

REPRESENTAÇÃO DO RELEVO NAS CARTAS TOPOGRÁFICAS

17
aula

META

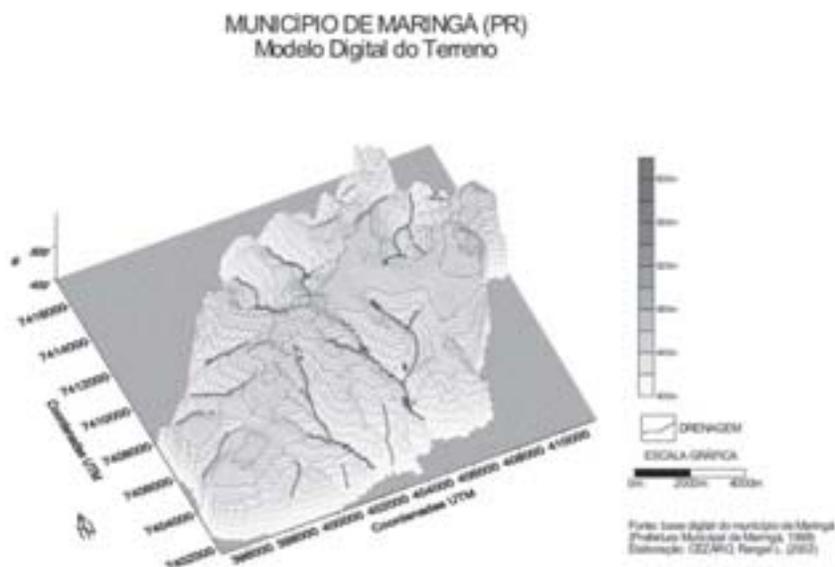
Mostrar a representação gráfica das diversas formas de relevo existentes na carta topográfica.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá: identificar as altitudes e formas de relevo nas cartas topográficas.

PRÉ-REQUISITOS

Os elementos que figuram nas cartas topográficas, definidos na aula 16.



(Fonte: <http://www.dge.uem.br>).

INTRODUÇÃO

Caro aluno, pela sua importância e complexidade, a representação do relevo é, usualmente, tratada separadamente, em estudos sobre cartas topográficas. As características do relevo que devem ser representadas em mapas são: *tridimensionalidade* e *continuidade*. Estas duas características, ser tridimensional e ser contínuo, definem os dois elementos principais do relevo: *altitude* e *declividade*, que tem que ser reduzida a duas dimensões para que possa ser representada em uma carta topográfica.

A superfície contínua é expressa em termos de elevações sobre uma superfície de referência, ou profundidade sob essa superfície. Quaisquer superfícies contínuas para uma representação plana têm um comportamento assemelhado, de forma que o que for definido para a representação do relevo pode ser estendido para a representação dos demais fenômenos contínuos sobre a superfície terrestre, assim como: temperatura, pressão, anomalias magnéticas, força da gravidade, potencial gravitacional, etc.

A variação em relevo afeta as observações de quase todas as demais feições cartografadas, pois todas têm que ser projetadas em um plano de referência, para serem representadas na carta. Por outro lado, não é possível representar a 3ª dimensão completamente em um mapa bidimensional. Ela só pode ser indicada seletivamente, caso contrário, por ser contínua, ocuparia toda a área do mapa.

Ocupando uma área então, é um fenômeno zonal ou de área, devendo, portanto ter também uma representação zonal. Existem, porém, pontos e linhas importantes do relevo que devem ser representados, como por exemplo: cumes, divisores de água, linhas de declividade, ruptura de declive etc., concluindo-se que a representação do relevo tem elementos isolados pontuais, lineares e zonais, devendo-se combiná-los de forma que a representação como um todo seja tanto precisa como visualmente fiel.

A precisão é absolutamente necessária para a utilização da carta como um instrumento científico de trabalho, onde se necessita de valores precisos e coerentes com a escala de representação.

A visualização está de acordo com a precisão. A observação na carta tem que permitir visualizar o que existe no terreno, com as limitações da carta. Em consequência da representação seletiva, o problema cartográfico de representação do relevo deve fornecer informações suficientes, sem interferir em outros elementos cartográficos.

O relevo compreende dois elementos principais:

Altitude

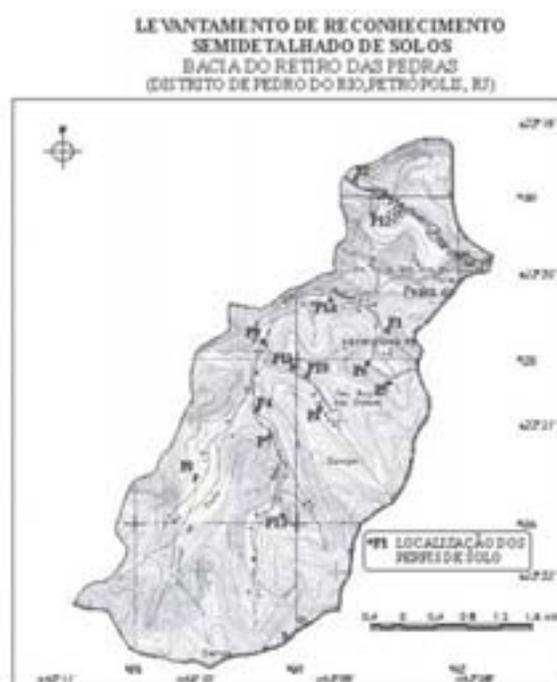
Declividade

A Altitude é o resultado da diferença vertical entre um ponto de referência (normalmente o nível de mar) e outro ponto objetivo. Isto fornece a cota de ponto, ou seja, sua altitude acima do nível do mar.

