



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**



João Felipe Cardoso dos Santos

Laboratório 3: Modelagem Numérica de Terreno

## **SER-300: Introdução ao Geoprocessamento**

15 de maio de 2014

# Introdução

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.

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).

# Introdução

O processo de geração de um modelo numérico de terreno pode ser dividido em 2 etapas: (a) aquisição das amostras ou **amostragem** e (b) geração do modelo propriamente dito ou **interpolação**.

A **amostragem** compreende a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse. Geralmente essas amostras estão representadas por curvas de isovalores e pontos tridimensionais.

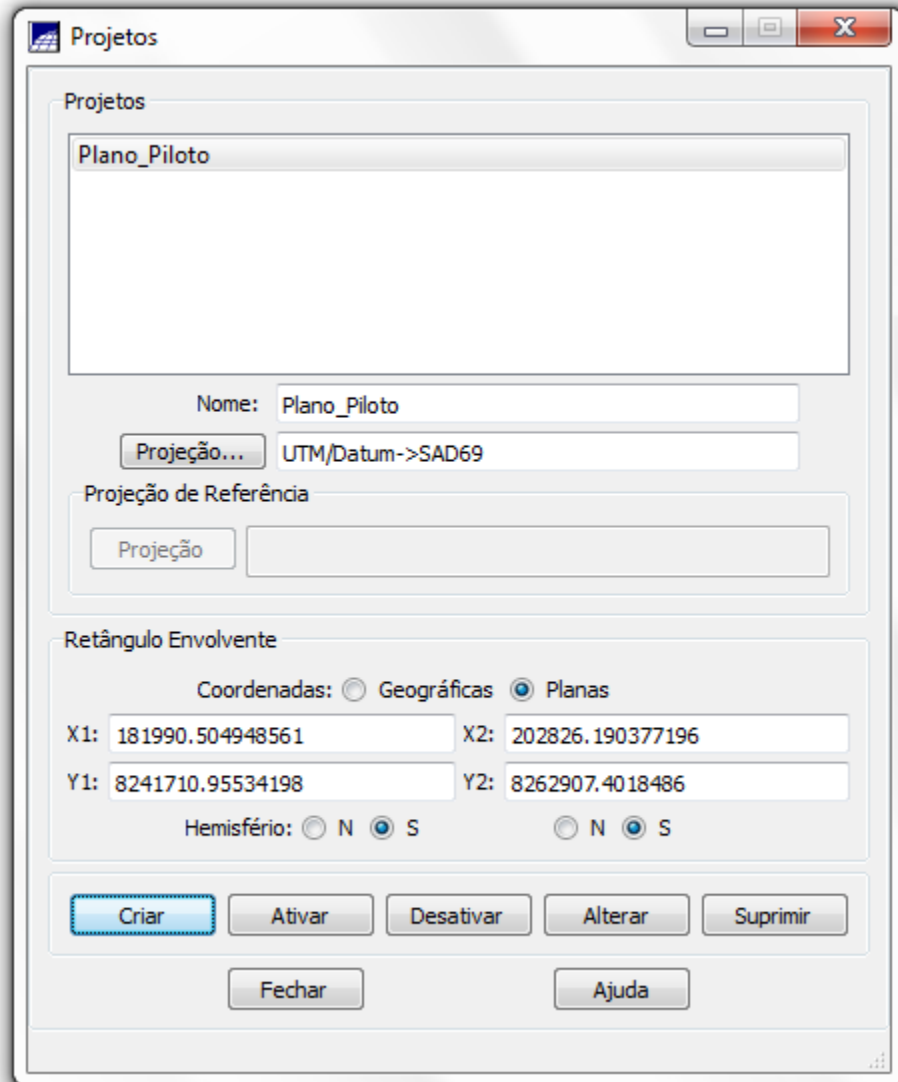
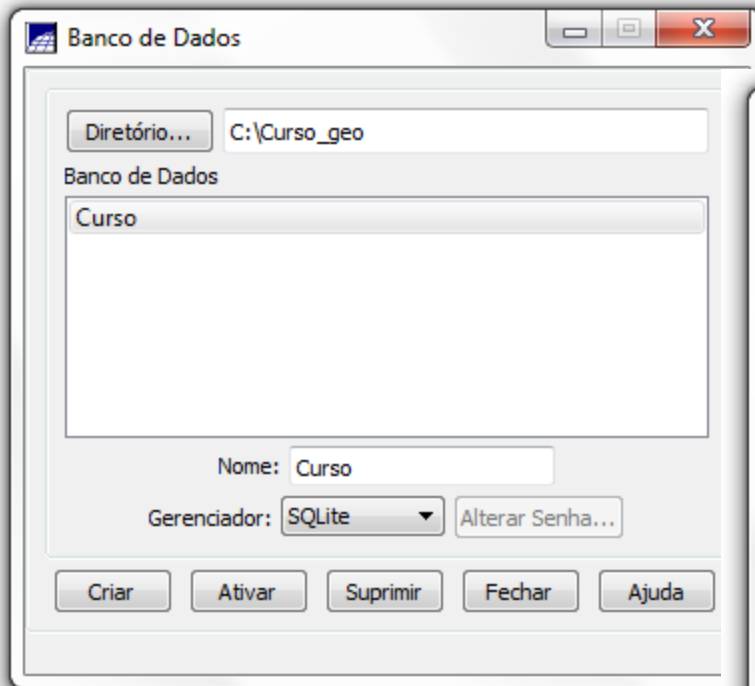
A **interpolação** envolve a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste com o objetivo de se obter uma representação contínua do fenômeno a partir das amostras. Essas estruturas são definidas de forma a possibilitar uma manipulação conveniente e eficiente dos modelos pelos algoritmos de análise contidos no SIG. As estruturas de dados mais utilizadas são a grade regular e a malha triangular.

# Objetivos

Manipulação e produção de informações do tipo MNT a partir de pontos e linhas para o plano piloto de Brasília, chegando-se a modelagem 3D do terreno.

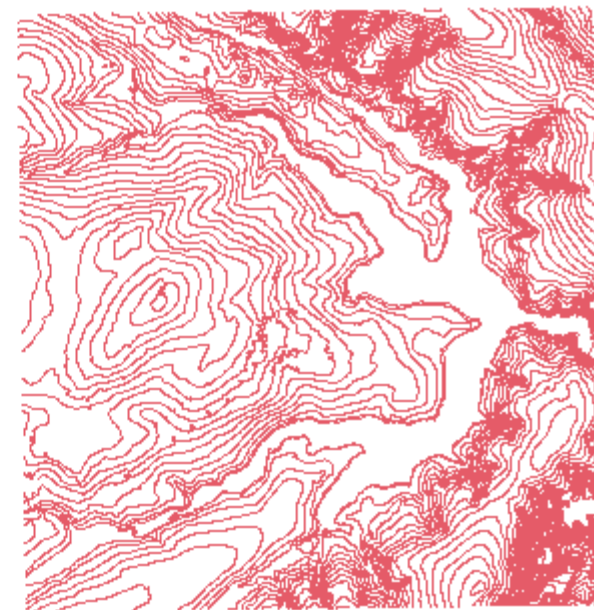
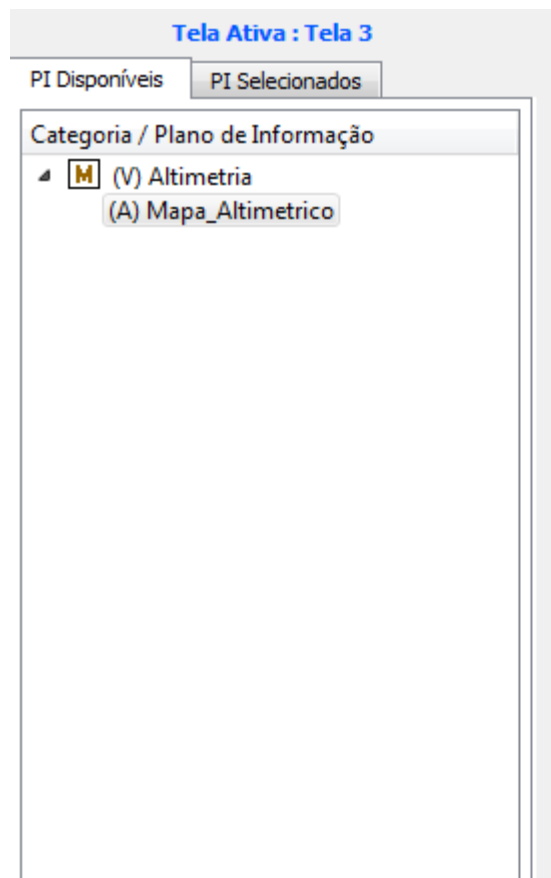
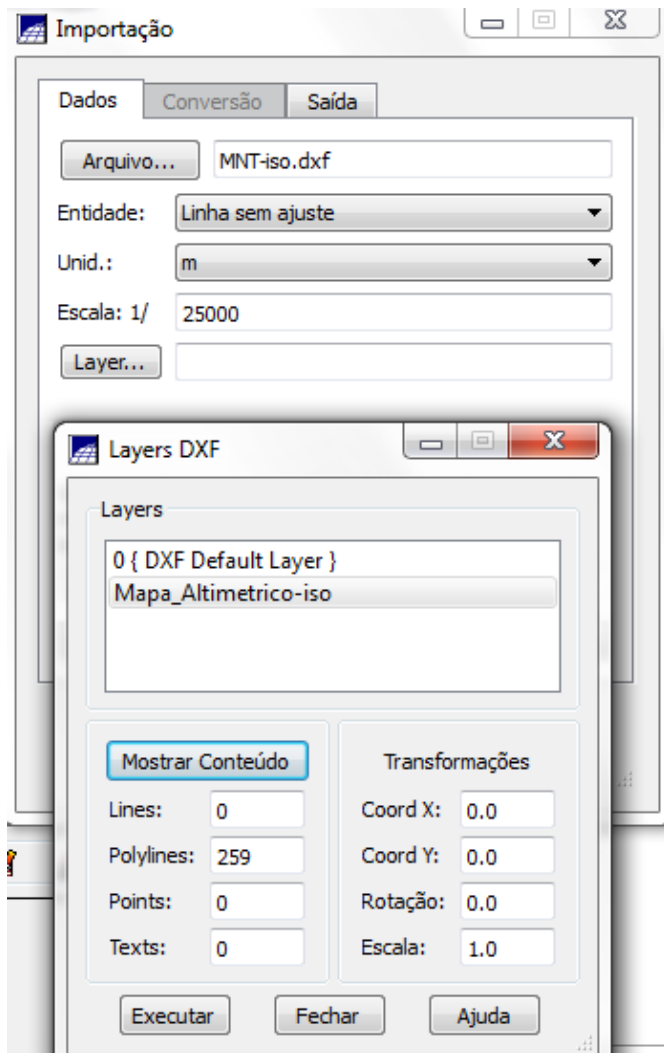
Após a geração do modelo, pode-se desenvolver diferentes aplicações.

