
MNT:
MODELAGEM NUMÉRICA DE TERRENOS

LEB 450 - Topografia e Geoprocessamento II

Prof. Carlos A. Vettorazzi

1. Introdução

- **MODELO** : Representação da realidade sob a forma material (representação tangível) ou sob a forma simbólica (representação abstrata).

- **MODELOS DO TERRENO:**

1. MAQUETES (“MODELS”, em inglês)
 2. MAPAS (cartas, plantas)
 3. MODELO ESTEREOSCÓPICO
 4. MODELO DIGITAL OU NUMÉRICO
-

1. Introdução

- **MODELO DIGITAL DO TERRENO:**
 - *DTM - DIGITAL TERRAIN MODEL*: Termo introduzido em 1958, por Miller e La Flame (M.I.T.) e assim definido:
 - “O Modelo Digital do Terreno (MDT) é uma representação estatística da superfície contínua do terreno, por meio de pontos selecionados, com coordenadas X, Y, Z determinadas, em um dado sistema de coordenadas”.
-

1. Introdução

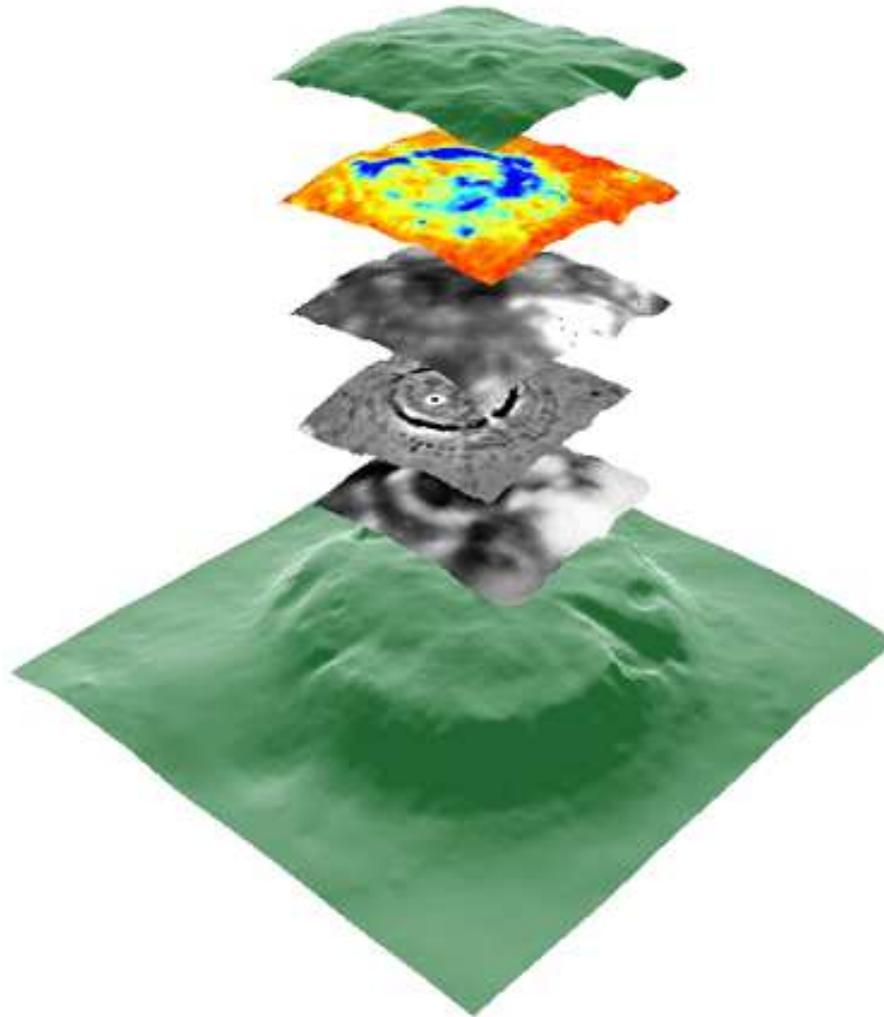
- “Um *Modelo Numérico do Terreno* (MNT) é uma representação estatística, computacional, da distribuição de um fenômeno ou fator de natureza espacial, que ocorre em determinada região da superfície terrestre. Dados de relevo, geologia, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio (batimetria), informações meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fatores representáveis por um MNT”.
-

1. Introdução

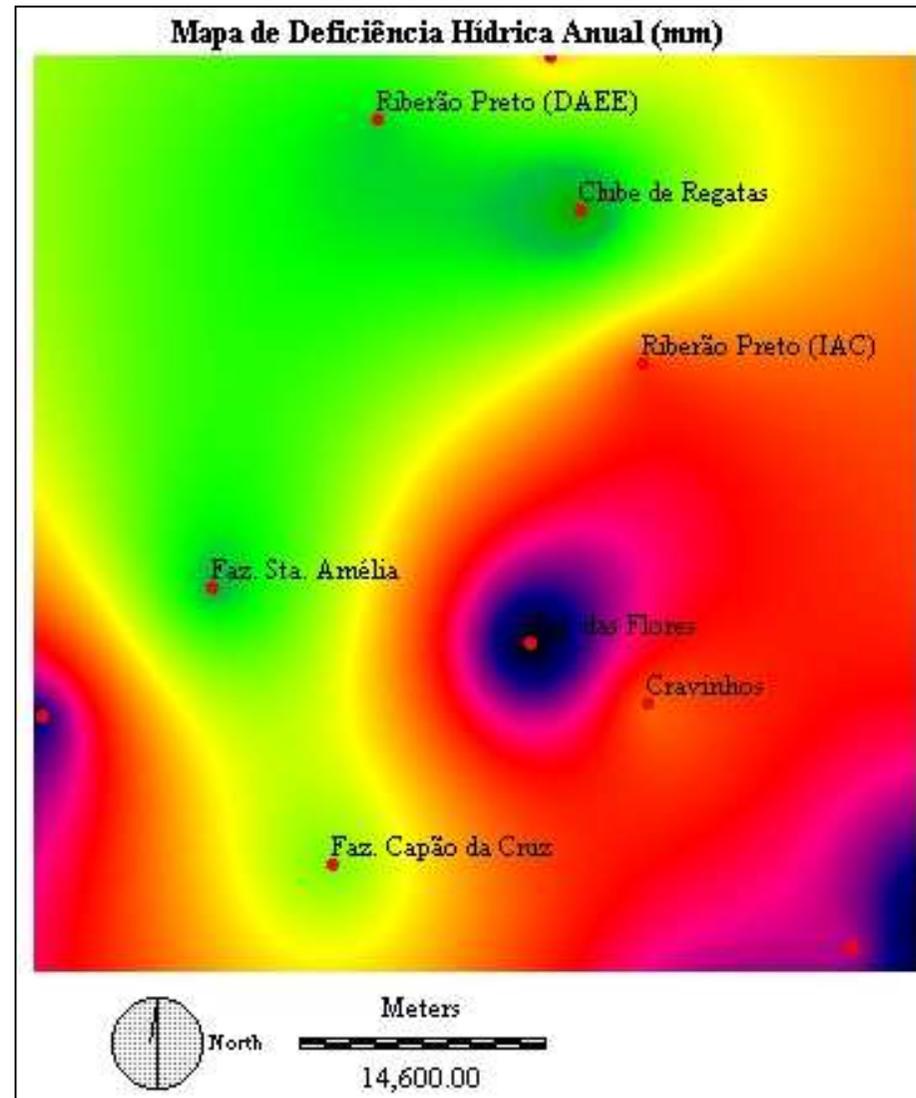
- **OUTROS TERMOS:**

1. DEM - Digital Elevation Model (USGS)
 2. DHM - Digital Height Model (Alemanha)
 3. DGM - Digital Ground Model
 4. NTM - Numerical Terrain Model
-

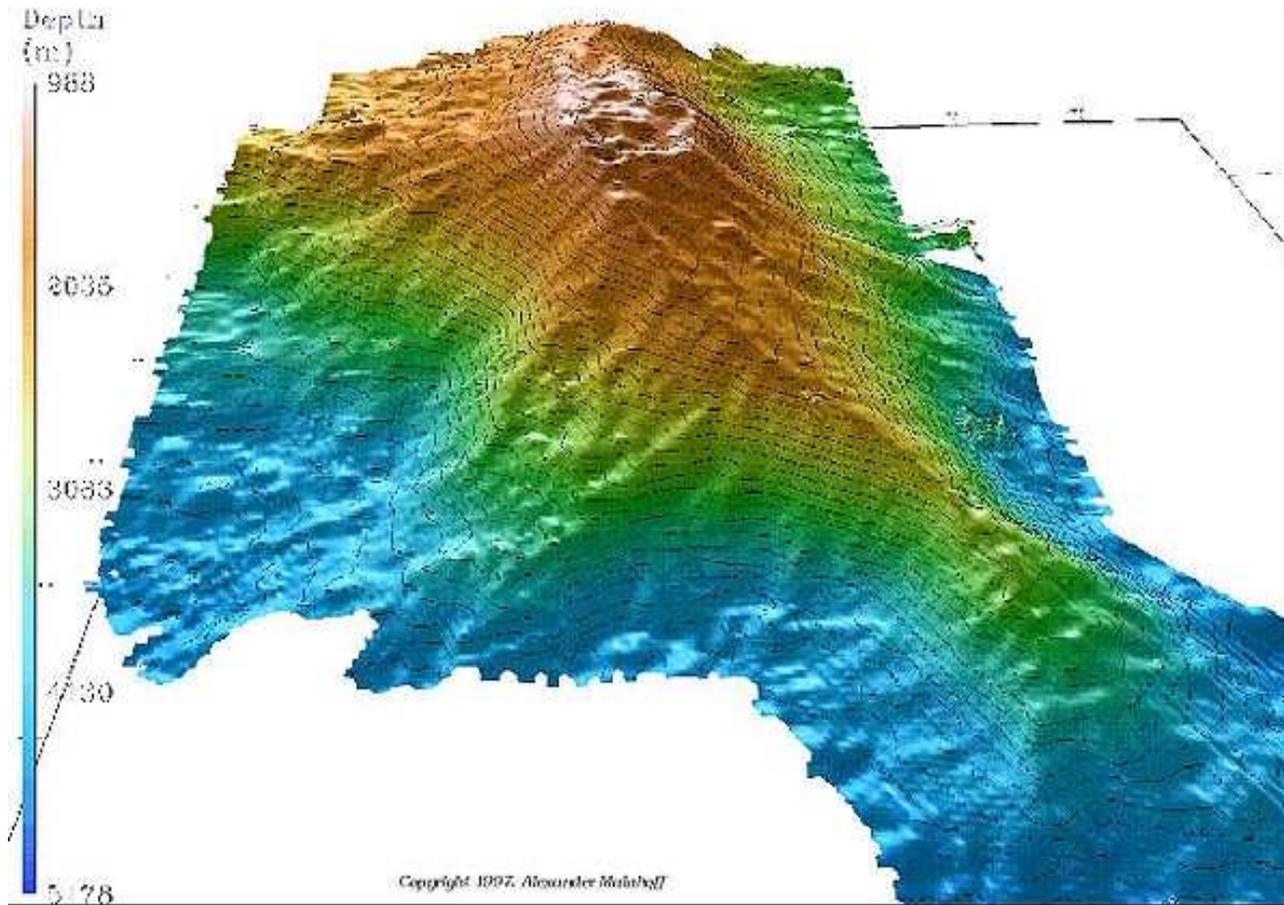
1. Introdução



1. Introdução



1. Introdução



1. Introdução

- A criação de um **Modelo Numérico do Terreno** corresponde a uma nova maneira de focar o problema da elaboração e implantação de projetos. A partir dos modelos (grades) podem-se calcular diretamente volumes, áreas, desenhar perfis e seções transversais, gerar imagens sombreadas ou em níveis de cinza, gerar mapas de declividade e aspecto (exposição), gerar fatiamentos nos intervalos desejados e perspectivas tridimensionais.
-

