

# O Relevo e sua Representação

---

Maurício Felzemburgh

# Estrutura da Aula

---

## 1.0. Formas de representação

### 1.1. Representação horizontal

- a) Pontos cotados
- b) Curvas de nível: Mapas topográficos
- c) Mapas hipsométricos;
- d) Mapas de isodeclividade ou clinográficos;
- e) Bacias devisão.

### 1.2. Representação vertical

- a) Perfis topográficos
- b) Perfis clinográficos

### 1.3. Representação tridimensional

# Estrutura da Aula

---

## 2.0. Obtenção de dados

### 2.1 Métodos de aquisição de dados

- a) Topografia clássica
- b) Uso de GPS
- c) Detecção remota

### 2.2 Modelos para aquisição de dados

- a) Rede regular de pontos
- b) Rede Irregular de triângulos

## 3.0. Processo de elaboração de Curvas de Nível

## 4.0. Declividade

# Objetivo

---

- Discutir as aplicações da representação do relevo na arquitetura, engenharia e urbanismo;
- Compartilhar conhecimento a respeitos do principais elementos gráficos de representação da altimetria: as curvas de nível e os perfis.

# 1. Formas de Representação

## 1.0. Formas de Representação

---

A representação do terreno tem aplicações fundamentais nas áreas de **meio ambiente, hidrologia, planejamento, arquitetura, urbanismo, paisagismo e engenharia**, entre outras.

A representação do relevo nos permite planejar a **implantação** da edificação, a **urbanização** de territórios da cidade, a **integração** com a paisagem, a identificar soluções de **drenagem, acessibilidade**, assim como analisar **interferências no conforto ambiental** e nas **vistas** planejadas da edificação.

# 1.0. Formas de Representação

---

Representação do relevo pode se dar de diversas formas, a depender da metodologia utilizada e do objetivo da projeto em questão. Tem-se:

- Pontos cotados
- Curvas de nível
- Representação tridimensional
- Perfis topográficos
- Bacias de visão
- Mapas topográficos
- Mapas hipsométricos
- Mapas de isodeclividade
- Modelos Tridimensionais: MDE, MDT e MDS

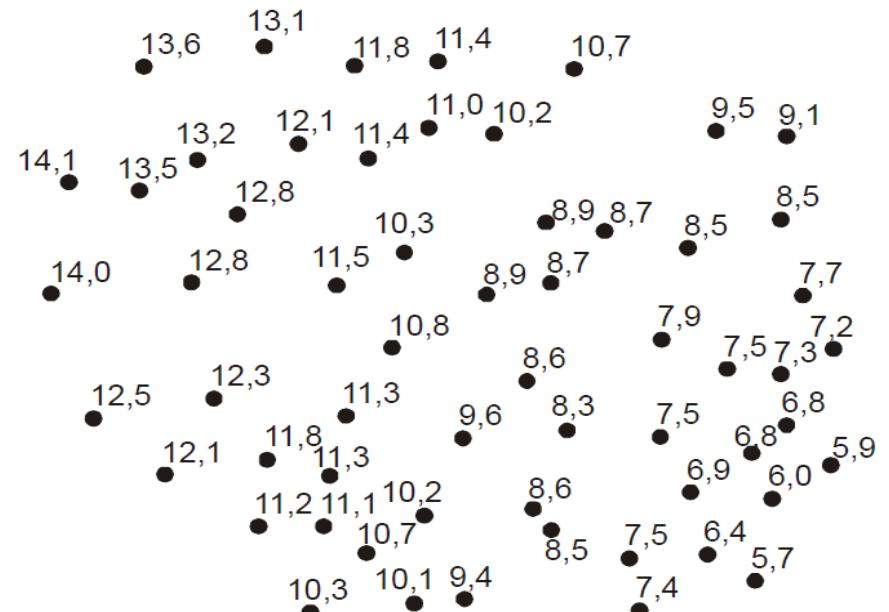
# 1.0. Formas de Representação

## Representação Horizontal

### - Pontos Cotados

- Forma mais simples de representação do relevo, a partir de suas coordenadas planas ( $x,y$ ) ou geográficas (lat, long)
- As projeções dos pontos no terreno têm indicada ao lado a sua altura em relação ao referencial
- Sua leitura é pouco intuitiva, levando a dificuldades de interpretação.

Exemplo

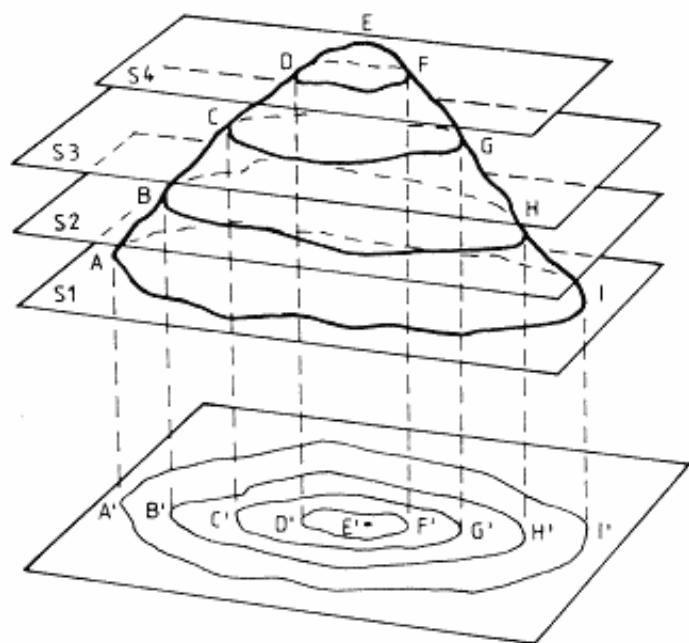


Fonte: (ALVAREZ et al).

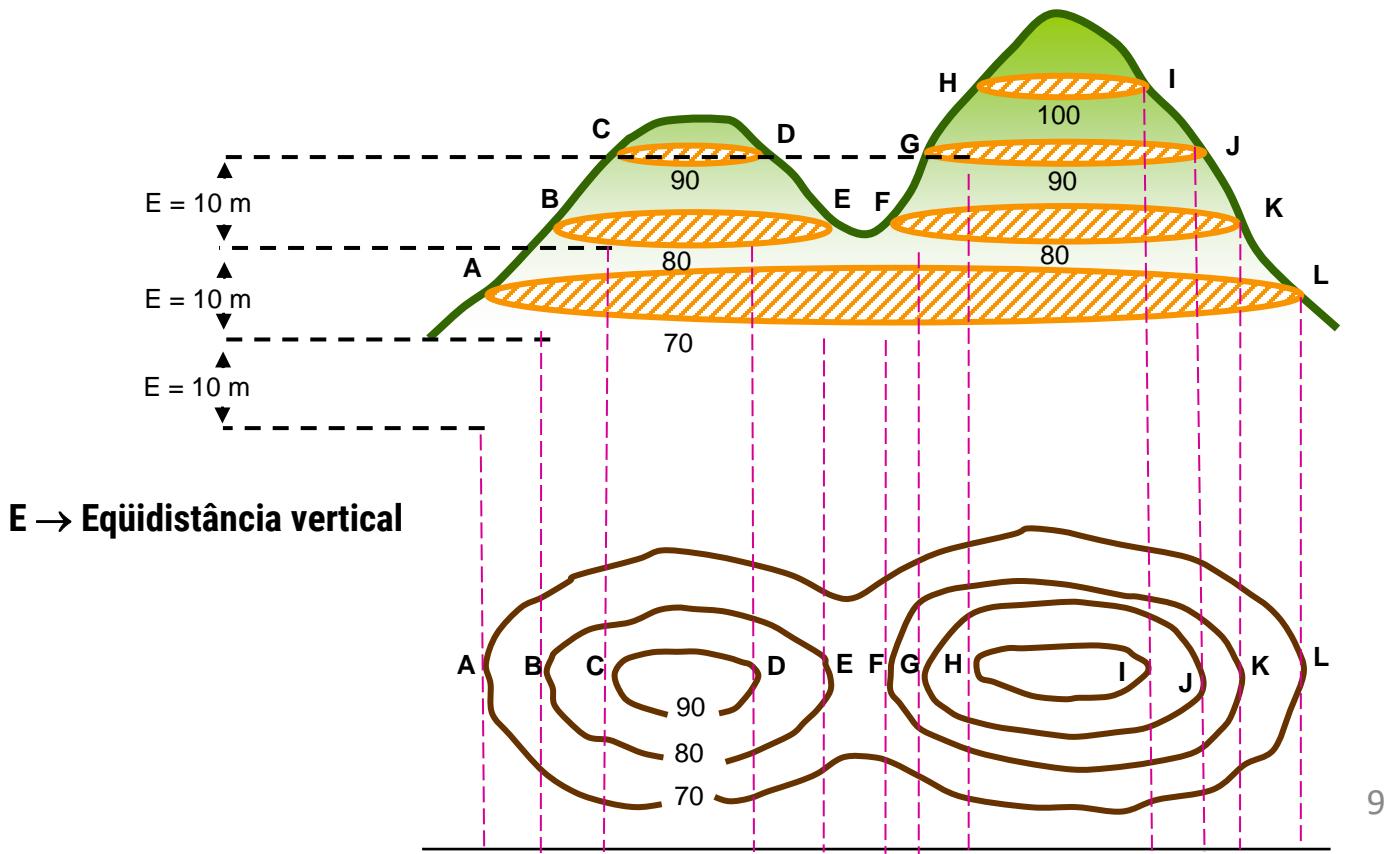
# 1.0. Formas de Representação

## - Curvas de Nível

- Correspondem à projeção ortogonal de **planos horizontais, eqüidistantes e paralelos** que cortam a superfície do terreno.



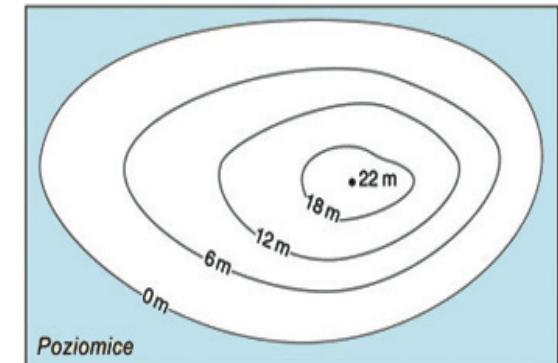
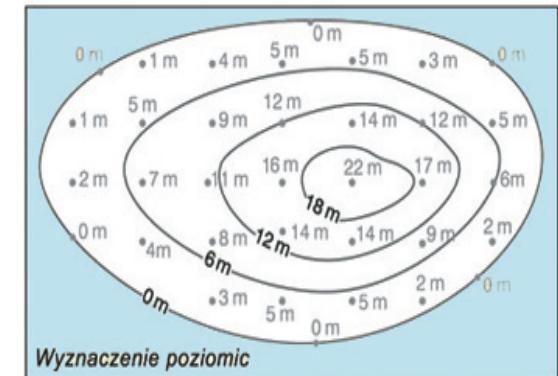
Fonte: (ALVAREZ et al).



# 1.0. Formas de Representação

## - Curvas de Nível

- Chamamos de curva de nível o lugar geométricos dos pontos de mesma altura
- São um tipo de isolinhas, chamadas de Isoípsas.
- Outras isolinhas:
  - isóbatas - linha dos pontos de igual profundidade no relevo submarino
  - isóbaras - linha dos pontos com a mesma pressão atmosférica
  - isotérmicas - linha dos pontos com a mesma temperatura



# 1.0. Formas de Representação

## - Curvas de Nível

Segundo o seu traçado, as curvas de nível são classificadas em:

- mestras: representadas por traços mais espessos e são todas cotadas
- intermediárias: representadas por traços finos
- meia-eqüidistância: utilizadas na densificação de terrenos muito planos

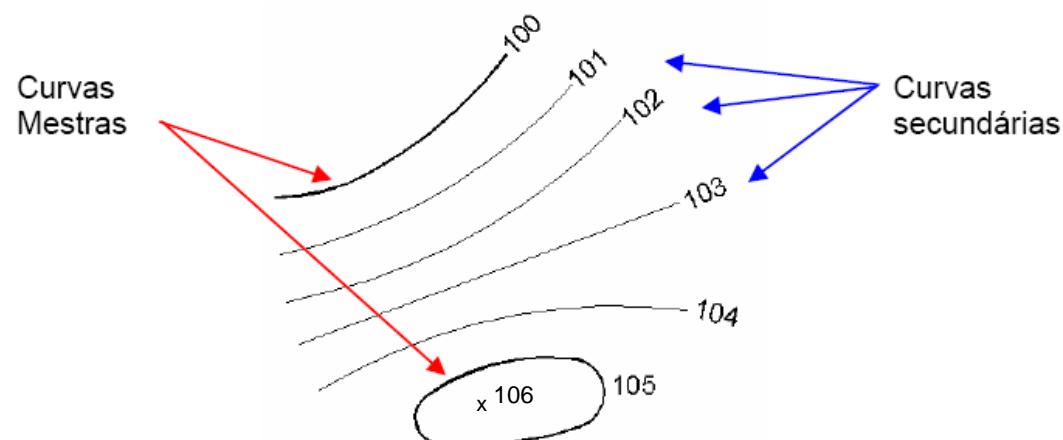


Figura 15.7 - Curvas Mestras e secundárias.

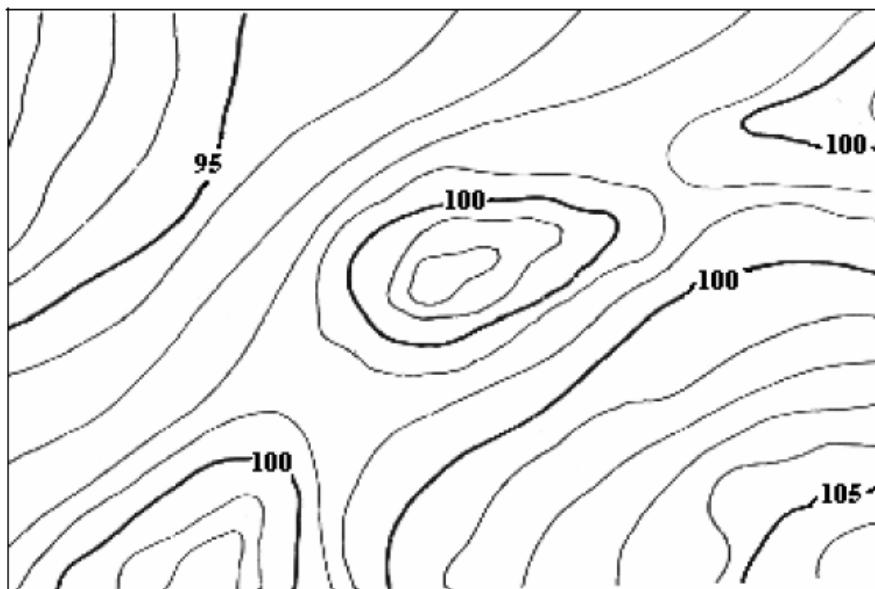
# 1.0. Formas de Representação

---

## - Curvas de Nível

As curvas de nível devem trazer identificadas o valor de sua altura para que possamos efetuar a leitura da altimetria do terreno.