# Exercício 1 – Definindo o Plano Piloto para o Aplicativo 1



# Exercício 2 – Importação de amostras de MNT

## Passo 1 - Importar arquivo DXF com isolinhas num PI numérico



# Exercício 2 – Importação de amostras de MNT

## Passo 2 - Importar arquivo DXF com pontos cotados no mesmo PI das isolinhas

The image displays a software interface for importing data. The main window is titled "Importação" and has three tabs: "Dados", "Conversão", and "Saída". The "Dados" tab is active, showing the following settings:

- Arquivo...: MNT-pto.dxf
- Entidade: Amostra (MNT)
- Unid.: m
- Escala: 1/ 25000
- Layer...: Mapa\_Altimetrico-iso
- Tamanho do Pixel: X: 20, Y: 20

Below the "Importação" window is a "Layers DXF" dialog box. It lists the layers: "0 { DXF Default Layer }" and "Mapa\_Altimetrico-pto". The "Mostrar Conteúdo" button is highlighted. The "Transformações" section shows the following values:

Propriedade	Valor
Lines:	0
Polylines:	0
Points:	194
Texts:	0
Coord X:	0.0
Coord Y:	0.0
Rotação:	0.0
Escala:	1.0

To the right of the "Importação" window is the "Painel de Controle" (Control Panel). It has two tabs: "PI Disponíveis" and "PI Selecionados". The "PI Selecionados" tab is active, showing a tree structure under "Categoria / Plano de Informação":

- Altimetria (V) (selected)
- Mapa\_Altimetrico (A)

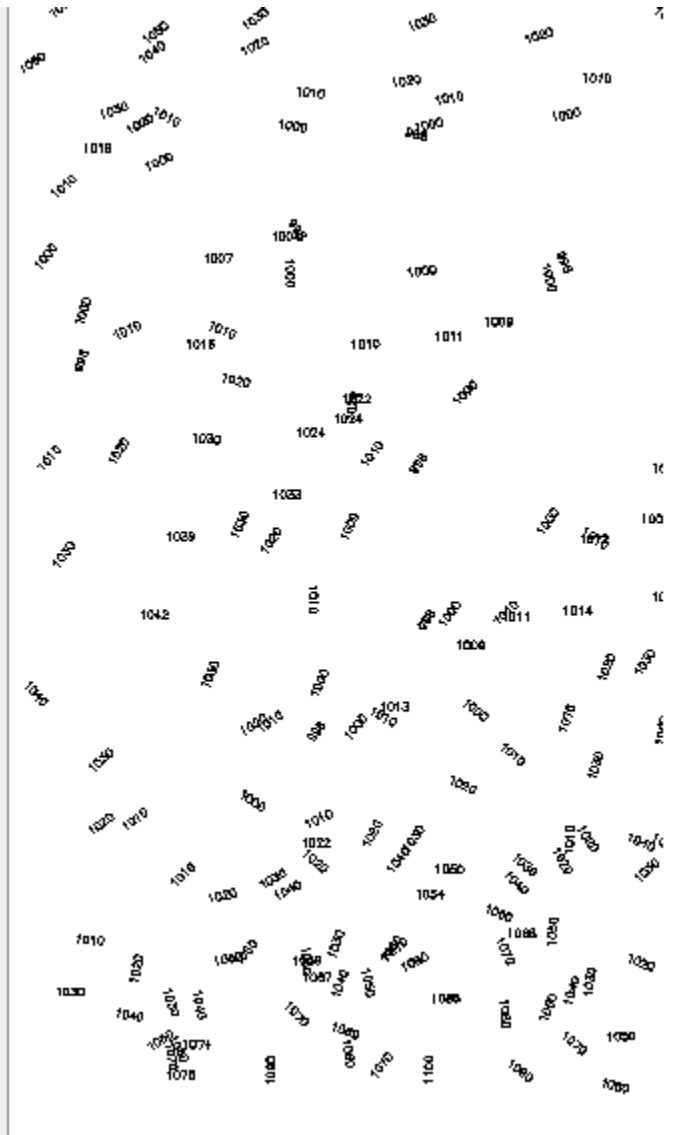
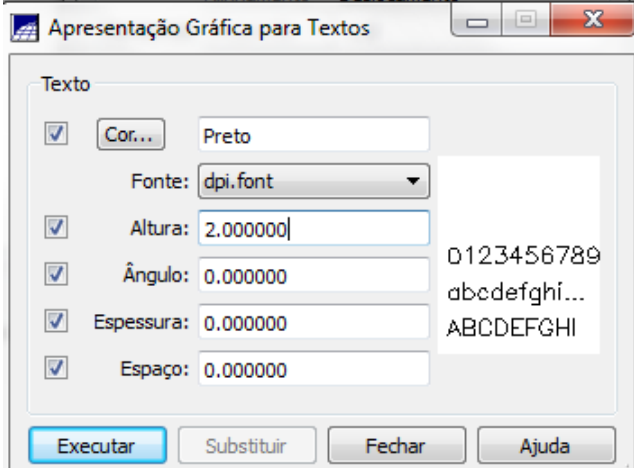
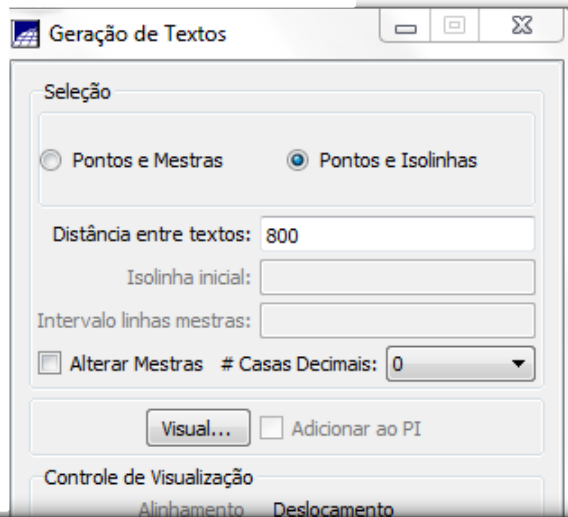
At the bottom of the "Painel de Controle" is a toolbar with icons for layers, selection, and help. Below the toolbar is a list of layers to be imported:

<input checked="" type="checkbox"/> Amostras	<input type="checkbox"/> Isolinhas
<input type="checkbox"/> Grade	<input type="checkbox"/> Texto
<input type="checkbox"/> TIN	<input type="checkbox"/> Imagem

On the far right, a large map window displays a topographic map with red contour lines (isolinhas) and numerous red crosshair markers representing elevation points (amostras).

