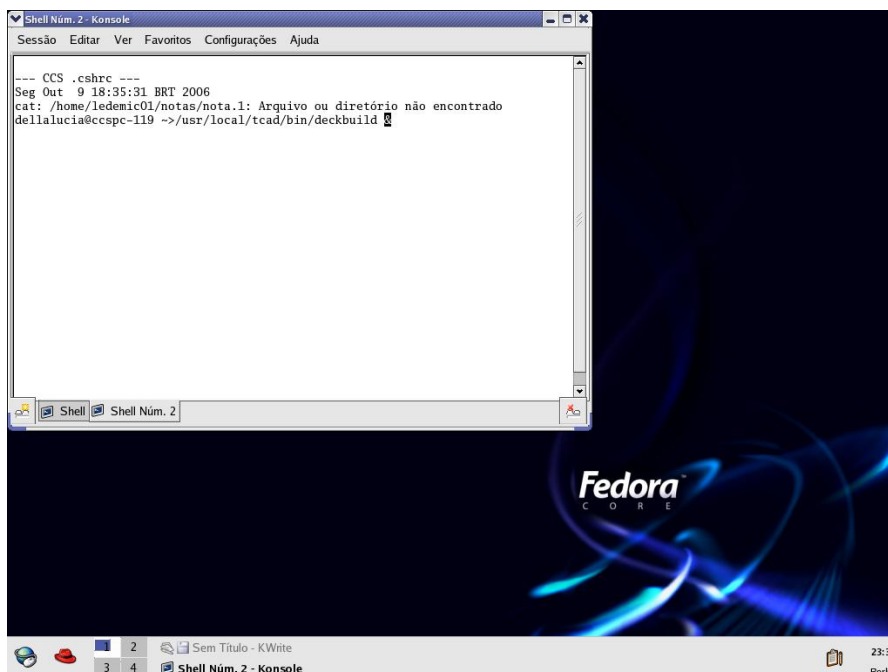


Figura 1

## Tutorial para utilização dos programas de simulação da SILVACO

2- Surgirá então a janela do programa Deckbuild (Figura 2), que é a interface de utilização dos programas Athena (processo), Atlas (dispositivo) e Tonylot (ferramenta de plotagem).

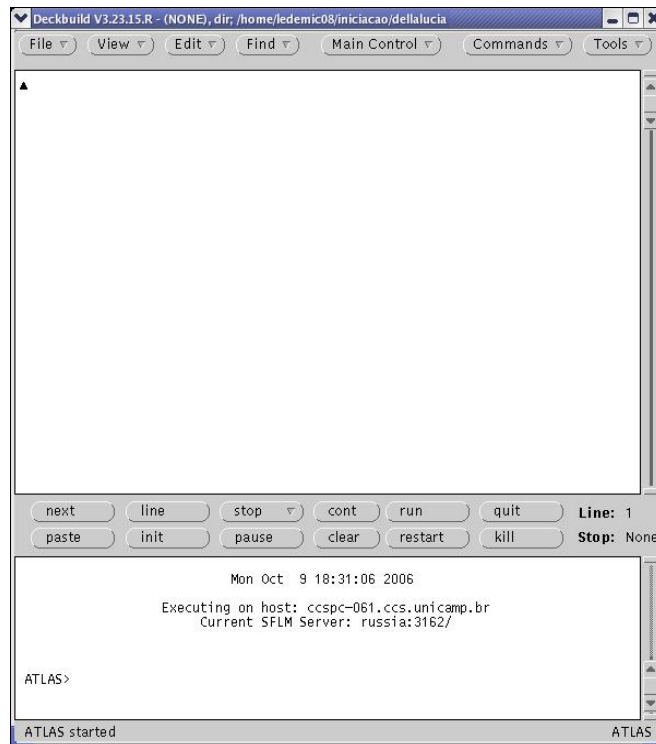


Figura 2

3- Este programa (Deckbuild) é o editor de texto dos programas de simulação. Nele, deverão ser escritas, linha a linha, as instruções para o programa de simulação.