1. Introdução

- O processo de geração de um **Modelo Numérico de Terreno** pode ser dividido em duas etapas: a) aquisição das amostras ou *amostragem* ; e b) geração do modelo propriamente dito ou *interpolação*.
-

2. Amostragem

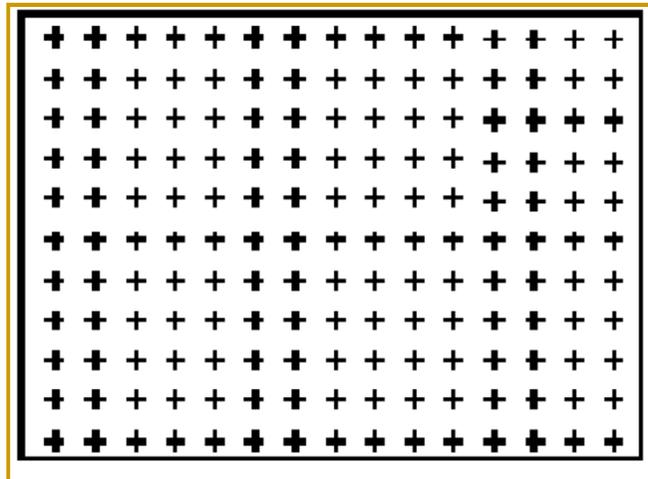
- A **amostragem** compreende a aquisição de um conjunto de pontos que representam a variação de um fenômeno espacial de interesse. Na definição de uma amostra representativa, deve-se considerar a quantidade e também o posicionamento dos pontos em relação ao comportamento da superfície ou do fenômeno a ser modelado.
 - Uma **superamostragem** de altimetria numa região plana significa **redundância** de informação enquanto que **poucos pontos** em uma região de relevo movimentado significa **escassez** de informações.
-

2. Amostragem

- As fontes mais comuns de amostras para Modelos Numéricos de Terrenos são: arquivos digitais, importados de outros sistemas; bases topográficas com isolinhas e pontos notáveis de máximos e mínimos; e levantamentos em campo transformados, de alguma forma, em informação digital.
 - Exemplos: Para dados de altimetria pode-se realizar levantamentos em campo com o auxílio de GPS. Um conjunto de amostras pode ainda ser obtido a partir de pares estereoscópicos de imagens de sensoriamento remoto.
-

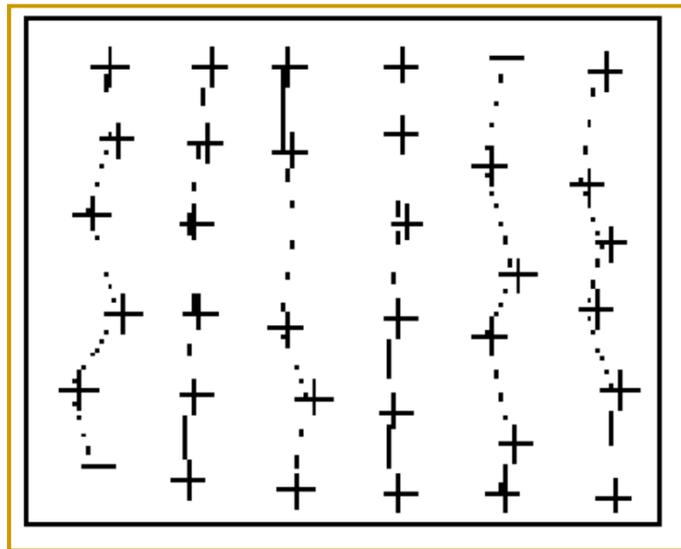
2. Amostragem

- Os dados de modelo numérico de terreno estão representados por coordenadas 3D (x, y, z). Quanto à posição relativa das amostras, pode-se classificar a amostragem em: regular, semi-regular e irregular.
- A *amostragem regular* é aquela cuja posição espacial no plano (x, y) das amostras mantém uma regularidade de distribuição.



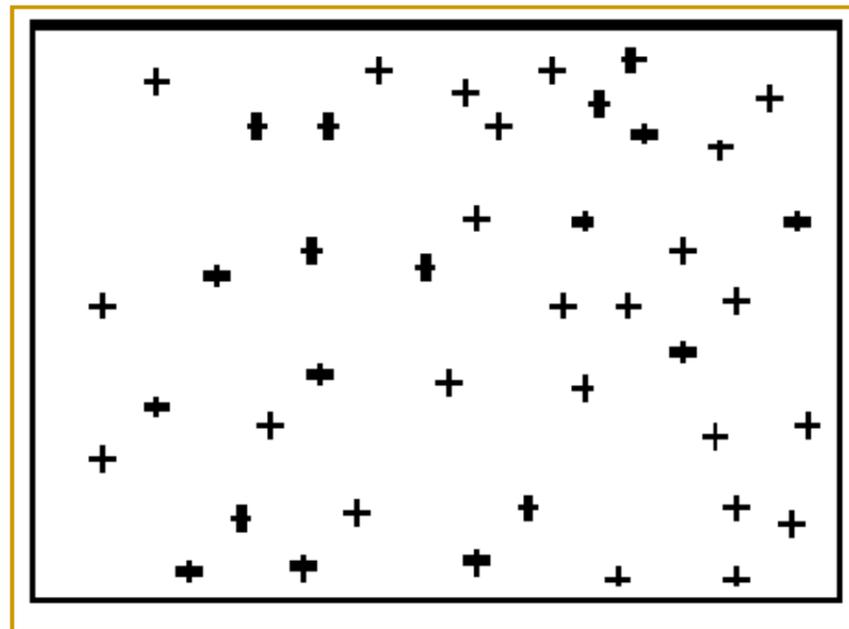
2. Amostragem

- As *amostragens semi-regulares* são aquelas que preservam a regularidade de distribuição espacial na direção x ou y mas nunca nas duas ao mesmo tempo. Amostragem por perfis, por exemplo, apresentam regularidade em uma direção pré-estabelecida.



2. Amostragem

- As *amostragens irregulares* são aquelas que não preservam a regularidade de distribuição espacial nas direções x e y.



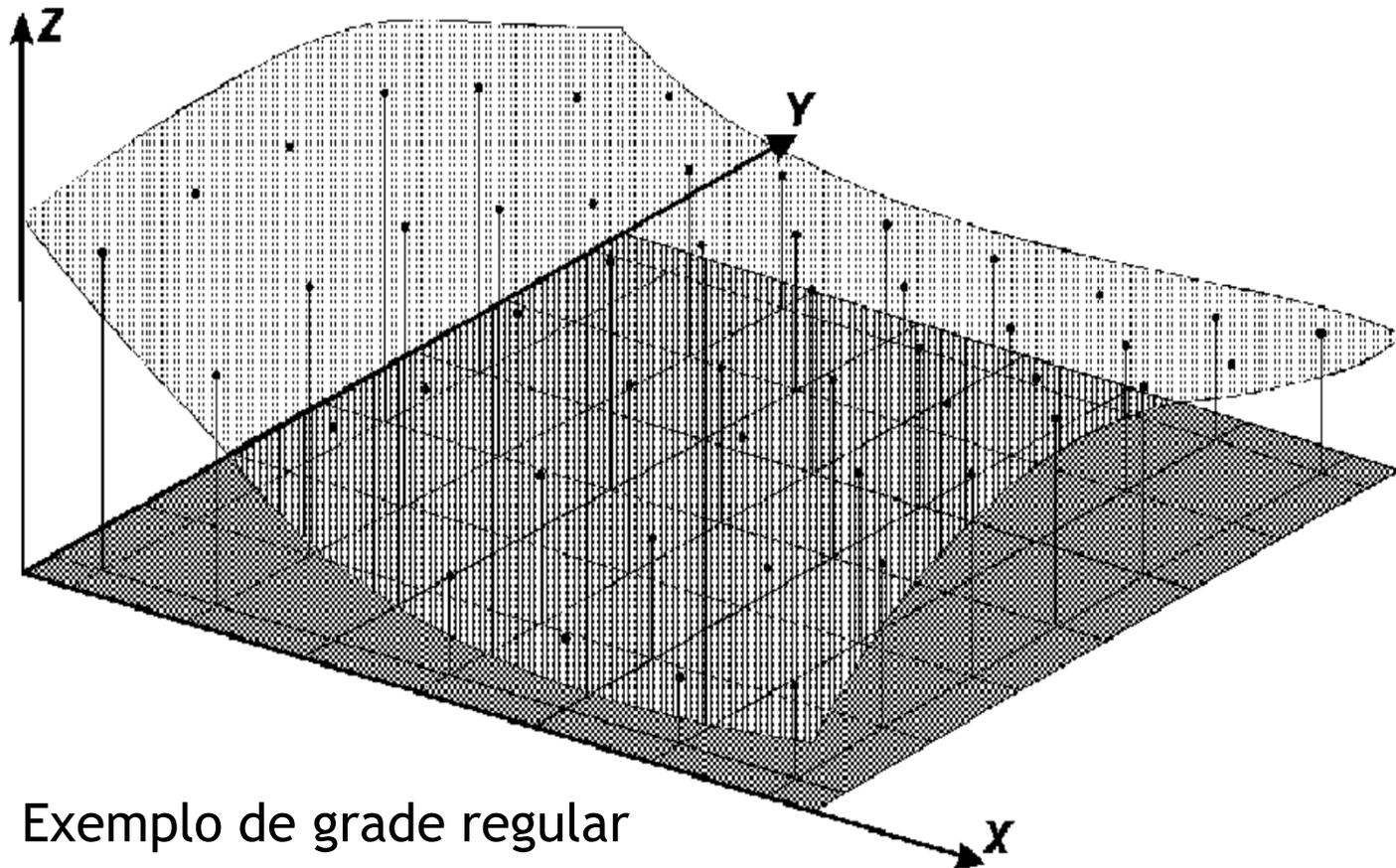
2. Amostragem

- O cuidado na escolha dos pontos e a quantidade de dados amostrados estão diretamente relacionados com a qualidade do produto final de uma aplicação sobre o modelo. Para aplicações onde se requer um grau de realismo maior, a quantidade de pontos amostrados, bem como o cuidado na escolha desses pontos, ou seja a qualidade dos dados, são decisivos. Quanto maior a quantidade de pontos representantes da superfície real, maior será o esforço computacional para que estes sejam armazenados, recuperados, processados, até que se alcance o produto final da aplicação.
-