# Exercício 2 – Importação de amostras de MNT

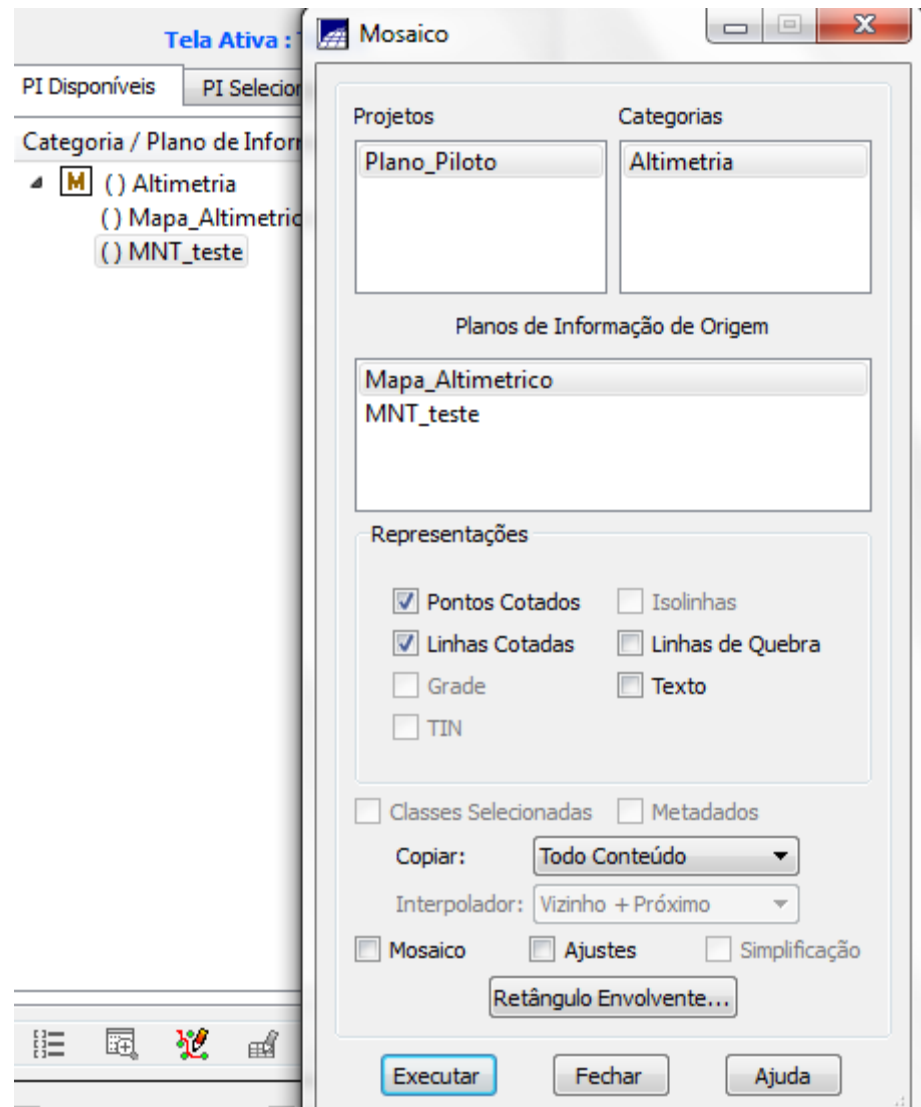
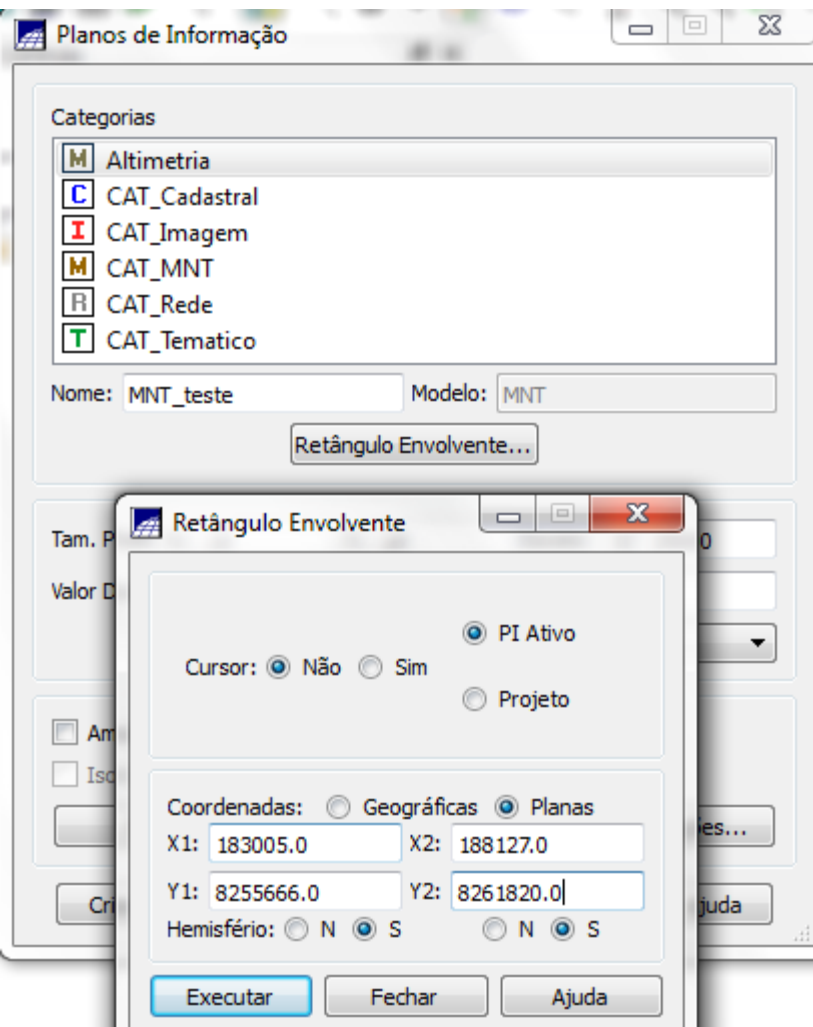
## Passo 3 - Gerar toponímia para amostras





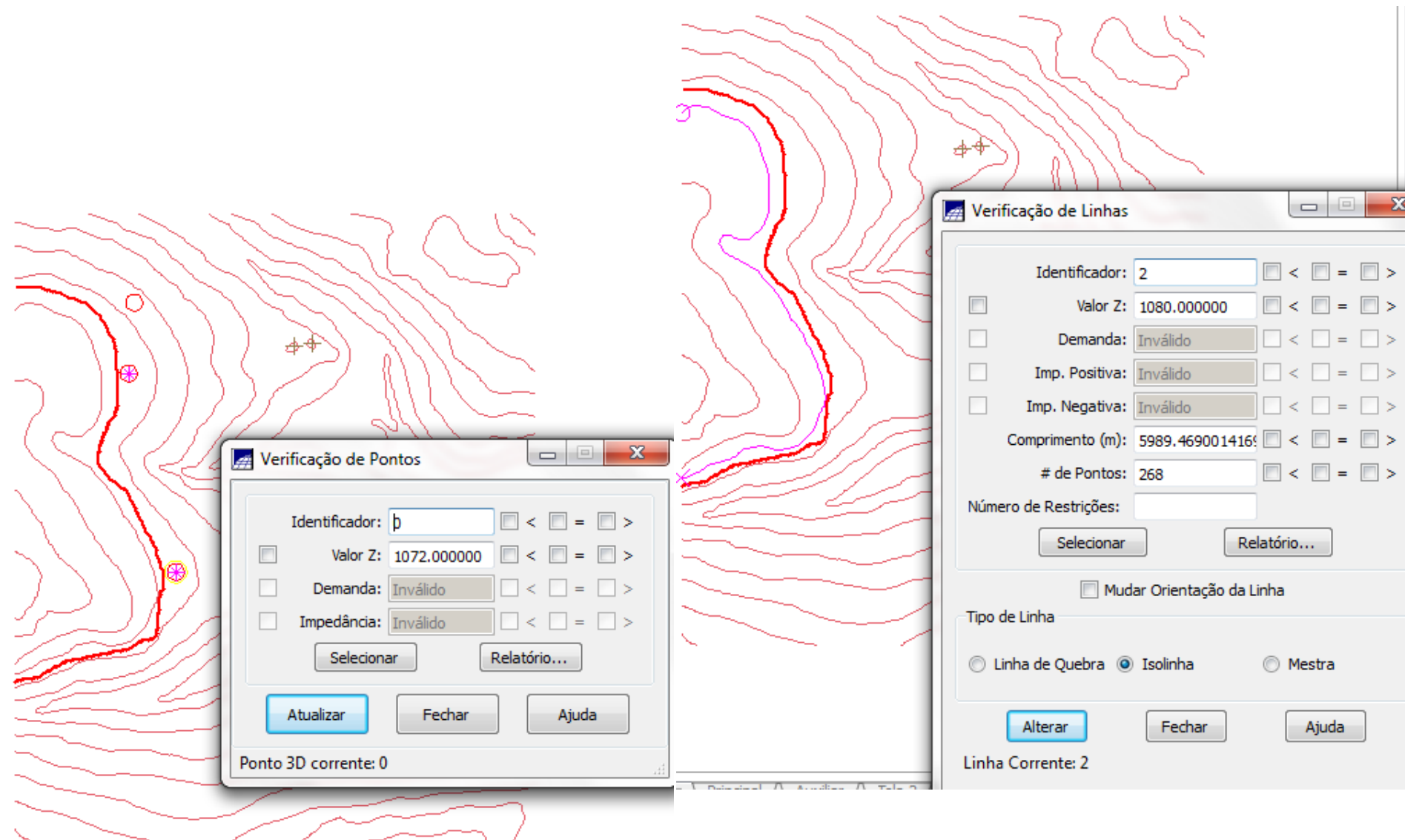
# Exercício 3 – Edição de Modelo Numérico de Terreno