4- Clique em MAIN CONTROL e selecione como simulador corrente o programa ATHENA (Figura 3). Feche então essa janela.

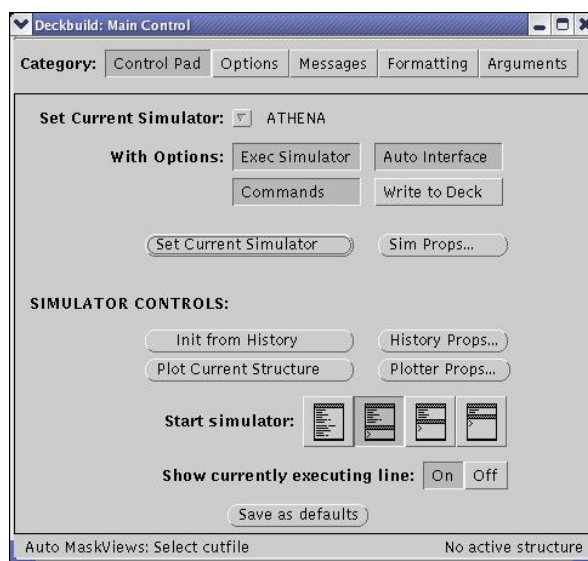


Figura 3

5- Clique com o botão direito em COMANDS. Neste menu estarão todos os passos necessários para a construção de um programa e com as instruções em ordem de utilização.

6- Clicando em MESH DEFINE, define-se a grade a ser utilizada na simulação, assim como o tamanho do dispositivo tanto na direção X quanto na Y. O parâmetro LOCATION define o local onde aquele espaçamento será aplicado. Com o parâmetro LOCATION define-se também o tamanho do dispositivo. O parâmetro SPACING define o espaçamento entre duas linhas da grade. É interessante que essa distância seja pequena em locais críticos do dispositivo, tais como junções, interfaces e pontos de altos campos e potenciais. Como o comando VIEW é possível verificar como se encontra a grade até então definida (Figura 4). Clique então WRITE para que a grade descrita seja escrita no editor de texto.

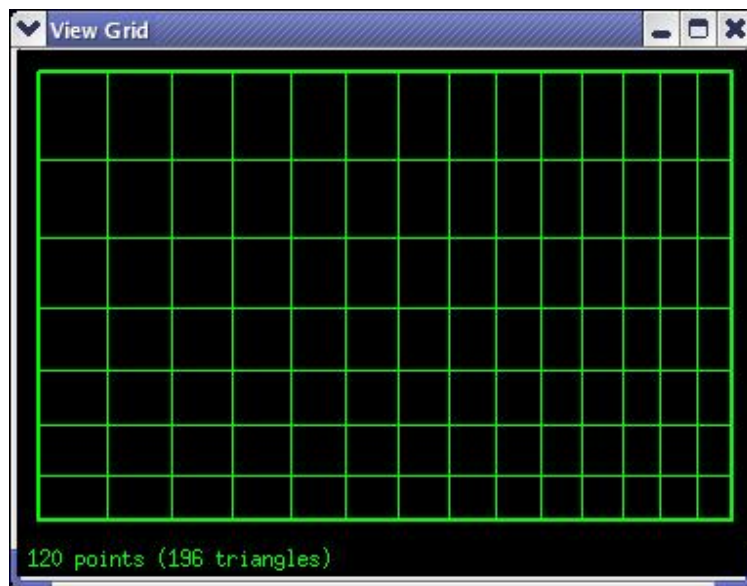


Figura 4

7- Clica-se então em MESH INITIALIZE para que se descreva o material da grade (substrato) e suas características (orientação, dopagem, resistividade, etc.). Após escolher esses parâmetros clique em WRITE para que as definições sejam escritas no editor de texto.

