



MDT correspondem a *Digital Terrain Model* (DTM) ou *Digital Elevation Model* (DEM).

Uma das modelagens mais utilizadas em geotecnologias que procura representar digitalmente o comportamento da superfície terrestre.

Renato A. M. Franco

Fernando B. T. Hernandez

Aula prática - Modelo Numérico do Terreno

Modelo Numérico
do Terreno (MNT)
ou Modelo Digital
do Terreno

Tutorial aplicado à
elaboração de Modelo
Numérico do Terreno
através do software ILWIS

1. MODELO NUMÉRICO DO TERRENO

1

Quando procura analisar digitalmente o comportamento da superfície terrestre utiliza o Modelo Numérico do Terreno (MNT) e tem diversas aplicações, como comentado pelo o autor:

Talvez uma das informações mais usadas quando se trabalha com recursos naturais, e mesmo outros campos de pesquisa, seja a topografia da área de trabalho. Topografia se refere às características da superfície, i.e. o relevo, de uma área. A topografia de uma área de terra se refere às colinas, aos vales e planícies dos quais ela é feita. Ela é definida pela elevação de cada localização, representada pelo par (x,y) , dentro da área. A topografia, ou elevação, da superfície da Terra pode ser representada no SIG por valores digitais. Esse conjunto de valores consiste da elevação de um grande número de pontos amostrais distribuídos através da área sendo representada (MIRANDA, 2010, P.296).

Segundo Felgueiras e Câmara apresentam que:

Um Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informação meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.

Dentre alguns usos do MNT pode-se citar:

Armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos;

Análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens;

Elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade;

Apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Para a representação de uma superfície real no computador é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou um rede (grade) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno. A criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de enfocar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades)

pode-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e secções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto, gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.

Os MNT podem ser representados por meio de pontos e linhas (no plano) ou grade de pontos e polígonos (para as superfícies tridimensionais). O MNT é um caso específico dos modelos numéricos de elevação (MNE), o modelo se refere a qualquer imagem que armazene dados que possam ser vistos como elevação sobre uma superfície. Se essa elevação for a altura média acima do nível do mar, então ele será chamado de MNT (MIRANDA, 2010).

No formato matricial, tem-se que cada pixel de uma imagem possui um conjunto de três coordenadas: duas de posição (X;Y) e uma de atributo, a coordenada Z. Estas, por exemplo, podem corresponder, respectivamente, às coordenadas de longitude, latitude a altitude (FITZ, 2008).

Além do formato matricial, o formato vetorial também pode fazer uso de pontos para representar posições (coordenadas) a atributos. A representação linha com valores constantes, as chamadas isolinhas e a quantidade de linhas moldará o modelo: quanto maior o seu número, tanto maior será o detalhamento e a precisão do modelo.

2. OBTENÇÃO DO MAPA DE DECLIVIDADE NO ILWIS

2.1. Introdução

Para gerarmos a carta de declividade, precisamos obter o Modelo Digital de Elevação da área (MDE). O MDE é uma imagem RASTER, com a variação contínua da altitude ao longo da área. Nesse caso o Software ILWIS faz uma interpolação das cotas altimétricas das curvas de nível e estima a altitude entre as curvas de nível (onde não existem informações sobre altitude).

Primeiramente, vamos importar o arquivo *shape*¹ que representa as curvas do município de Fernandópolis. As curvas de níveis foram geradas no *software* Global Mapper 12, através do menu *FILE* em seguida procure a opção *GENERATE CONTOURS*, conforme a Figura 1.

Para gerar essas curvas é importante ter o Modelo Numérico do Terreno, neste caso o MNT foi obtido através de uma imagem do ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). O sensor ASTER é um esforço de cooperação

¹ Os arquivos *shapes* representam geralmente as feições contidas num mapa, através de polígonos, linhas ou pontos, formato suortado pelo ArcGIS.

entre a NASA e o Ministério do Comércio Internacional e Indústria do Japão. O ASTER obtém informação detalhada sobre a temperatura de superfície, emissividade, reflectância e elevação, esse sensor está a bordo do satélite Terra²

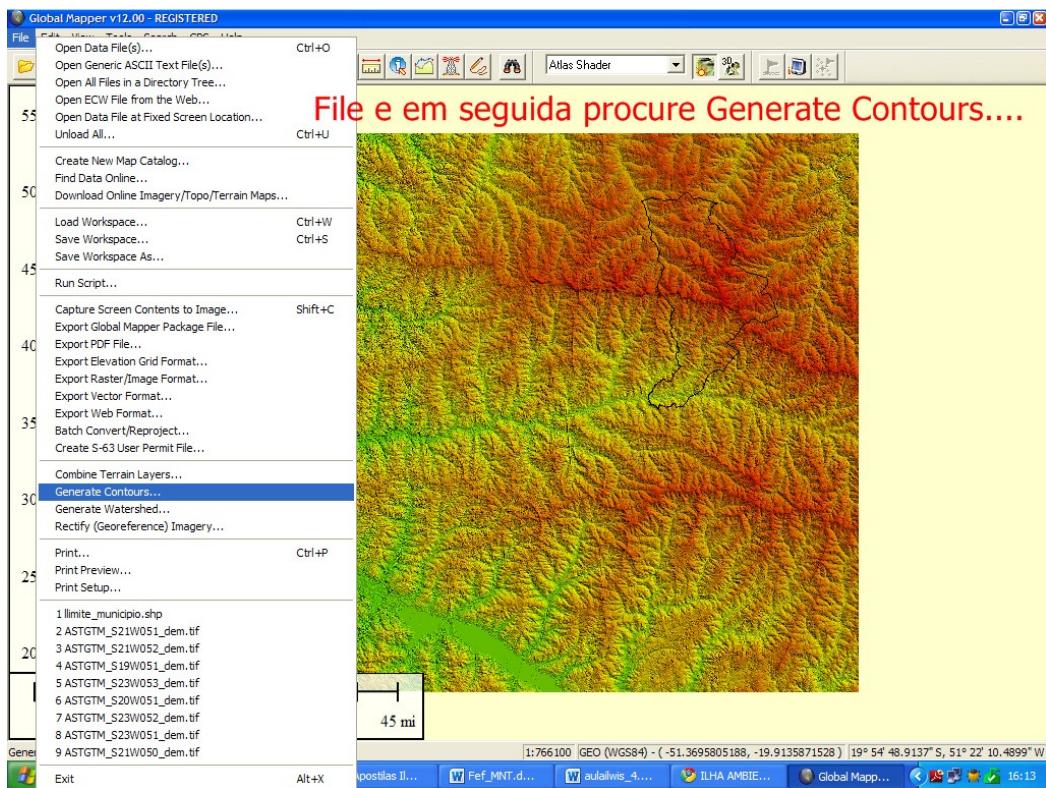


FIGURA 1. Software Global Mapper 12.

A próxima etapa é adicionar o valor de distância entre uma curva e outra no quadro o **contour interval**, conforme selecionado na Figura 2. Feito esse processo, selecione a aba *simplification* e deixe no zero para as curvas terem o aspecto arredondado (Figura 3) e clique em *OK*.

Em seguida, procure a aba **contour bounds** e procure o botão **Draw a box** para selecionar a área de interesse para a criação das curvas (Figura 4). Vai aparecer uma janela com uma imagem reduzida do MNT e em seguida selecione a opção desejada da área de interesse para a criação das curvas (Figura 5) e clique em *OK*.

Espere um pouco para aparecer às curvas criadas e em seguida exporte no formato shape. Vá até o menu FILE e procure EXPORT VECTOR FORMAT e selecione a opção *shape*.

O objetivo é utilizar este arquivo curvas (*shape*), um formato vetorial e transformar esse arquivo num Modelo Numérico do Terreno.

² <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>

A técnica utilizada no ILWIS é a interpolação das curvas de níveis. Inicialmente precisamos fazer alguns passos importantes no ILWIS.