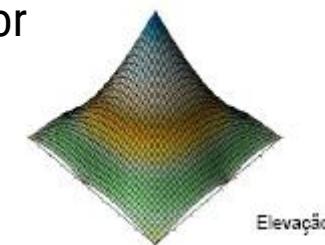
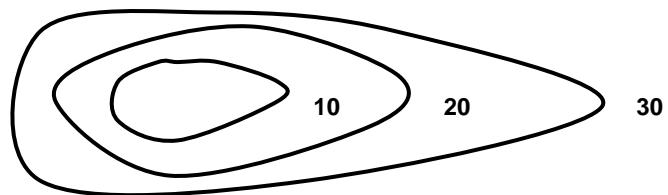
Esta informação é fundamental para a interpretação da representação do relevo.



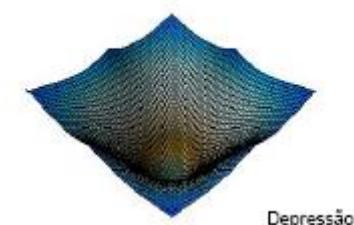
# 1.0. Formas de Representação

Por exemplo:

- Depressão: as curvas de valor maior envolvem as curvas de valor menor

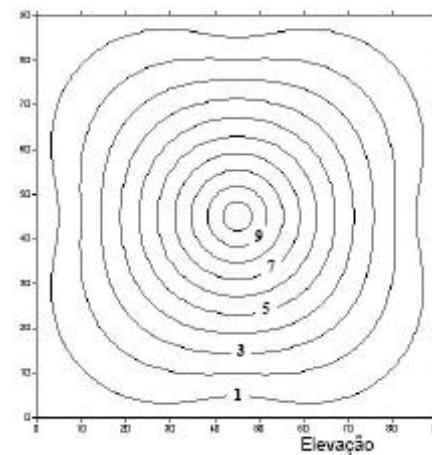
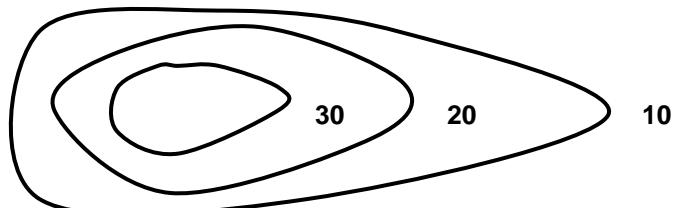


Elevação

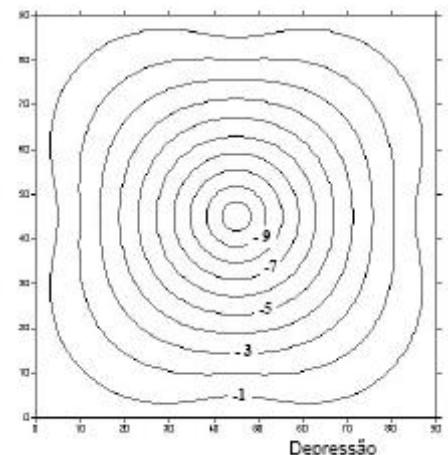


Depressão

- Elevação: as curvas de menor valor envolvem as de maior valor



Elevação

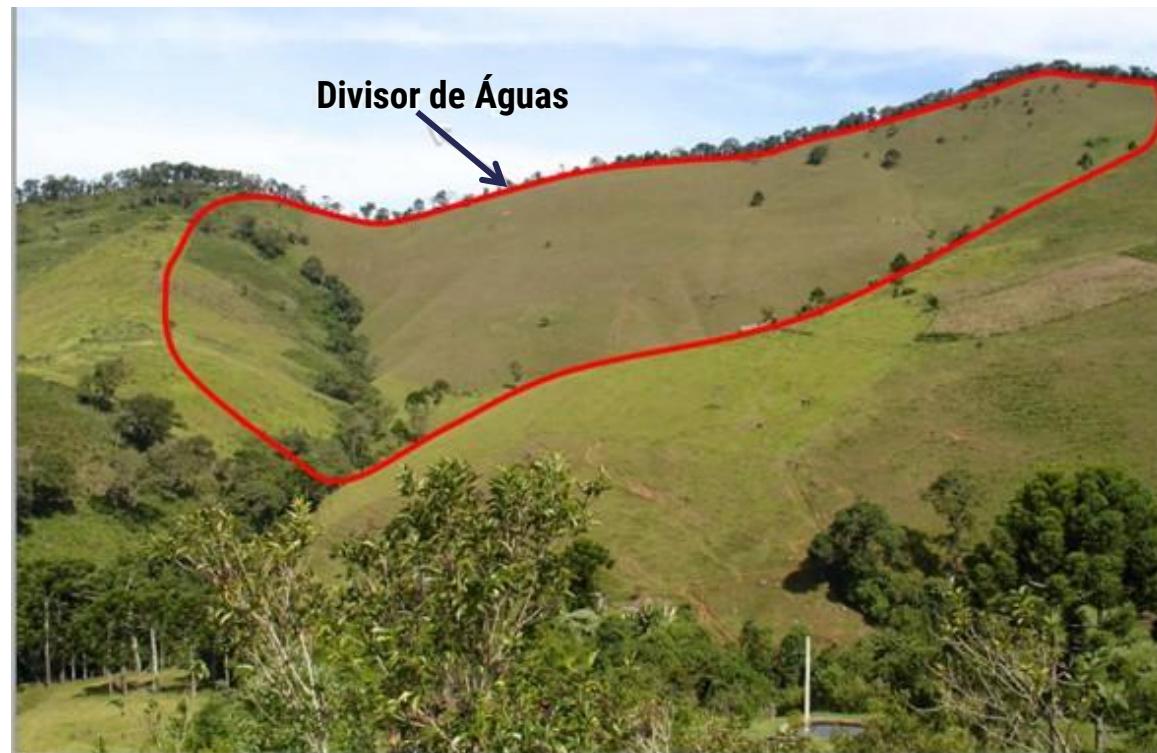
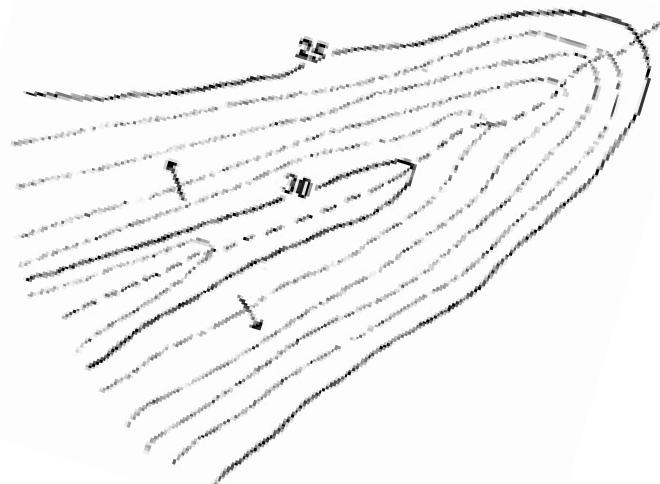


Depressão

# 1.0. Formas de Representação

Por exemplo:

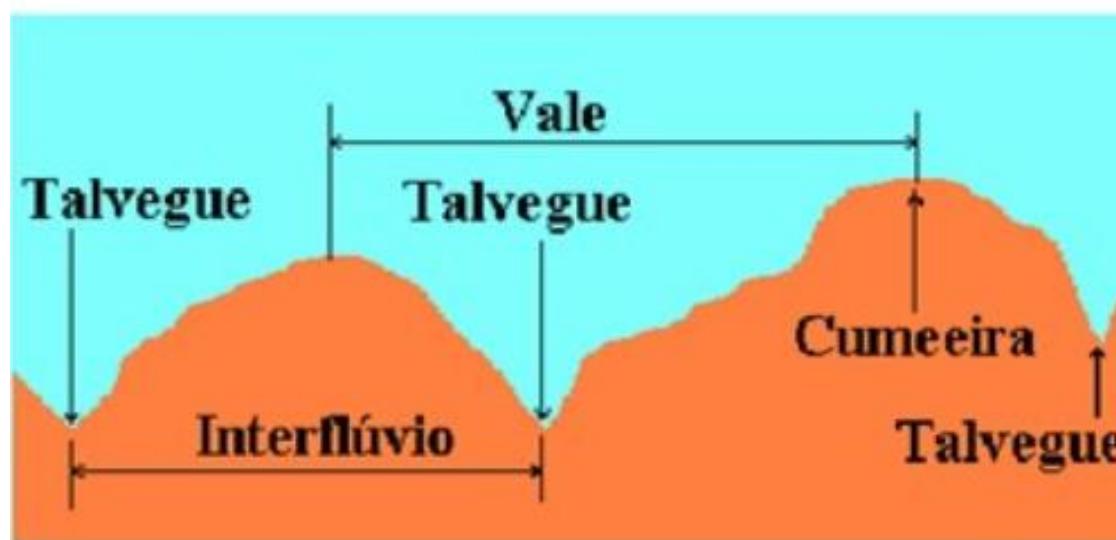
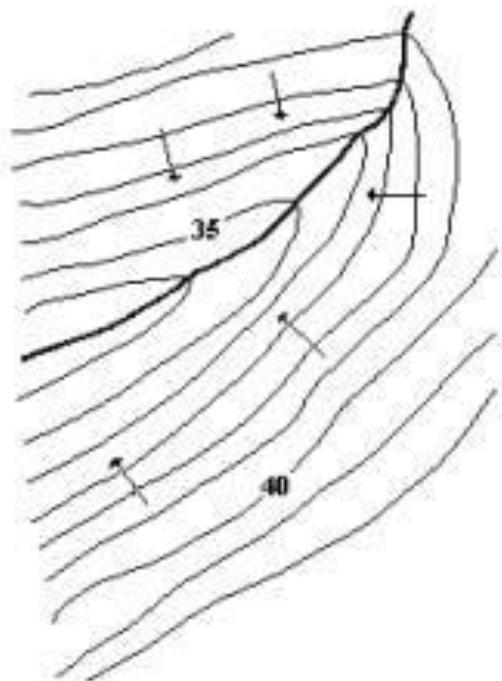
- Linha de Divisor de Águas: conhecida como linha de cumeada, une os pontos mais altos de uma elevação dividindo as águas da chuva.



# 1.0. Formas de Representação

Por exemplo:

- Linha de Talvege: é a linha representativa do fundo dos rios, córregos ou cursos d'água, ou seja, dos pontos mais baixos para onde a água escoa

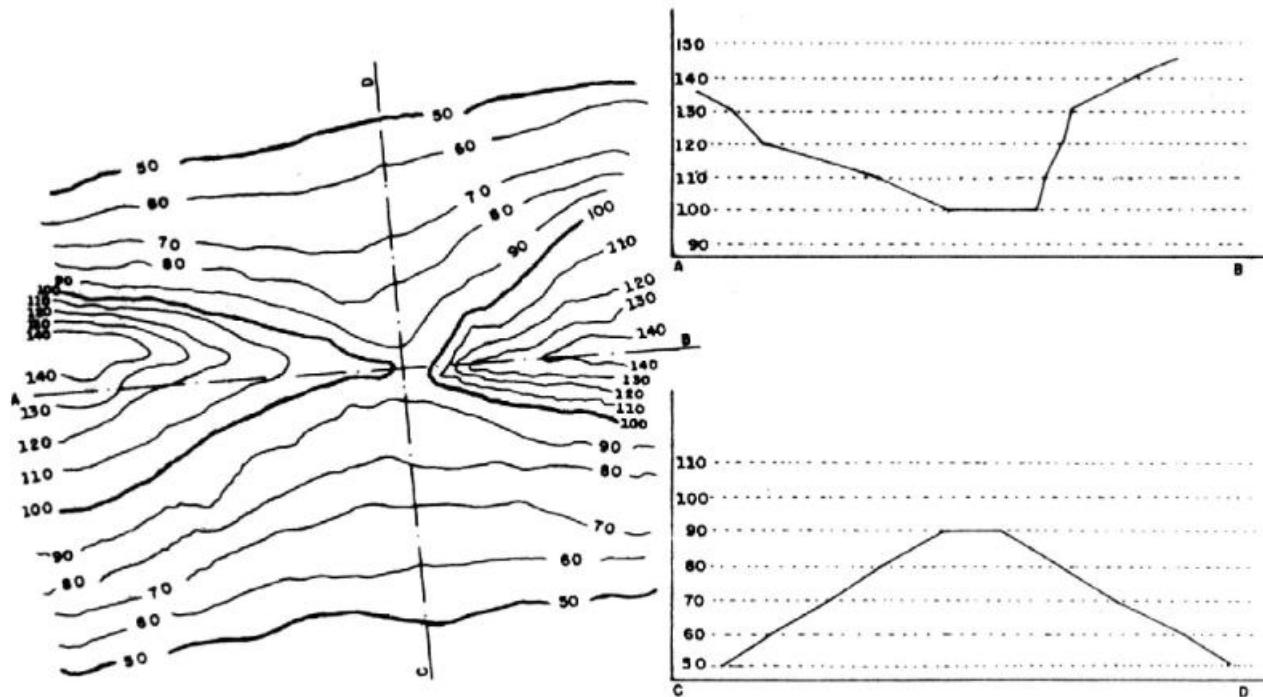


Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/1812798/>

# 1.0. Formas de Representação

Por exemplo:

- Garganta: é o local onde as linhas de cumeada ou de talvegue se curvam fortemente