8- Clique então em PROCESS e defina os processos de fabricação que deseja que sejam realizados na lâmina. Cada etapa possui os parâmetros necessários para especificar. Por exemplo: implantação iônica necessita de descrever a dose e energia; difusão necessita que seja descrito o tempo, temperatura e ambiente, etc. Obs.: A oxidação é feita pelo comando DIFFUSE.

## Tutorial para utilização dos programas de simulação da SILVACO

9- Para visualizar a estrutura construída até determinado momento, escreva "tonyplot" após a linha de comando desejada. A estrutura será mostrada no programa visualizador de gráficos TONYPLOT

10- É possível ainda extrair parâmetros durante a simulação, tais como a espessura de óxidos, dopagens entre outros através do comando EXTRACT.

11- Após escrever todas as etapas de seu processo, utilize o comando FILE I/O para salvar seu dispositivo para simular no ATLAS. Salve-o com a extensão .str.

12- Por último escreva "quit" no editor de texto e clique em RUN para que a simulação comece.

### **ATLAS**

ATLAS é um simulador de dispositivo. Através dele é possível obter características elétricas, ópticas, ruído e extrair curvas que demonstrem o comportamento do dispositivo. É possível descrever a geometria e a grade de simulação do dispositivo com este programa, ou então utilizar um arquivo gerado no ATHENA como arquivo de entrada. É possível ainda extrair parâmetros do dispositivo ( $V_t$ , tensão de ruptura, etc.). Os passos básicos para a utilização do ATLAS são:

1- Clique em MAIN CONTROL no DECKBUILD e selecione como simulador corrente o programa ATLAS. Feche então essa janela.

2- Do mesmo modo que no ATHENA, a seqüência de comandos a serem utilizados no ATLAS é mostrada na janela COMANDS.

3- Clique em COMANDS->STRUCTURE->MESH->READ FROM FILE e digite o nome do arquivo que foi criado pelo ATHENA. Clique em WRITE para que o comando seja escrito no editor de texto.

4- Defina o nome e a localização dos eletrodos do seu dispositivo (COMANDS->STRUCTURE->ELECTRODE). Esse comando é necessário para indicar ao simulador onde ele deverá aplicar tensões no dispositivo. Os comandos REGION e DOPING só são necessários quando se estiver

## Tutorial para utilização dos programas de simulação da SILVACO

definindo uma nova grade nesse programa e não quando se estiver lendo a geometria e grade de outro arquivo (caso em questão).

5- Clique em COMANDS->MODELS->MODELS para escolher os modelos de solução das equações (modelos de mobilidades, recombinações, etc.). Existem alguns modelos *defaults*, como o modelo MOS (nosso caso) em que todos os modelos e parâmetros já são selecionados para a simulação de estruturas MOS.

6- Existe ainda a possibilidade de mudar parâmetros dos materiais utilizados tais como tempos de vida, resistividades dos contatos, função trabalho, cargas no óxido, dentre outros, através dos comandos MATERIAL, CONTACT e INTERFACE.

7- Clique em COMANDS->SOLUTIONS->METHOD para escolher o método de cálculo numérico a ser utilizado. Normalmente utiliza-se o método de Newton.

8- Clicando em COMANDS->SOLUTIONS->SOLVE, pode-se definir tensões constantes ou variáveis aos eletrodos descritos no passo quatro a fim de que sejam traçadas curvas de diversos tipos, além de ser possível observar gráficos bidimensionais da estrutura com tensões aplicadas. Perceba que durante a escrita dos valores de tensão nesta janela, esta deve ser constantemente atualizada (clique com o botão direito e REFRESH) devido a um Bug do programa (Figura 6).