## Passo 1 - Criar um novo PI numérico e fazer cópia do mapa altimétrico



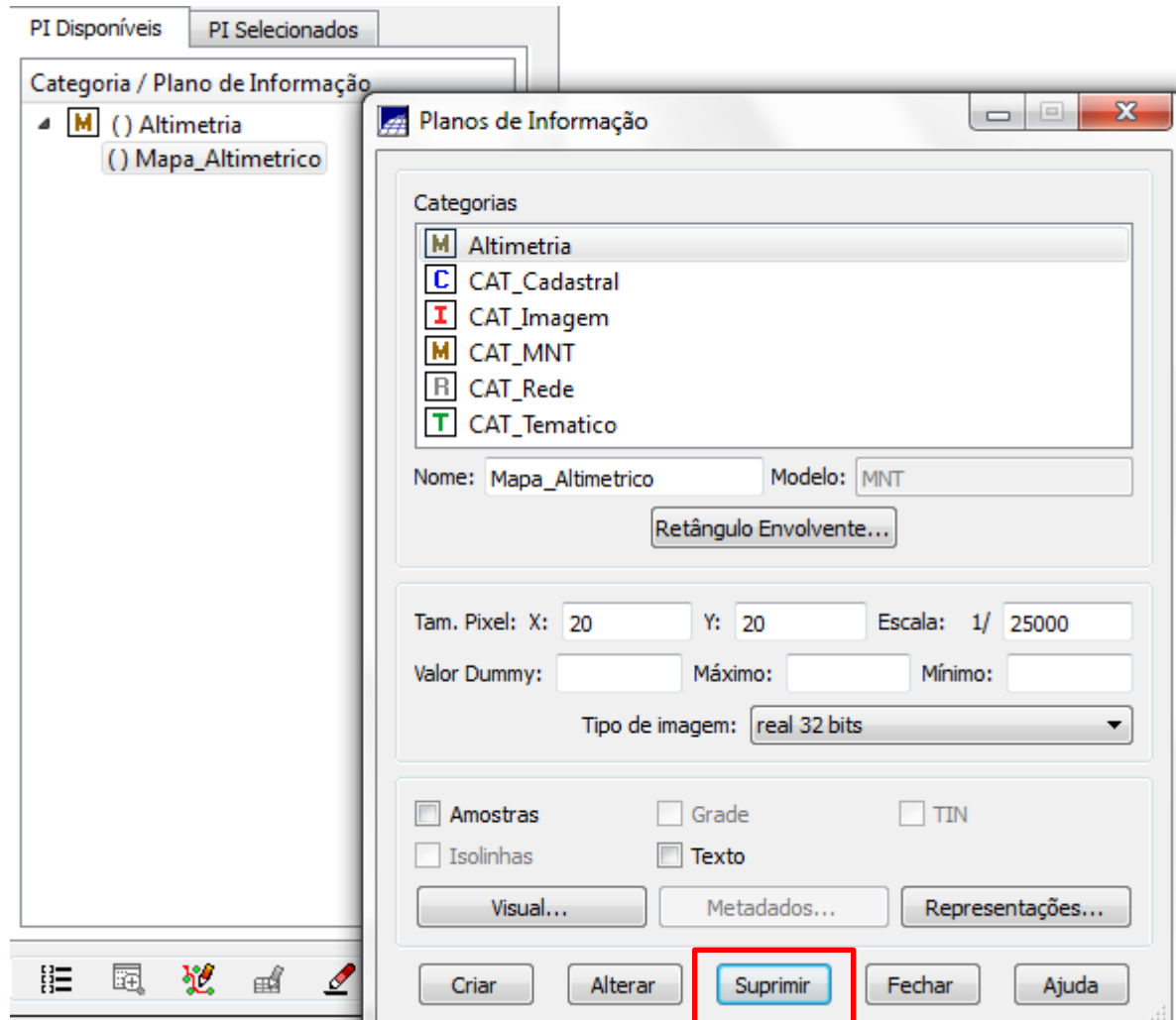
# Exercício 3 – Edição de Modelo Numérico de Terreno

## Passo 2 - Editar isolinhas e pontos cotados num PI numérico



# Exercício 3 – Edição de Modelo Numérico de Terreno

## Passo 3 - Suprimir o PI MNT\_Teste



# Exercício 4 – Gerar Grade Triangular com e Sem Linha de Quebra

## Sem Linha de Quebra

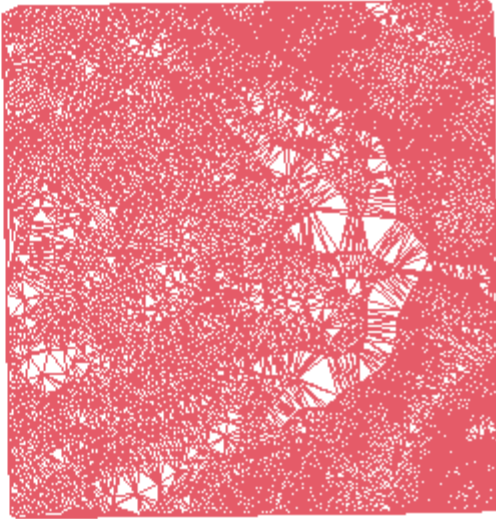
Tela Ativa : Auxiliar

PI Disponíveis    PI Selecionados

Categoria / Plano de Informação

- ▾  (V) Altimetria
  - Mapa\_Altimetrico
  - (Ti) MNT-tin

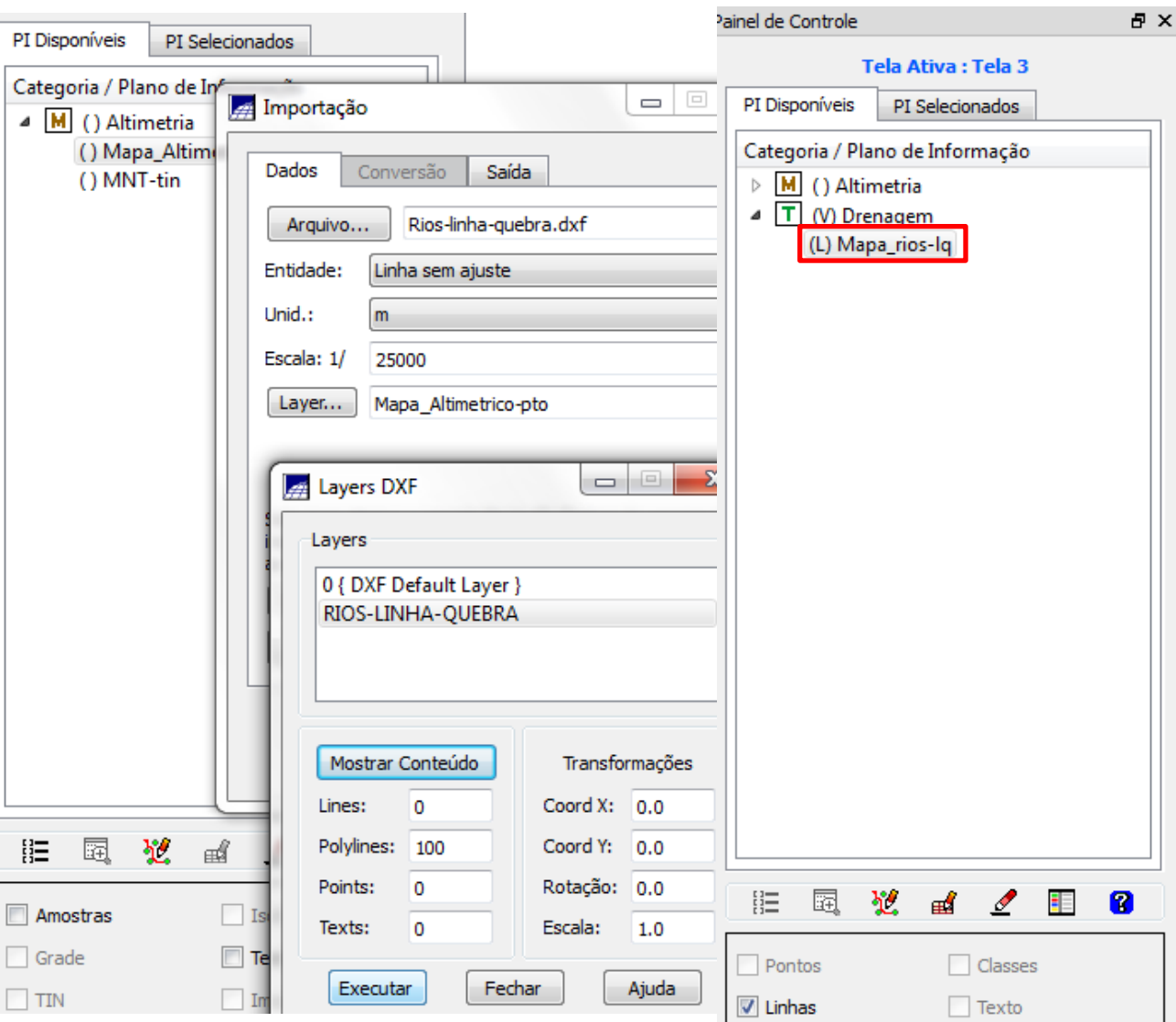
Amostras     Isolinhas  
 Grade     Texto  
 TIN     Imagem