3. Estrutura de dados para MNT

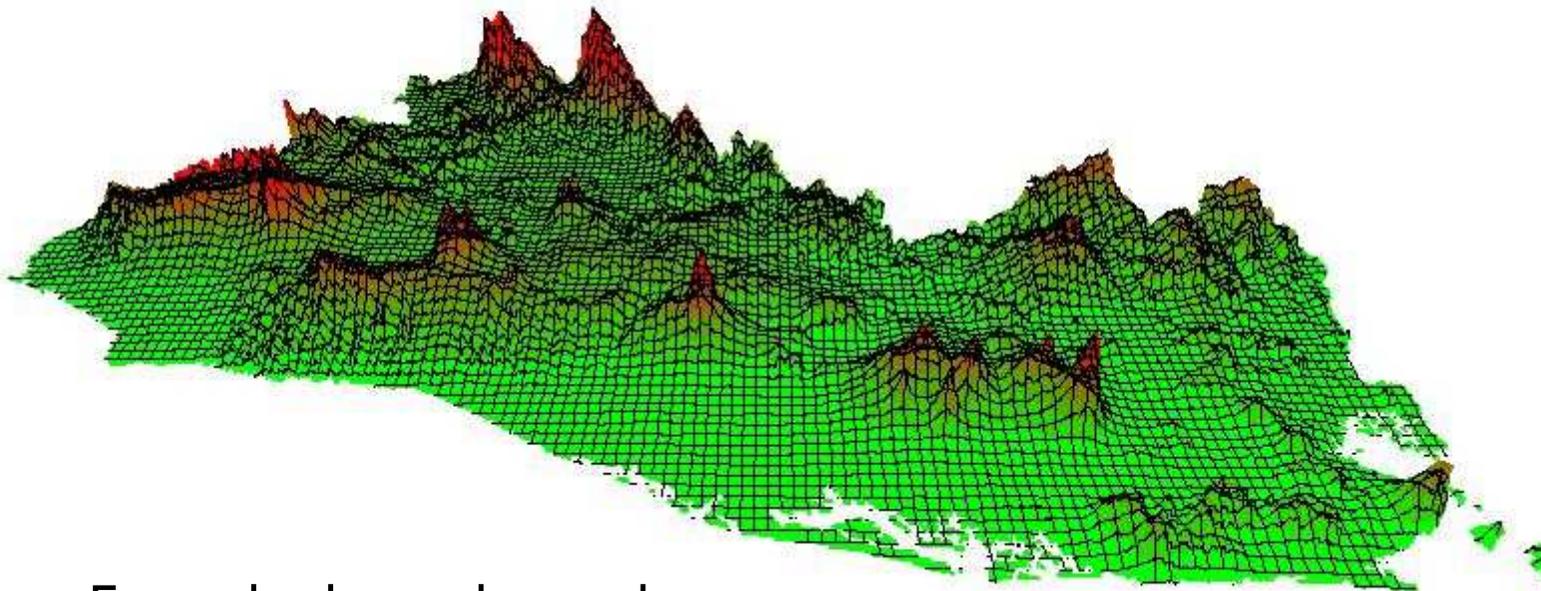
- As estruturas de dados para Modelos Numéricos de Terreno mais utilizados na prática são: os modelos de *grade regular* e os modelos de *malha triangular*. Pode-se referir a uma malha triangular por meio do anglicismo **TIN**, iniciais do termo inglês **Triangular Irregular Network**.
 - A **grade regular** é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces retangulares. Os vértices desses poliedros podem ser os próprios pontos amostrados, caso estes tenham sido adquiridos nas mesmas localizações x y que definem a grade desejada.
-

3. Estrutura de dados para MNT



Exemplo de grade regular

3. Estrutura de dados para MNT

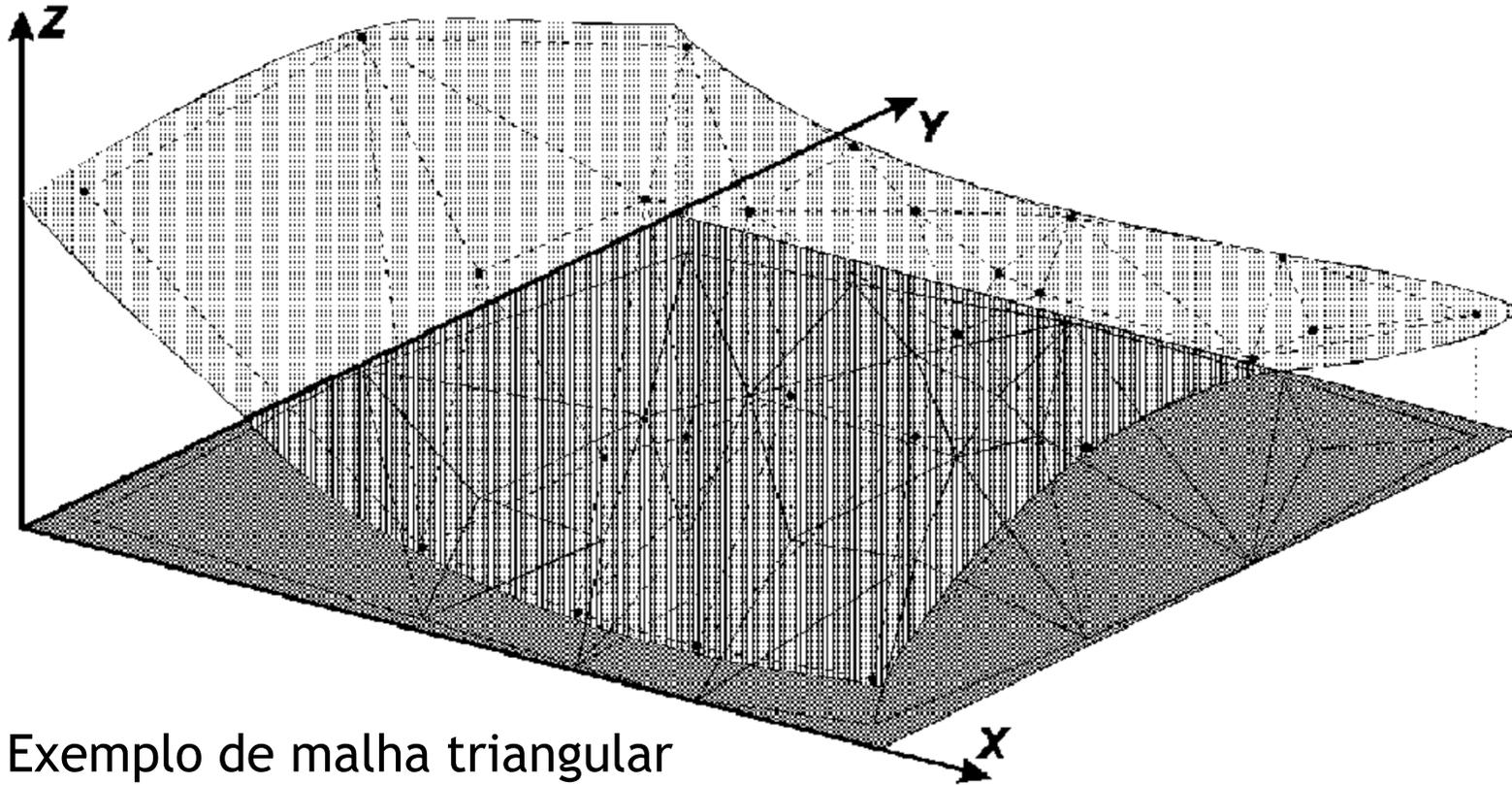


Exemplo de grade regular

3. Estrutura de dados para MNT

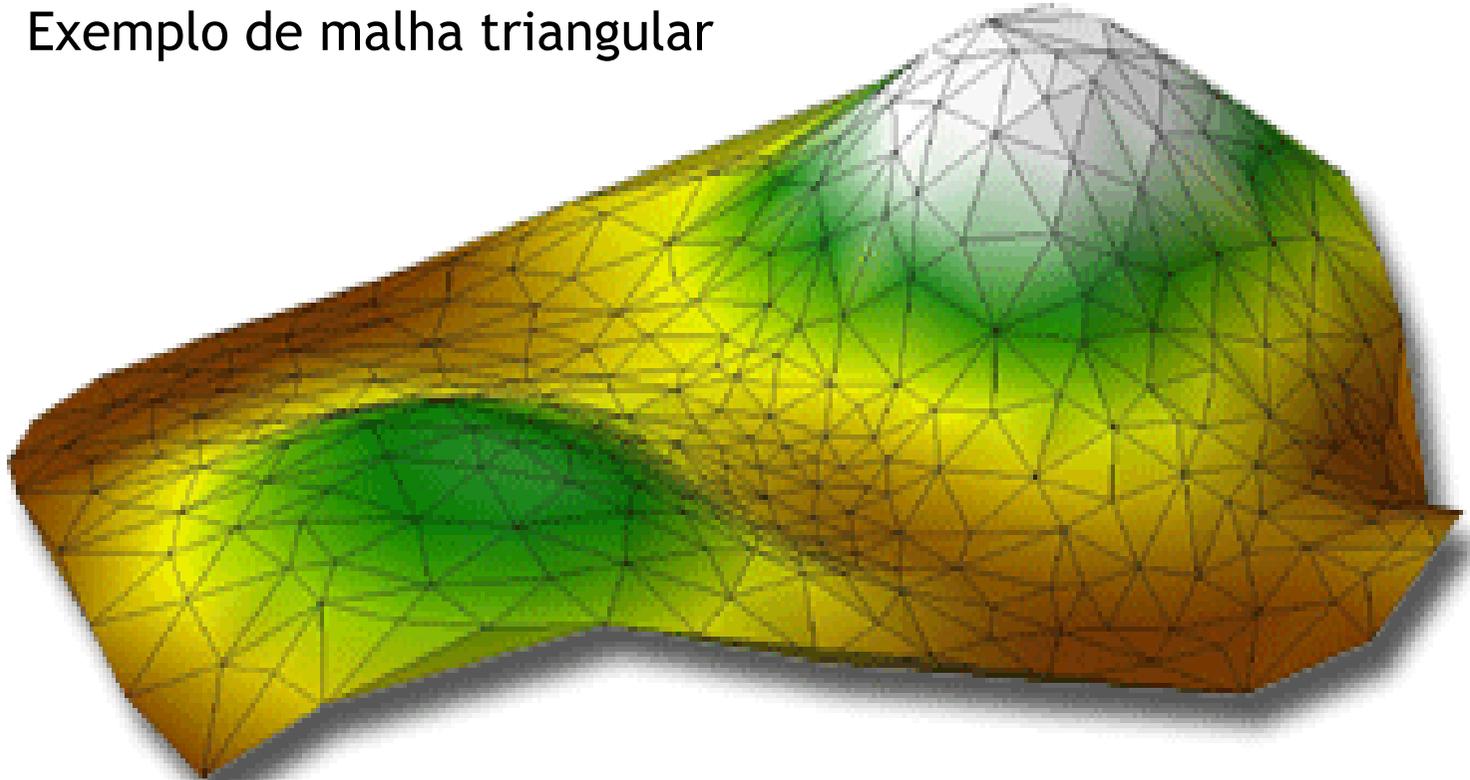
- Uma **malha triangular** é um conjunto de poliedros cujas faces são triângulos. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Essa modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as discontinuidades representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando, assim, modelar a superfície do terreno preservando suas feições geomorfológicas.
-