# 1.0. Formas de Representação



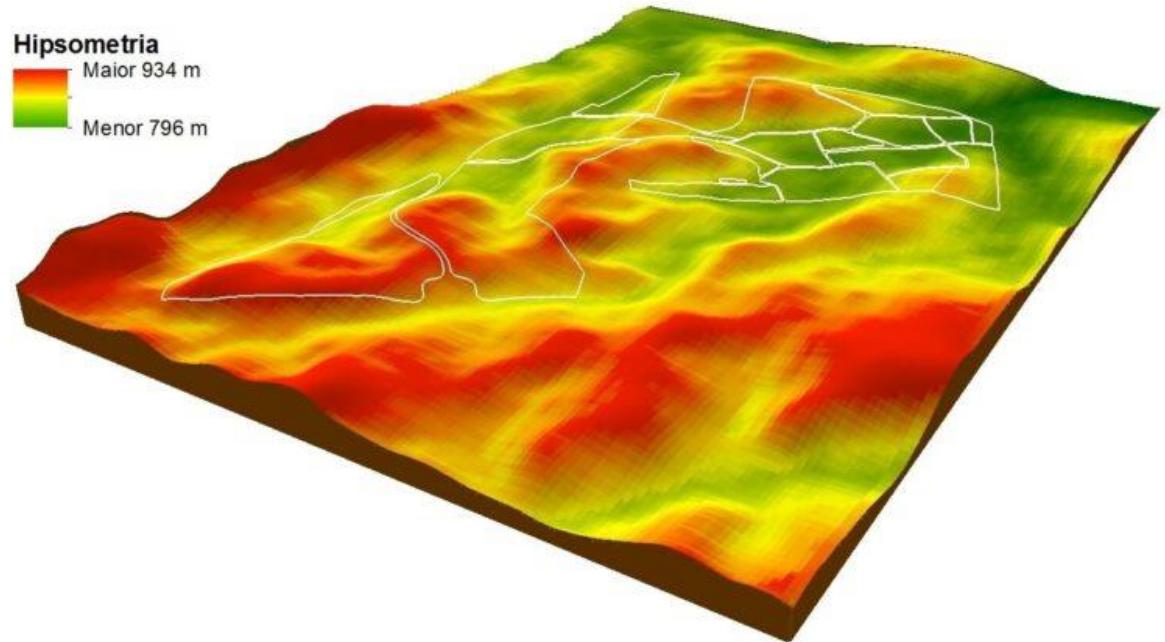
# 1.0. Formas de Representação

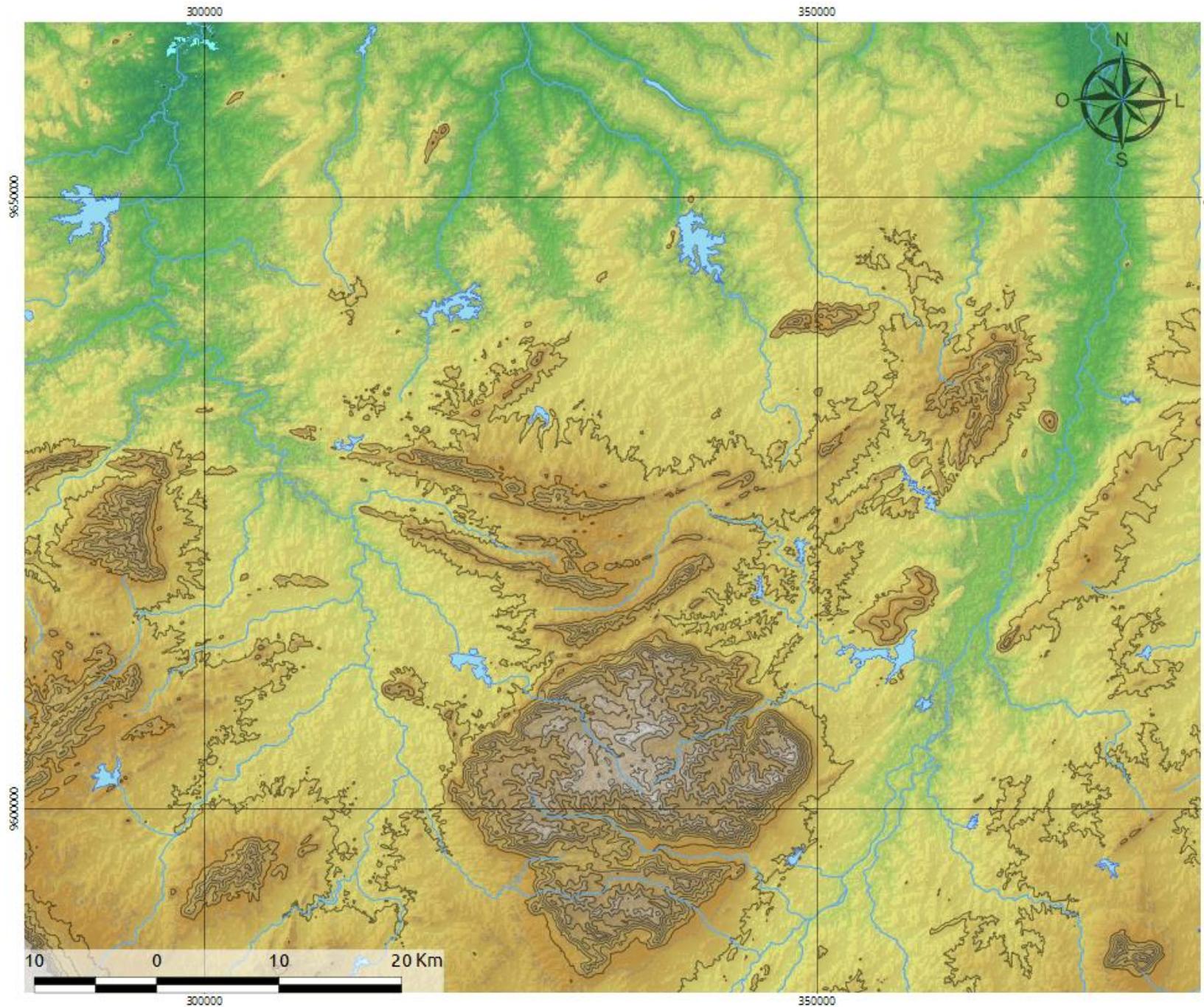
---

## 1.2. Representação Horizontal

### c) Mapas hipsométricos

- Nos mapas ou plantas hipsométricos, as diferenças de altura são representadas por colorações diferentes, conforme legenda específica.
- O objetivo é ter um representação com visualização mais clara do que simplesmente através das curvas de nível.





Mapa Hipsométrico

Legenda

- Açudes
- Hidrografia

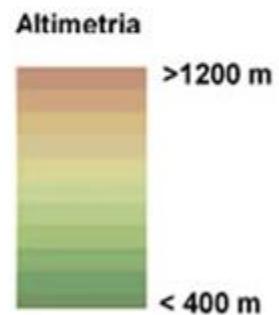
Curvas de Nível

- Mestras
- Intemediáras

Hipsometria

1017
678
339
170
68
34
3
0

<https://i2.wp.com/narceliodesa.com/wp-content/uploads/2014/01/Como-criar-mapas-hipson%C3%A9tricos-%C3%93pia.png>



Fonte: SRTM, USGS-USA (2000)

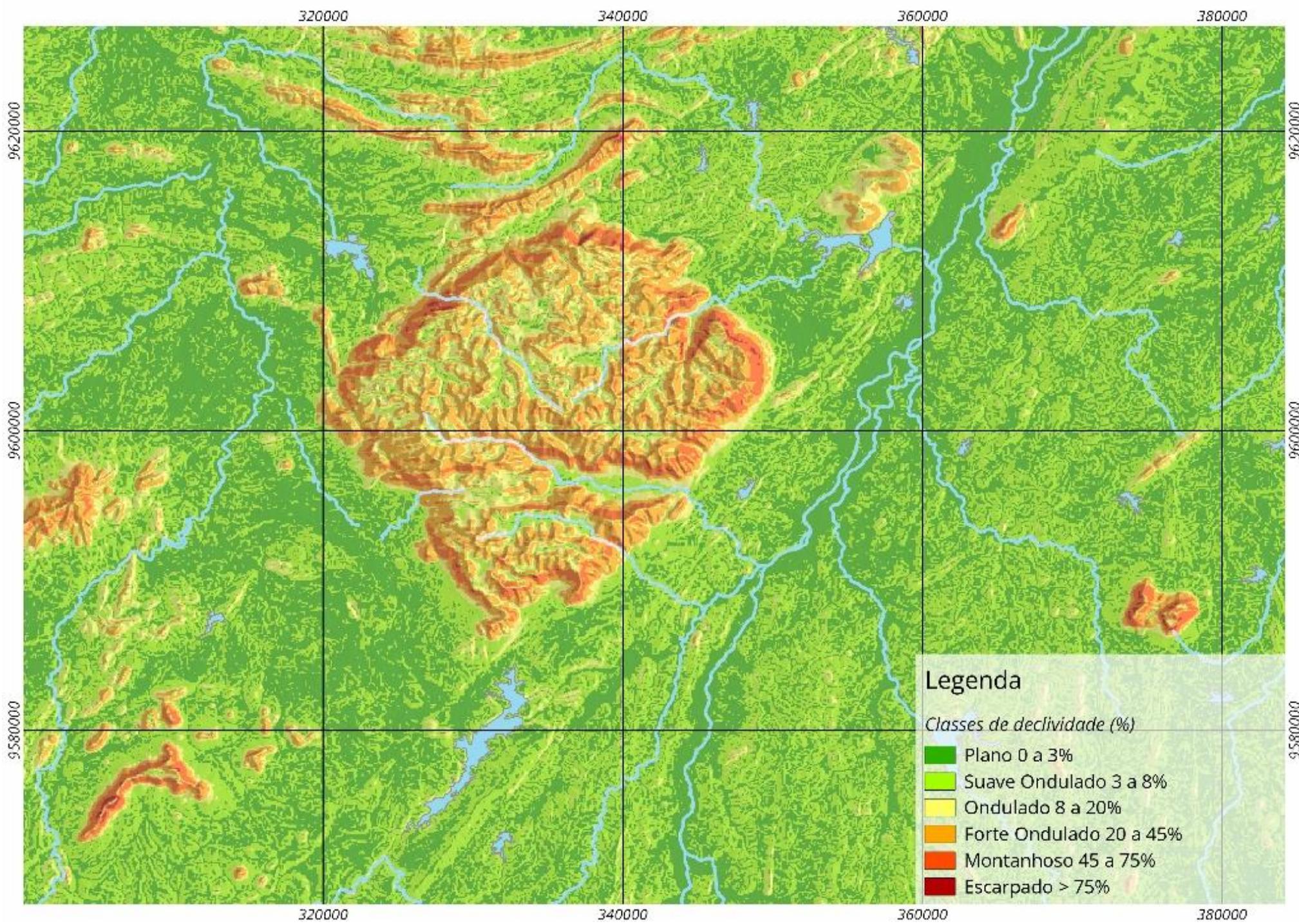
## **1.0. Formas de Representação**

---

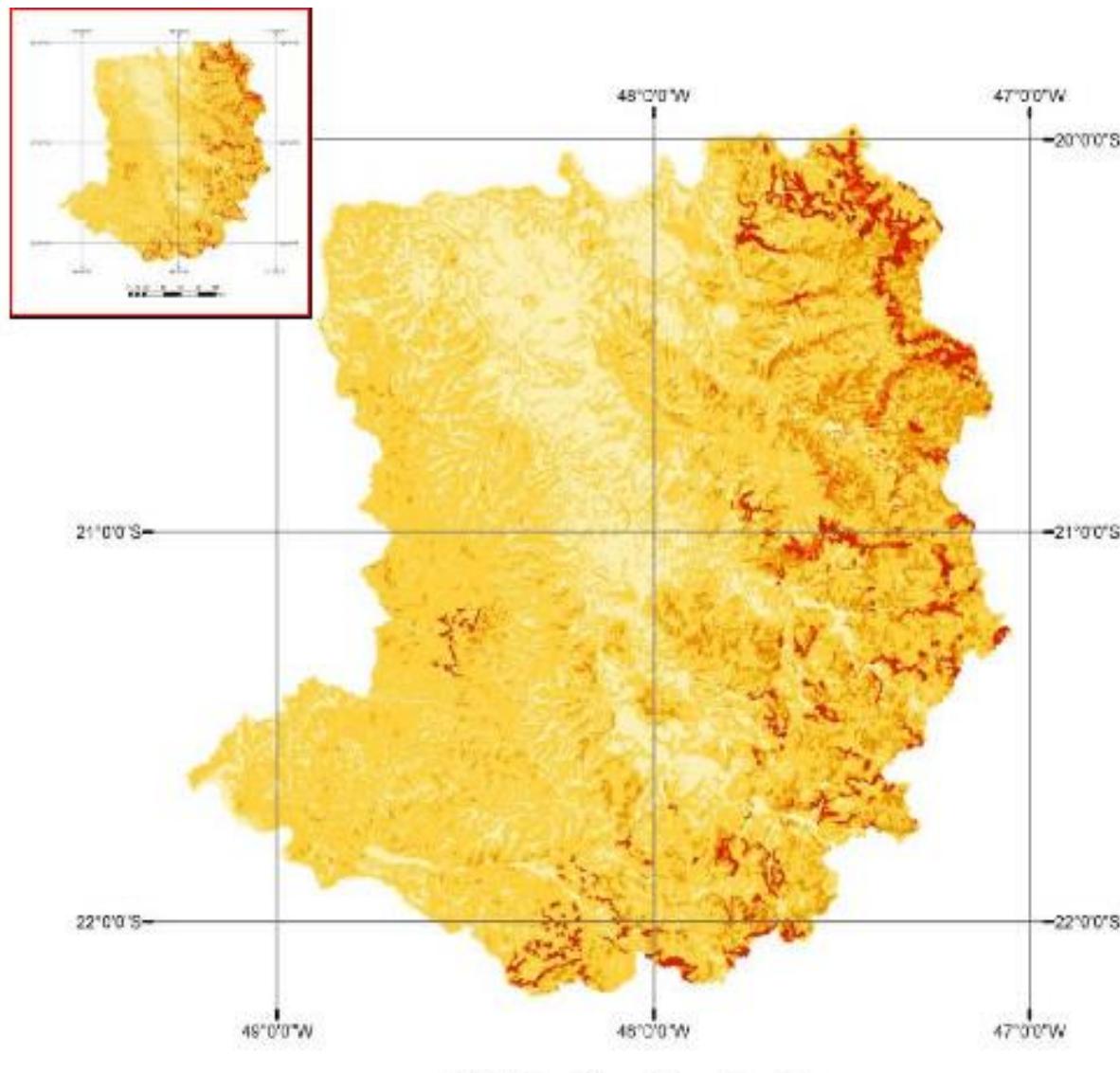
### **1.2. Representação Horizontal**

#### **d) Mapas de isodeclividade ou clinográficas**

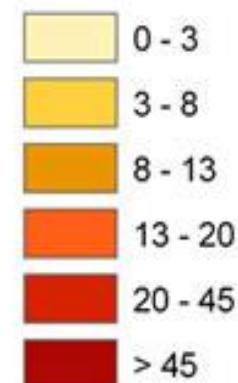
- Representam através de cores áreas de mesma declividade