Altitude e cota são independentes da geomorfologia; portanto, uma cota de 800 metros tanto pode ocorrer numa zona plana ou inclinada, num vale ou num cume. O que importa é a distância vertical até o nível do mar. O mapeamento de altitudes é uma das principais preocupações dos cartógrafos.

É difícil a representação de declividade sem a obtenção de informações de altitude, a não ser de uma forma aproximada, porque a declividade é obtida pelo relacionamento da diferença de altitude com a distância plana.

RELEVO



(Fonte: <http://geografia.igeo.uerj.br>).

Na representação do relevo, são utilizados 3 diferentes métodos, que denominamos: *pontos altimétricos*, *curvas de nível* e *cores hipsométricas*. Neste texto nós descreveremos sobre *pontos altimétricos* e *curvas de nível*, uma vez que estas são as representações adequadas ao mapeamento sistemático, e a qualquer carta sobre a qual serão realizadas análises quantitativas que exijam precisão nos resultados das medidas.

PONTOS ALTIMÉTRICOS

Na representação por *pontos altimétricos* são utilizados símbolos pontuais, que representam a localização geográfica da qual se conhece a altitude. A altitude, que é o atributo representado do relevo, é indicada por um texto adjacente ao símbolo pontual (Figura 1). Portanto, na representação por pontos altimétricos, o relevo é classificado pela variação em altitude, não sendo incluída a declividade.

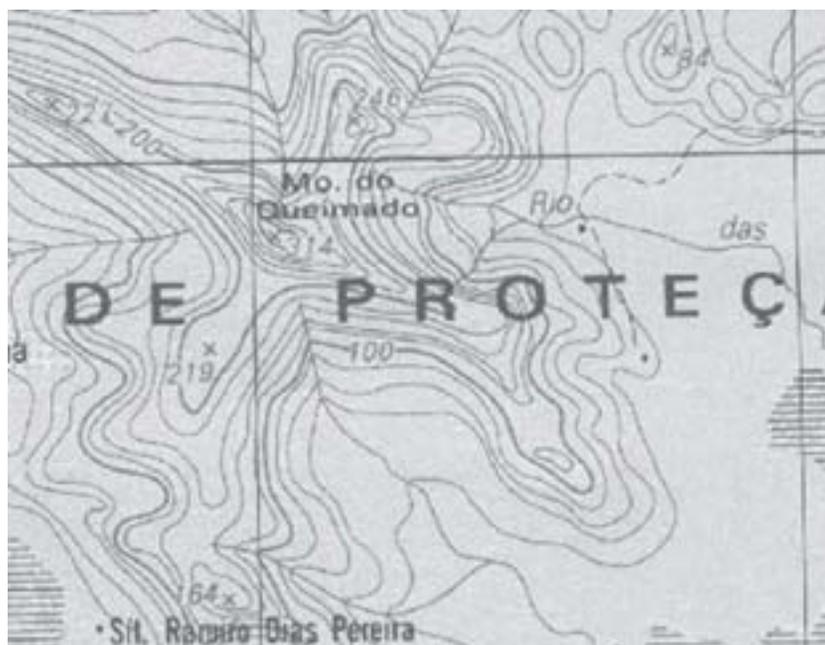


Figura 1. Exemplos de pontos altimétricos da carta topográfica.

Devido aos pontos altimétricos representarem apenas a altitude, e pela indicação desta (texto adjacente ao símbolo pontual) ocupar um espaço na carta não relacionado ao ponto representado, este método é indicado para pontos notáveis no terreno, tais como, pontos altos, picos, desfiladeiros, povoados, depressões. Além disso, este método é útil quando combinado com os outros métodos: *curvas de nível* ou *cores hipsométricas*. A representação do relevo por *pontos altimétricos* é importante em cartas náuticas, cartas aeronáuticas e representações topográficas em escalas grandes.

CURVAS DE NÍVEL

A representação do relevo por curvas de nível o descreve em função de seus dois elementos principais, *altitude* e *declividade*. As variações em altitude e declividade são representadas por intervalos verticais constantes. Assim, a seleção dos intervalos verticais é a decisão fundamental na representação plana do relevo por curvas de nível, a qual deve considerar (KEATES, 1973):

- A natureza do terreno;
- A escala do mapa;
- As exigências de uso do mapa;
- As dificuldades de coletar os dados.

A *natureza do terreno* diz respeito às variações em declividade da região mapeada. Se as variações em declividade são grandes, ou seja, numa mesma carta (ou série de cartas) devemos representar regiões de terreno acidentado e regiões de terreno suave, podemos adotar duas diferentes soluções (KEATES, 1973): diferentes intervalos para as diferentes classes de declividade, solução possível para mapas em escalas pequenas; curvas suplementares para áreas de relevo suave.