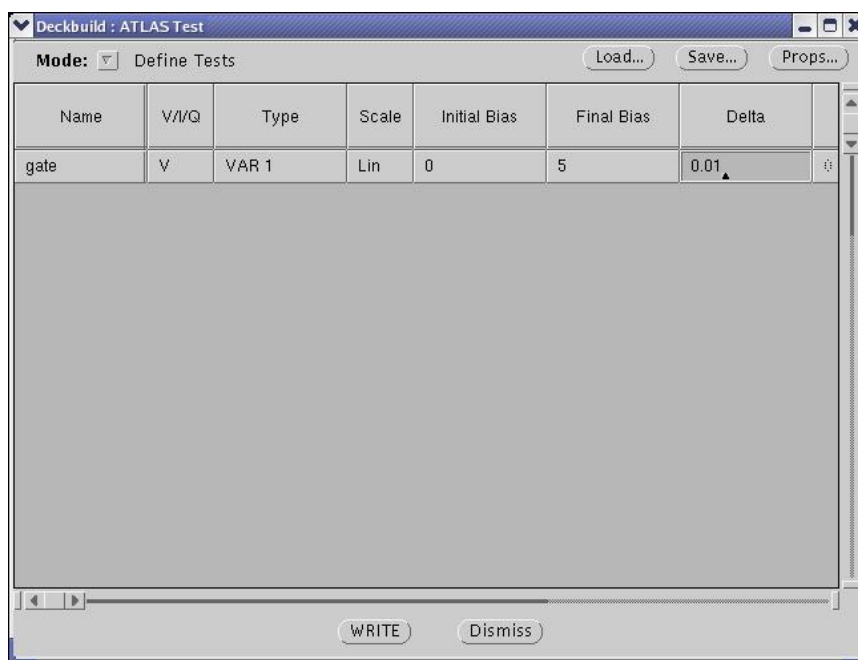


Figura 6

9- Clique em WRITE e dê um nome ao arquivo .log que foi escrito na linha de comando. Neste arquivo ficarão armazenados todos os dados referentes às curvas obtidas durante a simulação de aplicação de tensão.

10- Clicando em COMANDS->SOLUTIONS->SAVE é possível escolher quais grandezas físicas desejadas serão salvas em um gráfico bidimensional do dispositivo. Dessa forma é possível abrir o arquivo gerado no Tonyplot e observar gráficos de curvas de nível de diversas grandezas físicas. Salve o arquivo com extensão .str.

11- Também é possível utilizar o comando EXTRACT para extrair parâmetros do dispositivo, tais como  $V_t$ , tensão de ruptura, correntes de fuga,  $subvt$ , etc.

12- Por último escreva "quit" no editor de texto e clique em RUN para que a simulação comece.

## **Tonyplot**

1- No terminal de comando do linux digite o caminho: /usr/local/tcad/bin/tonyplot &

2- Clique em FILE->LOAD STRUCTURE para carregar um arquivo tanto do tipo .str (Estrutura) quanto tipo.log (gráficos XY).

3- Caso o arquivo seja do tipo .str, uma estrutura de um dispositivo surgirá e será possível observar sua geometria. Clique com o botão direito e selecione DISPLAY. Será possível escolher diversas opções a serem plotadas, tais como a grade, as regiões e os materiais que as constituem, vetores (campo, corrente, etc.), curvas de nível (CONTOURS) profundidades de junção, eletrodos, regiões iluminadas, etc.

4- Selecione qual tipo de gráfico deseja observar e clique em DEFINE. Para cada tipo escolhido, opções a serem definidas deverão ser escolhidas. Por exemplo: Escolha curvas de nível, clique em DEFINE->CONTOURS. Surgirão diversas opções a serem escolhidas, tais como: quantidade a ser plotada (campo elétrico, potencial, correntes, etc.), tipos de cores a serem utilizadas, tipos de linhas a serem utilizadas, etc.

5- Deve ser observado que a imagem da estrutura costuma sumir da tela. Basta clicar em VIEW que ela será imediatamente redesenhada.