# Exercício 4 – Gerar Grade Triangular com e Sem Linha de Quebra

## Com Linha de Quebra

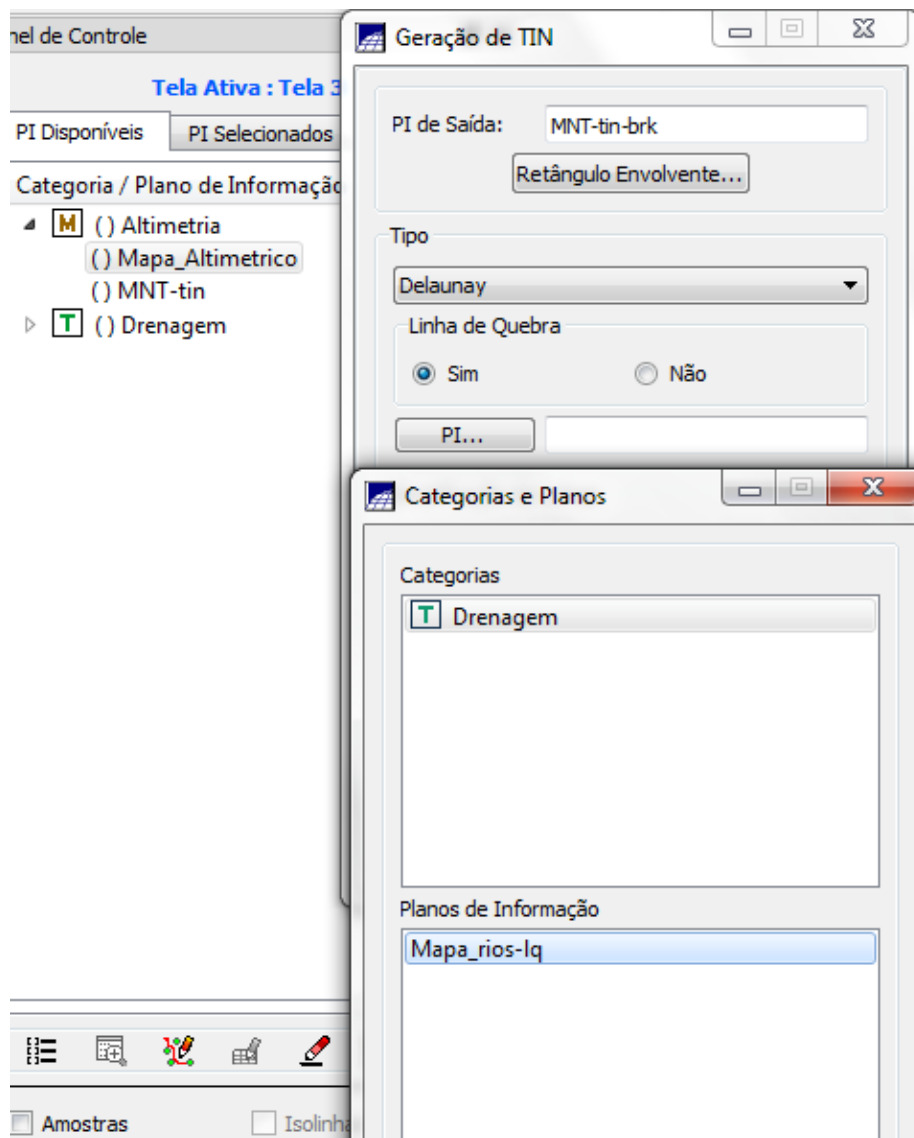
### Passo 1 - Importar a drenagem de arquivo DXF para PI temático



# Exercício 4 – Gerar Grade Triangular com e Sem Linha de Quebra

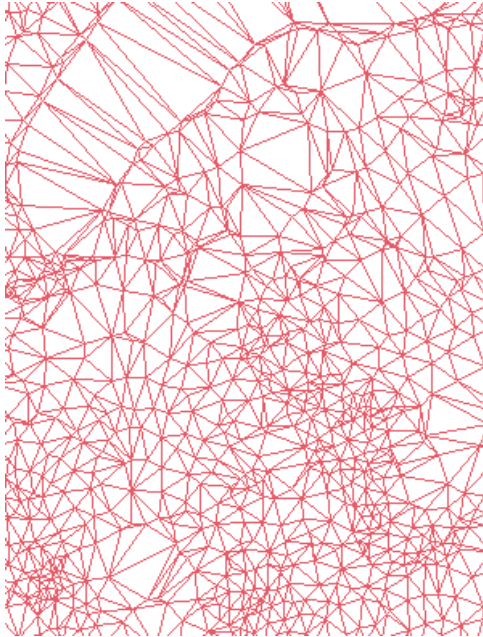
## Com Linha de Quebra

**Passo 2 - Gerar grade triangular utilizando o PI drenagem como linha de quebra**

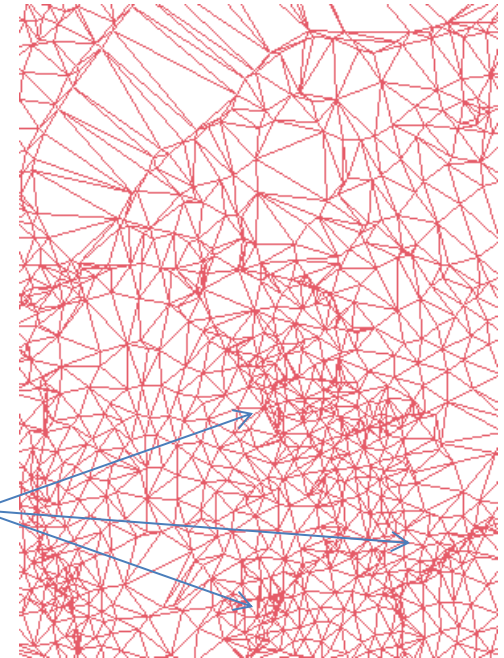


# Exercício 4 – Gerar Grade Triangular com e Sem Linha de Quebra

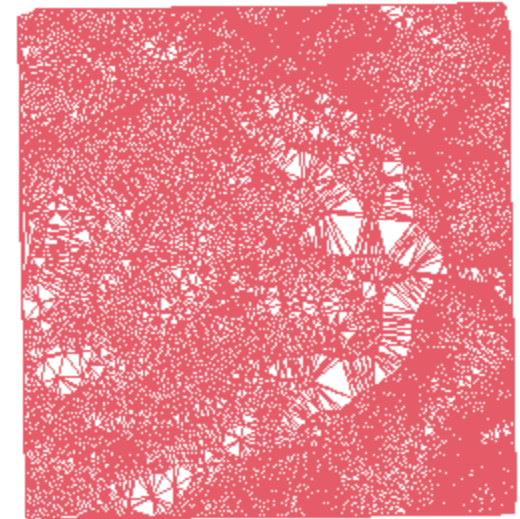
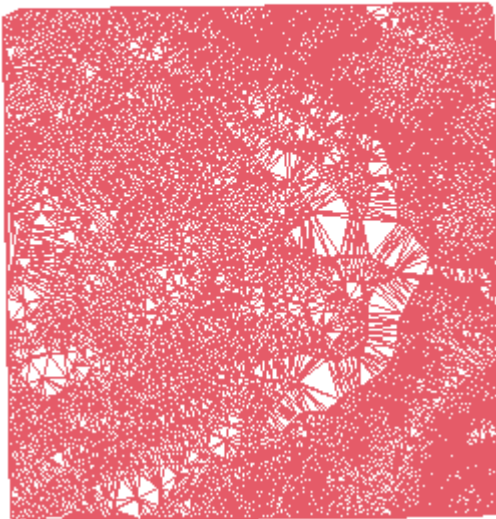
Sem Linha de Quebra



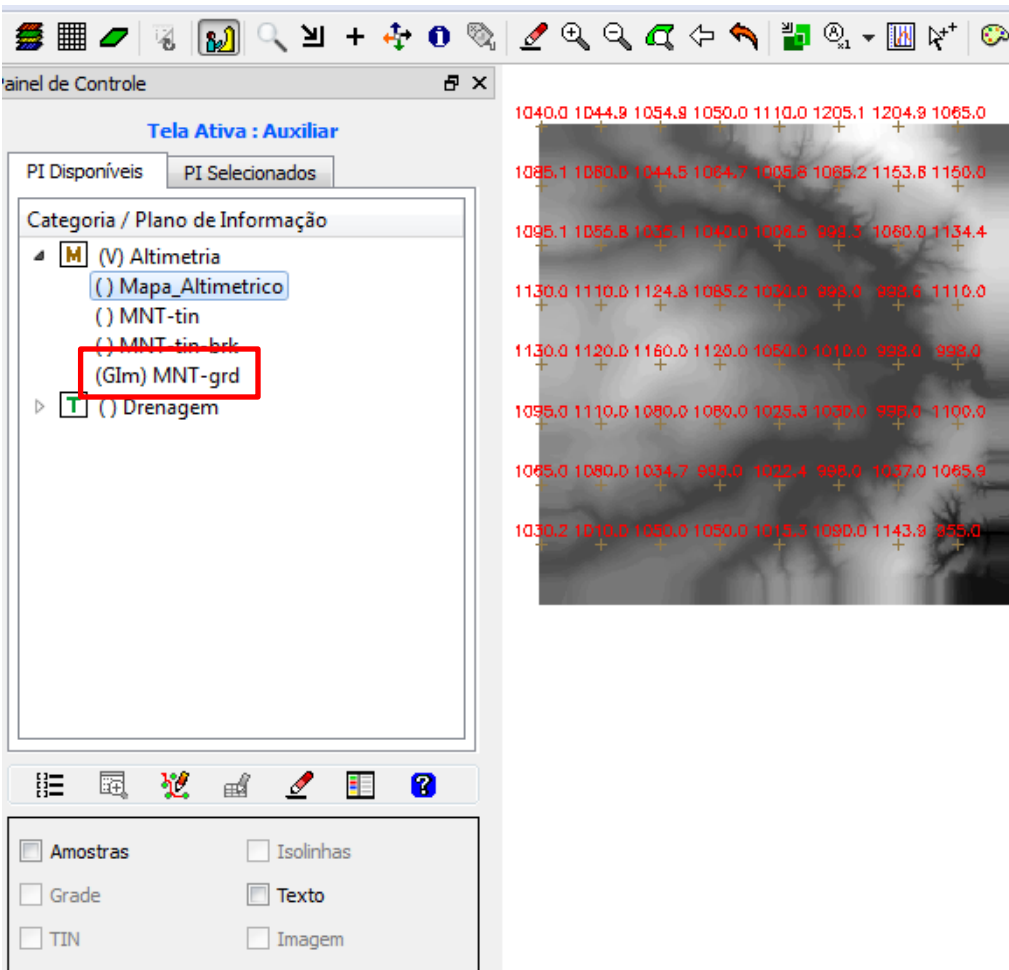
Com Linha de Quebra



Triangulação mais refinada com linha de quebra.