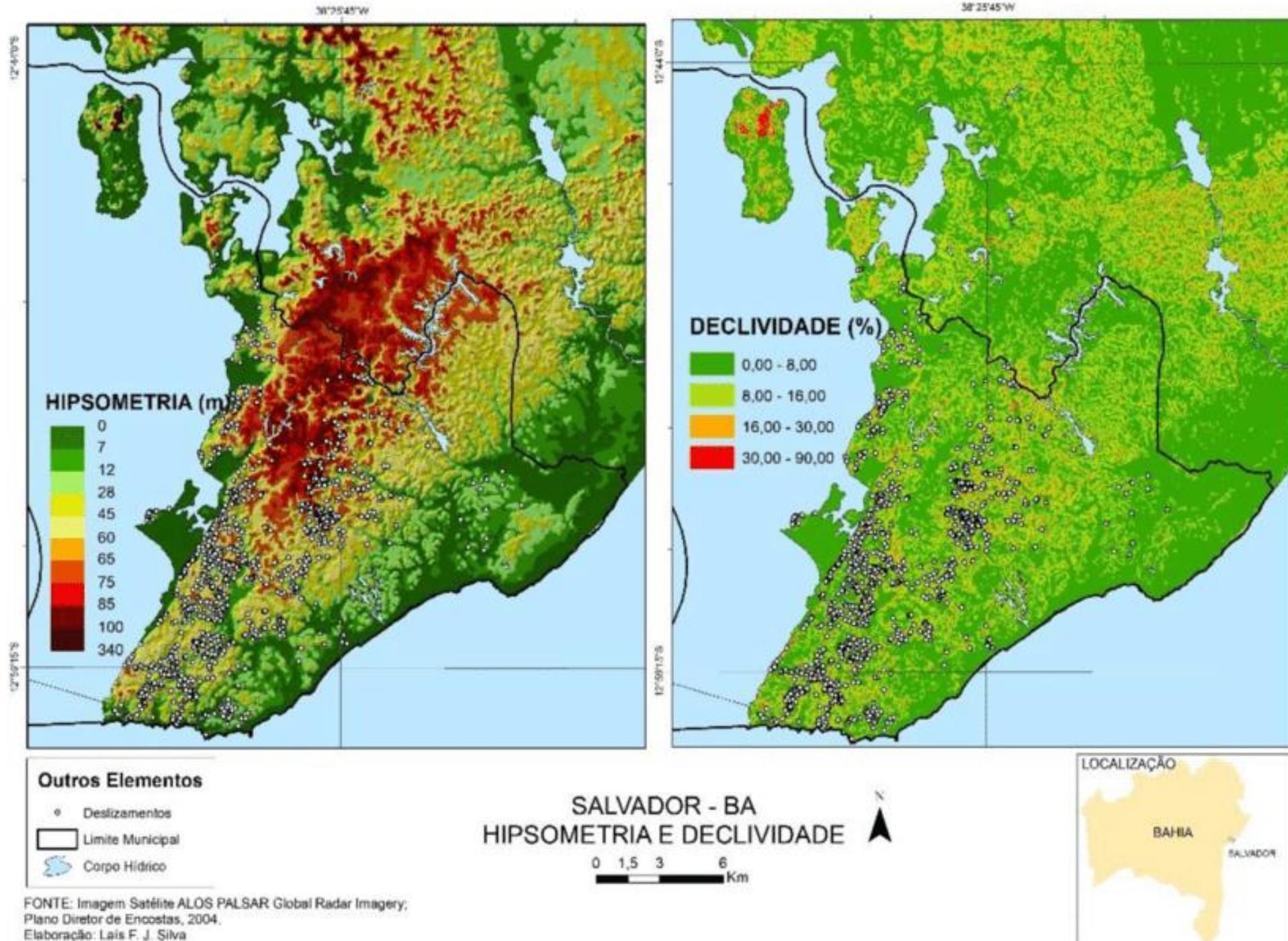
<https://narceliodesa.com/criando-um-mapa-declividade-no-qgis/>



### Declividade (%)



USGS-USA (2000)

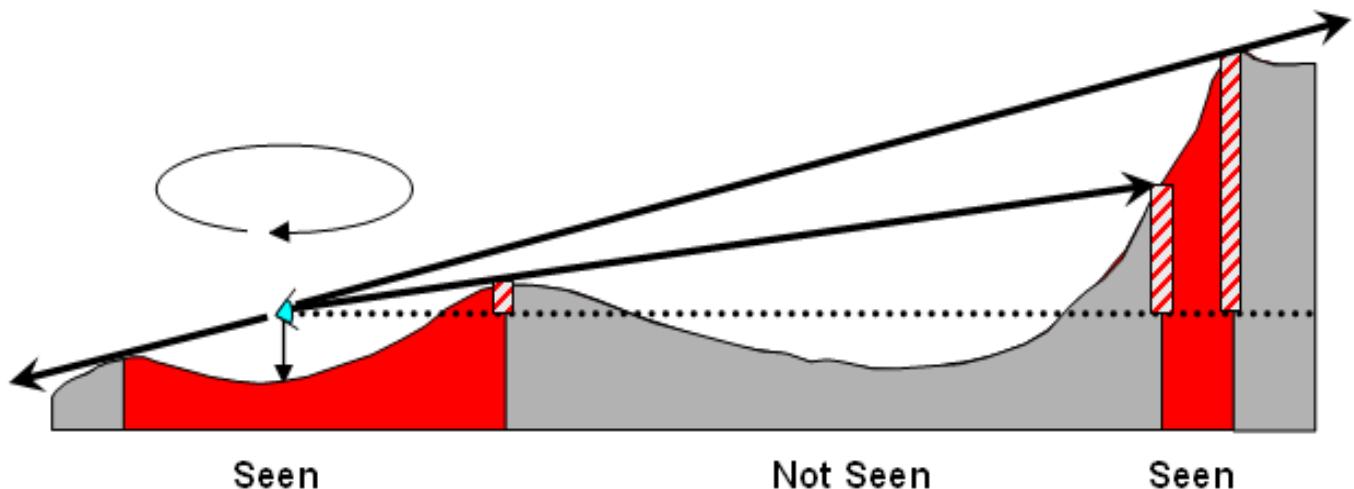


# 1.0. Formas de Representação

---

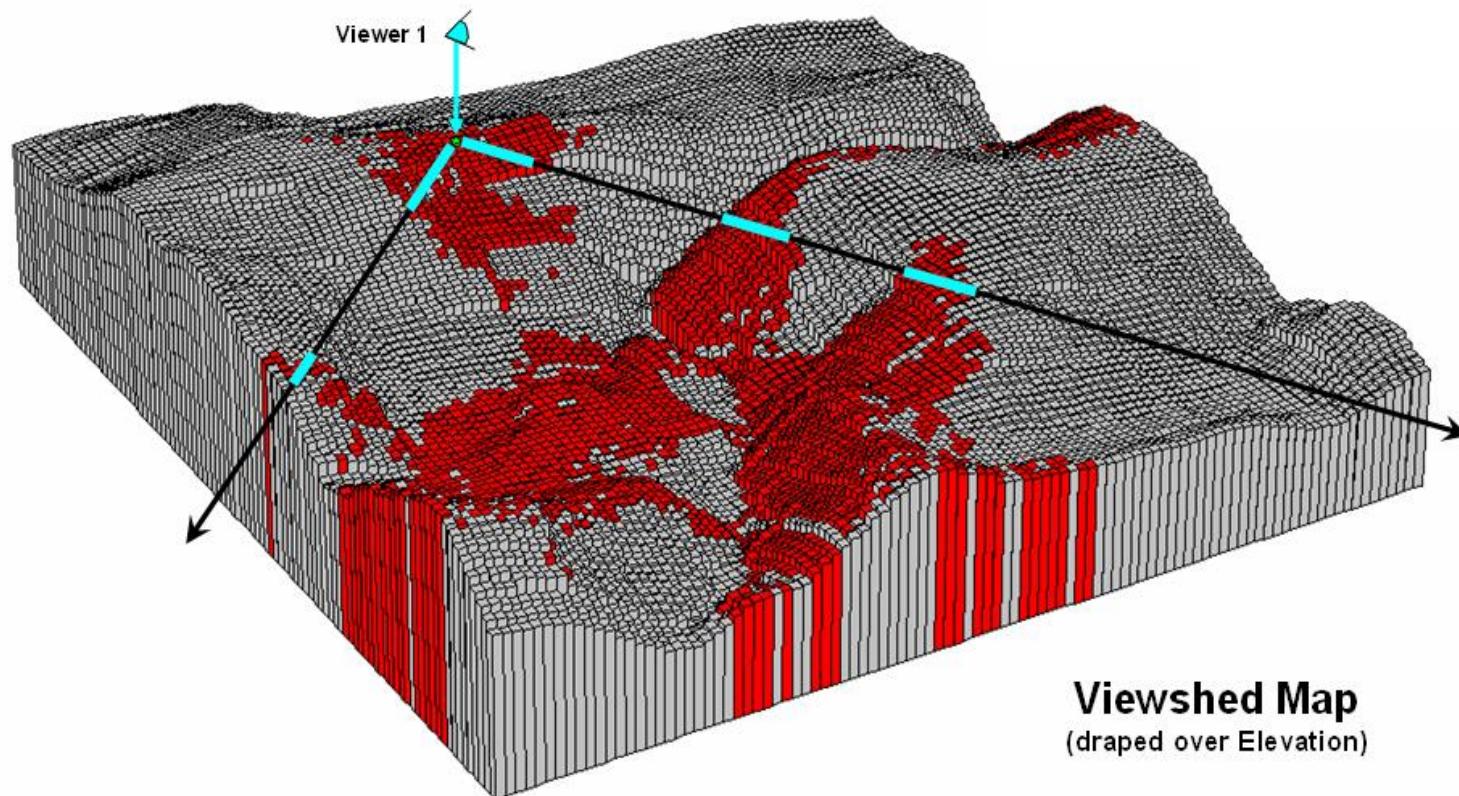
## e) Viewshed ou bacia de visão

- representa conjunto de pontos na paisagem visíveis a partir de um ponto determinado, considerando as barreiras visuais relacionadas ao relevo.