3. Estrutura de dados para MNT



3. Estrutura de dados para MNT

Exemplo de malha triangular



4. Geração de grades regulares

Interpoladores por média móvel

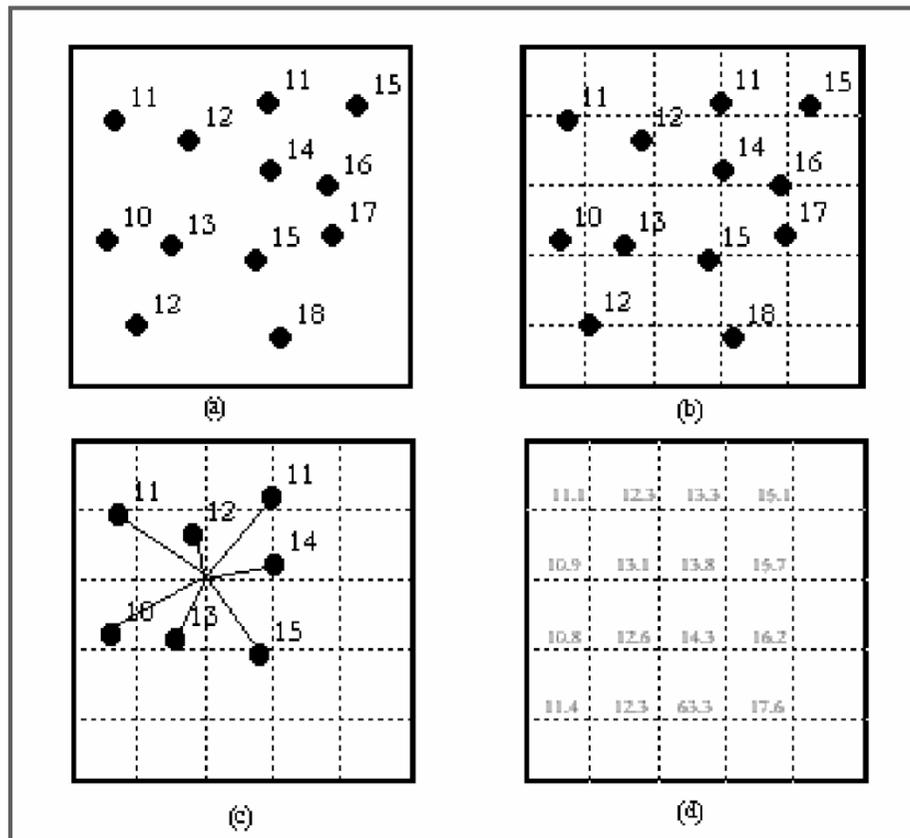


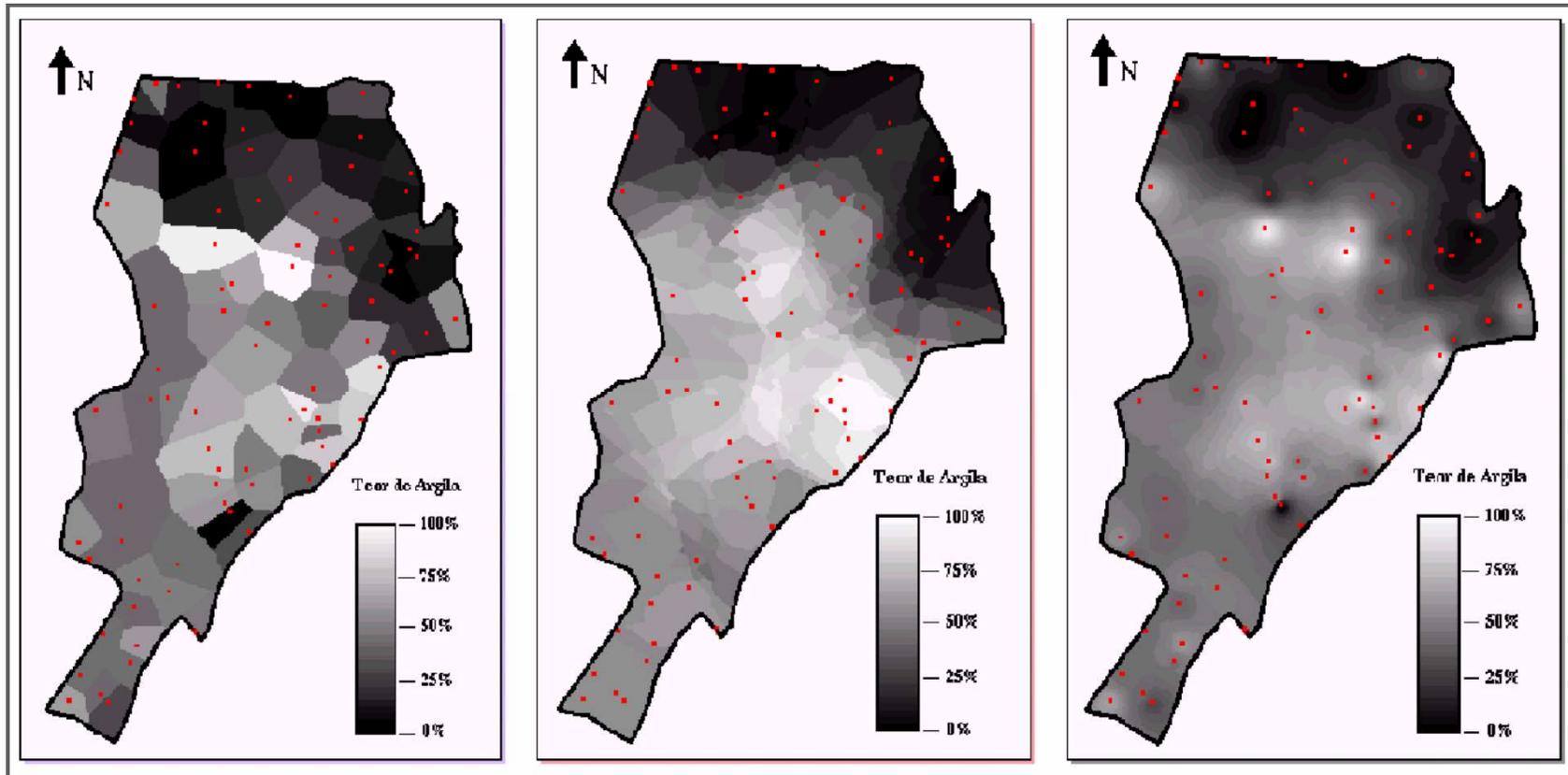
Ilustração do processo de interpolação por média móvel:

a) Configuração original de amostras; b) grade regular superposta às amostras; c) interpolação de um valor a partir dos vizinhos; d) grade regular resultante

4. Geração de grades regulares

1. A *interpolação por vizinho mais próximo* é definida pela escolha de apenas uma amostra vizinha para cada ponto da grade. Este interpolador deve ser usado quando se deseja manter os valores de z das amostras na grade, sem gerar valores intermediários.
 2. A *interpolação por média simples* considera o valor de z do elemento da grade igual a média aritmética dos valores de cota das amostras vizinhas.
 3. Na *interpolação por média ponderada* o valor de z de cada elemento da grade é definido pela média ponderada dos valores de z das amostras vizinhas.
-

4. Geração de grades regulares



Comparação entre interpoladores de média móvel, para o mesmo conjunto de amostras. À esquerda, vizinho mais próximo; no centro, média simples; à direita, inverso do quadrado da distância.

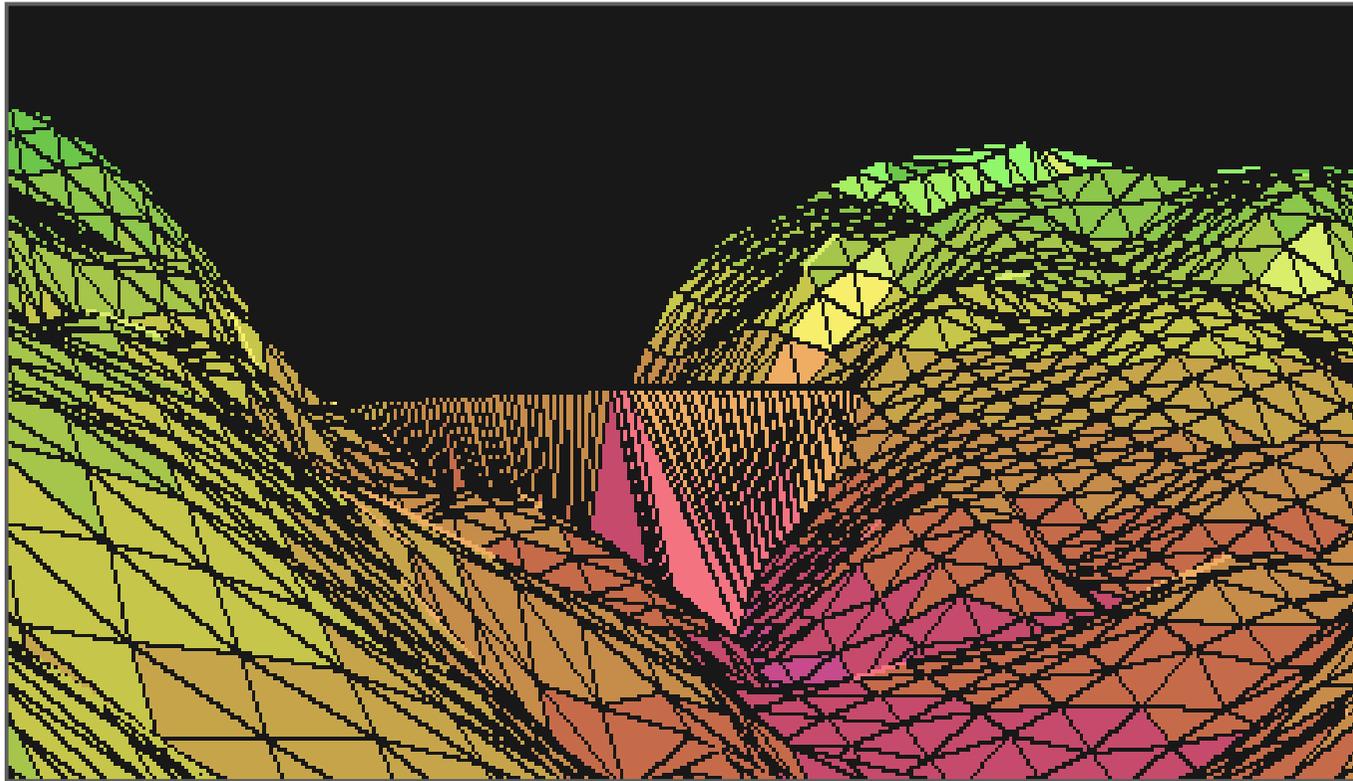
5. Geração de malha triangular

5.1 Triangulação de Delaunay:

- Adotando-se critérios específicos para construção da rede triangular pode-se chegar a malhas únicas sobre o mesmo conjunto de amostras. Uma dessas malhas, muito utilizada na prática nos SIGs atualmente, em uso operacional ou científico, é a malha de Delaunay, mais conhecida como *triangulação de Delaunay*. O critério utilizado na triangulação de Delaunay é o de *maximização dos ângulos mínimos* de cada triângulo. Isto é equivalente a dizer que a malha final deve conter triângulos o mais próximo possível de *equiláteros*, evitando-se a criação de triângulos “afinados”, ou seja, triângulos com ângulos internos muito agudos.
-

5. Geração de malha triangular

5.1 Triangulação de Delaunay:



5. Geração de malha triangular

5.2 Inclusão de restrições no modelo:

- Na construção de um modelo é muito importante que as características topográficas da superfície sejam preservadas. Assim é interessante que o conjunto de amostras de entrada contenha as *linhas características da superfície* tais como: linhas divisoras de águas (linhas de máximos) e linhas de drenagem (linhas de mínimos). O estrutura do modelo de grade triangular é mais propício para a inclusão de linhas características no modelo.
-

6. Grade retangular X Grade triangular

Grade Regular Retangular	Grade Irregular Triangular
Apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo	Não apresenta regularidade na distribuição espacial dos vértices das células do modelo
Os vértices dos retângulos são estimados a partir das amostras	Os vértices dos triângulos pertencem ao conjunto amostra
Apresenta problemas para representar superfícies com variações locais acentuadas	Representa melhor superfícies não homogêneas com variações locais acentuadas
Estrutura de dados mais simples	Estrutura de dados mais complexa
Mais utilizada em aplicações qualitativas e para análises multiníveis no formato “raster”	Mais utilizada em aplicações quantitativas.