# Exercício 5 – Gerar Grades Retangulares de Amostras e de Outras Grades



⇒ Gerando grade retangular a partir das amostras:

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Amostra)
- {Plano de Saída: MNT-grd}
- {Resolução X(m): 50}, {Y(m): 50}
- (Interpolador ⇔ Média Pond/Cota/Quad)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com outros interpoladores

⇒ Refinar grade retangular a partir de outra grade retangular:

## Painel de Controle

- Ativar o plano de informação MNT-grd da categoria Altimetria

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Grade)
- {Plano de Saída: MNT-grd-10}
- {Resolução X(m): 10}, {Y(m): 10}
- (Interpolador ⇔ Bilinear)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com interpolador bicúbico

⇒ Gerando grade retangular a partir de grade triangular:

## Painel de Controle

- Ativar o plano de informação MNT-tin-brk da categoria Altimetria

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ TIN)
- {Plano de Saída: MNT-grd-tin}
- {Resolução X(m): 20}, {Y(m): 20}
- (Interpolador ⇔ Linear)
- (Executar)

\* Visualizar, na tela ativa, a Grade. Observe que somente alguns pontos da grade são mostrados. Utilize ferramenta de zoom, se desejar ver mais pontos.



# Exercício 5 – Gerar Grades Retangulares de Amostras e de Outras Grades

⇒ Gerando grade retangular a partir das amostras:

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Amostra)
- {Plano de Saida: MNT-grd}
- {Resolução X(m): 50}, {Y(m): 50}
- (Interpolador ⇔ Média Pond/Cota/Quad)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com outros interpoladores

⇒ Refinar grade retangular a partir de outra grade retangular:

## Painel de Controle

- Ativar o plano de informação MNT-grd da categoria Altimetria

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Grade)
- {Plano de Saida: MNT-grd-10}
- {Resolução X(m): 10}, {Y(m): 10}
- (Interpolador ⇔ Bilinear)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com interpolador bicúbico

⇒ Gerando grade retangular a partir de grade triangular:

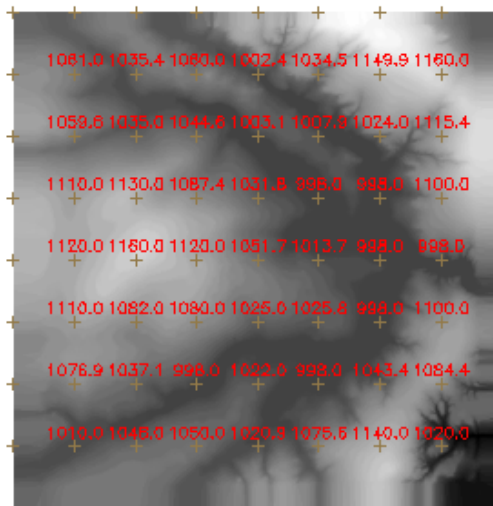
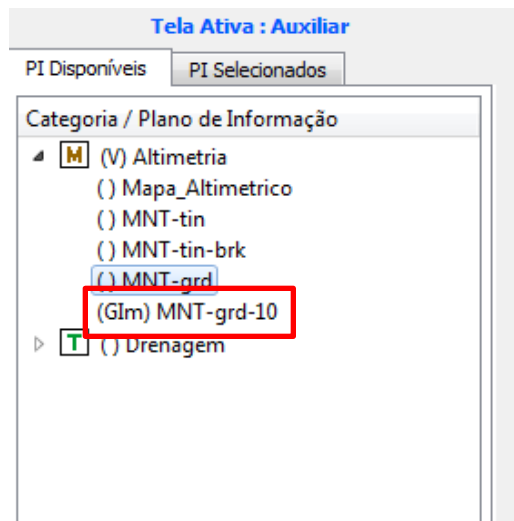
## Painel de Controle

- Ativar o plano de informação MNT-tin-brk da categoria Altimetria

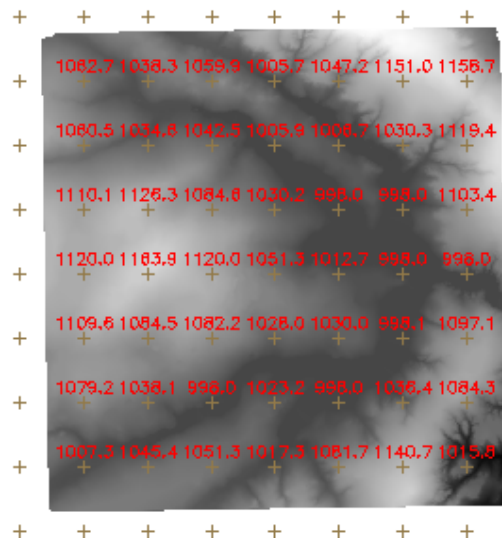
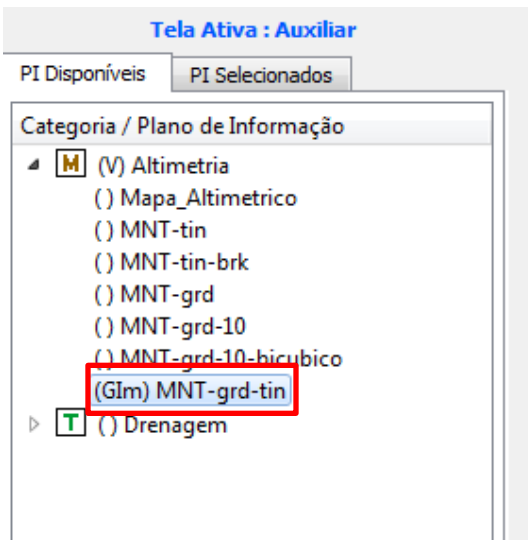
## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ TIN)
- {Plano de Saida: MNT-grd-tin}
- {Resolução X(m): 20}, {Y(m): 20}
- (Interpolador ⇔ Linear)
- (Executar)

\* Visualizar, na tela ativa, a Grade. Observe que somente alguns pontos da grade são mostrados. Utilize ferramenta de zoom, se desejar ver mais pontos.



# Exercício 5 – Gerar Grades Retangulares de Amostras e de Outras Grades



⇒ Gerando grade retangular a partir das amostras:

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Amostra)
- {Plano de Saida: MNT-grd}
- {Resolução X(m): 50}, {Y(m): 50}
- (Interpolador ⇔ Média Pond/Cota/Quad)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com outros interpoladores

⇒ Refinar grade retangular a partir de outra grade retangular:

## Painel de Controle

- Ativar o plano de informação MNT-grd da categoria Altimetria

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ Grade)
- {Plano de Saida: MNT-grd-10}
- {Resolução X(m): 10}, {Y(m): 10}
- (Interpolador ⇔ Bilinear)
- (Executar)
- \* Visualizar a grade gerada.
- \* Repetir procedimento com interpolador bicúbico

⇒ Gerando grade retangular a partir de grade triangular:

## Painel de Controle

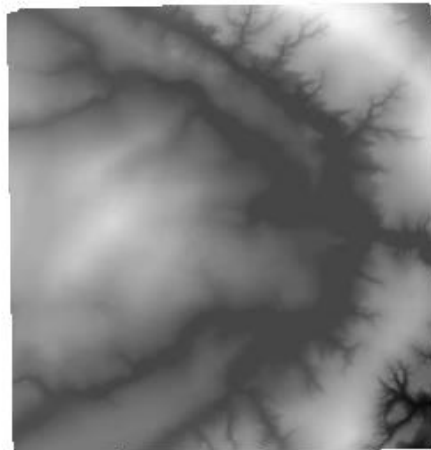
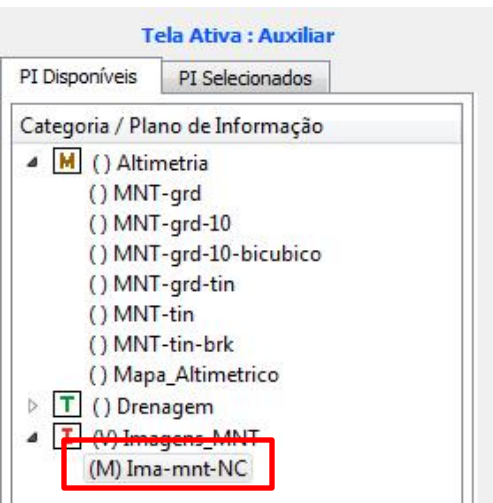
- Ativar o plano de informação MNT-tin-brk da categoria Altimetria

## Geração de Grade

- (Entrada ⇔ TIN)
- {Plano de Saida: MNT-grd-tin}
- {Resolução X(m): 20}, {Y(m): 20}
- (Interpolador ⇔ Linear)
- (Executar)

\* Visualizar, na tela ativa, a Grade. Observe que somente alguns pontos da grade são mostrados. Utilize ferramenta de zoom, se desejar ver mais pontos.

# Exercício 6 – Geração de Imagem para Modelo Numérico



⇒ Gerando imagem em nível de cinza:

- # Iniciar – Programas – Spring<mun\_versão> - Spring<mun\_versão>

**SPRING**

- Ativar banco de dados Curso
- Ativar projeto Plano\_Piloto
- Crie uma categoria de nome **Imagens\_MNT** do modelo **Imagem**.
- Ativar o plano de informação **MNT-grd-tin** da categoria **Altimetria**
- [MNT][Geração de Imagem...]