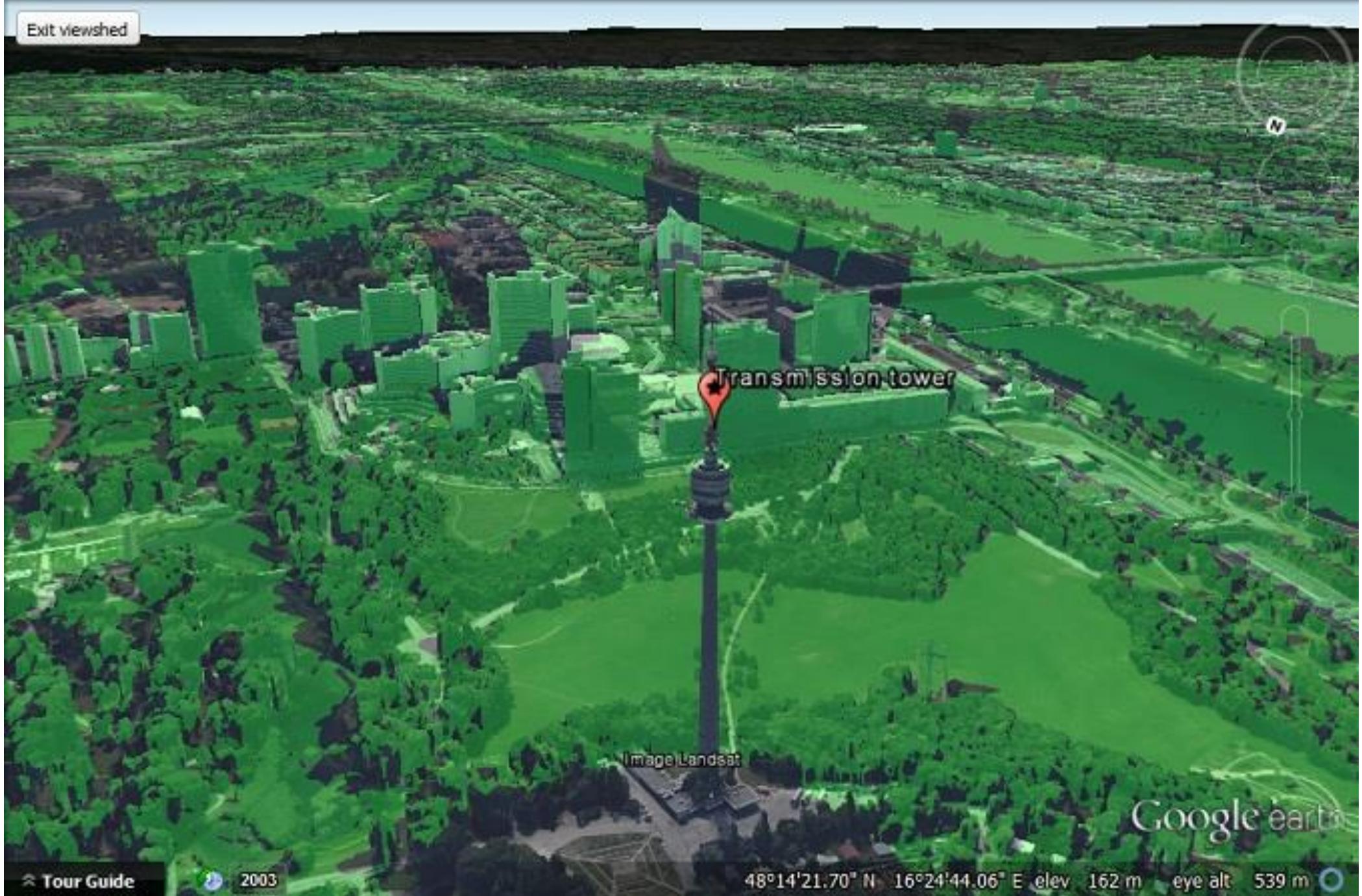


# 1.0. Formas de Representação

Geoprocessing



Exit viewshed

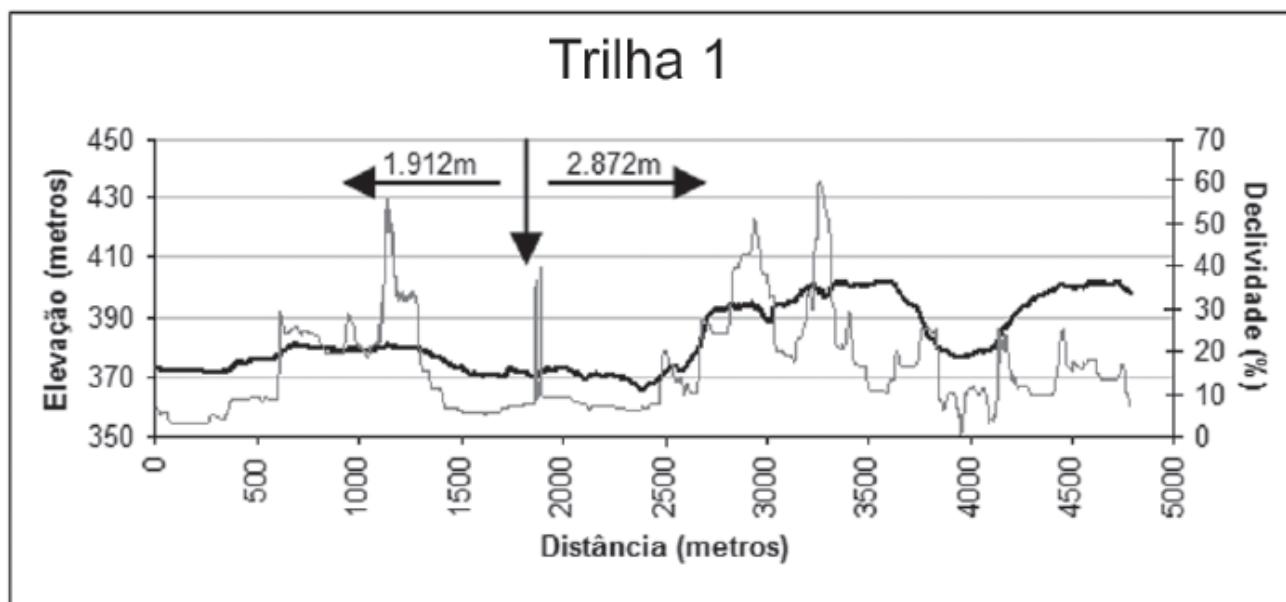


<https://www.gearthblog.com/>

# 1.0. Formas de Representação

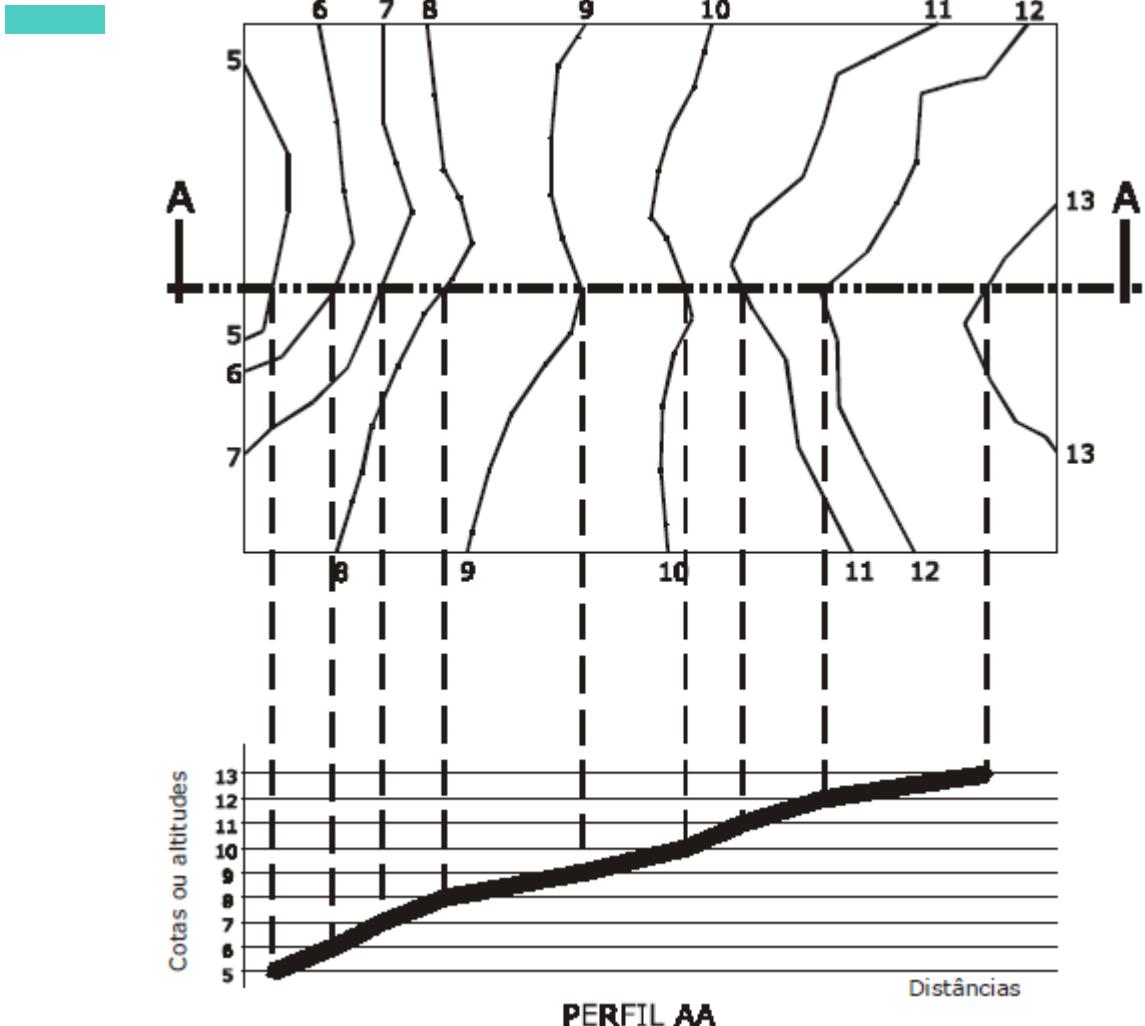
## 1.3. Representação Vertical

- a) **Perfis Topográficos.** Expressam diferentes cotas ao longo de uma linha de corte estabelecida.
- b) **Perfis Clinográficos.** Expressam as variações de declividades ao longo de um linha corte escolhida.



<http://www6.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/viewFile/1949/1094>

## 6.4. Traçado de perfil



Fonte: (ALVAREZ et al.).

- Seções transversais;
- Perfis longitudinais. Para acentuar o relevo, a representação desta peça em geral tem a escala vertical dez vezes maior que a horizontal.

# 1.0. Formas de Representação

---

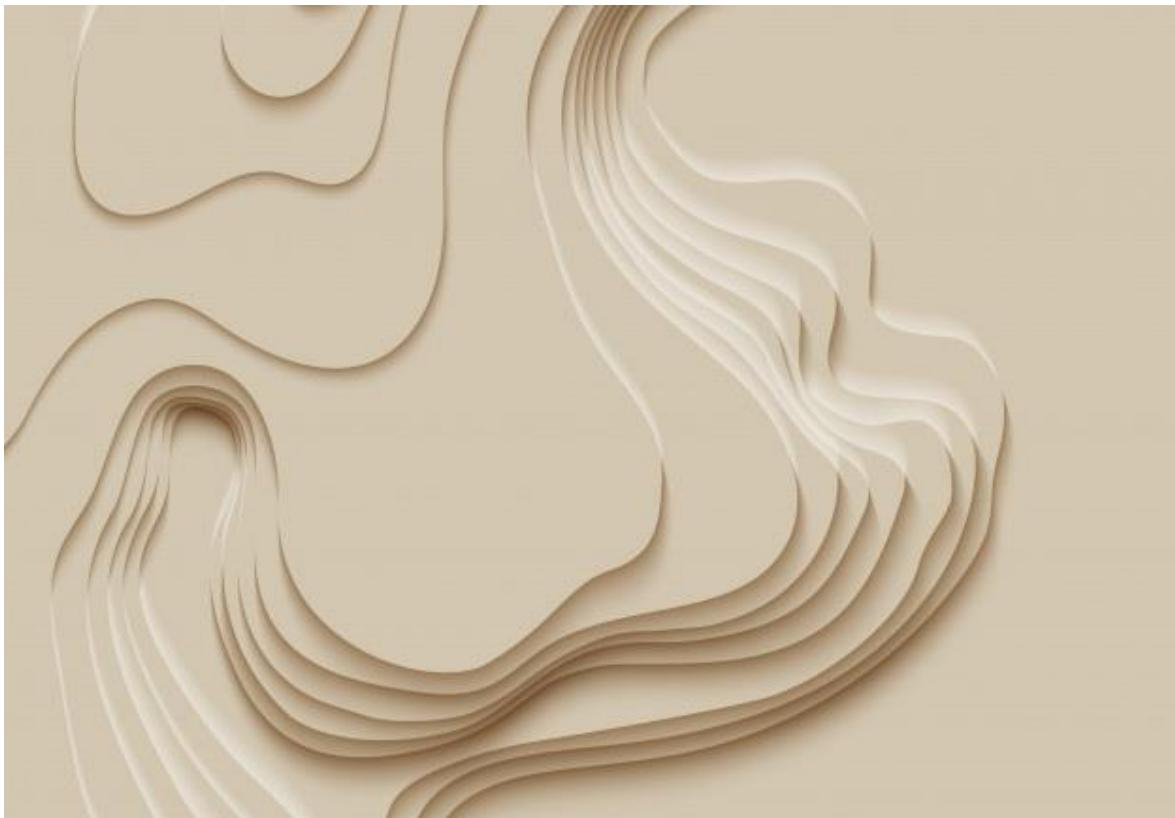
## 1.4. Representação Tridimensional

a) Maquetes

b) Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou *Digital Elevation Model* (DEM)

# 1.0. Formas de Representação

---



<https://br.freepik.com/>



<https://edificarto.wordpress.com/tag/curvas-de-nivel/>

# 1.0. Formas de Representação

Exemplo representação tridimensional



# 1.0. Formas de Representação

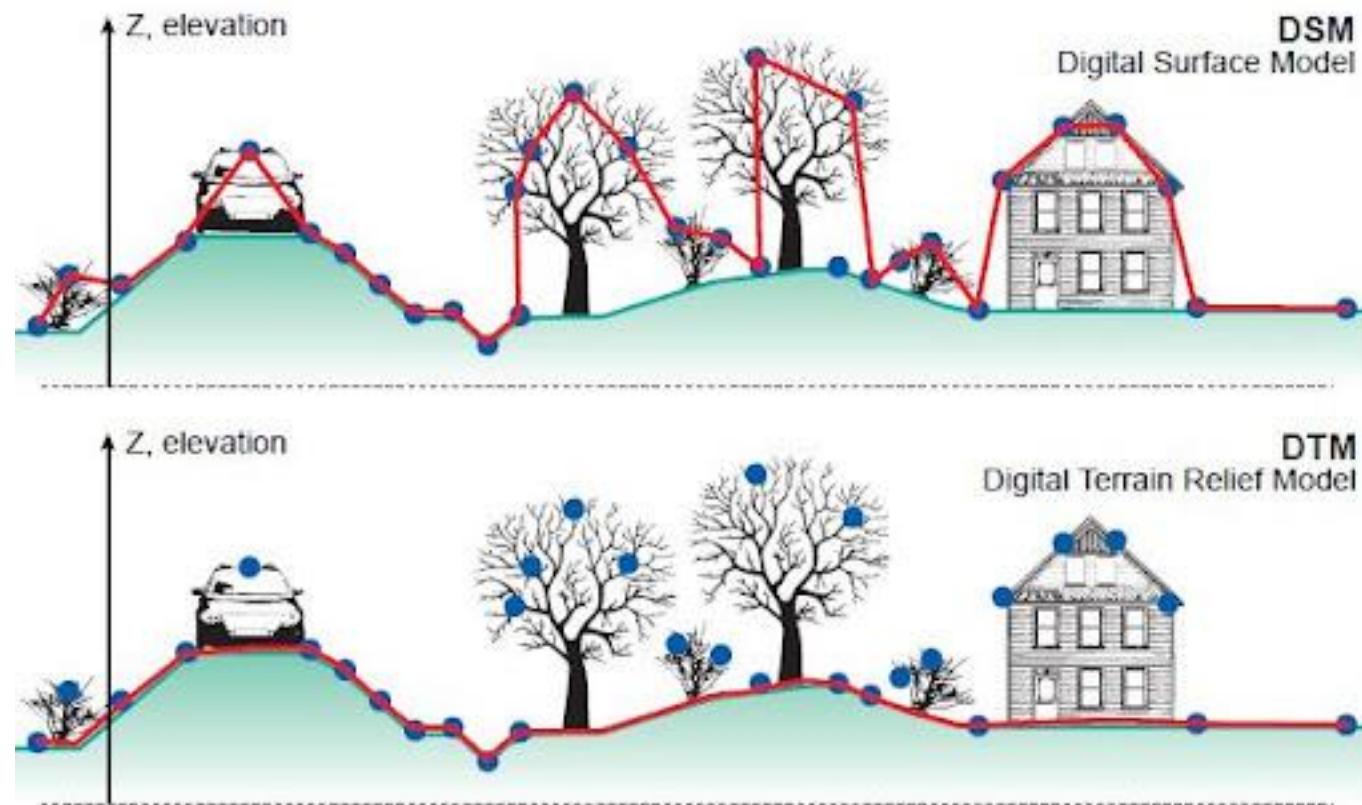
---

## 1.4. Representação Tridimensional

b) Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou *Digital Elevation Model* (DEM)

- Modelo Digital de Superfície (MDS) ou *Digital Surface Model* (DSM)
- Modelo Digital de Terreno (MDT) ou *Digital Terrain Model* (DTM )