A *escala da carta* é definida a partir das *exigências de uso do mapa*. Para cartas utilizadas em projetos de engenharia, é necessário definirmos o menor intervalo vertical possível, o que exige mapeamento em escala grande. Para escalas menores, devemos analisar os *custos* e as *dificuldades para coletar os dados* sobre o relevo, além da consideração do efeito visual da representação das curvas de nível sobre os demais símbolos cartográficos do mapa (KEATES, 1973).

Após definida a classificação do relevo, ou seja, os intervalos verticais que serão representados, devemos decidir sobre a apresentação gráfica propriamente dita. Na representação do relevo por curvas de nível, uma superfície tridimensional, ou seja, um fenômeno cuja dimensão espacial é volume, é representado pela primitiva gráfica linha. A apresentação gráfica das linhas é conseqüente da variável visual adotada. Segundo Keates (1973), a decisão sobre as variáveis visuais depende:

Da natureza da informação;

Da necessidade do usuário;

Da qualidade dos dados coletados;

Do efeito visual sobre os demais símbolos.

A *natureza da informação* define a variável visual *tom de cor*. Na maioria das cartas topográficas, as curvas de nível são representadas em sépia (Figura 2), sendo esta decisão baseada na associação de cor do sépia com solo exposto. Além da associação de cor, o tom de cor sépia permite um contraste adequado com o branco ou fundo claro e um equilíbrio visual com o azul da drenagem.

Em geral são numeradas algumas curvas de nível, chamadas de *curvas mestras*, sendo a numeração das demais dependente da necessidade do usuário da carta. As curvas mestras são representadas a intervalos verticais constantes, tendo-se como resultado um número também constante de curvas de nível, chamadas de *curvas padrão*, entre as

curvas mestras. Tanto a qualidade dos dados coletados, como a classificação das curvas, em *curva de nível mestra* e *curva de nível padrão*, são diferenciadas na representação cartográfica pelas variáveis visuais: tamanho e luminosidade (linhas contínuas e linhas tracejadas) (Figura 3). Segundo Keates (1973), considerando a adoção do tom de cor sépia, o tamanho (espessura) mínimo de $0,15\text{mm}$ é adequado por resultar em contraste de cor suficiente para permitir a discriminação visual das linhas. Assim tem-se:

Curva de nível mestra: contínua e mais espessa;

Curva de nível padrão medida: contínua e mais delgada que as curvas mestras;

Curva de nível suplementar: contínua e mais delgada que as curvas padrão;

Curva de nível interpolada: tracejada.



Figura 2. Exemplos de pontos altimétricos da carta topográfica.

Curva de nível de equidistância normal aproximada		
Curva de nível mestra aproximada		
Curva de nível auxiliar ou suplementar		
Curva de nível de equidistância normal		
Curva de nível mestra		

Figura 3. Simbologia para as curvas de nível.

CORES HIPSOMÉTRICAS

As cores hipsométricas são usadas para a representação do relevo por classes de altitudes. Em se tratando de relevo submarino, passam a chamar-se cores batimétricas.

O problema da representação do relevo através de cores é basicamente a definição número de intervalos de altitude (intervalos de classe) entre as altitudes extremas, que serão representadas pelas cores e a escolha das próprias cores que representarão cada intervalo de classe.

A representação hipsométrica por cores é uma das possibilidades de representação de uma distribuição contínua de um fenômeno sobre a superfície terrestre. Pode-se de uma maneira geral representar qualquer ocorrência de distribuição contínua por este processo.

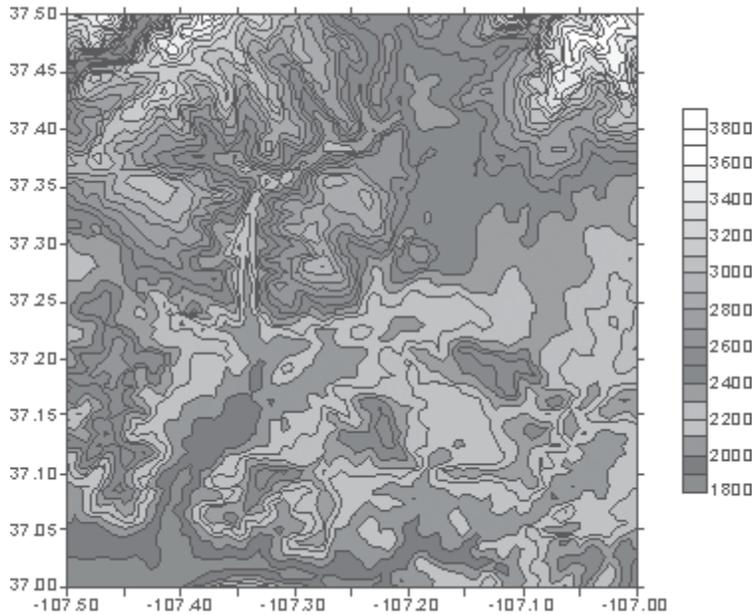


Figura 4. Hipsometria.