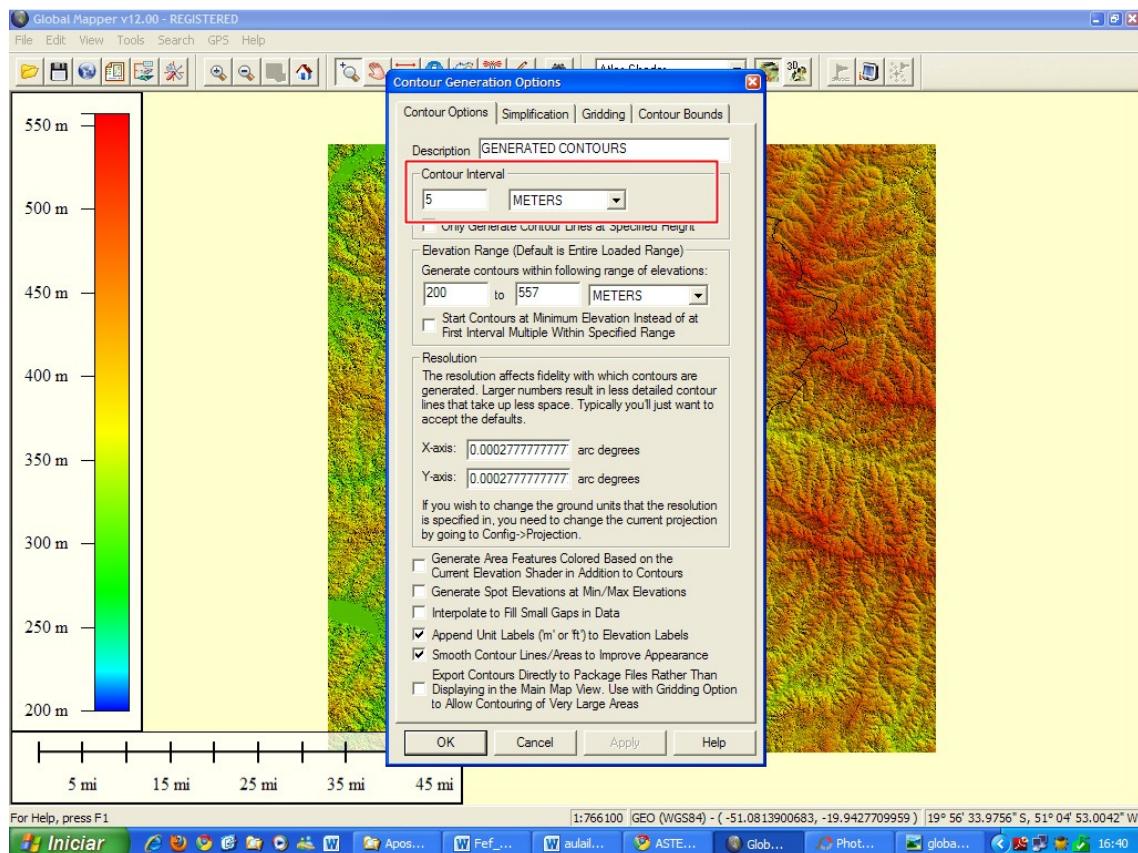


FIGURA 2. Contour interval.

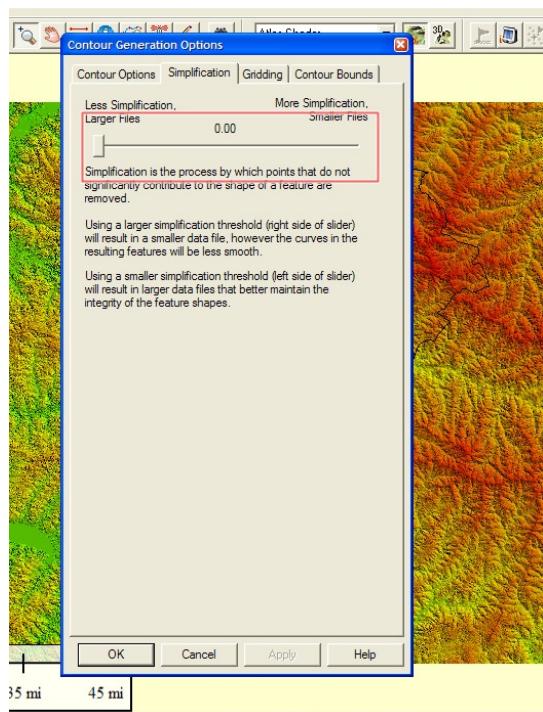
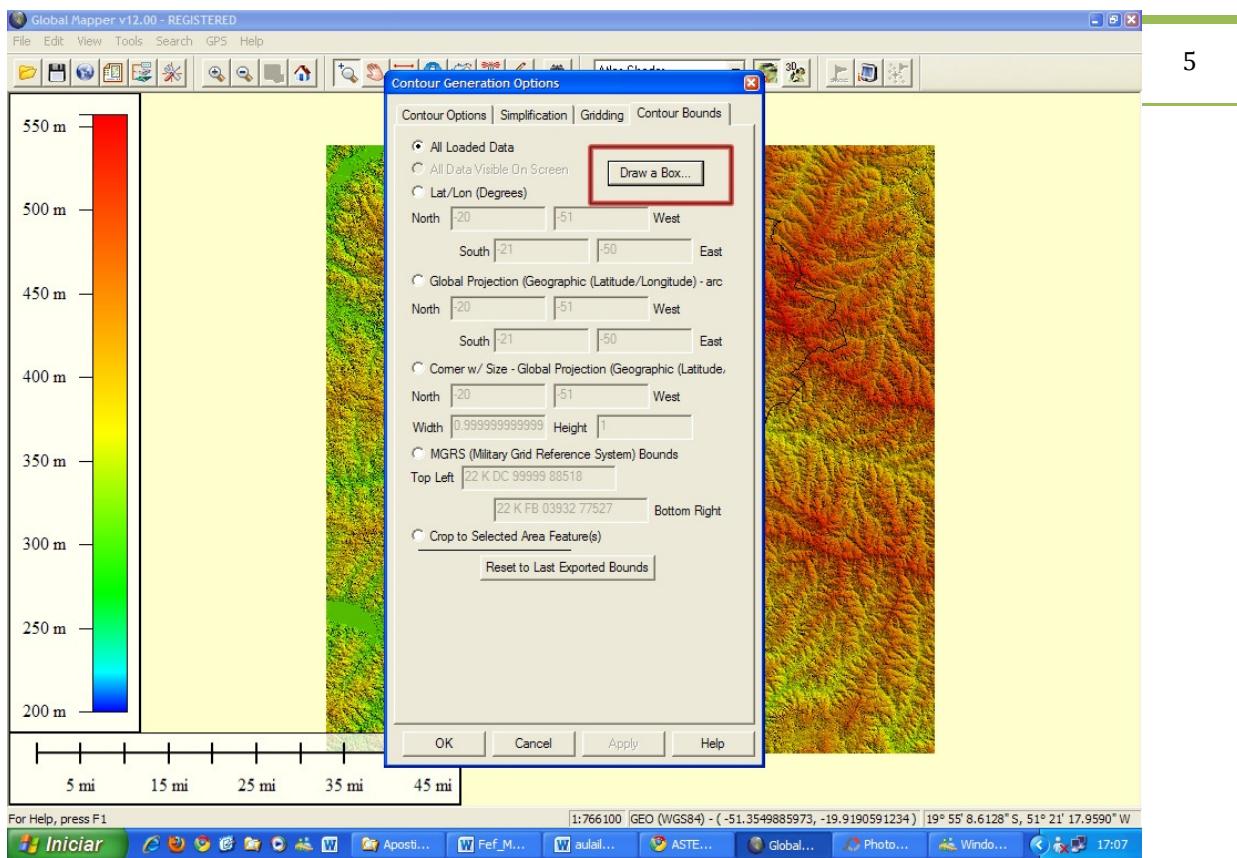
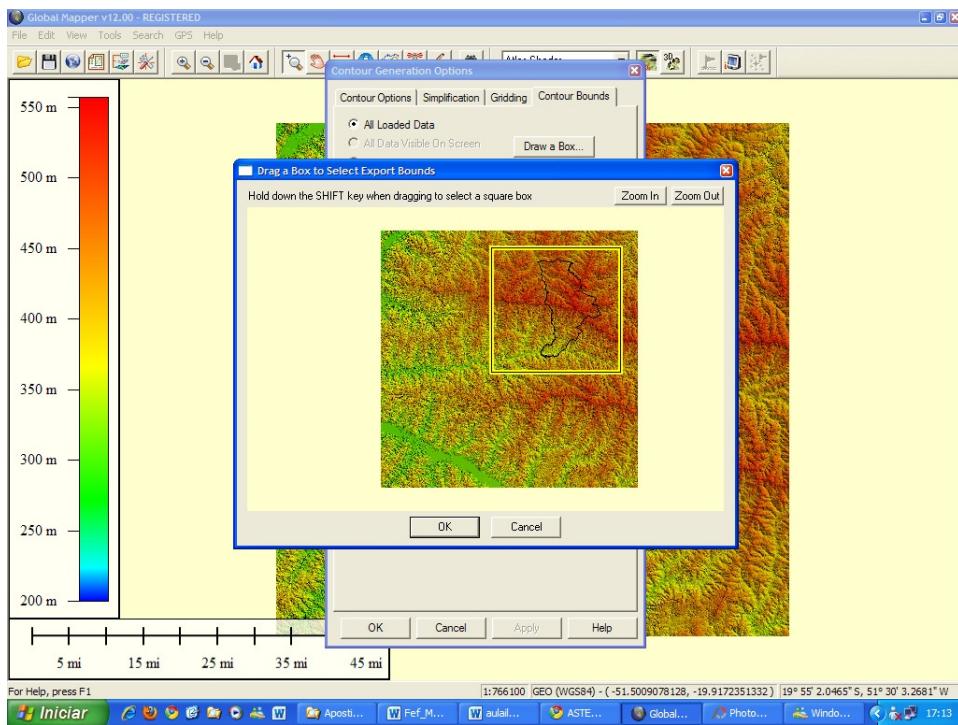