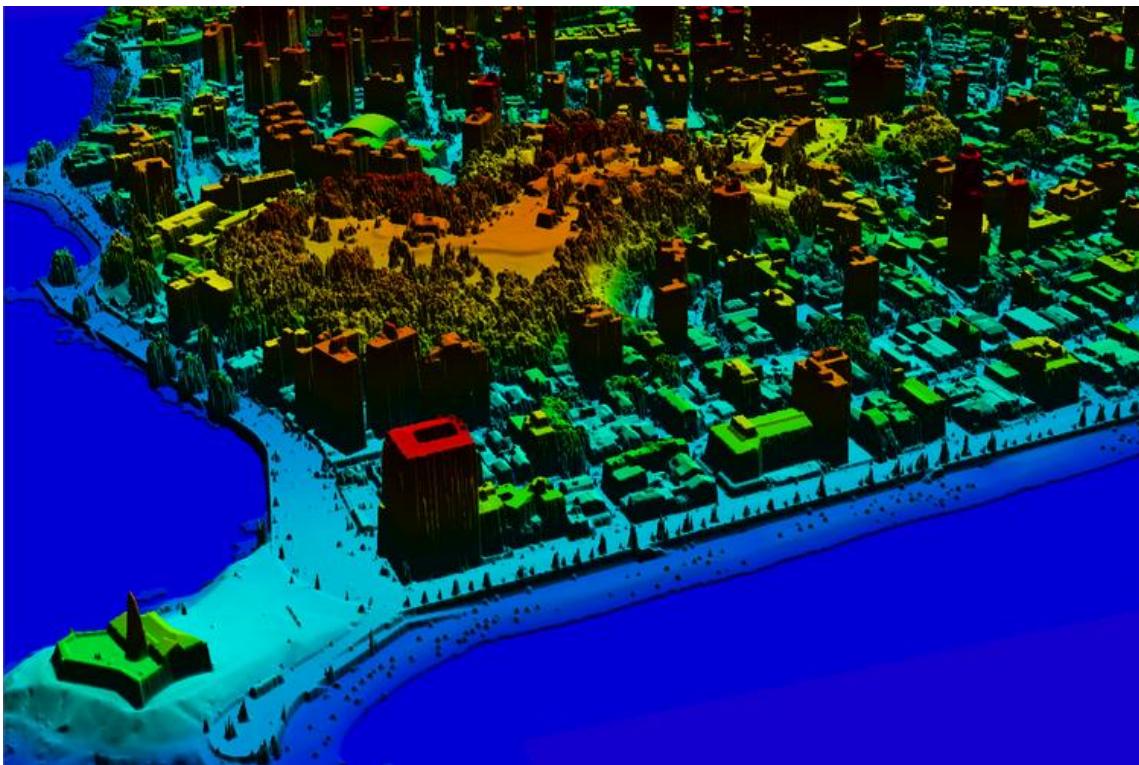
# 1.0. Formas de Representação



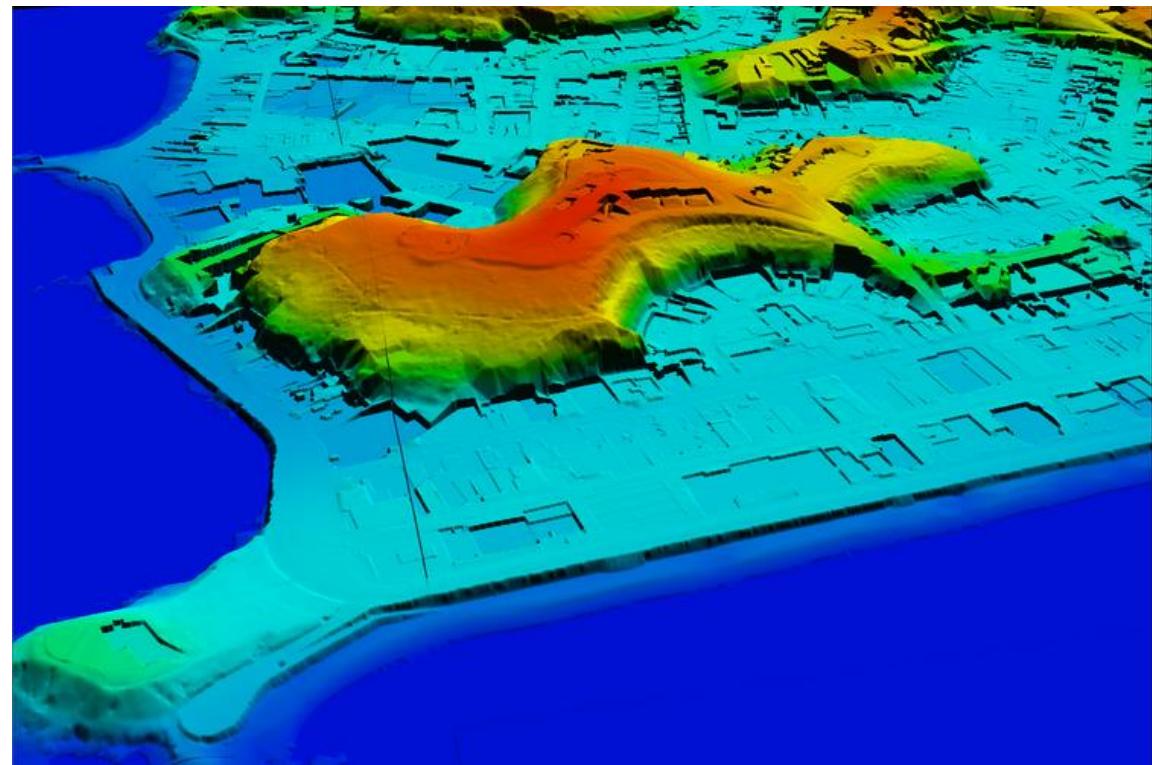
# 1.0. Formas de Representação



MDS



MDT



<http://cartografia.salvador.ba.gov.br/index.php/menu-cartografia/cartografia-de-referencia>

# 2. Obtenção de Dados

## 2.0. Obtenção de Dados

---

### 2.1 Métodos de aquisição de dados

- a) Topografia clássica
- b) Uso de GNSS
- c) Fotogrametria
- d) Detecção remota
  - LIDAR – Light Detection And Ranging (topografia e batimetria);
  - SONAR – Sound Navigation and Ranging (batimetria).
  - InSAR – Interferometric Synthetic Aperture Radar.

## 2.0. Obtenção de Dados

### 2.0.1. Topografia

#### a) Topografia clássica



<https://biomapengenaria.com.br/>

## 2.0. Obtenção de Dados

---

### b) Sistema Global de Navegação por Satélite ou *Global Navigation Satellite System (GNSS)*

- Consistem em sistemas de posicionamento por satélites artificiais.
- Para conseguir coordenar com eficiência um sistema global de localização são necessários pelo menos 24 satélites, fornecendo uma possível interação do receptor com pelo menos 4 satélites para reconhecimento de sua posição. Os satélites emitem continuamente um sinal de rádio, permitindo aos receptores o cálculo de sua posição.
- São exemplos de Sistemas Globais de Navegação além do *Global Positioning System (GPS)*, o sistema russo GLONASS, o europeu GALILEO e o chinês BEIDOU.

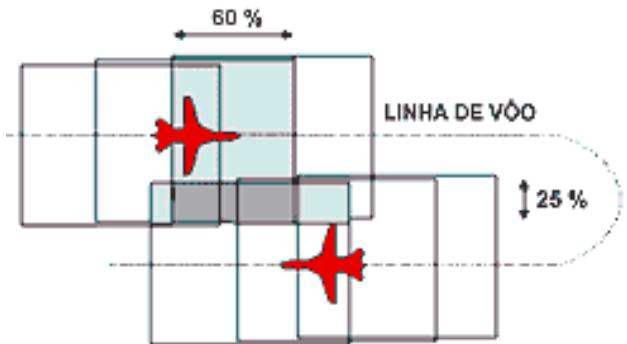
## 2.0. Obtenção de Dados

### c) Fotogrametria

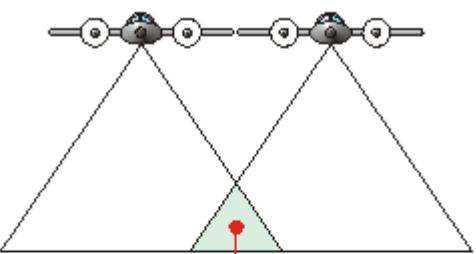
A Aerofotogrametria refere-se às operações fotogramétricas realizadas com fotografias da superfície terrestre obtidas por uma câmara de precisão acoplada em uma aeronave, com o eixo ótico do sistema de lentes mais próximo da vertical possível.



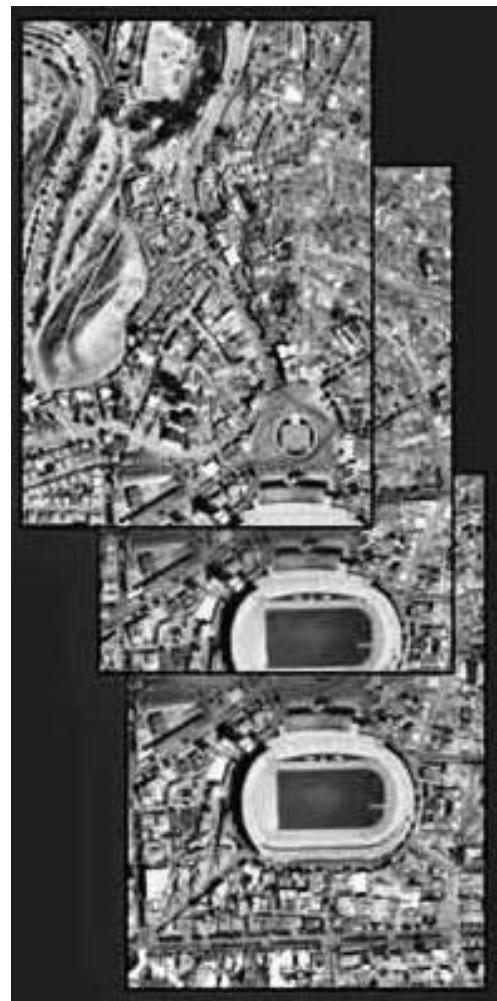
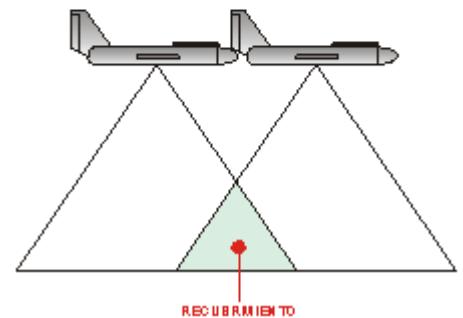
# Fotogrametria Aérea ou Aerofotogrametria



RECUBRIMIENTO TRANSVERSAL



RECUBRIMIENTO LONGITUDINAL



a)



c)



## 2.0. Obtenção de Dados

### Produtos Digitais

Produtos Raster:

- Ortofotos, ortofotocartas, mosaicos



Produtos Vetoriais:

- Plantas, Cartas e Mapas



## 2.0. Obtenção de Dados

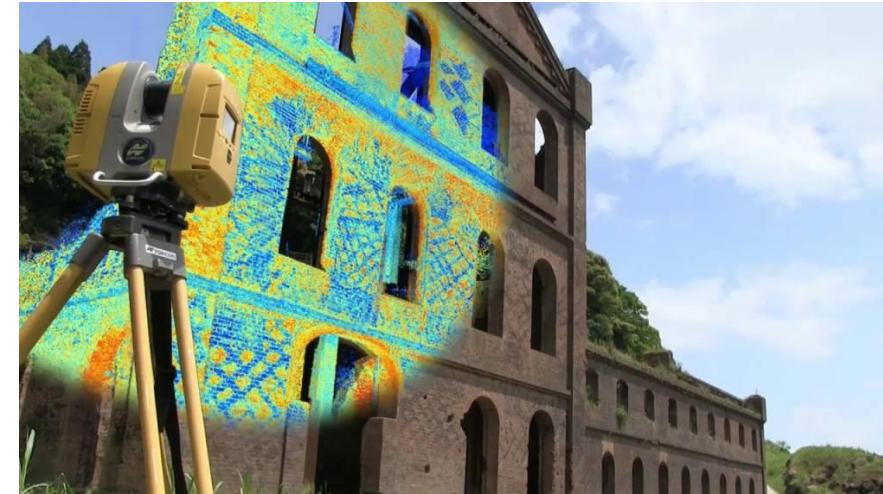
### d) Detecção remota

**LIDAR** (*Light Detection And Ranging*) é uma tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida permitindo a leitura de distância e outras informações de um objeto.