A cor, antes de mais nada, é um fenômeno psicológico. Luz é a sensação visual despertada pelo estímulo de receptores (bastonetes) no olho humano, por uma porção do espectro eletromagnético.

O espectro eletromagnético contém desde os comprimentos de onda pequenos dos raios X e gama, até os grandes comprimentos usados pelo radar.

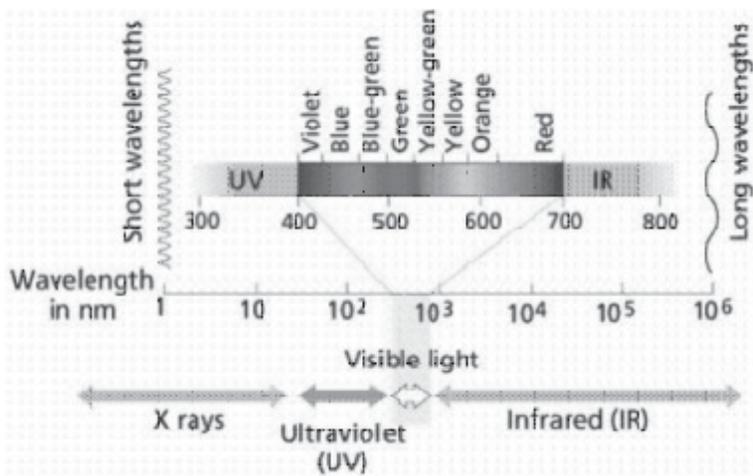


Figura 5. Espectro eletromagnético.

Apenas uma pequena porção do espectro é visível, estando os comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

Nessa faixa, conforme se pode verificar na figura, está todo o espectro visível da luz, correspondendo à emissão da luz branca, que emite todos os comprimentos de onda do visível. Decomposta por um prisma, fornece a gama de cores que a compõe.

A reprodução de qualquer documento a cores é diretamente proporcional ao número de cores que deva ser representada, ou quanto mais cores mais onerosa será a sua reprodução.

Pela prática, não devem ser escolhidas mais de 10 cores para a representação de um documento, ficando a escolha ideal entre 6 e 8 cores.

A cor azul e os seus matizes serão sempre reservados para a representação batimétrica, podendo-se chegar até a violeta.

Para representação altimétrica ou hipsométrica, a evolução da representação, desde o século XIX, estabeleceu que as cores seriam escolhidas do intervalo mais baixo para o mais alto, seguindo o espectro eletromagnético, a partir do verde até o vermelho e em seus diversos matizes, conforme o universo de classes a representar. Em geral o vermelho puro não é atingido, pois possui outra representação genérica, substituído por matizes de marrom.

Para a representação de geleiras, foi decidida a utilização do branco.

FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO RELEVO

Existem duas formas de representação do relevo:

qualitativa - onde se busca mais o aspecto artístico (representação visual), devendo ser legível o bastante para ser reconhecida por qualquer usuário;

quantitativa - representação científica, dando preferência ao aspecto **precisão**, em detrimento muitas vezes da representação visual.

PROCESSO QUALITATIVO

A representação qualitativa teve início com Leonardo da Vinci, que foi o primeiro a tentar uma representação do relevo em mapas.

Sua representação era uma perspectiva simbólica, que mostrava algumas colinas em plano. Não havia nenhuma precisão.



Figura 6. Relevo desenhado por Leonardo da Vinci.

No decorrer do século XIX houve alguma preocupação da representação qualitativa (visual), com algumas características quantitativas.

HACHURAS

Foi o primeiro processo de representação da altimetria na Cartografia de base. Hoje em dia é pouco usado devido à imprecisão do processo. Surgiu nas cartas da França em 1889, sendo utilizada até meados da década de 50.

As hachuras são pequenas linhas traçadas no sentido de maior declividade do terreno, devendo obedecer as seguintes considerações:

devem ser dispostas em filas e não serem desenhadas em toda a extensão das encostas;

o comprimento e o intervalo entre elas são tanto menor quanto maior for a declividade.

as hachuras apóiam-se em curvas de nível e devem ser exatamente perpendiculares a elas.



Figura 7. Apreciação do espaçamento, intervalo e comprimento das hachuras.

Os processos de traçado fazem com que haja um efeito plástico, dando uma gradação de escurecimento, quanto mais forte for a declividade, por exemplo, variando a espessura, o comprimento e a direção do traçado.

Todo o processo de hachuras é desenvolvido por desenho a mão livre.



Figura 8. Mapa de relevo por hachuras.

REPRESENTAÇÃO SOMBREADA

Dentro do mesmo tipo de representação qualitativa é definida a representação sombreada do relevo. Em princípio o sombreado não tem nenhum valor científico. Possui apenas um valor estético e sua principal vantagem sobre as hachuras é não sobrecarregar a carta, fornecendo um melhor efeito plástico.