FIGURA 3. Simplification.



5

FIGURA 4. Contour bounds.**FIGURA 5.** Selecionar a área de interesse para a criação das curvas.

2.2. Formato vetorial - *shape*

Antes de importar o arquivo para o conteúdo de pasta, tem realizar a criação do sistema de coordenadas. Procure na lista de operação (*operation-list*) **NEW COORDINATE SYSTEM** e dê o nome do arquivo; e em seguida, selecione a opção *coorsystem projection*. As informações devem ser preenchidas conforme a projeção cartográfica adotada no seu projeto (Figura 6).

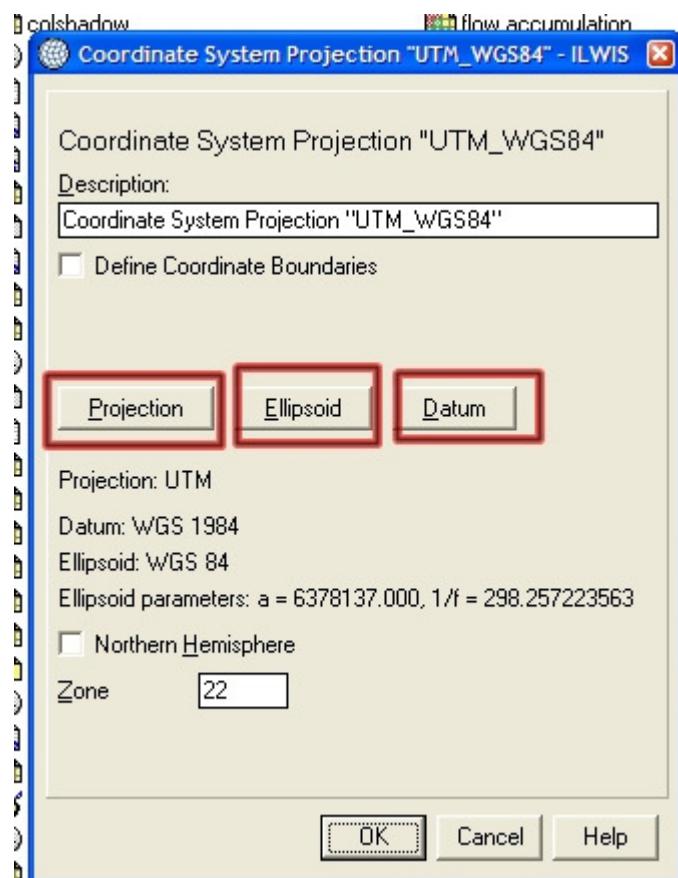


FIGURA 6. Sistema de coordenadas.

Vamos importar o arquivo *shape*; selecione o comando **Import map** na lista de operação (*operations-list*). Na janela *import map* vai aparecer à opção de formatos (*import format*), selecione a opção *shape file*.

Como arquivo vetorial (*shape*) dentro do conteúdo de pasta é importante realizar alguns ajustes neste arquivo. Mas primeiramente observe as informações na opção *properties*, este arquivo não apresenta um domínio de valor. É importante que esse arquivo vetorial tenha um domínio de valor. Então clique no arquivo de interesse e em seguida clique com o botão direito do mouse e procure **VECTOR OPERATIONS → ATTRIBUTE MAP...**(Figura 7).

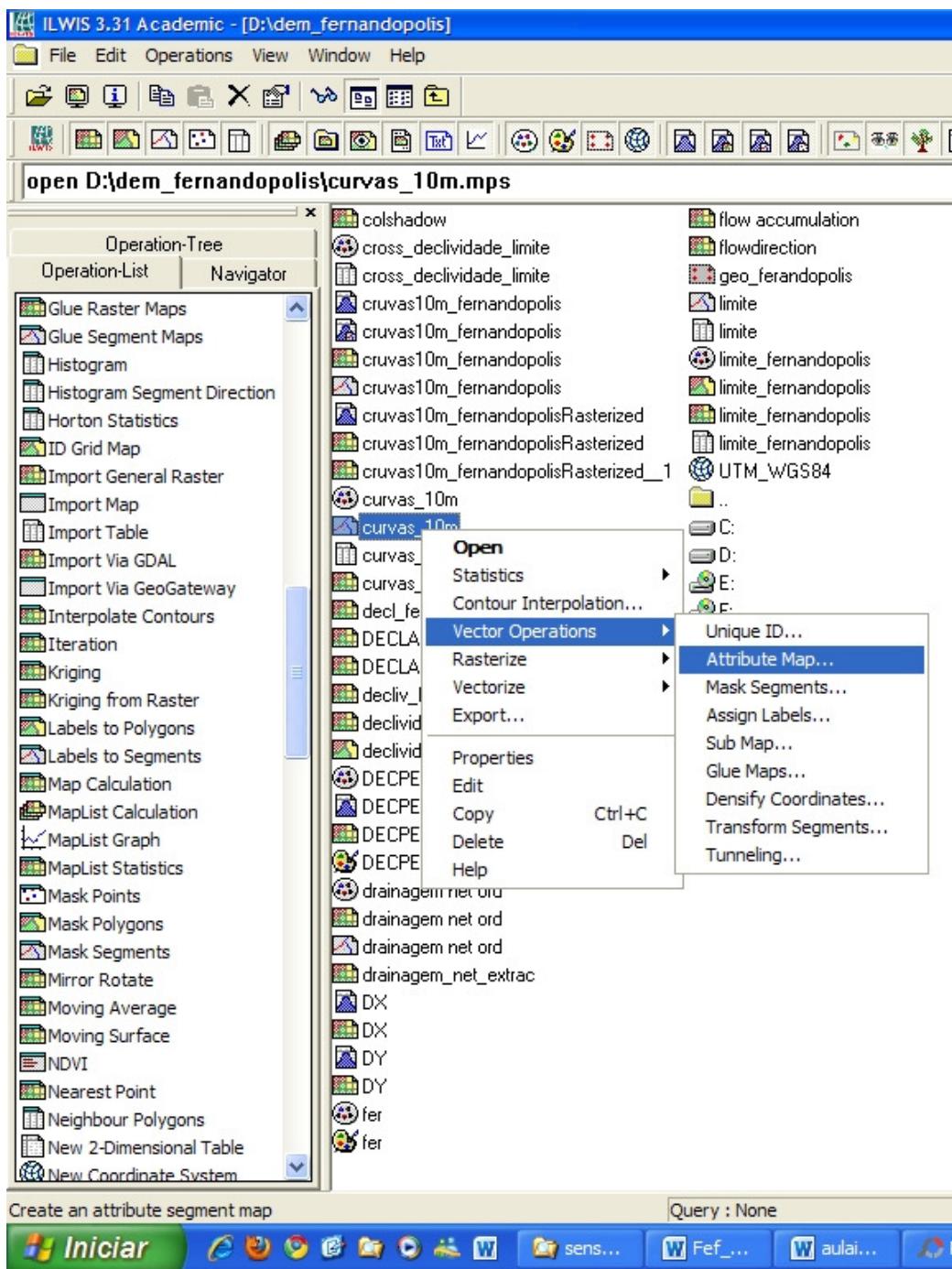


FIGURA 7. Attribute maps.