**Geração de Imagem MNT**

- (Imagem ⇔ Nível de Cinza)
- (Categoria de Saída...)

**Lista de Categorias**

- (Categorias | Imagens\_MNT) categoria sugerida acima e  
mente criada.

- (Executar)

**Geração de Imagem MNT**

- {Plano de Saída: Ima-mnt-NC}

- (Executar)

\* Selecione no Painel de Controle o PI Ima-mnt-NC, da categoria Imagens\_MNT, e desenhe na tela ativa.

⇒ Gerando imagem sombreada:

- Ativar o plano de informação **MNT-grd-tin** da categoria **Altimetria**

**Geração de Imagem MNT**

- (Imagem ⇔ Sombreada)
- (Categoria de Saída...)

**Lista de Categorias**

- (Categorias | Imagens\_MNT) categoria sugerida acima e previamente  
criada.

- (Executar)

**Geração de Imagem MNT:**

- {Plano de Saída: Ima-mnt-SOM}

- {Azimute (graus): 45}

- {Elevação (graus): 45}

- {Exagero de Relevo: 10}

- (Executar)

\* Selecione no Painel de Controle o PI Ima-mnt-SOM, da categoria Imagens\_MNT, e desenhe na tela ativa.

# Exercício 6 – Geração de Imagem para Modelo Numérico

**Geração de Imagem MNT**

Imagem:  Nível de Cinza  Sombreada

VMin: 912.946472167969 VMax: 1220

Categoria de Saída...: Imagens\_MNT

PI de Saída: Ima-mnt-SOM

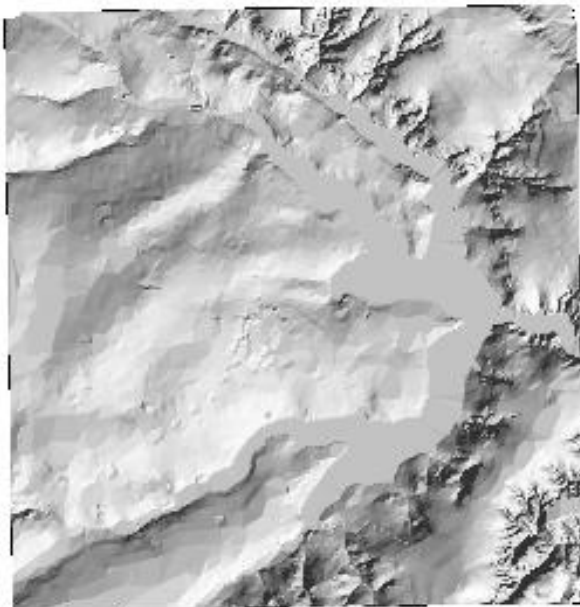
8 bits sem sinal ( 0...255)

Parâmetros de Iluminação

Azimute (graus): 45. Elevação (graus): 45.

Exagero de Relev: 10

Executa



⇒ Gerando imagem em nível de cinza:

- # Iniciar – Programas – Spring<mun\_versão> - Spring<mun\_versão>

**SPRING**

- Ativar banco de dados Curso
- Ativar projeto **Plano\_Piloto**
- Crie uma categoria de nome **Imagens\_MNT** do modelo **Imagem**.
- Ativar o plano de informação **MNT-grd-tin** da categoria **Altimetria**
- [MNT][Geração de Imagem...]

**Geração de Imagem MNT**

- (Imagem ⇔ Nível de Cinza)
- (Categoria de Saída...)

**Lista de Categorias**

- (Categorias | Imagens\_MNT) categoria sugerida acima e previamente criada.

- (Executar)

**Geração de Imagem MNT**

- {Plano de Saída: Ima-mnt-NC}
- (Executar)

\* Selecione no Painel de Controle o PI Ima-mnt-NC, da categoria Imagens\_MNT, e desenhe na tela ativa.

⇒ Gerando imagem sombreada:

- Ativar o plano de informação **MNT-grd-tin** da categoria **Altimetria**

**Geração de Imagem MNT**

- (Imagem ⇔ Sombreada)
- (Categoria de Saída...)

**Lista de Categorias**

- (Categorias | Imagens\_MNT) categoria sugerida acima e previamente criada.

- (Executar)

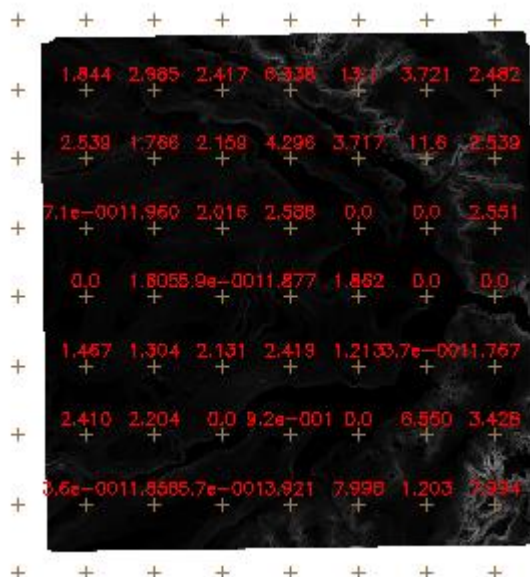
**Geração de Imagem MNT:**

- {Plano de Saída: Ima-mnt-SOM}
- {Azimute (graus): 45}
- {Elevação (graus): 45}
- {Exagero de Relev: 10}

- (Executar)

\* Selecione no Painel de Controle o PI Ima-mnt-SOM, da categoria Imagens\_MNT, e desenhe na tela ativa.

# Exercício 7 – Geração de Grade Declividade



⇒ *Geração de Grade de Declividade:*

- # *Iniciar – Programas – Spring<num\_versão> - Spring<num\_versão>*

**SPRING**

- Ativar banco de dados Curso

- Ativar projeto **Plano\_Piloto**

- Crie uma categoria de nome **Grades\_Numéricas** do modelo **Numérico**.

- Ativar o plano de informação **MNT-grd-tin** da categoria **Altimetria**

⇒ *Gerando declividade em graus a partir de grade retangular:*

- [MNT][Declividade...]

**Declividade**

- (Entrada ⇔ Grade)

- (Saída ⇔ Declividade)

-(Unidade ⇔ Graus)

- (Categoria de Saída...)

**Lista de Categorias**

- (Categorias | Grades\_Numéricas) categoria sugerida acima e previamente criada pelo usuário.

- (Executar)

**Declividade**

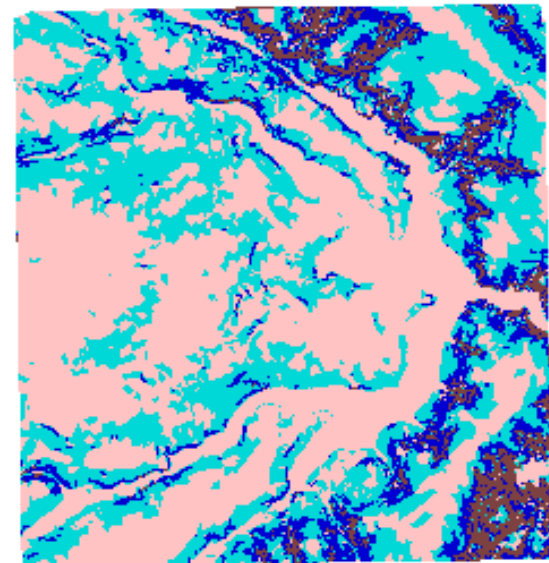
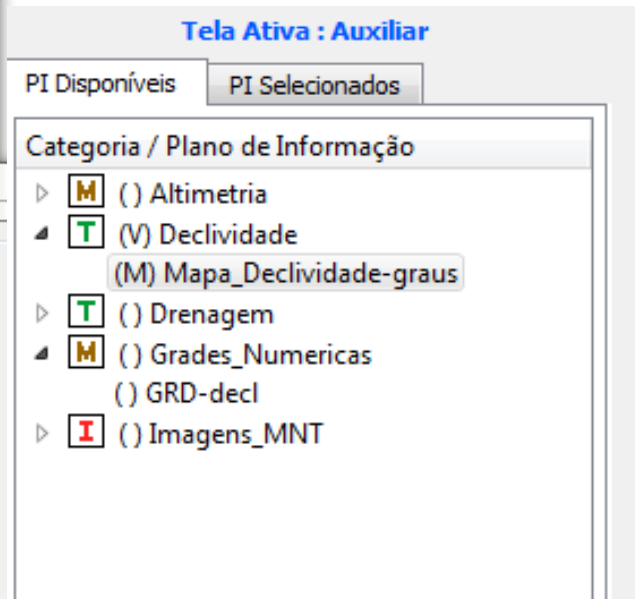
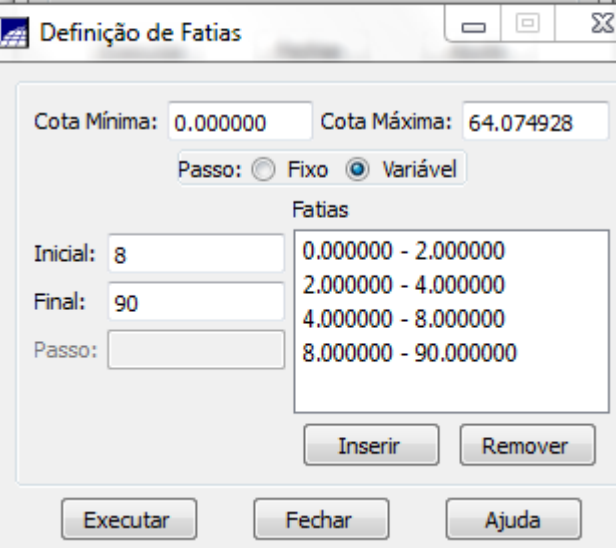
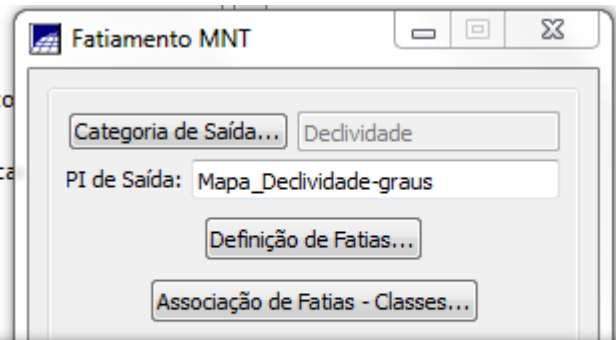
- {Plano de Saída: GRD-decl}