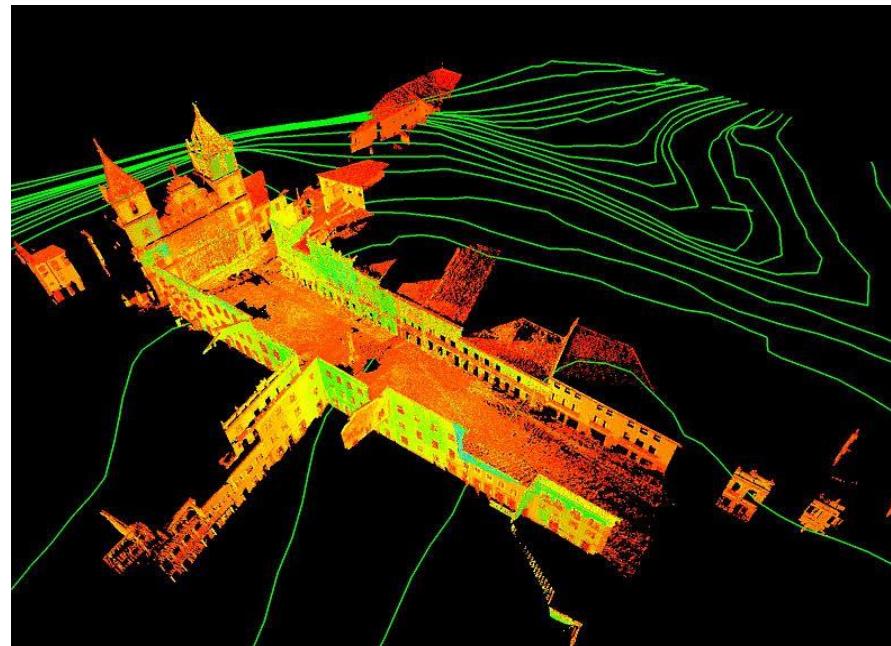


<https://leica-geosystems.com/pt-br/products/laser-scanners>

## 2.0. Obtenção de Dados

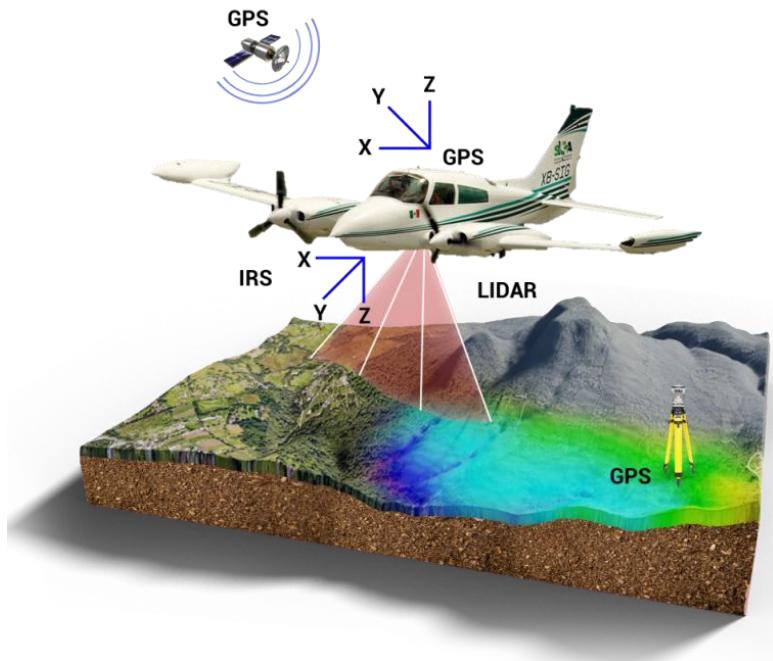


<https://www.embratop.com.br/site/laser-scanner-3d-e-um-olhar-sobre-o-futuro/>

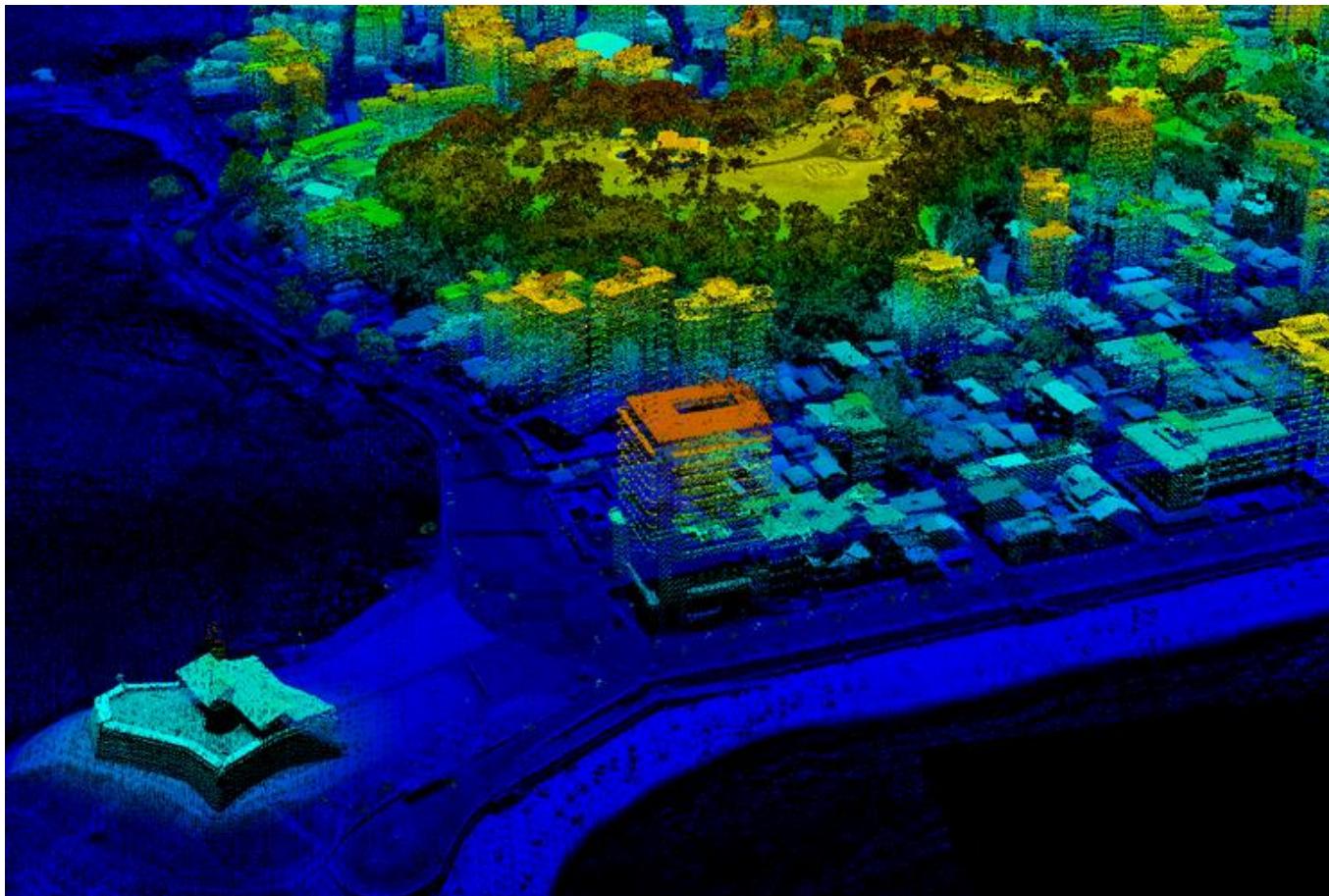


<https://mundogeoconnect.com/2020/seminario-topografia-3d-e-laser-scanning-no-droneshow-e-mundogeo-connect-100-online-em-setembro/>

## 2.0. Obtenção de Dados



## 2.0. Obtenção de Dados

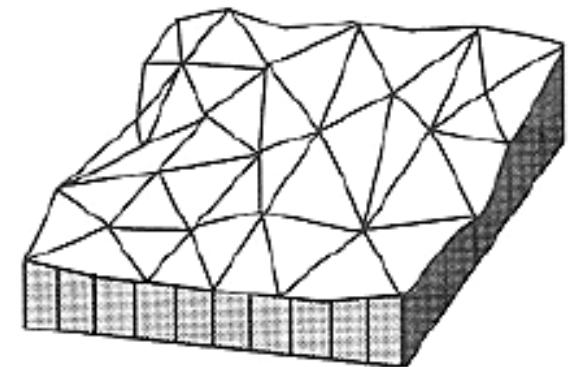
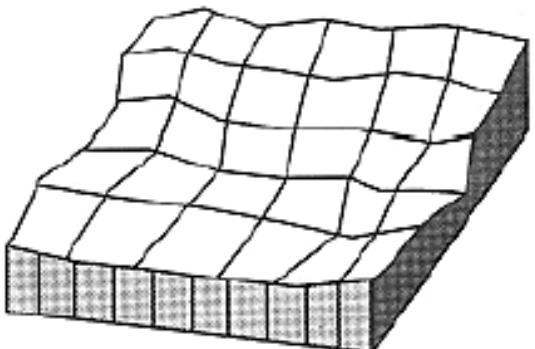


Coleta de dados do aerolevantamento por Sistema de Perfilamento à Laser nos 415 Km<sup>2</sup> da área continental, insular e adjacências, sobrevoada por uma aeronave equipada com sensor laser RIEGL modelo VQ480 e câmera digital PhaseOne modelo IXU 1000-R

## 2.0. Obtenção de Dados

### 2.2. Modelos para aquisição de dados

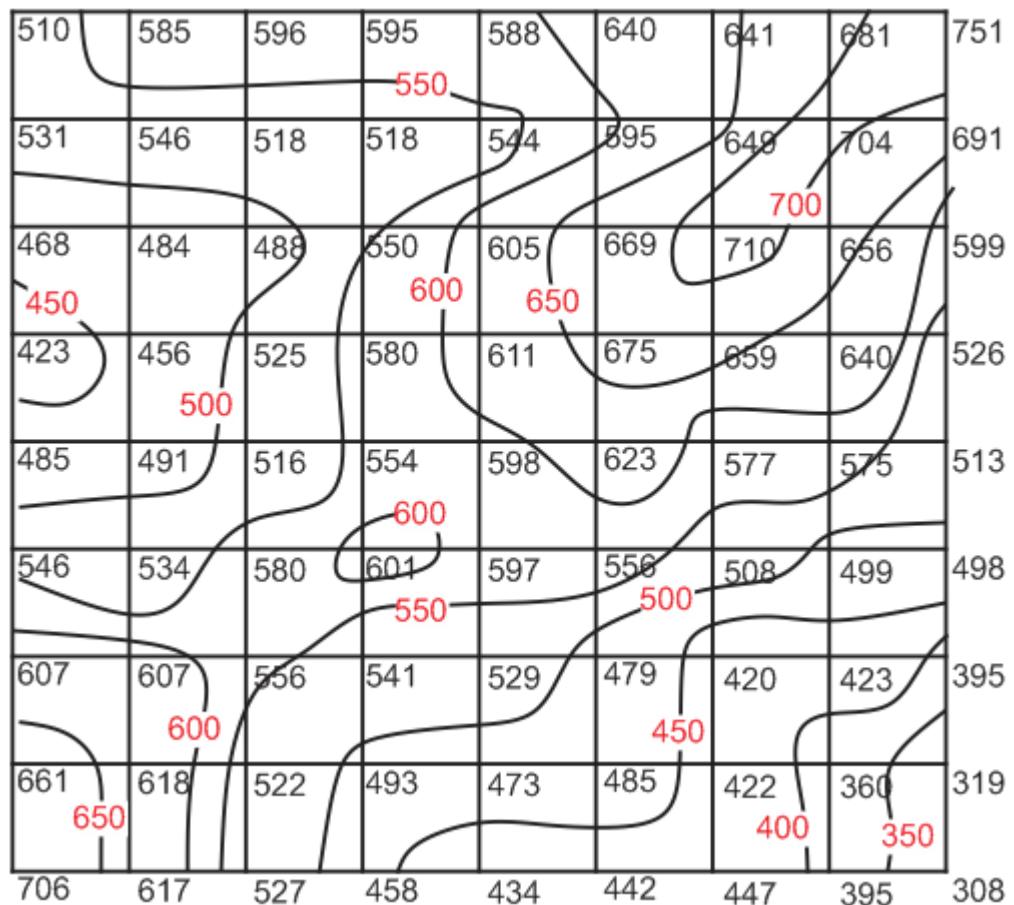
- a) Rede regular de pontos
- b) Rede Irregular de triângulos



# 3. Processos de Elaboração

## 3.0. Processo de Elaboração

### 3.1. Desenho de Curvas de Nível



<https://docplayer.com.br/17133142-Interpolacao-das-curvas-de-nivel-no-programa-surfer-8-0-atraves-de-imagens-do-google-earth.html>

## **3.0. Processo de Elaboração**

---

### **3.1. Desenho de Curvas de Nível**

Podem ser obtidas basicamente por três processos diferentes:

- Projeção
- Interpolação gráfica
- Interpolação numérica

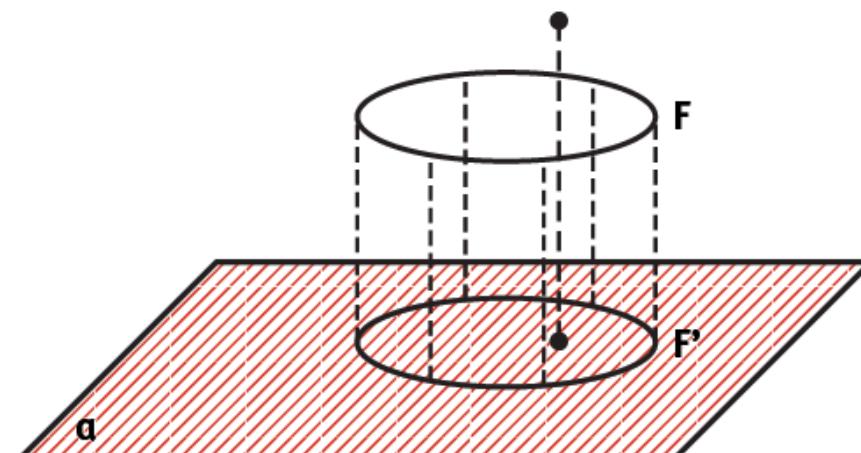
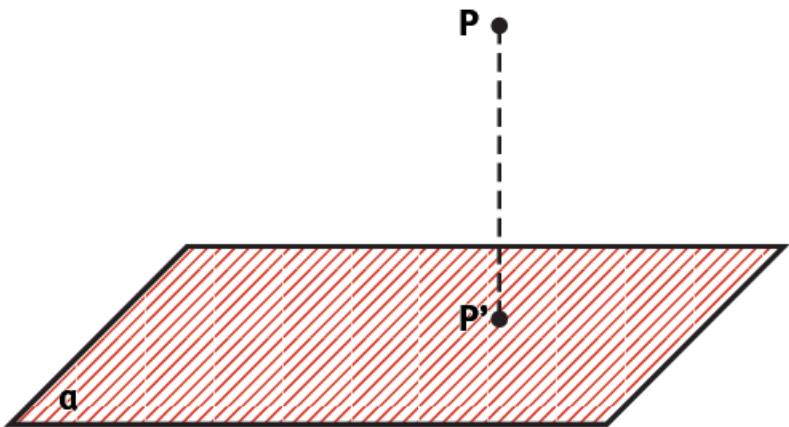
# 1.0. Formas de Representação

---

## - Curvas de nível

- Projeção: a projeção ortogonal é a mais usual no traçado das curvas de nível

A projeção ortogonal  $P'$ , de um ponto  $P$  sobre um plano  $\alpha$  (plano topográfico), é a intersecção do alinhamento do ponto  $P$  em uma reta perpendicular ao plano  $\alpha$ .

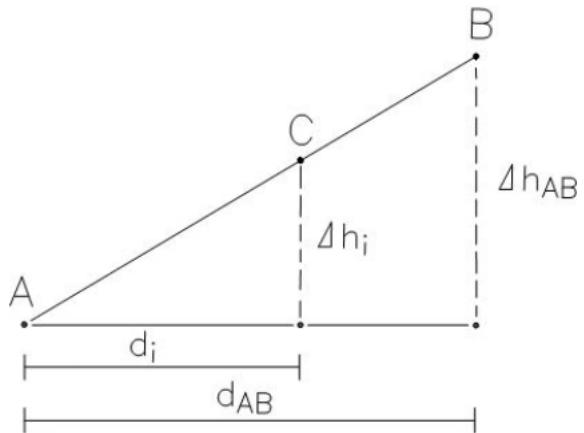


# 1.0. Formas de Representação

## - Interpolação gráfica

O método consiste em determinar os pontos de cota inteira e múltiplos da eqüidistância vertical por semelhança de triângulos:

$$d_i = \frac{d_{AB'}}{\Delta h_{AB}} \times \Delta h_i$$



### Exemplo I:

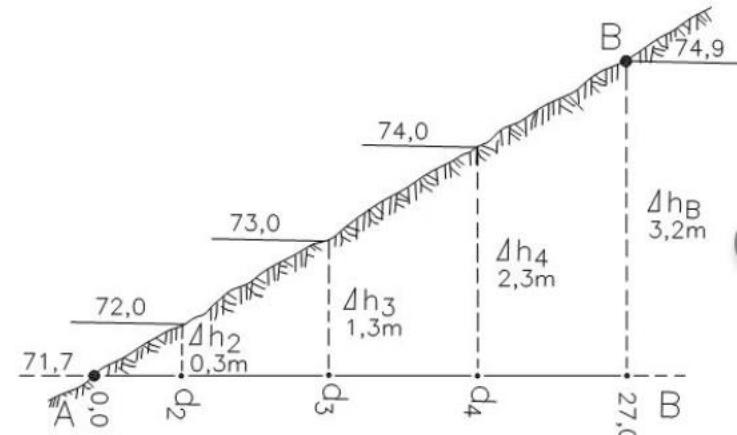
Calcular as distâncias a partir do ponto A das cotas inteiras conforme croqui:

$$d_i = \frac{d_{AB'}}{\Delta h_{AB}} \times \Delta h_i$$

$$d_2 = \frac{27,0}{3,2} \times 0,3 = 2,5m$$

$$d_3 = \frac{27,0}{3,2} \times 1,3 = 11,5m$$

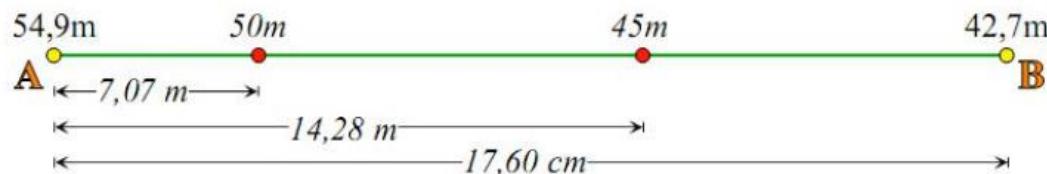
$$d_4 = \frac{27,0}{3,2} \times 2,3 = 19,4m$$



# 1.0. Formas de Representação

## - Interpolação Numérica por Regra de Três simples

Exemplo: interpolar dois pontos de cotas 42,7m e 54,9m.