Em *attribute map of segment map* selecione a opção *attribute elevation* (elevação) e observe que o domínio apresenta valor “value”. Coloque o nome do arquivo de saída em *output segment map*. A finalidade desta operação é fazer que o arquivo tenha um domínio com informação de valor (Figura 8).

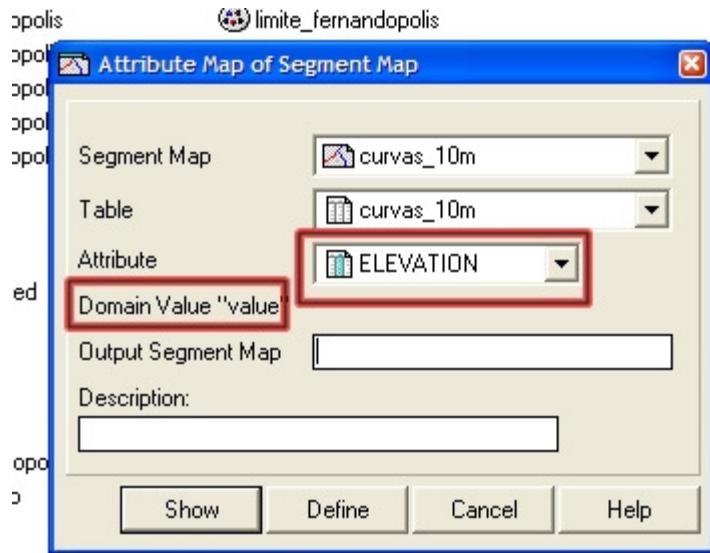


FIGURA 7. Attribute map of segment map.

Depois de ter realizado o processo acima, observe as informações do novo arquivo de vetor. Ele apresenta informações que o domínio está com a opção de valores e, além disso, na opção *stretch* existem o mínimo e o máximo de altitude, a mínima altitude de 320 metros e a máxima altitude de 550 m (Figura 8).

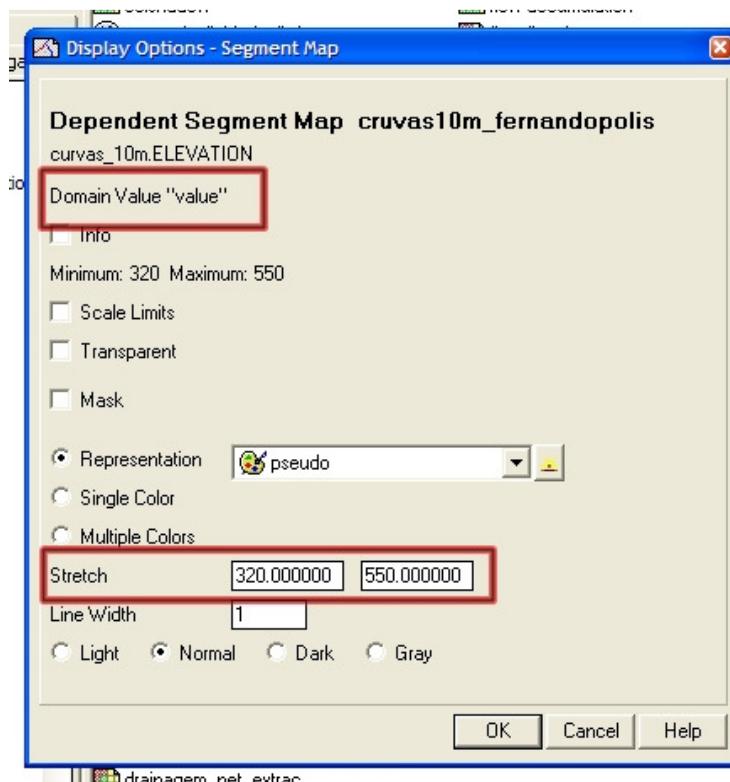


FIGURA 8. Display option.

O software ILWIS faz uma interpolação³ das cotas altimétrica das curvas de nível (arquivo vetorial) e estima a altitude entre as curvas de nível (onde não existem sobre altitude) e isso vai gerar uma imagem (arquivo raste) de altitude.

9

Para realizar esse processo de interpolação é importante antes a criação de um arquivo de georreferência. Então, procure na lista de operações (*operation-list*) **NEW GEOREFERENCE (Figura 9)**, dê o nome do arquivo e selecione a opção *Georef corners*. No item coordinate system procure a o sistema de coordenadas que foi criado anteriormente (observe a Figura 6). O sistema de coordenadas selecionado, vai aparecer duas informações, o tamanho do pixel e o mínimo e o máximo. O tamanho do pixel adota para esse trabalho é 10 metros. Os mínimos e o máximo são os dois pontos das coordenadas que limitam a área de interesse, neste caso utilizem o limite do arquivo vetorial de curvas (Figura 10).

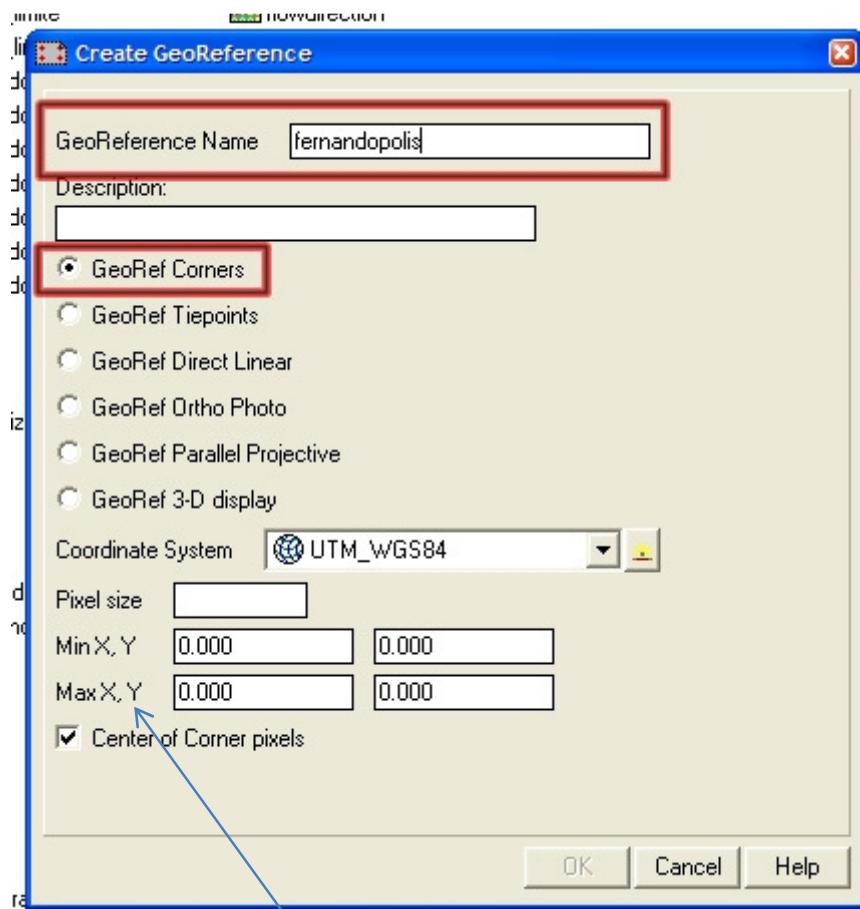


FIGURA 9. Create georeference.

Selecione as informações **Min X,Y; Max X,Y** do arquivo de vetor e transfira para o arquivo de georreferencia. Depois de ter realizado essa duas etapas clique com o mouse em OK.

³ Em matemática, denomina-se **interpolação** método que permite construir um novo conjunto de dados a partir de um conjunto discreto de dados pontuais previamente conhecidos.