- (Executar)

\* *Visualizar a grade de declividade gerada*

# Exercício 8 – Fatiamento de Grade Numérico

## Mapa de Declividade



# Exercício 9 – Geração de Perfil a Partir de Grades

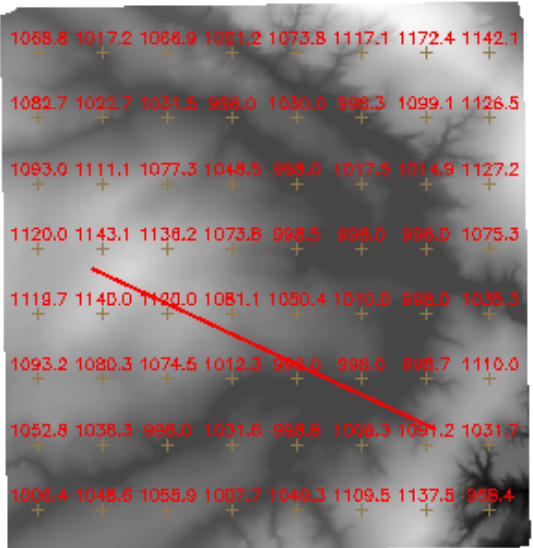
Panel de Controle

Tela Ativa : Principal

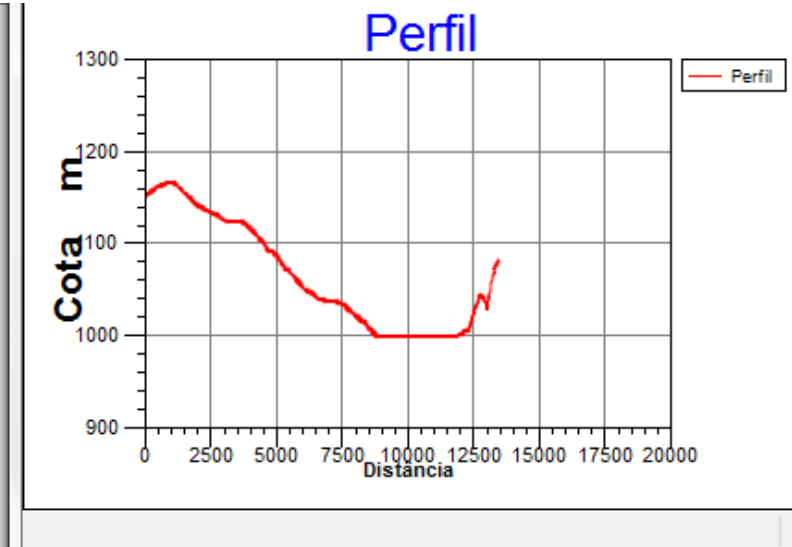
PI Disponíveis    PI Selecionados

Categoria / Plano de Informação

- (V) Altimetria
  - ( ) MNT-grd
  - ( ) MNT-grd-10
  - ( ) MNT-grd-10-bicubico
  - (G) MNT-grd-tin
  - ( ) MNT-tin
  - ( ) MNT-tin-brk
  - ( ) Mapa\_Altimetrico
- (T) ( ) Declividade
- (T) ( ) Drenagem
- (M) ( ) Grades\_Numericas
- (V) Imagens\_MNT
  - (M) Ima-mnt-NC
  - ( ) Ima



1068.8	1017.2	1088.9	1091.2	1073.8	1117.1	1172.4	1142.1
1082.7	1022.7	1031.5	998.0	1030.0	998.3	1099.1	1126.5
1093.0	1111.1	1077.3	1048.5	998.0	1017.3	1014.9	1127.2
1120.0	1143.1	1138.2	1073.8	998.5	998.0	998.0	1075.3
1118.7	1140.0	1120.0	1081.1	1080.4	1010.0	998.0	1035.3
1093.2	1080.3	1074.5	1012.3	998.0	998.0	998.7	1110.0
1052.8	1038.3	998.0	1031.0	998.6	1008.3	1001.2	1031.7
1008.4	1048.8	1055.9	1007.7	1049.3	1109.5	1137.5	998.4



Perfil

Entrada:  Grade  TIN

Trajectoria:  Edição  PI

Linhas:  Criar  Remover

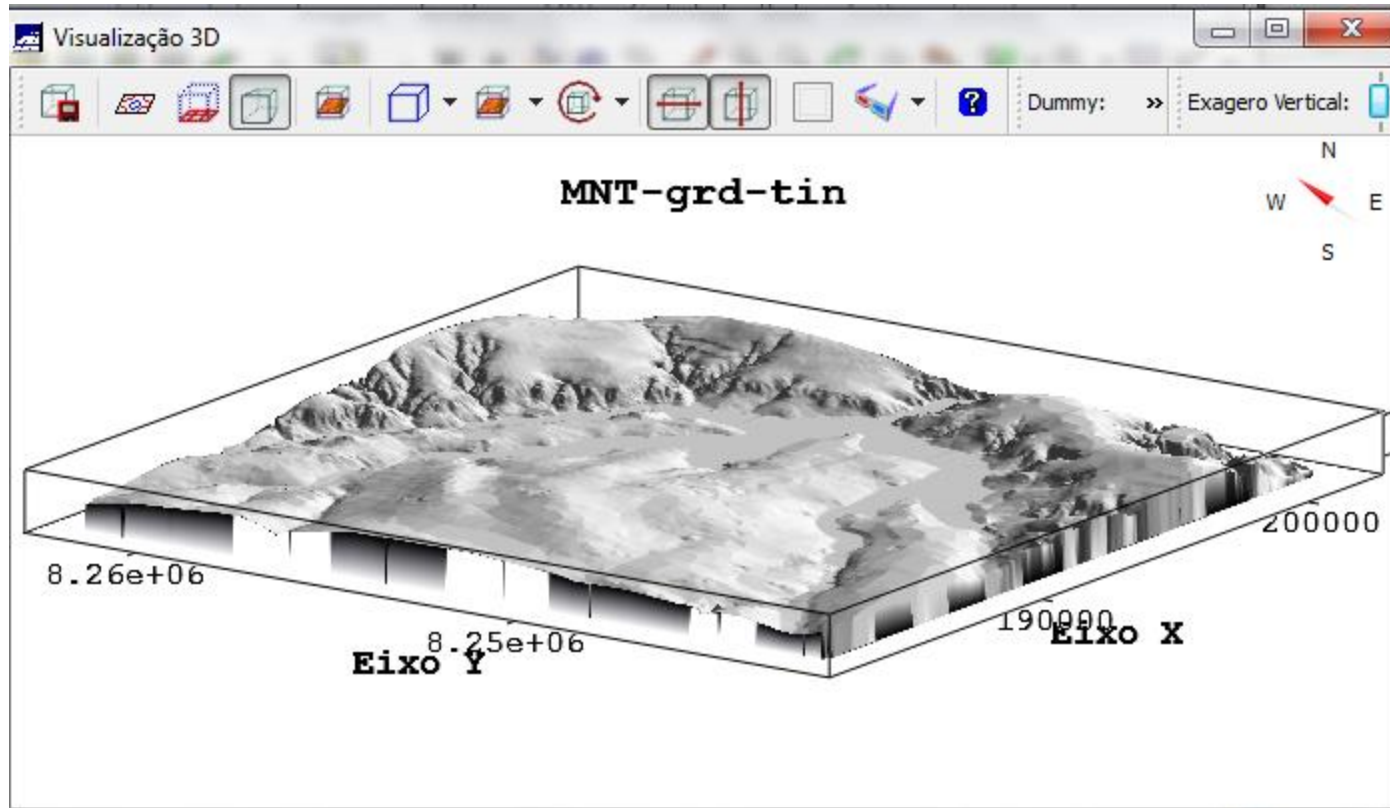
&Pontos:  Criar  Mover  Remover

Título do Gráfico: Perfil

Eixo Y: Cota    Unidade: m

Executar    Fechar    Ajuda

# Exercício 10 – Visualização de Imagem em 3D





# Conclusão

A criação de um modelo numérico de terreno corresponde a uma nova maneira de enfocar o problema da elaboração e implantação de projetos.

Algumas informações que por métodos descritivos não é possível identificar padrão ou tendência, pode ser observada por MNT.

Dados de MNT usados em declividade são interessantes, pois mostram direção e sentido de fluxos, o que não se observa com dados numéricos e inferir sobre trajetória.

Este laboratório apresentou uma visão geral dos processamentos de análises que podem fazer parte de um sistema de modelagem digital de terreno desenvolvido no ambiente de um SIG.