Sabe-se que entre as cotas calculadas de 42,7m e 54,9m existem as cotas inteiras de 45 e 50, se a eqüidistância entre as curvas de nível for de 5 em 5 metros.

$$54,9 - 42,7 = 12,2\text{m}$$

$$\begin{aligned} 54,9 - 50 &= 4,9\text{m} \Rightarrow 17,6\text{m} — 12,2\text{m} \\ x &— 4,9\text{m} \Rightarrow x = 7,07\text{m de A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 54,9 - 45 &= 9,9\text{m} \Rightarrow 17,6\text{m} — 12,2\text{m} \\ x &— 9,9 \Rightarrow x = 14,28\text{m de A} \end{aligned}$$

## **3.0. Processo de Elaboração**

---

### **3.1. Desenho de Curvas de Nível**

#### **a) Considerações sobre as curvas de nível**

- Duas curvas de nível não cruzam. Se isso aparentemente ocorrer é porque um curva passa sob a outra devendo ser representada com uma linha tracejada ou pontilhada;
- Duas ou mais curvas de nível jamais poderão convergir para formar uma curva única, com exceção das paredes verticais de rocha.
- Uma curva de nível sempre fecha-se em si mesma, dentro ou fora dos limites do papel;
- Uma curva de nível não pode bifurcar-se;
- Terrenos planos apresentam curvas de nível espaçadas; em terrenos acidentados as curvas de nível mais próximas uma das outras.
- Por convenção, as linhas de representação das curvas de níveis não apresentam cantos.

## **3.0. Processo de Elaboração**

---

### **3.1. Desenho de Curvas de Nível**

b) Vantagens da representação por curvas de nível

- A aplicação da equidistância gráfica nos permite rapidamente ter noção da declividade no terreno representado;
- Fácil leitura;
- Simplificação da planta, fazendo com que esta possa abrigar mais informações;
- Cálculo da cota em qualquer ponto.

c) Desvantagens da representação por curvas de nível

- Imprecisão;
- Em terrenos muito planos, as curvas são muito afastadas perdendo a função de representação do relevo;
- Em terreno com declividades muito acentuadas a representação trona-se complexa;

# 4. Declividade

## 4.0. Declividade

---

### **Declividade**

A declividade é a expressão da inclinação do terreno, dada pela relação entre a diferença de nível entre dois pontos e a distância horizontal que separa estes dois pontos. (ORTH, dora)

Pode ser expressa de diversas maneiras:

- valor do ângulo de inclinação;
- valor da tangente;
- percentual.

# 4.0. Declividade

## Declividade

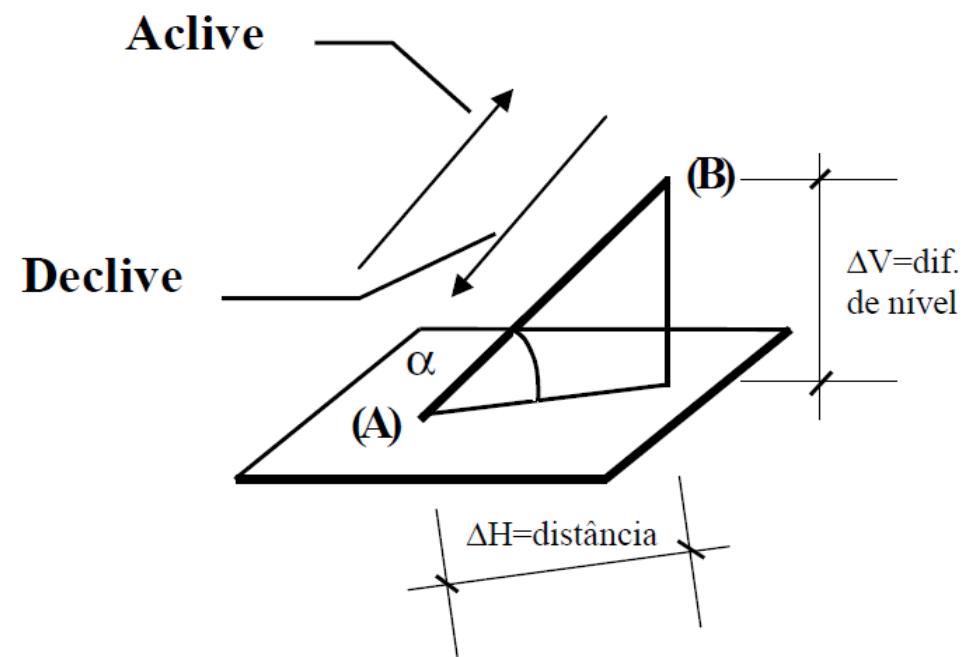
DV = Diferença de altura BC (Eqüidistância vertical)

DH = Distância horizontal AC (distância entre os pontos)

Declividade (D) é a relação :  $dV/dH$

Quando expressamos em percentual a declividade de uma inclinação:

Rampa =  $D \times 100 = (dV/dH) \times 100$



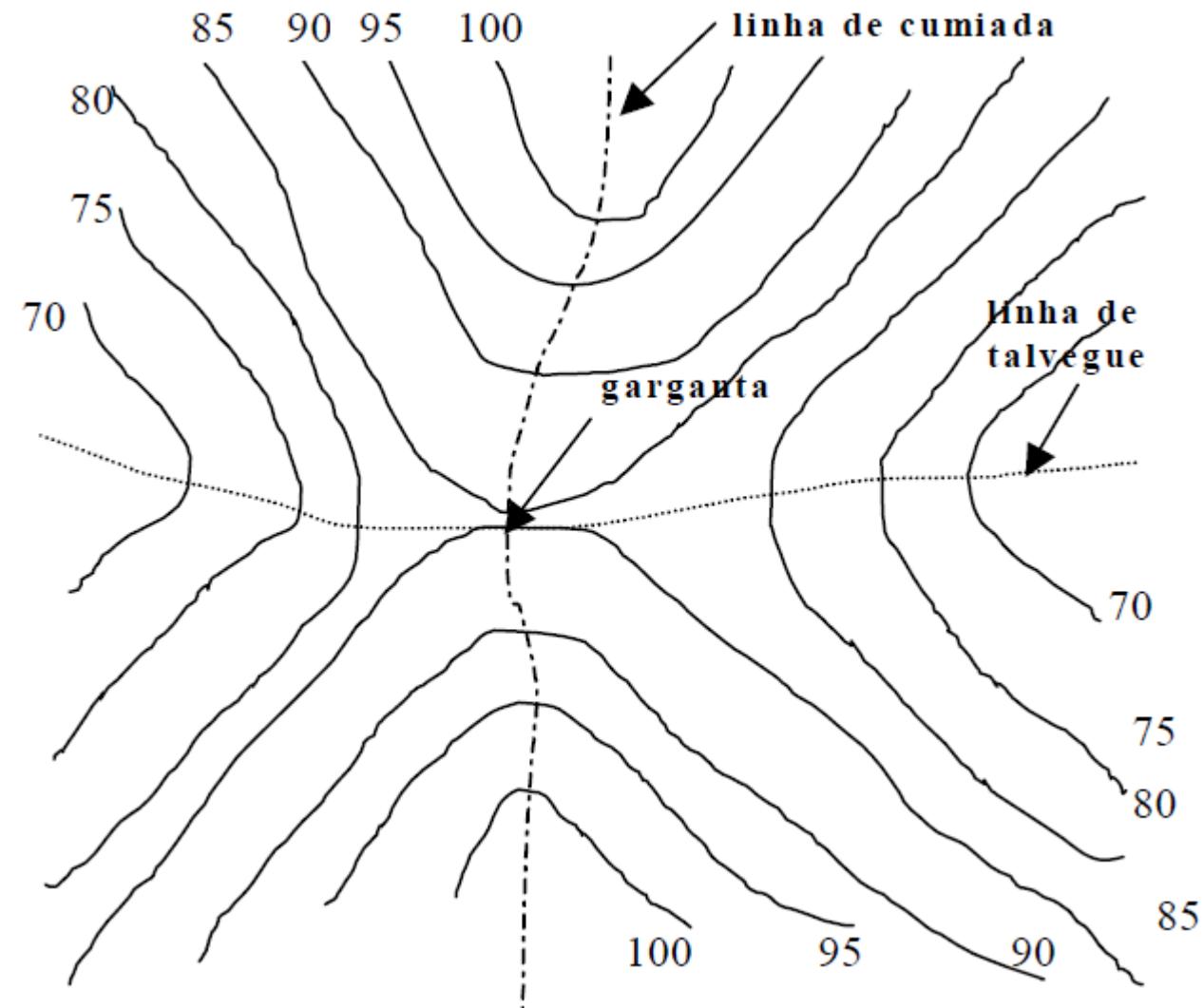
Fonte. <http://www.ltc.ufes.br>

# 5. Pontos Notáveis

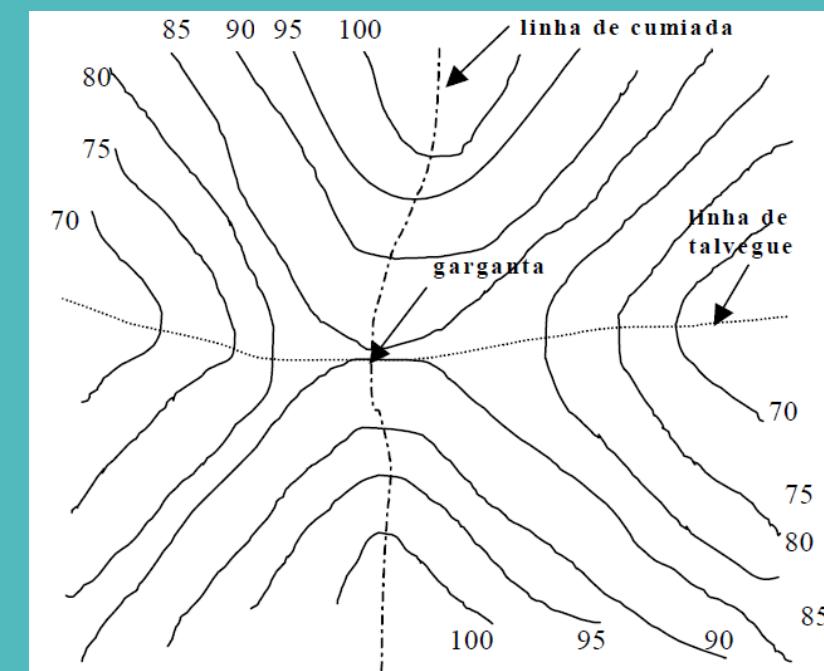
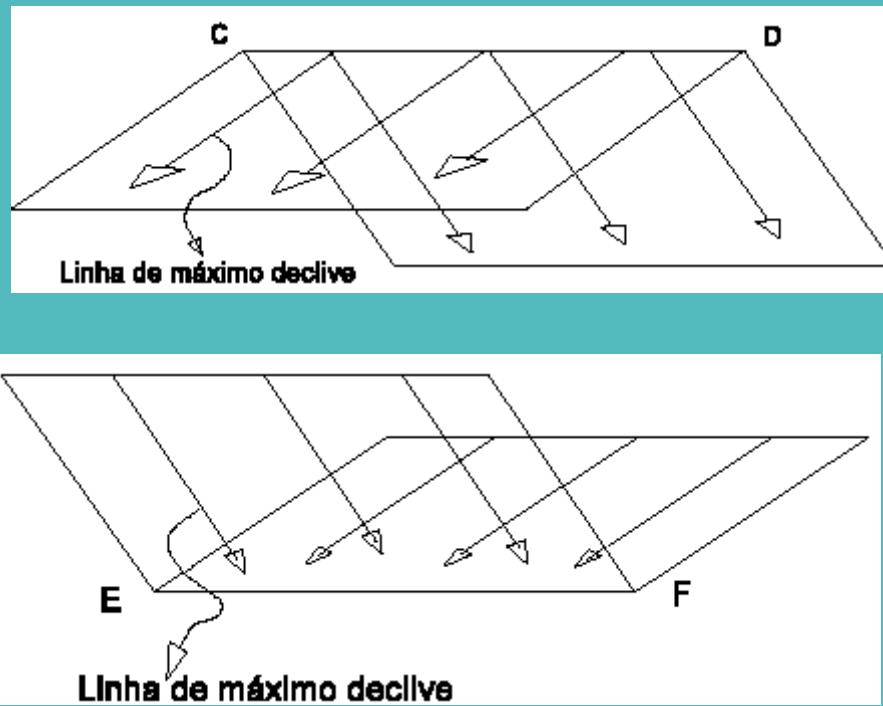
## 5.3. Linhas Notáveis

- Vertentes, flancos ou encostas;
- Linha de talvegue;
- Linha de cumiada;
- Garganta.

Fonte: (ALVAREZ et al.).



Na cumeadas (divisores de água) , as curvas de nível de menor cota envolvem as de maior cota, enquanto nos vales (recolhedores de água) sucede o contrário.



Fonte: (ALVAREZ et al).

## Elevação e depressão

- **Elevação** - resulta da reunião de duas ou mais cumeadas;
- **Depressão** - resulta da junção de vales