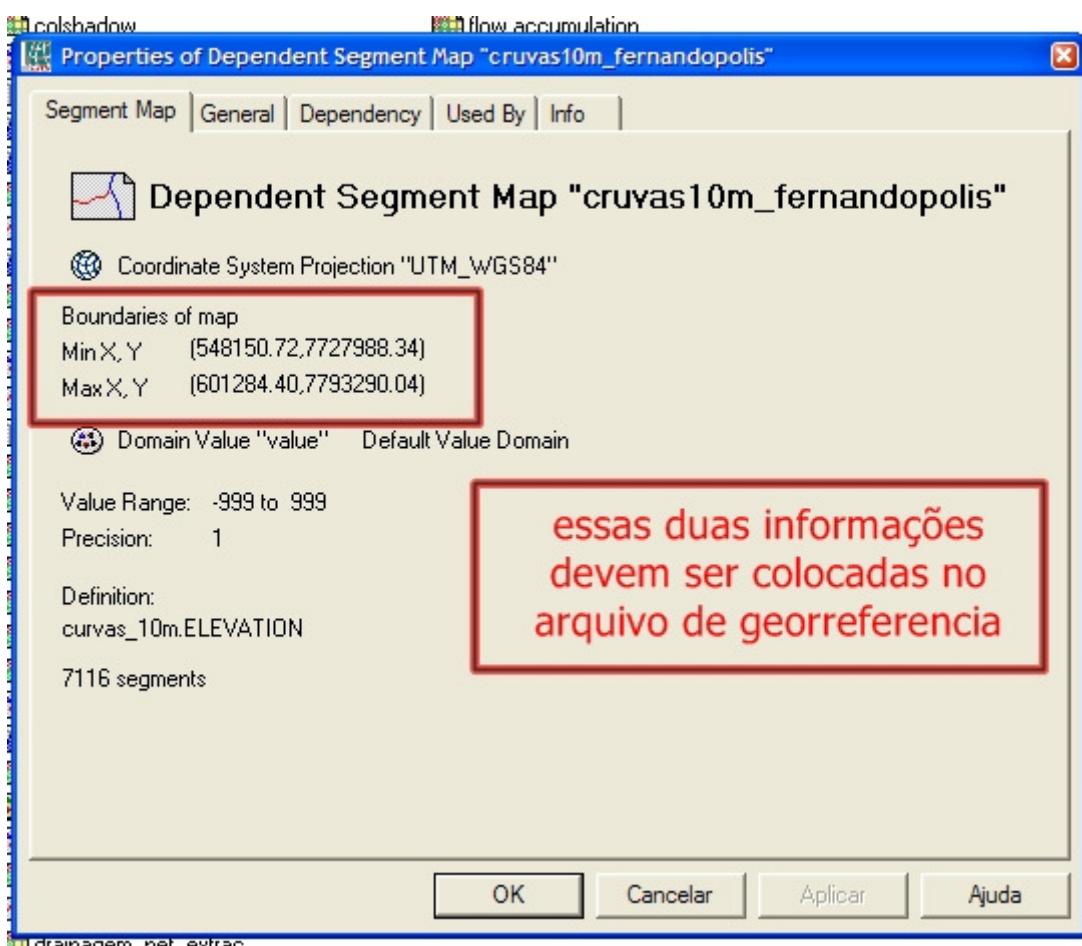


FIGURA 10. Propriedades do arquivo vetorial de curvas.

Clique com o botão esquerdo do mouse no arquivo vetorial localizado na pasta de conteúdo e em seguida clique com o botão direito. Vai aparecer uma lista e procure a opção **COUNTOUR INTERPOLATION** e clique (Figura 11).

Selecione a opção *Georeference* o procure o arquivo que foi criado de *georeference* na etapa anterior e clique em OK (Figura 12).

Uma vez obtido o Modelo Digital de Elevação, o próximo passo é obter o mapa de declividade. Para gerar o mapa de declividade devemos obter as variações de altitude nas direções X e Y. O ILWIS possui algumas operações de filtragem que calculam essas variações através de Cálculo Diferencial.

Para obter a filtragem procure o arquivo raster que foi criado durante a interpolação e selecione. E na sequência clique com o botão direito e procure a opção **IMAGE PROCESSING → FILTER** e clique (Figura 13). Outro caminho para realizar esse processo pode ser acessado em:

MENU/OPERATIONS/IMAGE PROCESSING/FILTERING

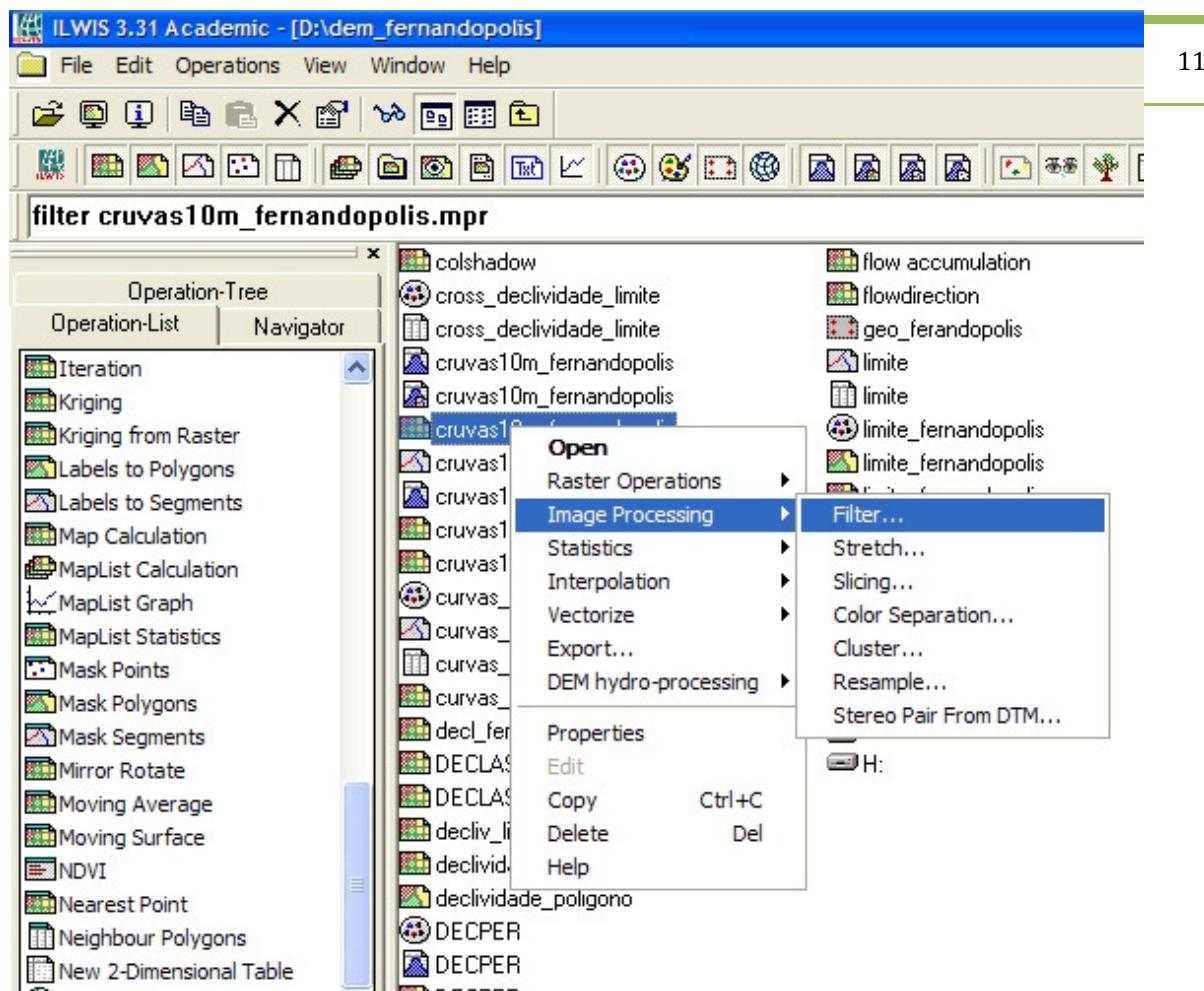


FIGURA 11. Procure a arquivo de vetorial de curvas e selecione e em seguida clique com o botão direito do mouse.