6- Pode-se fazer ainda cortes ao longo da estrutura através do comando PLOT->CUTLINE. Dessa forma é possível observar perfis de dopagem, potencial, campos elétricos, etc. ao longo da estrutura. Clicando no gráfico plotado e em DISPLAY, é possível trocar a alterar o tipo de grandeza plotada (Figura 7).

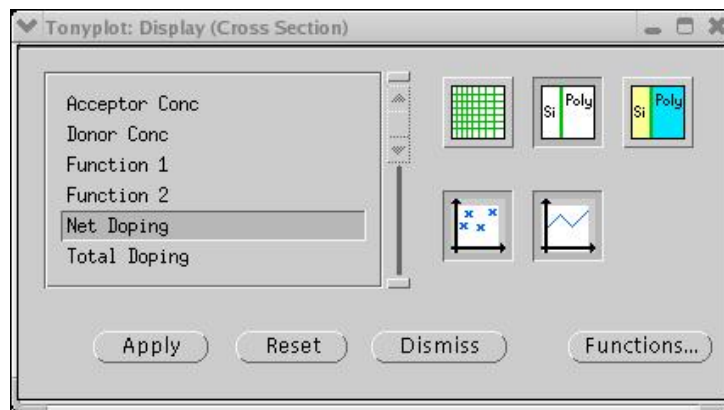


Figura 7

7- Caso o arquivo seja do tipo .log, clique com o botão direito no gráfico e selecione DISPLAY (Figura 8). É então possível escolher quais grandezas serão plotadas nos eixos X e Y dos gráficos (tensão de gate, fonte, dreno, catodo, anodo, etc.), de acordo com o que foi simulado no ATLAS.

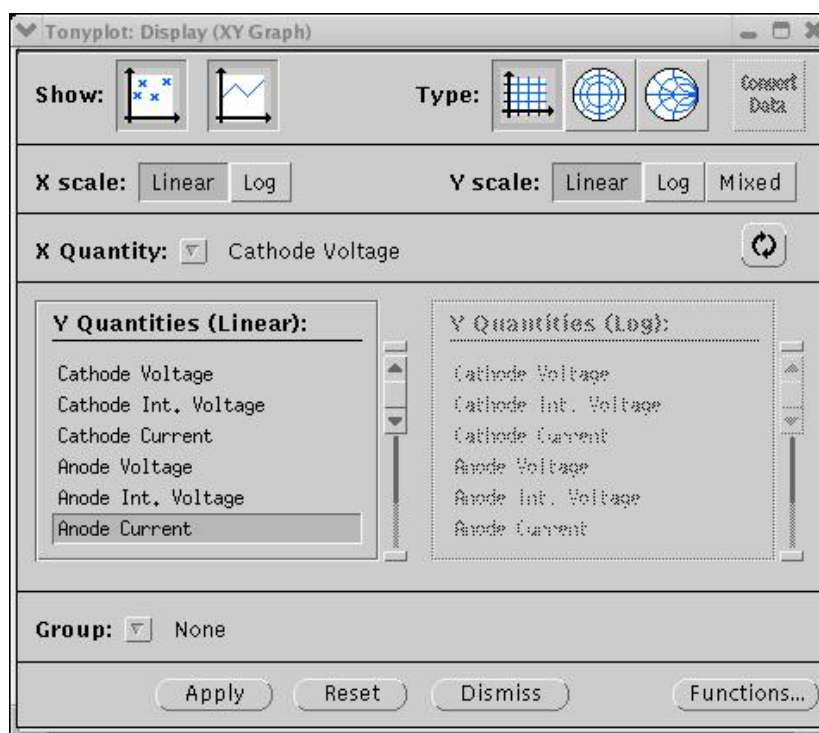


Figura 8

## Manuais do usuário

Os manuais do usuário podem e devem ser acessados através do comando `/usr/local/tcad/bin/sman` no terminal de comando do linux. Surgirá uma janela com todos os manuais dos programas da Silvaco (Figura 9). Selecione os manuais dos programas ATLAS, ATHENA e TONYPLOT para ler sobre o funcionamento detalhado destes programas. Os manuais incluem as equações e os parâmetros utilizados para a simulação dos processos e dos dispositivos.