7. MNT - Aplicações

- Como já descrito anteriormente, as *amostras* são processadas de forma a criar *modelos numéricos* que vão representar a variabilidade do terreno ou fenômeno em uma dada região.
 - Os modelos numéricos são utilizados por uma série de *procedimentos de análise* úteis para aplicações de geoprocessamento.
-

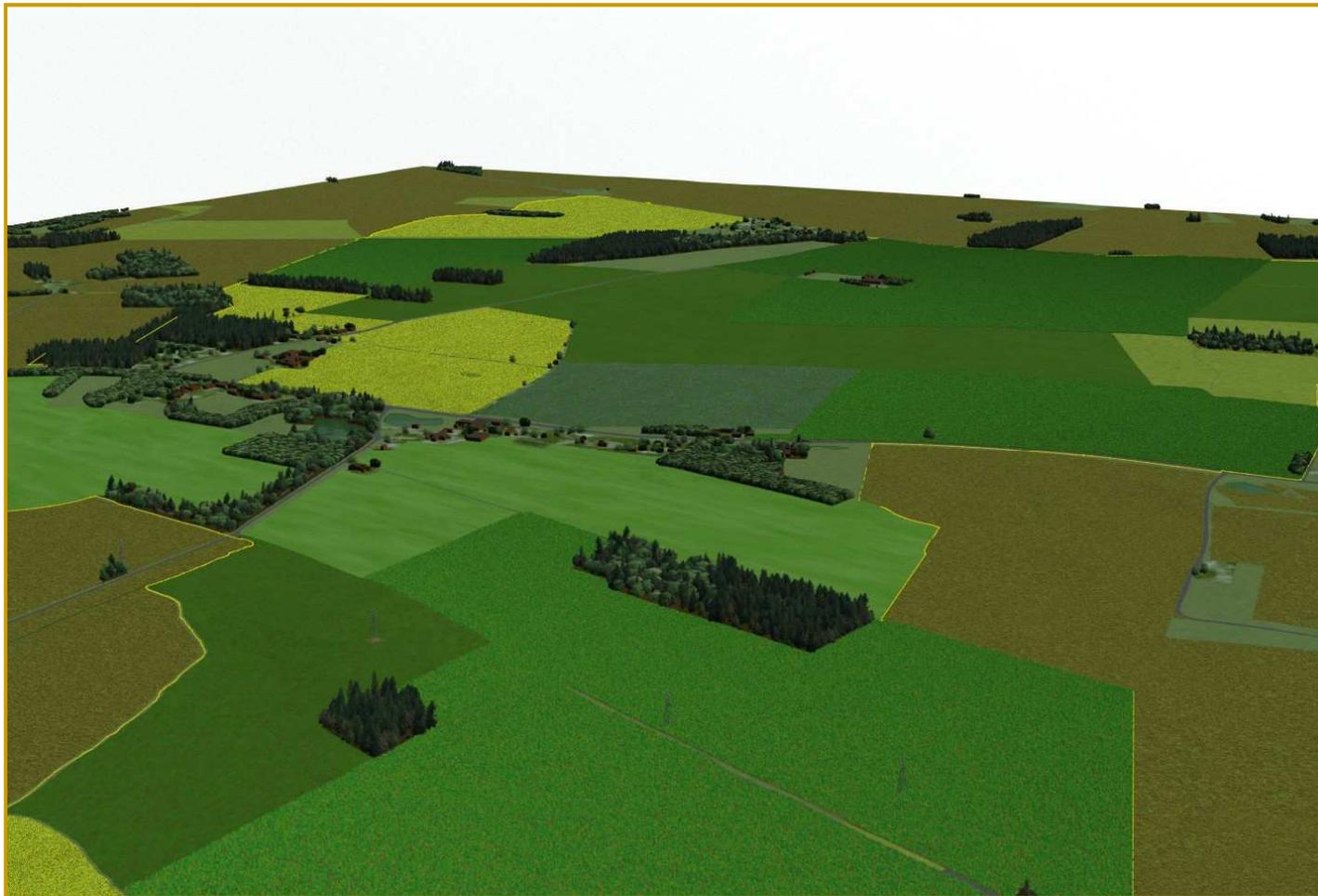
7. MNT - Aplicações

- As análises desenvolvidas sobre um modelo numérico de terreno permitem: visualizar os modelos em projeção geométrica planar; gerar imagens de nível de cinza, imagens sombreadas e imagens temáticas; calcular volumes de aterro e corte; realizar análises de perfis sobre trajetórias predeterminadas; e gerar mapeamentos derivados, tais como mapas de declividade e exposição, mapas de drenagem, mapas de curvas de nível e mapas de visibilidade.
-

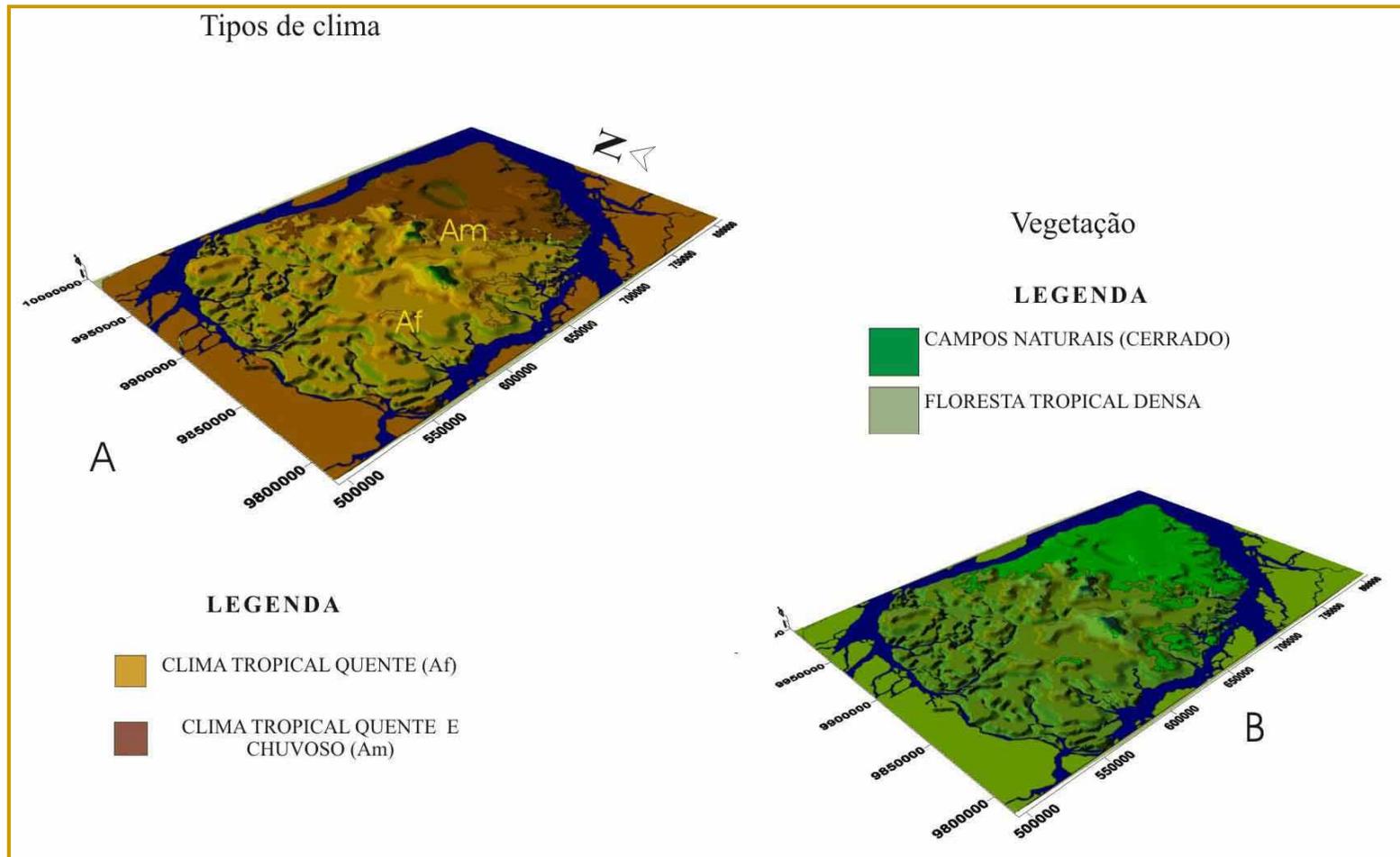
7. MNT - Aplicações

- Os produtos das análises podem, ainda, ser integrados com outros tipos de dados geográficos, objetivando ao desenvolvimento de diversas aplicações de geoprocessamento, tais como, planejamento urbano e rural, análises de aptidão agrícola, determinação de áreas de riscos, geração de relatórios de impacto ambiental entre outras.
-

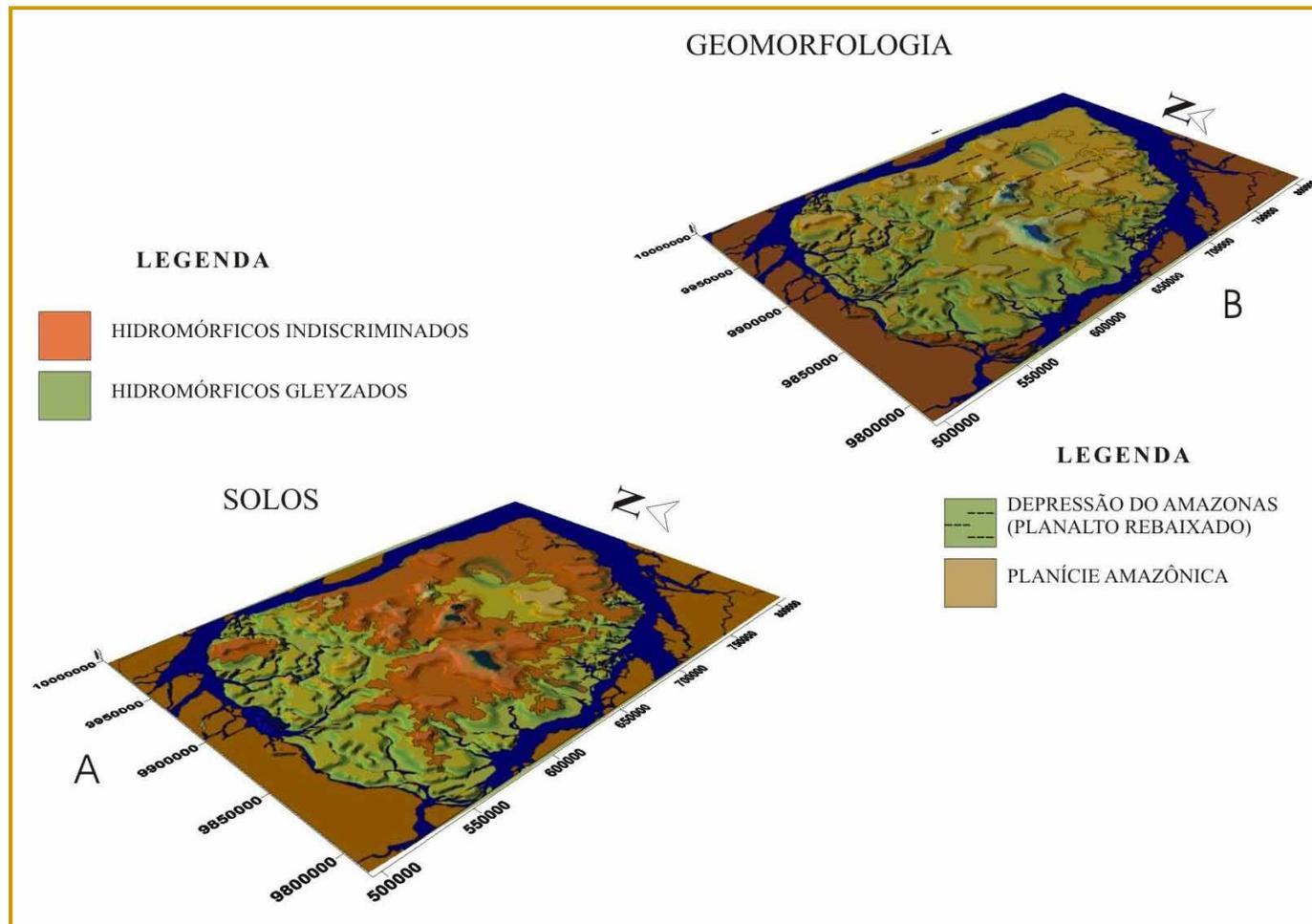
7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações

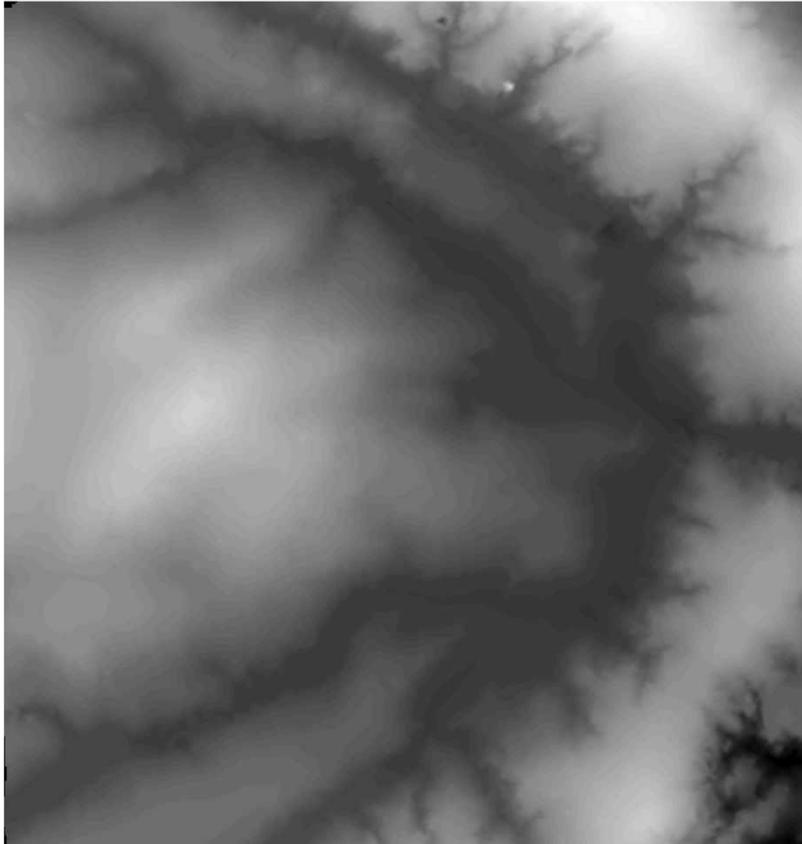


7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações

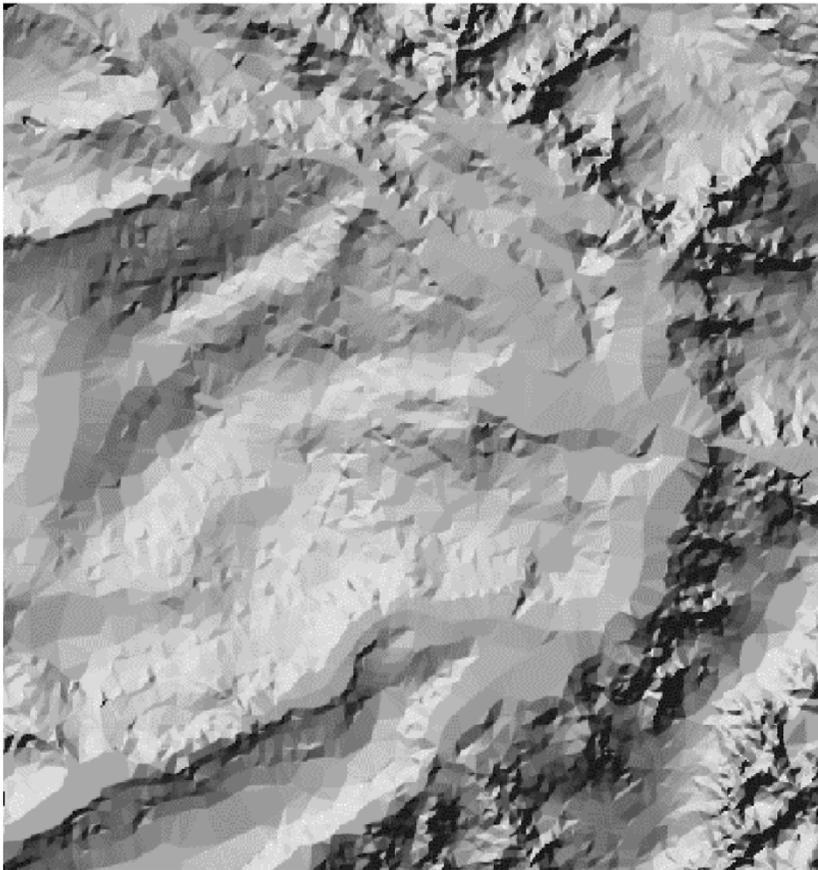
Imagem MNT em níveis de cinza



Modelo de grade regular representado como uma imagem em níveis de cinza.

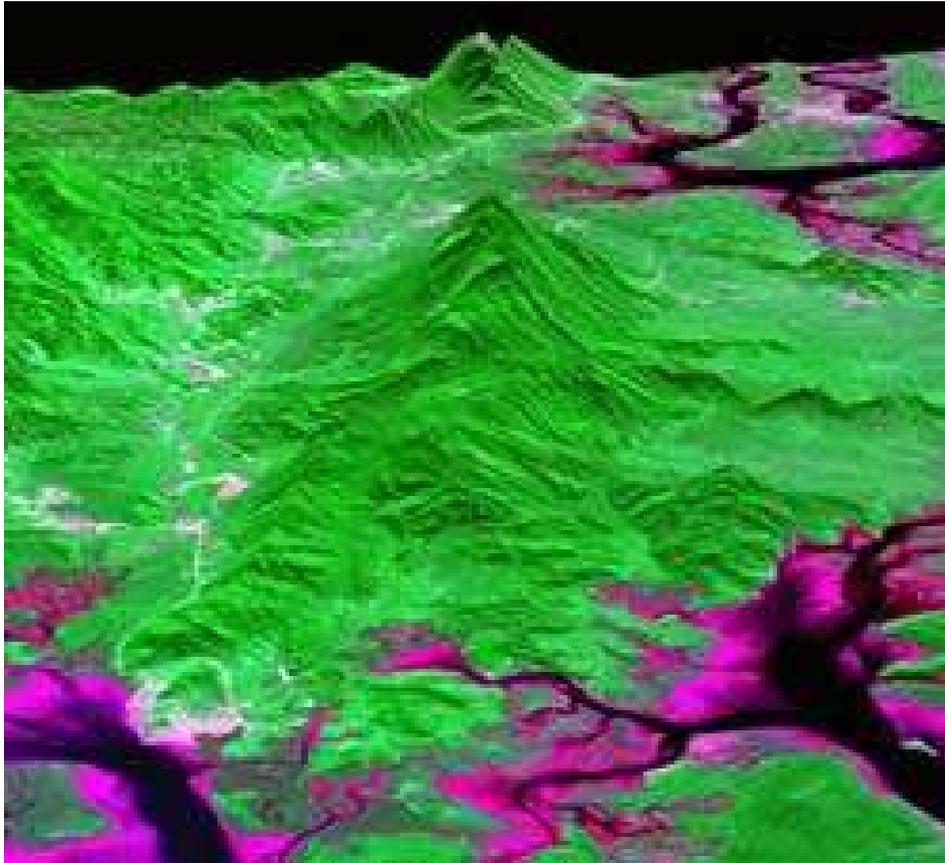
7. MNT - Aplicações

Imagem de MNT sombreada



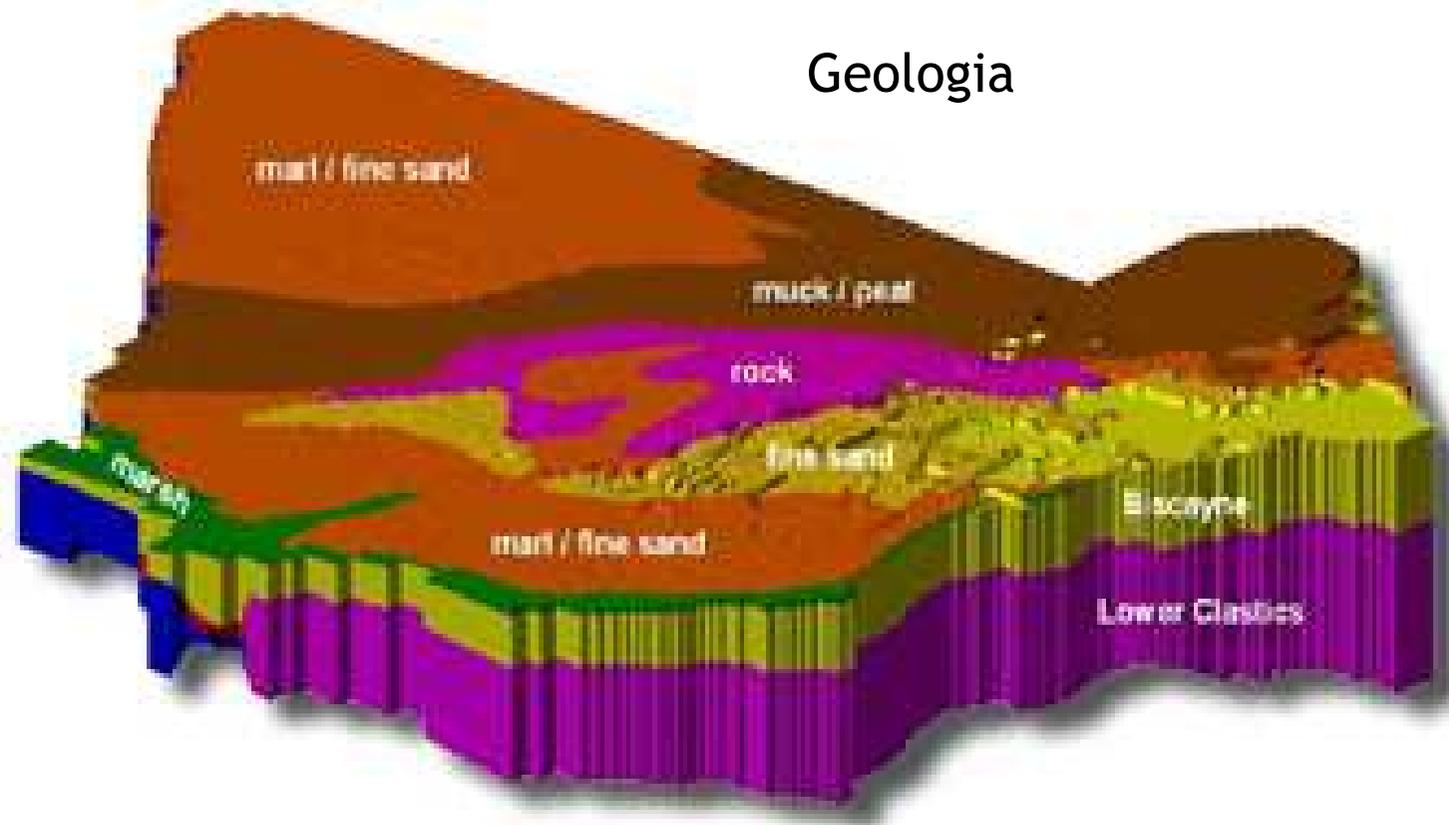
Modelo de grade regular representado como uma imagem sombreada.