Existem dois processos:

manual

automático

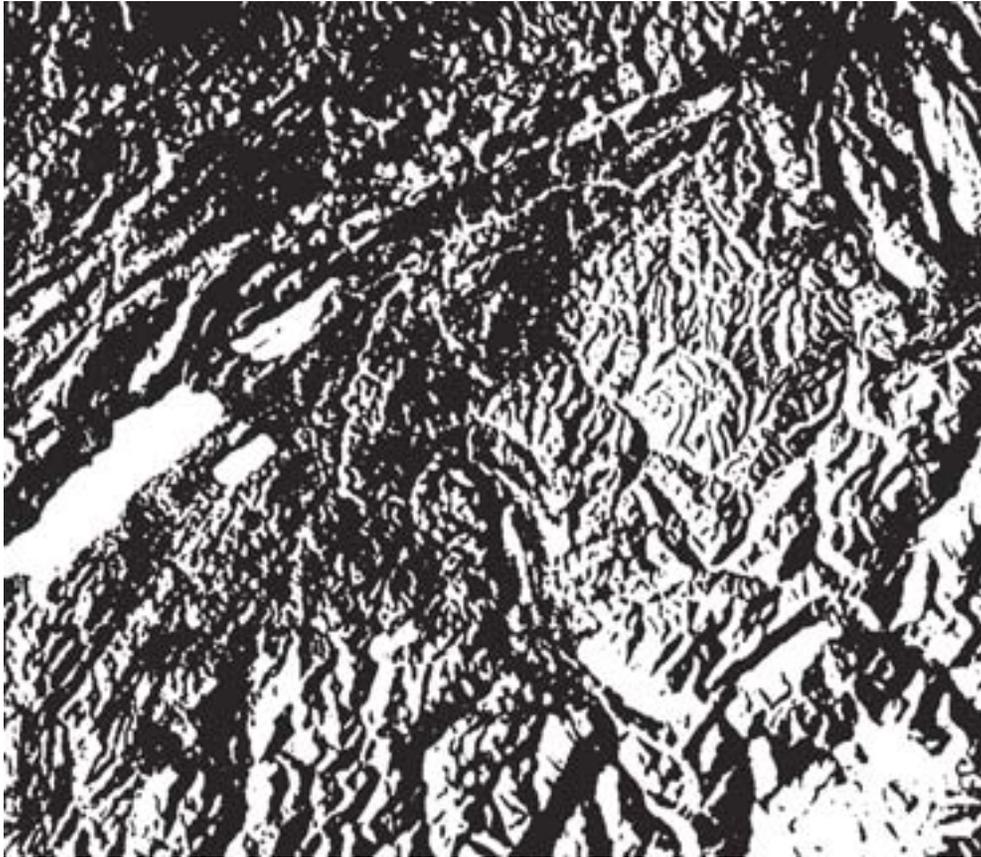


Figura 9. Relevo sombreado.

O processo automático trabalha com *softwares* específicos e necessita da geração de um modelo digital de terreno, que permita efetuar o sombreado. Exige técnicas avançadas de programação em computação gráfica, já existindo, porém, pacotes gráficos que executam esse tipo de trabalho.

Em ambos os processos, o trabalho exige a definição de uma fonte de luz sobre o modelo que vai definir a área de sombra. No processo manual, o desenhista não tem o modelo e sim a carta em desenho bidimensional, e a sua abstração é exatamente criar o modelo na imaginação, para que a sombreada saia coerente, daí a subjetividade do sombreado.



Figura 10. Relevo sombreado automático.

PROCESSO QUANTITATIVO

O processo quantitativo de representação da altimetria é uma forma moderna e científica de representação da altimetria.

Existem três formas básicas de representação, podendo uma ser decorrente da outra:

curvas de nível, curvas hipsométricas ou isohipsas (curvas batimétricas);

representação por perfis;

representação por traçado perspectivo.

Qualquer um dos processos permite que se faça medições sobre a representação, obtendo-se valores de altitude ou profundidade, compatíveis com a escala de representação, o que não era possível com os métodos qualitativos.

REPRESENTAÇÃO POR CURVAS DE NÍVEL

Imagina-se o relevo sendo cortado por planos horizontais paralelos entre si.