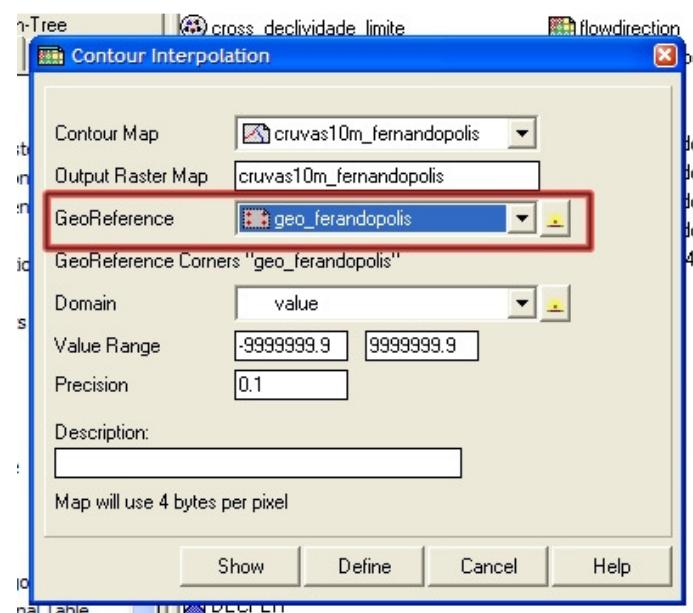


FIGURA 12. *Contour interpolation.*

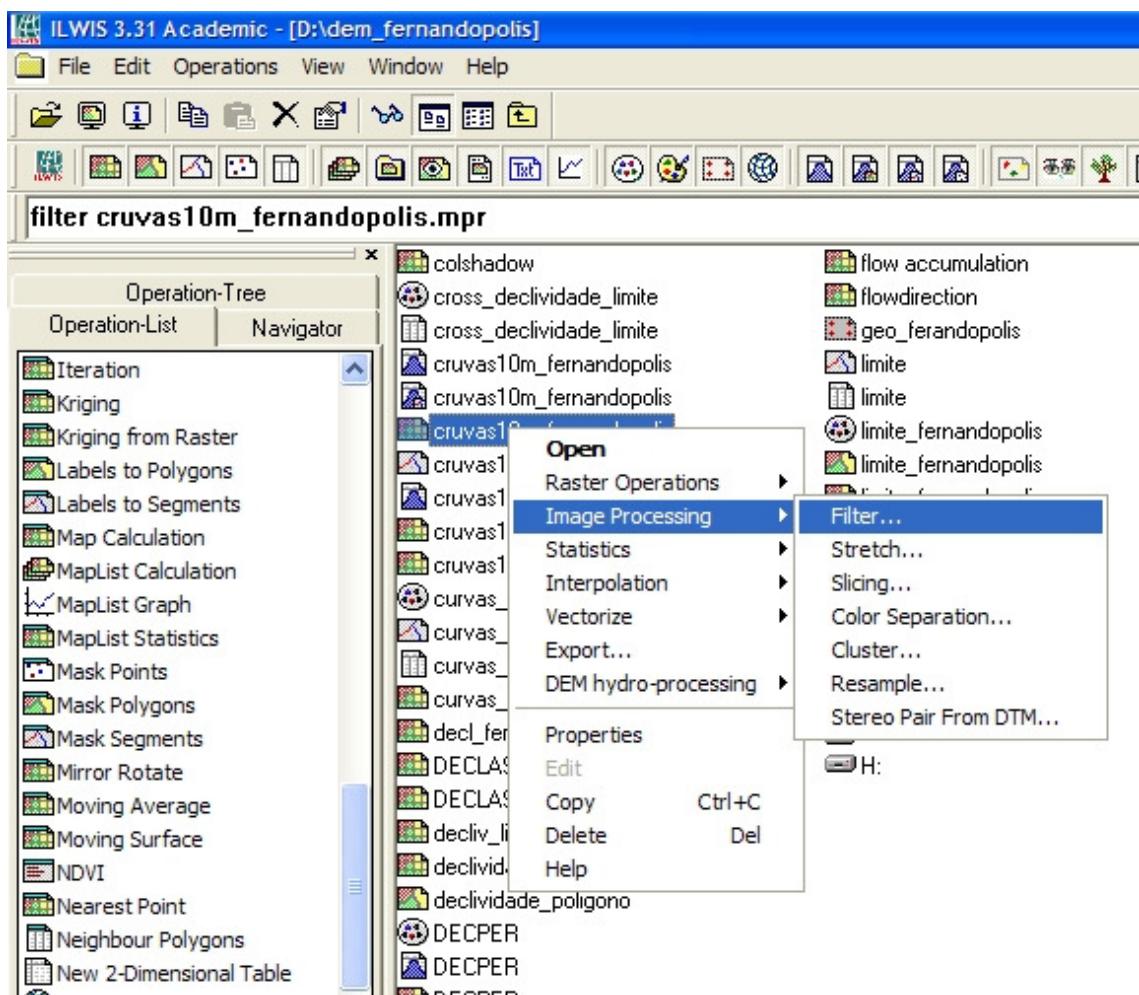


FIGURA 13. Caminho para realizar o processo de filtragem.

Na janela *filtering* selecione a opção *filter name* e procure DX/DY. O *filter type* é *Linear*, não esqueça de ar o nome do arquivo em *output raster map*, neste caso dê o nome de DX, para a imagem obtida da derivada em direção a X (Figura 14).

Repita o mesmo procedimento só que escolha a derivação em sentido Y, (DFDY) e dê o nome de DY para essa imagem.

Para obter a imagem de declividade, digite a fórmula abaixo na linha de comando do Ilwiz:

$$\text{DEC PER} = 100 * \text{HYP}(DX,DY) / \text{PIXSIZE(DEM)}$$

Onde PIXSIZE(DEM) = valor do tamanho do pixel definido quando criamos o arquivo de georreferência, neste caso 10 metros.

Na imagem gerada (DECPER) cada pixel possui um valor de declividade em %. Como a imagem fica bastante fragmentada, podemos aplicar um filtro de média e suavizar/homogeneizar os valores.

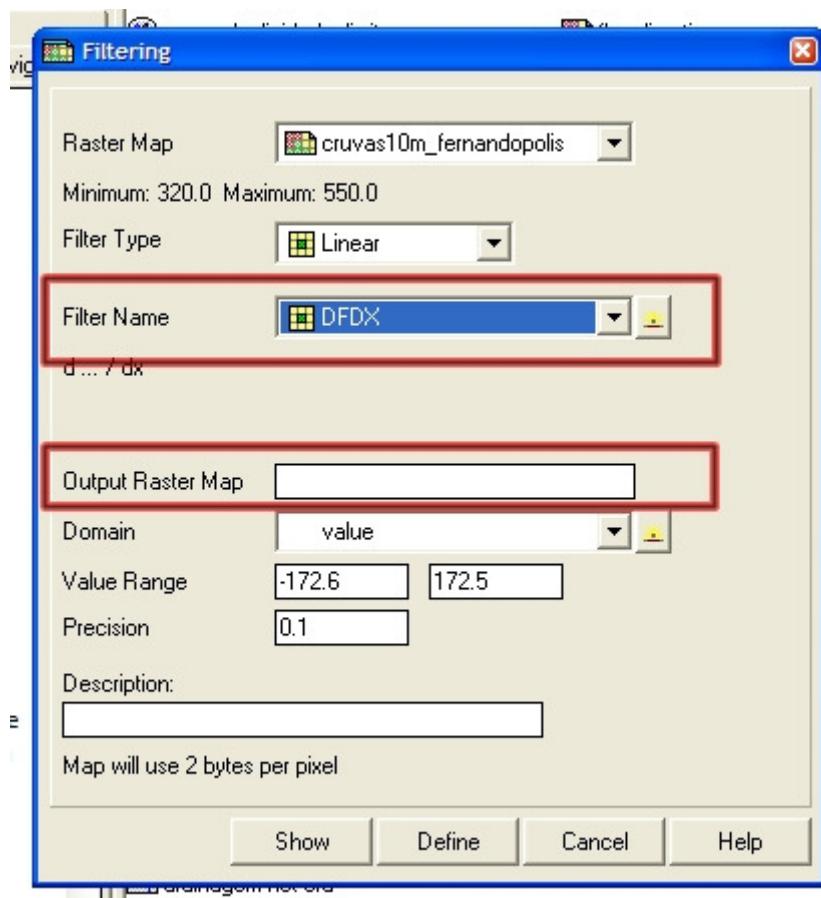


FIGURA 14. Filtering.



FIGURA 15. Linha de comando.