7. MNT - Aplicações

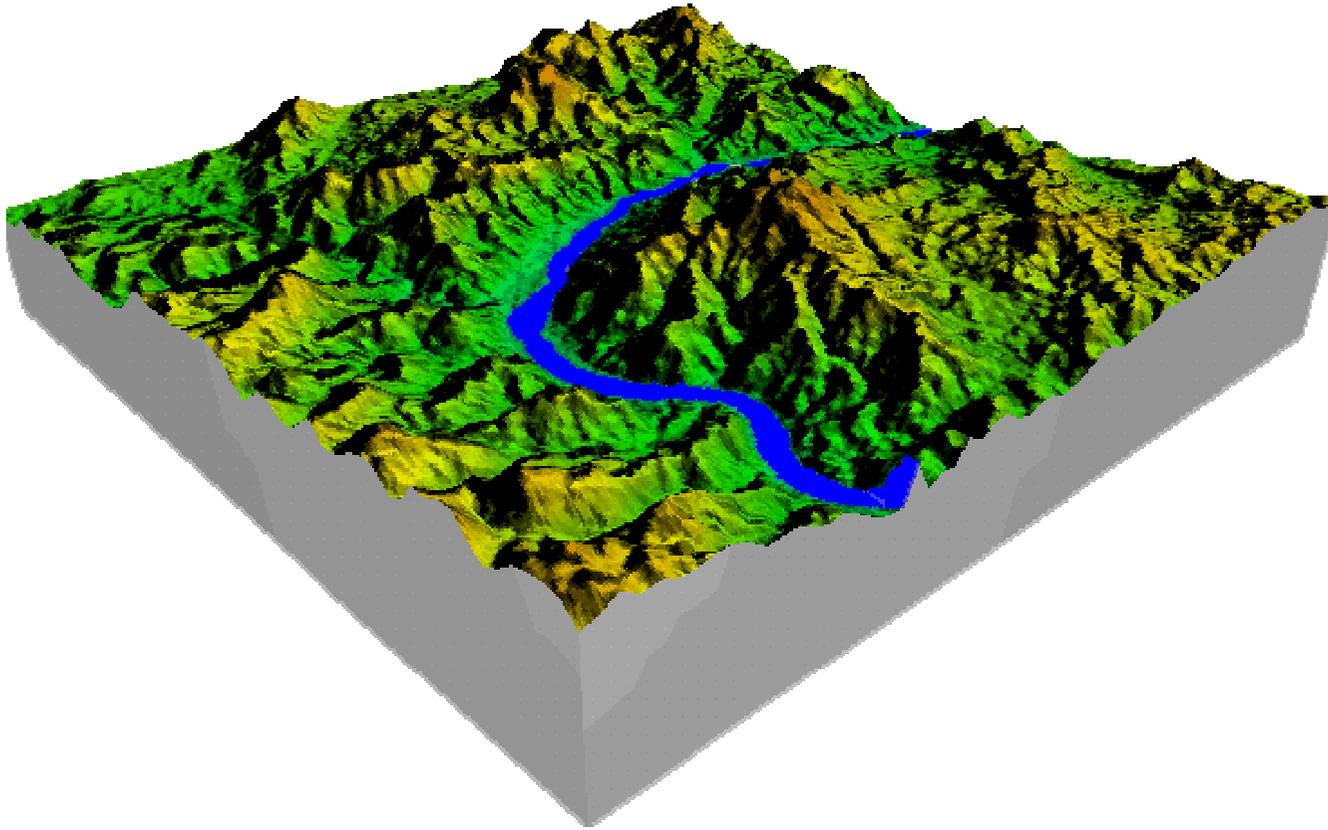


Visualização do modelo com superposição de uma composição colorida de 3 bandas de uma imagem LANDSAT

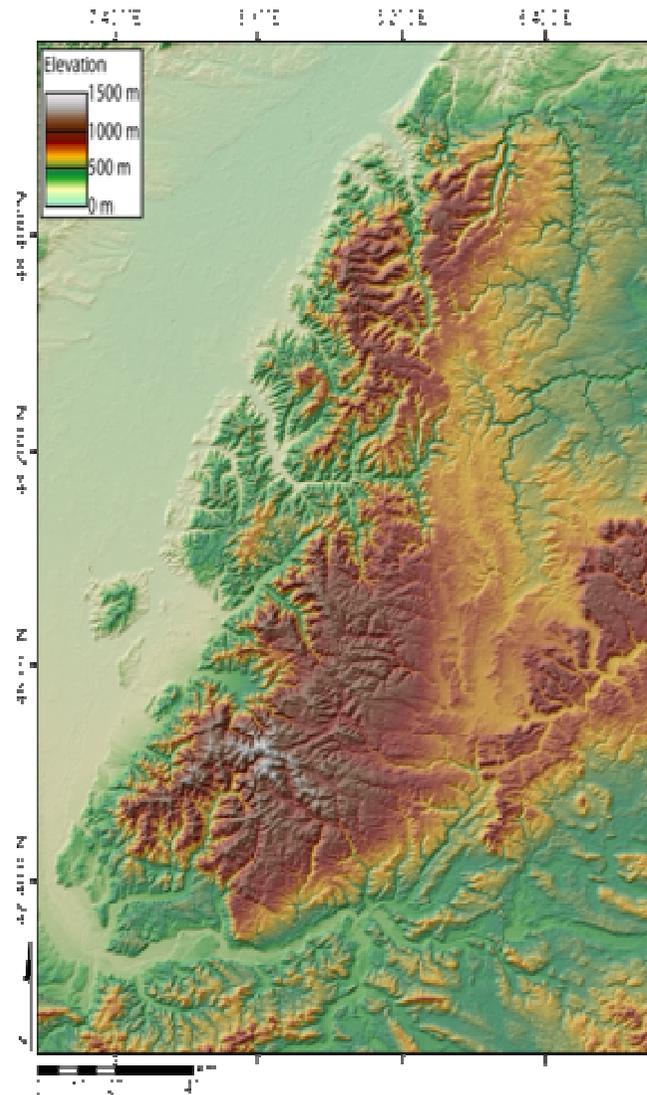
7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações

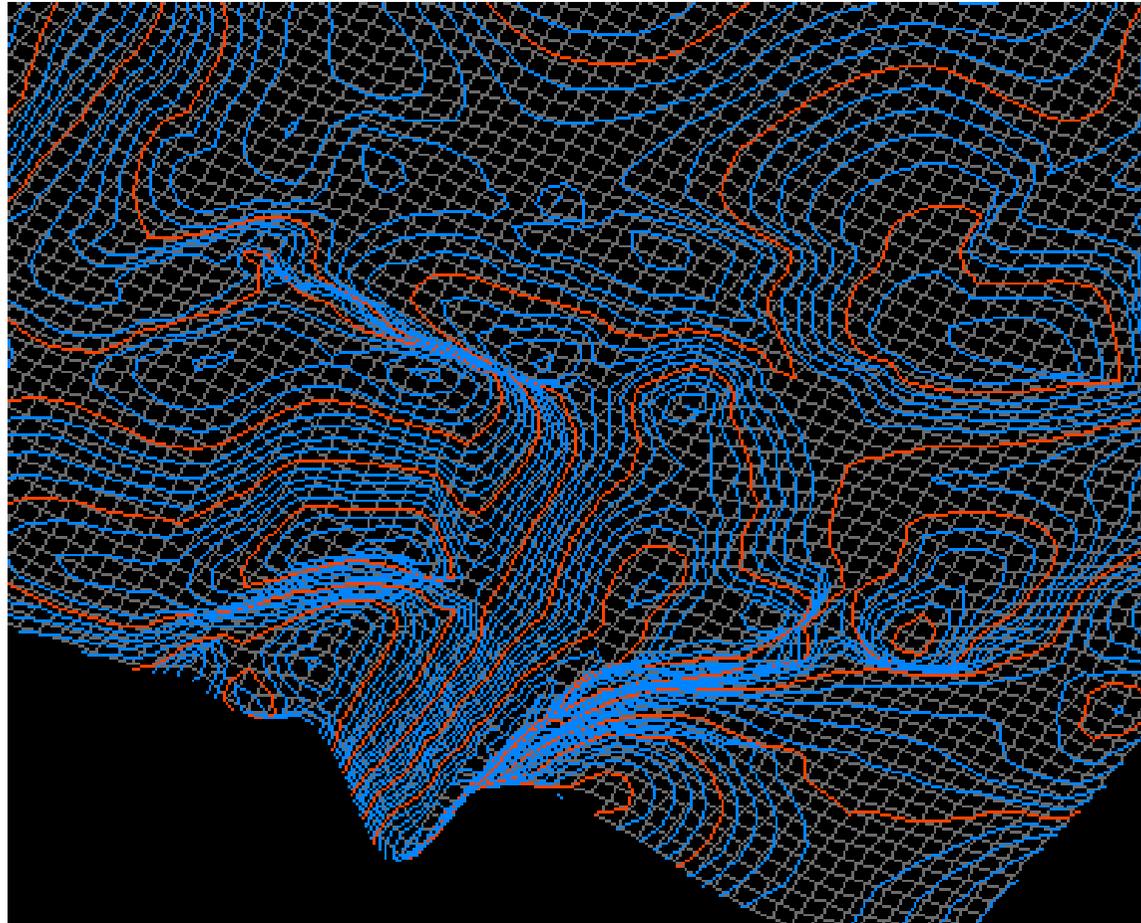


7. MNT - Aplicações



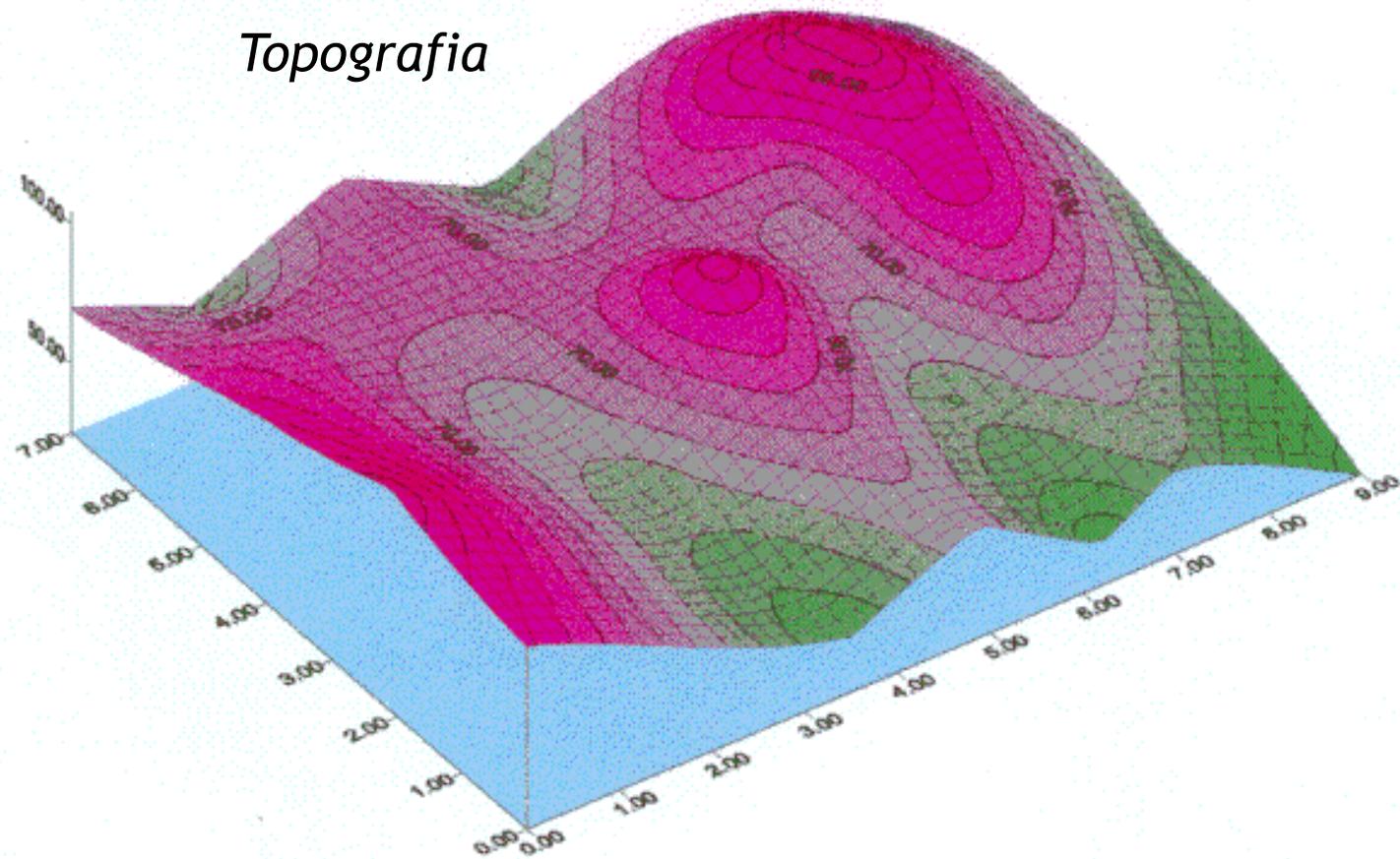
Topografia

7. MNT - Aplicações

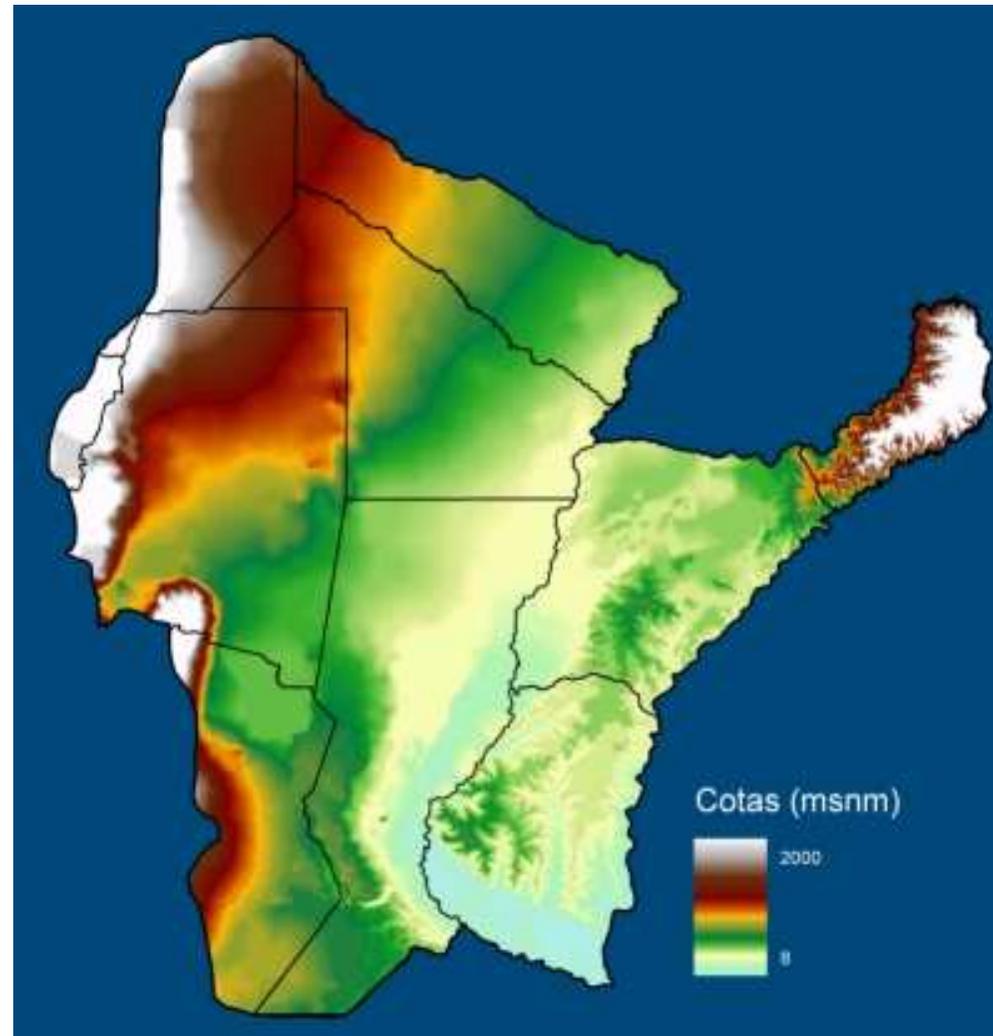


Topografia

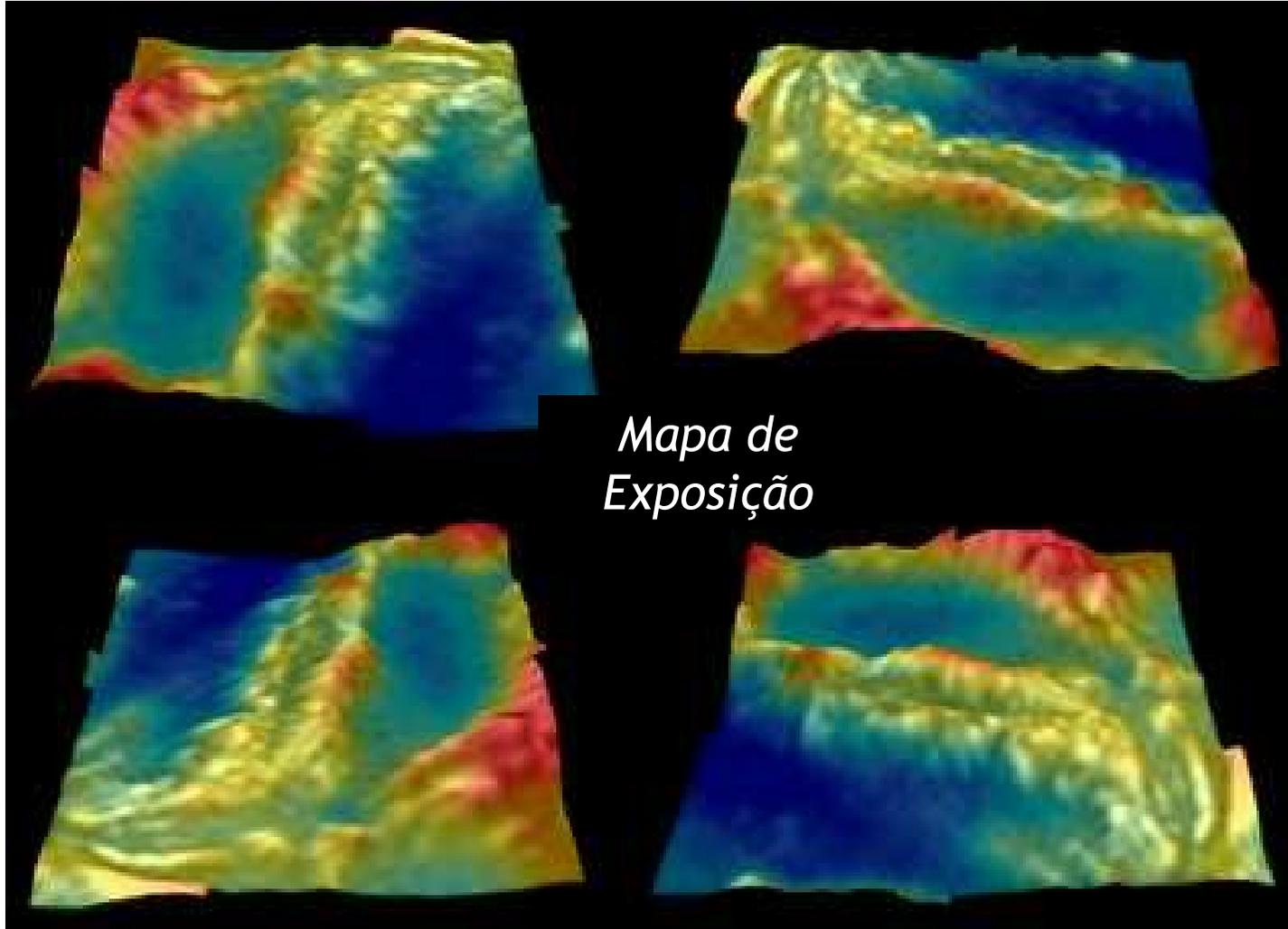
7. MNT - Aplicações



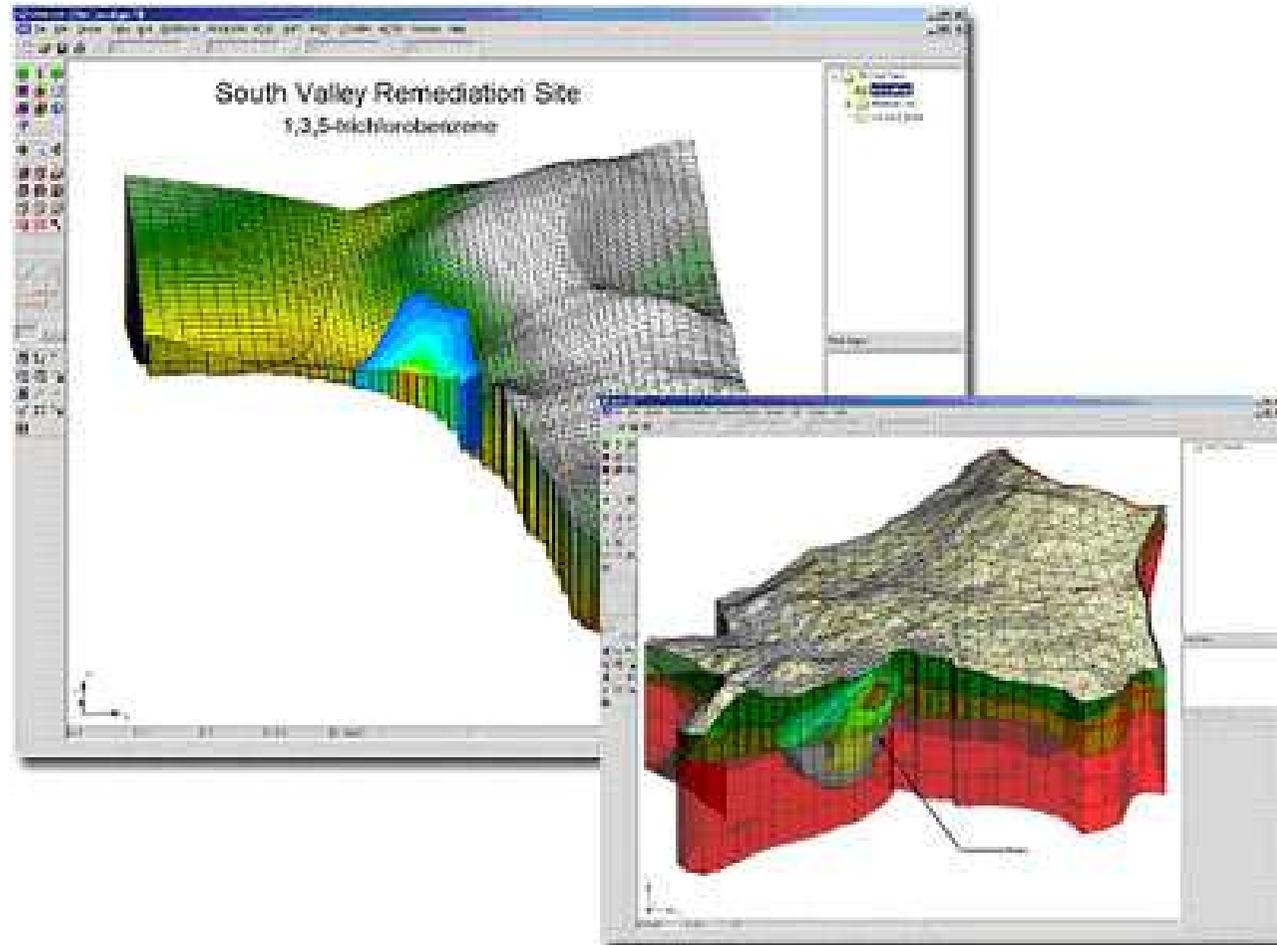
7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações



7. MNT - Aplicações