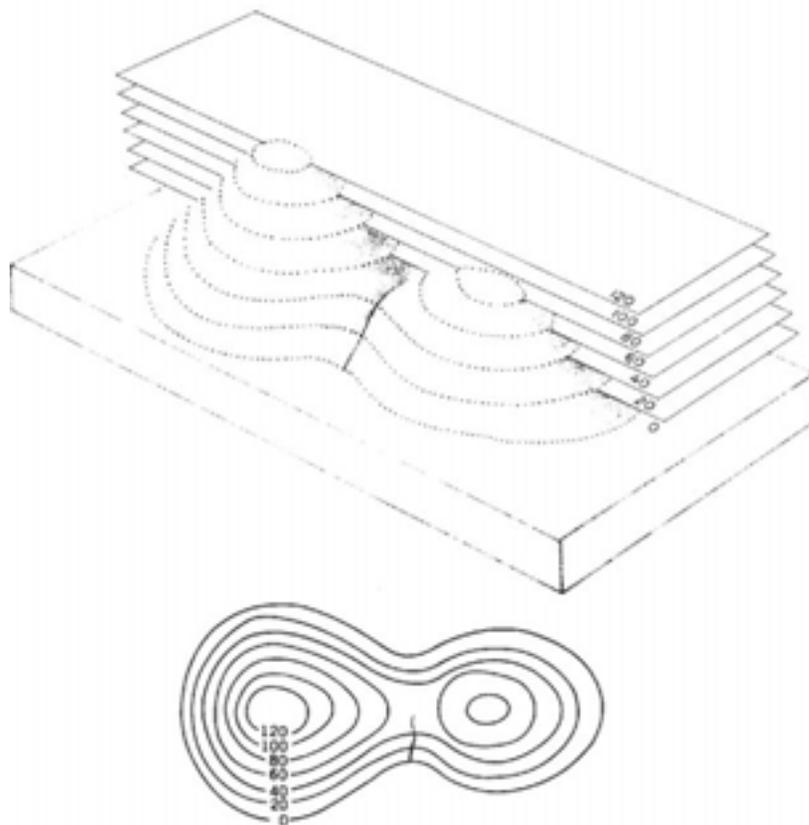


Figura 11. Curvas de nível.

Como já vimos anteriormente, as curvas de nível correspondem as linhas de interseção do relevo com os planos horizontais, projetados ortogonalmente no plano da carta topográfica.

Este é o sistema de representação permite uma melhor tomada de medidas até hoje desenvolvido. Os contornos são as isarítmias, ou linhas que são obtidas pela intercessão dos planos paralelos cortando a superfície tridimensional da forma terrestre, projetadas ortogonalmente na carta.

Uma linha de contorno é, portanto, uma linha de igual altitude a partir de uma superfície de referência, denominada “datum vertical”, que indica a cota origem das altitudes, na superfície do geóide.

As observações não são efetuadas no elipsóide, são determinadas no geóide e podem ser reduzidas ao elipsóide, desde que se

conheça a diferença de nível entre o geóide e o elipsóide, o desnível geoidal.

O problema está em estabelecer a posição horizontal sobre a superfície e a elevação vertical acima da superfície, de um grande número de pontos na superfície física.

Quando se dispõe de posições suficientes e a superfície curva do plano origem foi transformada em uma superfície plana por meio de um sistema de projeção, o mapa pode ser traçado. Em consequência o leitor vê a superfície da Terra ortogonalmente.

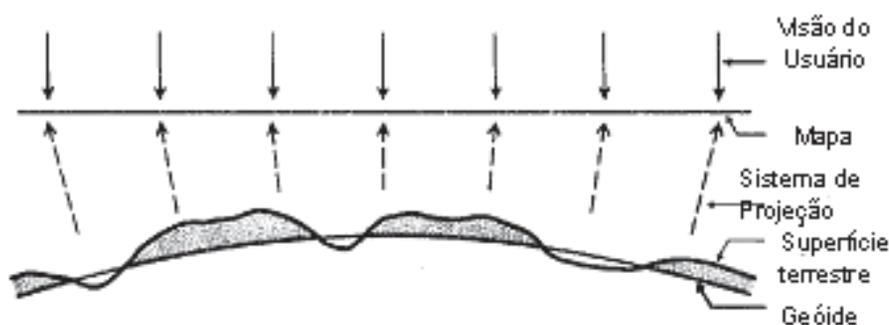


Figura 12. Visão do usuário para o mapa.

A representação por curvas de nível é um sistema de representação artificial, que tem pouca correspondência na natureza, ou seja, os planos não são vistos cortando a superfície terrestre, sendo, portanto, um exercício de visualização para a maior parte das pessoas.

As figuras abaixo representam o relevo em uma carta topográfica, e uma representação em luz e sombra, que é o que normalmente se vê, e a comparação com a representação de contornos.

As curvas de nível são os símbolos mais notáveis em uma carta topográfica, se eles forem corretamente locados e o intervalo entre eles for constante e relativamente pequeno.