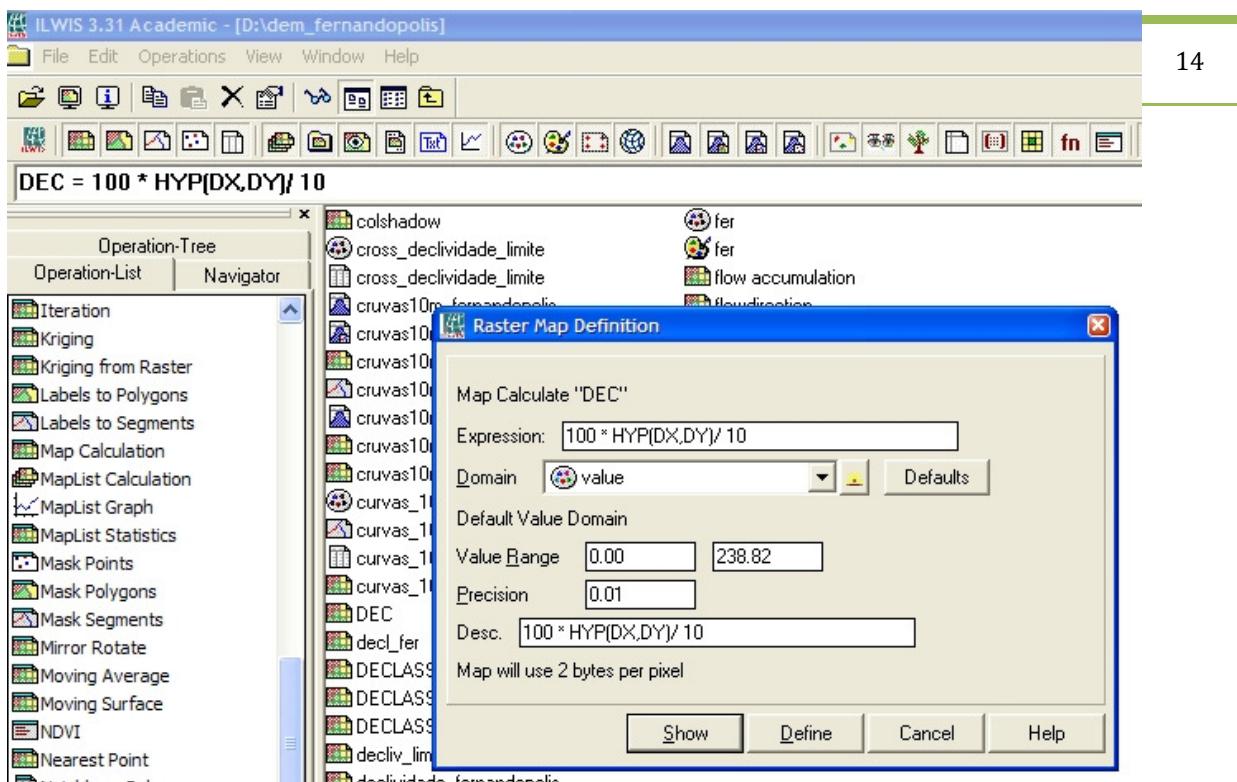


FIGURA 16. *Map calculate.*

Vamos então reclassificar o mapa de declividade DECPER, nas seguintes classes de declive:

TABELA 1. Classe Faixa de Declividade.

Classe	Faixa de Declividade
1	0-3%
2	3-6%
3	6-9%
4	9-12%
5	12-45%
6	>45%

Para reclassificarmos um mapa devemos usar o comando:

MENU/OPERATIONS/IMAGE PROCESSING/SLICING

Outra opção é selecionar o arquivo de interesse e clicar com o botão direito do mouse e procure a opção imagem processing/slicing.

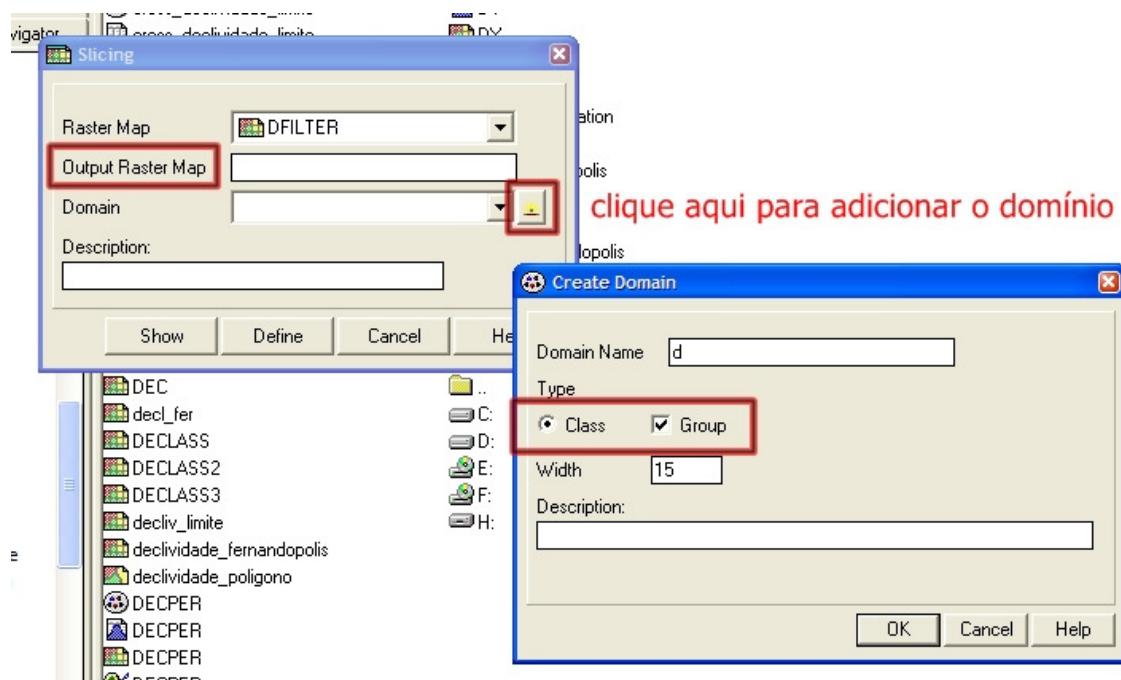


FIGURA 16. Sllicing e create domain.

Em seguida, informamos o arquivo a ser reclassificado (DECPPER), o nome do arquivo a ser gerado (DECCLAS) e o Domínio. O Domínio precisa ser criado e vai conter, as classes de declividade apresentadas na tabela acima:

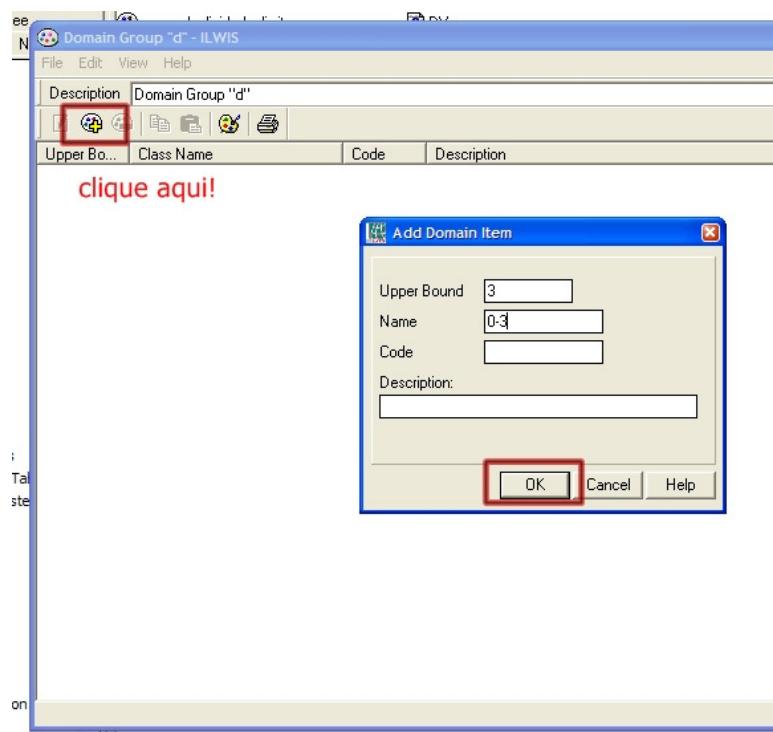


FIGURA 17. Criação de domínio, de acordo com a Tabela 1.

Na imagem DECLAS gerada, aplicamos uma filtragem (usando um filtro de moda) com janela de 5x5. Selecione o *filter type majority* e coloque os valores 5 em linha e e colunas. É preciso colocar o nome do arquivo de saída em *output raster map*.