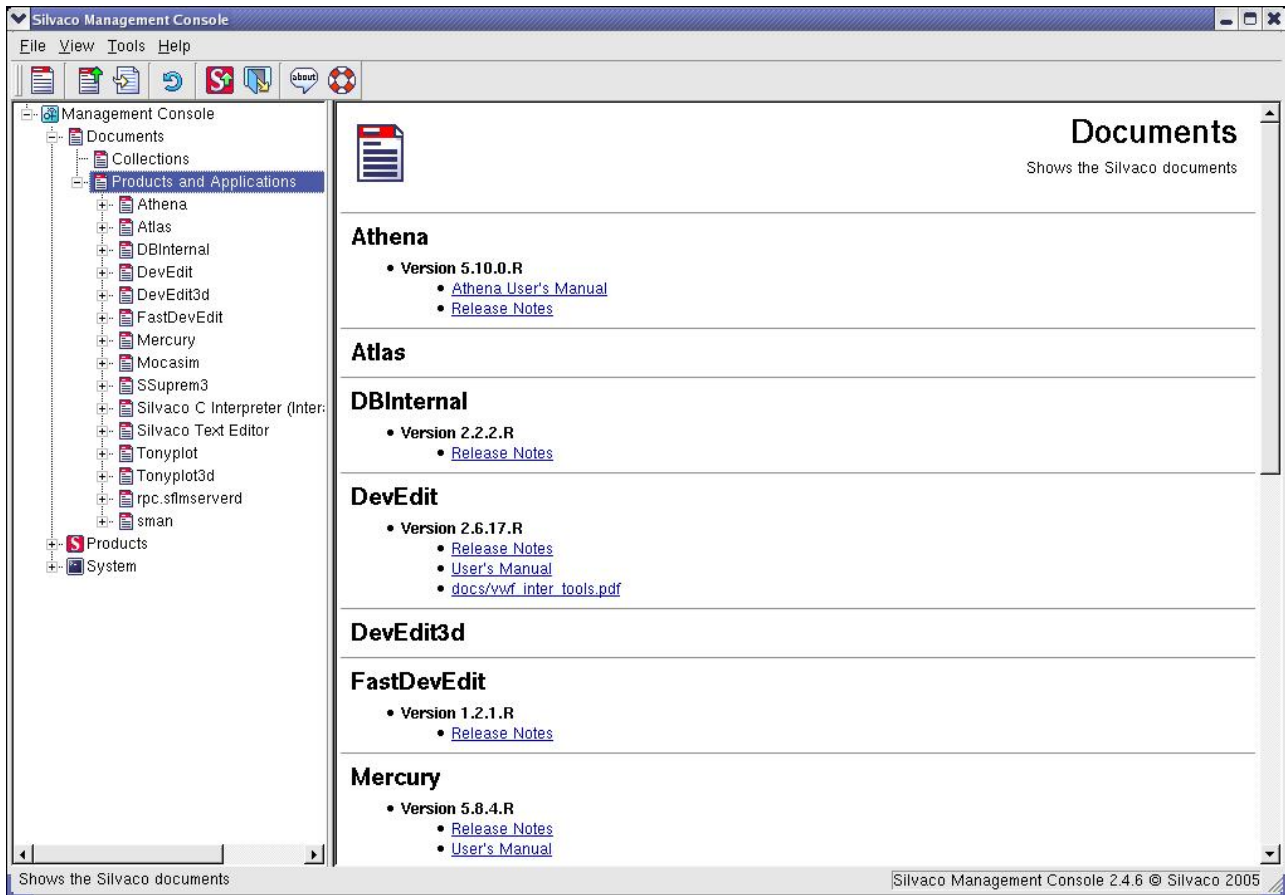


Figura 9