CAVA

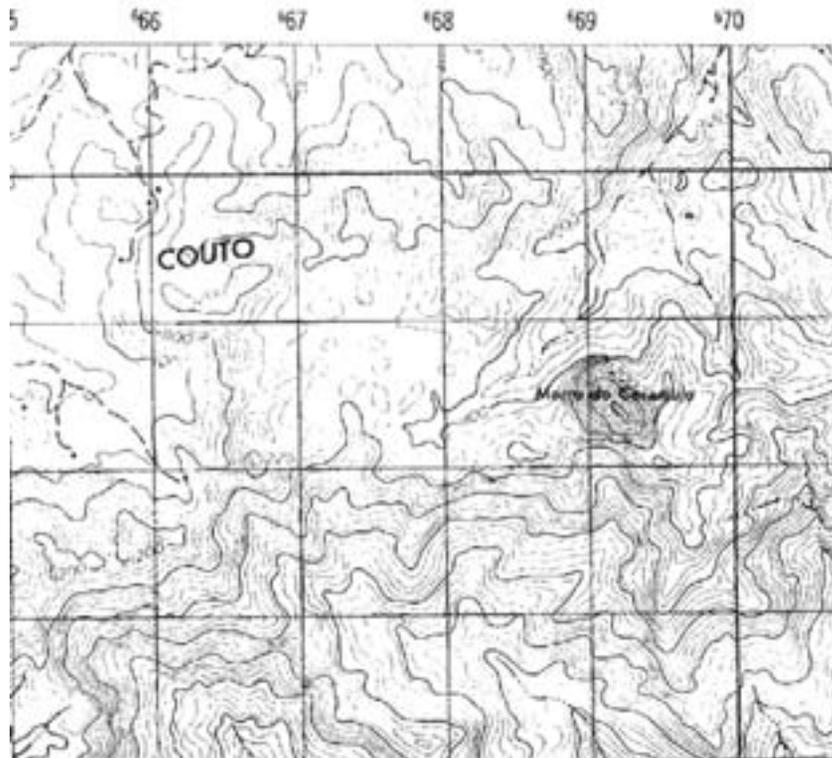


Figura 13. Trecho de uma carta topográfica com curvas de nível.

EQÜIDISTÂNCIAS DAS CURVAS DE NÍVEIS

Na representação cartográfica, sistematicamente, a equidistância entre uma determinada curva e outra tem que ser constante.

Equidistância é o espaçamento, ou seja, a distância vertical entre as curvas de nível. Essa equidistância varia de acordo com a escala da carta com o relevo e com a precisão do levantamento.

Somente deve haver numa mesma escala, duas alterações quanto à equidistância. A primeira é quando, numa área predominantemente plana, por exemplo, a Amazônia, precisa-se ressaltar pequenas altitudes, que ali são de grande importância. Estas são as curvas auxiliares. No segundo caso, quando o detalhe

é muito escarpado, deixa-se de representar uma curva ou outra porque além de sobrecarregar a área, dificulta a leitura.

Imprescindível na representação altimétrica em curvas de nível é a colocação dos valores quantitativos das curvas mestras.

ESCALA DA CARTA	EQÜIDISTÂNCIA	CURVAS MESTRAS
1:25.000	10 m	50 m
1:25.0000	20 m	100
1:100.000	50 m	250 m
1:250.000	100 m	500 m
1:1.000.000	100 m	500 m

Sugere-se para escalas maiores:

- 1:1.000/2.000 — 1 m
- 1:5.000 — 2/5 m
- 1:10.000 — 5/10 m

As curvas de nível são numeradas a intervalos regulares, para não prejudicar a clareza das cartas. Por convenção, a cada 5 curvas será traçada mais grossa e numerada.

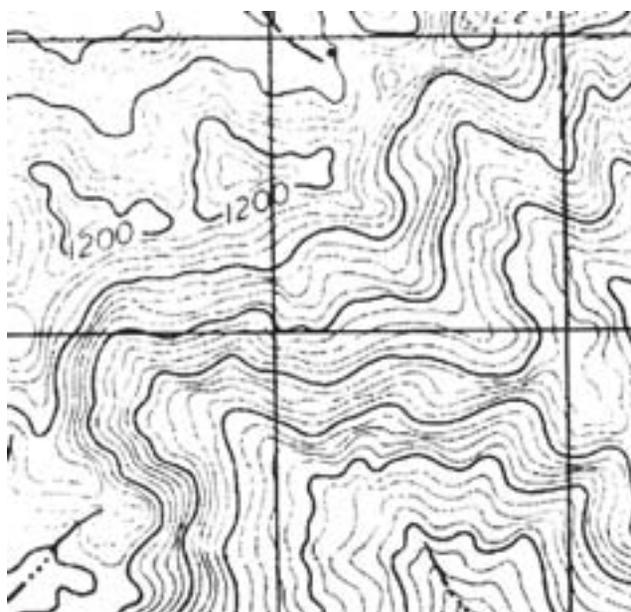


Figura 14. Curvas mestras e espaçamento entre as curvas.

Assim, as curvas numeradas sempre serão:

1:25.000	— múltiplo de 50 m
1:50.000	— múltiplo de 100 m
1:100.000	— múltiplo de 250 m
1:250.000	— múltiplo de 500 m.

Deve-se verificar sempre a equidistância definida nas cartas, pois existem cartas antigas com equidistâncias de 40 m para a escala de 1/100.000.

O relevo acidentado apresenta intervalo entre as curvas de nível menor, indicando a existência de uma maior declividade. Exige um maior número de curvas que o relevo plano, para que se possa ter uma melhor visualização da topografia.

Se o relevo for muito acidentado e íngreme, pode ocorrer o fenômeno de coalescência, que não permite a representação de todas as curvas de nível, sendo então simplificada a representação para as curvas mestras.