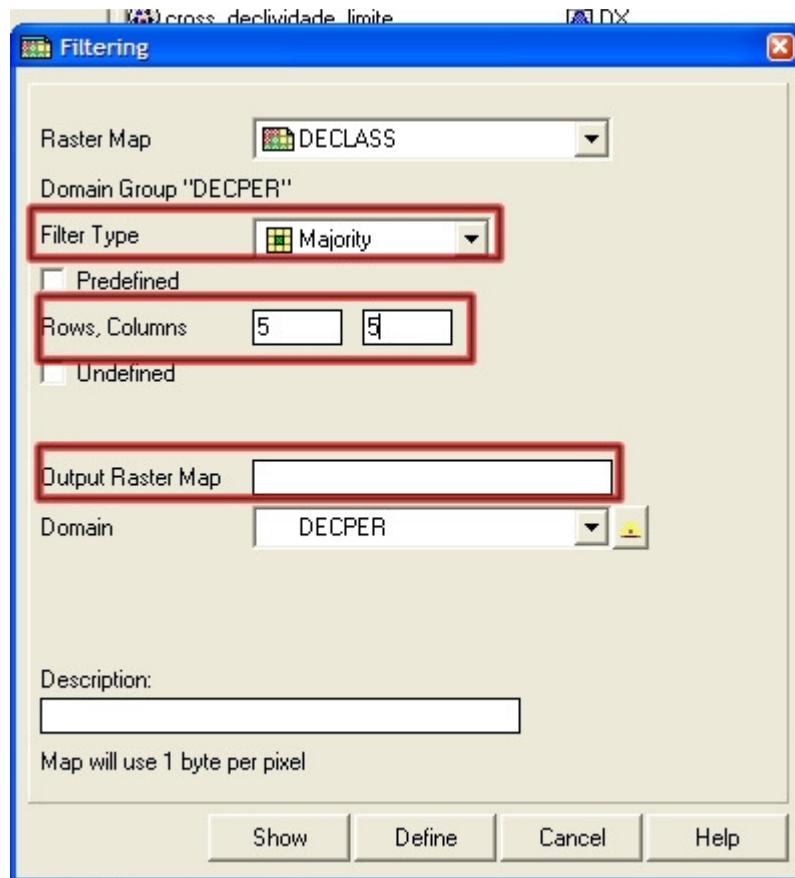


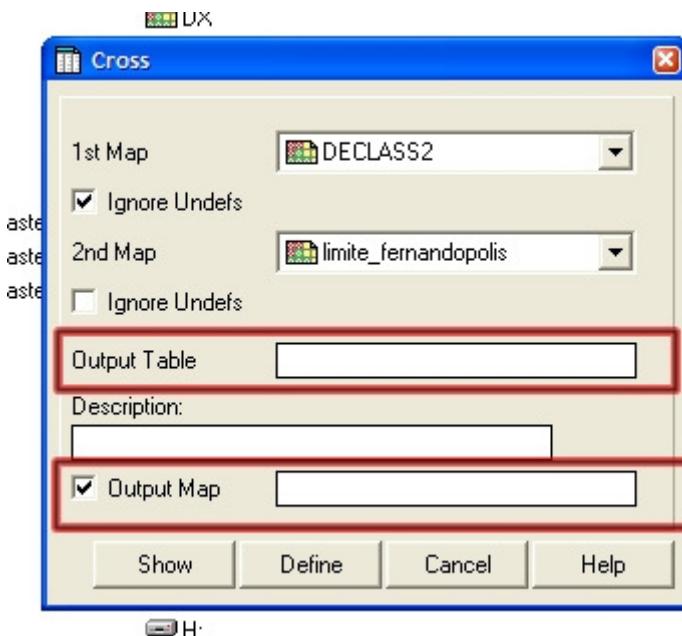
FIGURA 18. Filtering.

Depois de ter realizado esse processo de criação do mapa de declividade, vamos utilizar o formato *shape* do limite do município de Fernandópolis. Para realizar a operação de CROSS é necessário a transformação do arquivo vetorial em raster.

Procure o arquivo vetorial do município de Fernandópolis e em seguida selecione e clique como botão direito do mouse e clique em **POLYGON TO RASTER** e selecione o arquivo de georeferência que foi criado anteriormente.

Após realizar essa etapa descrita acima, cruze os dois mapas raster na operação **CROSS** em **RASTER OPERATION**. Coloque o nome na tabela de saída em *output table*, selecione a opção *output map* e dê o nome de saída.

Abra o arquivo de tabela e verifique as colunas criadas (Figura 20). Observe também o mapa que foi gerado a partir do cruzamento dos mapas raster (Figura 21).

**FIGURA 19.** Cross

Dependent Table "declass X limite" - TableCross(DECLASS2.mpr,limite_fernandopolis.mpr,'declass x limite',ignoreUndefs)

	DECLASS2	limite_fernandopolis	NPix	Area
0-3 * 1	0-3	1	1561735	156173500
3-6 * 1	3-6	1	2081911	208191100
6-9 * 1	6-9	1	1155592	115559200
9-12 * 1	9-12	1	453065	45306500
12-45 * 1	12-45	1	224039	22403900

FIGURA 20. Tabela cruzando as colunas DECLASS2 e o limite de Fernandópolis.

Para finalizar o processo selecione o arquivo raster gerado a partir do cruzamento entre os dois mapas e em seguida clique com o botão direito do mouse e procure a opção **RASTER OPERATIONS → ATTRIBUTE MAP**.

Selecione a tabela em table e procure o attribute, neste caso a opção com as informações de declividade (Figura 22).

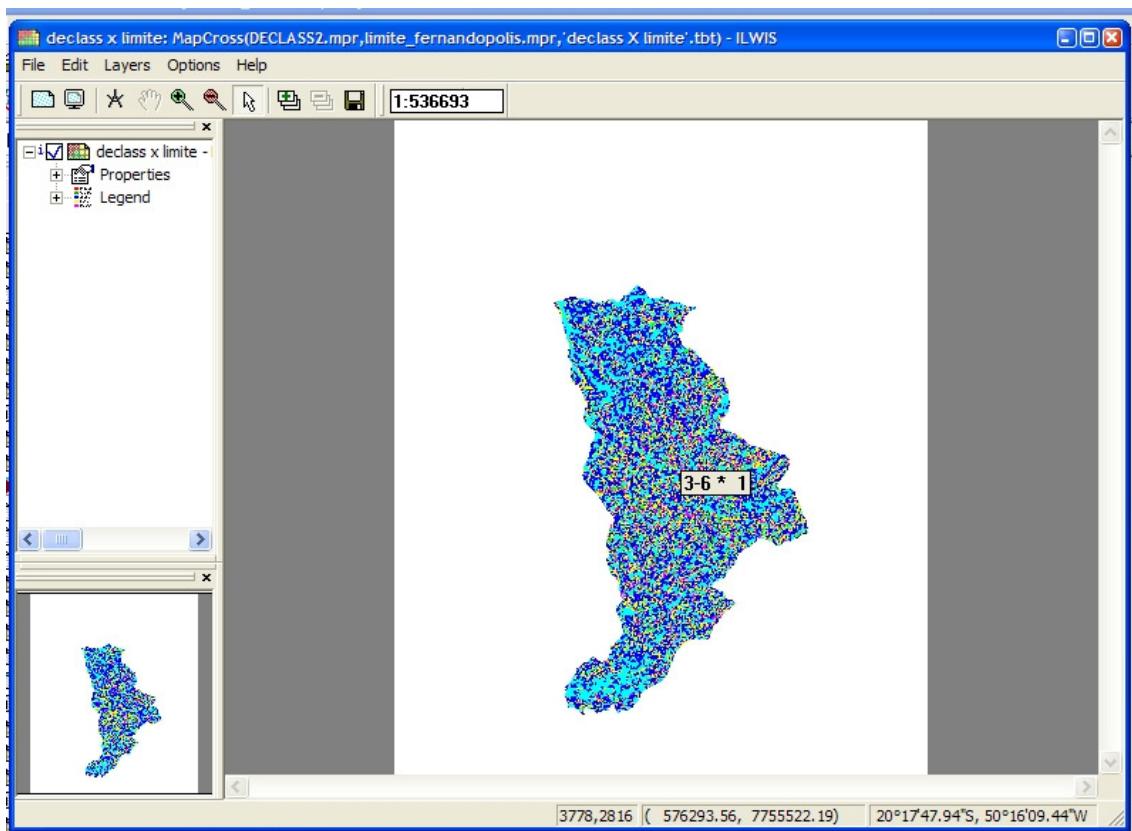


FIGURA 21. O cruzamento entre dois mapas raster, mapa de declividade e o limite do município de Fernandópolis.



FIGURA 22. Attribute map of raster map.