A combinação de processos quantitativos e qualitativos permite reunir os aspectos científicos com os estético-plásticos. Podem-se citar as seguintes combinações:

- sombras e curvas
- cores hipsométricas, sombras e curvas (denominado *mise à l'effet*)

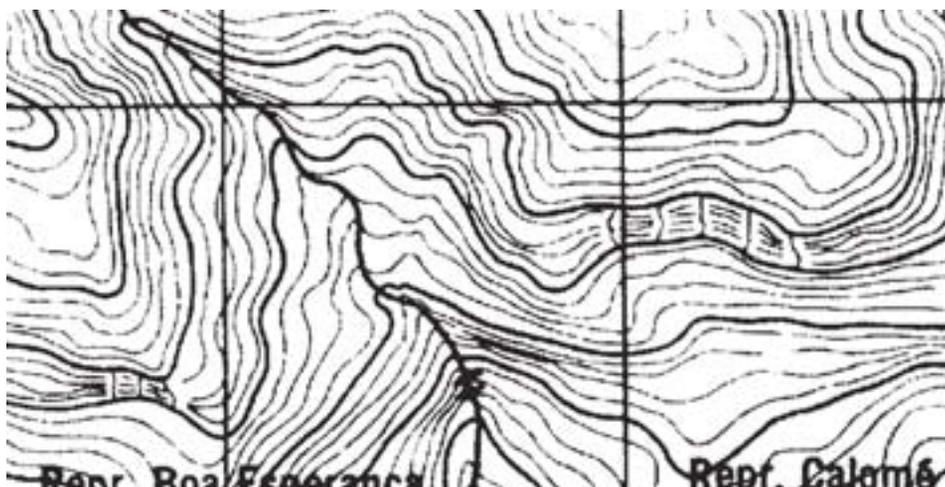


Figura 15 - Coalescência

MEDIDAS DE ALTITUDE

A medida de uma altitude na carta é desenvolvida através da medição direta dos espaçamentos entre duas curvas de nível, que será a observação da distância horizontal entre as duas curvas de nível. Através de uma regra de três, interpola-se linearmente os valores.

A observação deve ser tomada o mais perpendicular as duas curvas de nível que estão sendo consideradas para a medida. Pode-se realizar uma interpolação e excepcionalmente uma extrapolação.

A interpolação leva em consideração o intervalo existente entre as curvas de nível, ou seja, observações reais do mapa, enquanto que na extrapolação admite-se que no trecho exterior às informações existentes, mantenham-se as características do terreno em termos de declividade. Na figura 16, pode-se verificar os processos de interpolação e extrapolação para a determinação de altitudes intermediárias às curvas de nível.

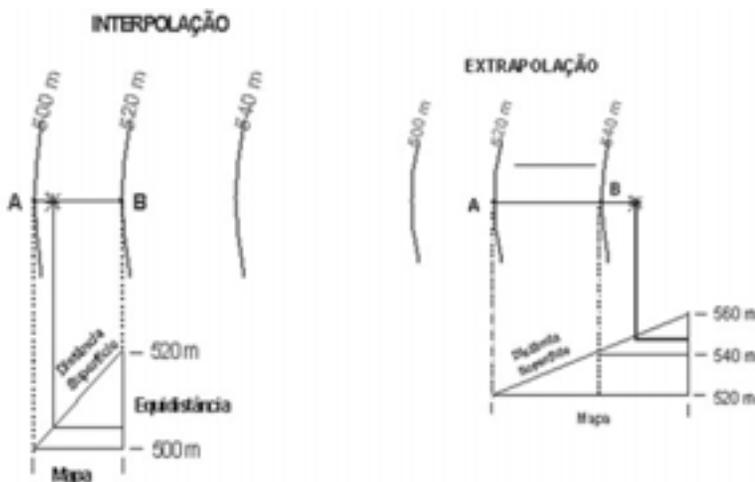


Figura 16. Determinação de altitudes por extrapolação e interpolação.

$$H_{\text{det}} \mid \frac{\text{Comp}_{\text{det}} \Delta \text{Equid}}{\text{Comp}_{\text{mapa}}}$$

Onde $\text{Comp}_{\text{mapa}}$ = comprimento entre as duas curvas de nível consideradas (unidades do mapa)

Comp_{det} = comprimento da curva de cota mais baixa até o ponto a determinar (unidades do mapa)

Equid = equidistância entre as curvas de nível (unidades do terreno)

H_{det} = Altitude a determinar (unidades do terreno)

Esta formulação é válida tanto para interpolação como para extrapolação. O resultado já é apresentado em unidades do terreno.

Exemplos:

a) Interpolação

Equidistância = 20 m Cota de A = 500 m Cota de B = 520 m

Comprimento no mapa entre A e B = 18,5 mm

Comprimento no mapa ao ponto a determinar (a partir da curva mais baixa) = 3,7 mm

Aplicando a formulação

$$H_{\text{det}} \mid \frac{\text{Comp}_{\text{det}} \Delta \text{Equid}}{\text{Comp}_{\text{mapa}}} \propto H_{\text{det}} \mid \frac{3,7 \Delta 20}{18,5} \mid 4m$$

Cota = 500 + 4 = 524 m

b) Extrapolação

Equidistância = 20 m Cota de A = 520 m Cota de B = 540 m

Comprimento no mapa entre A e B = 20,7 mm

Comprimento no mapa ao ponto a determinar (a partir da curva mais baixa) = 28,0 mm

Aplicando a formulação

$$\propto H_{\text{det}} \mid \frac{28,0 \Delta 20}{20,7} \mid 27,05m$$

Cota = 520 + 27,05 = 547,05 m

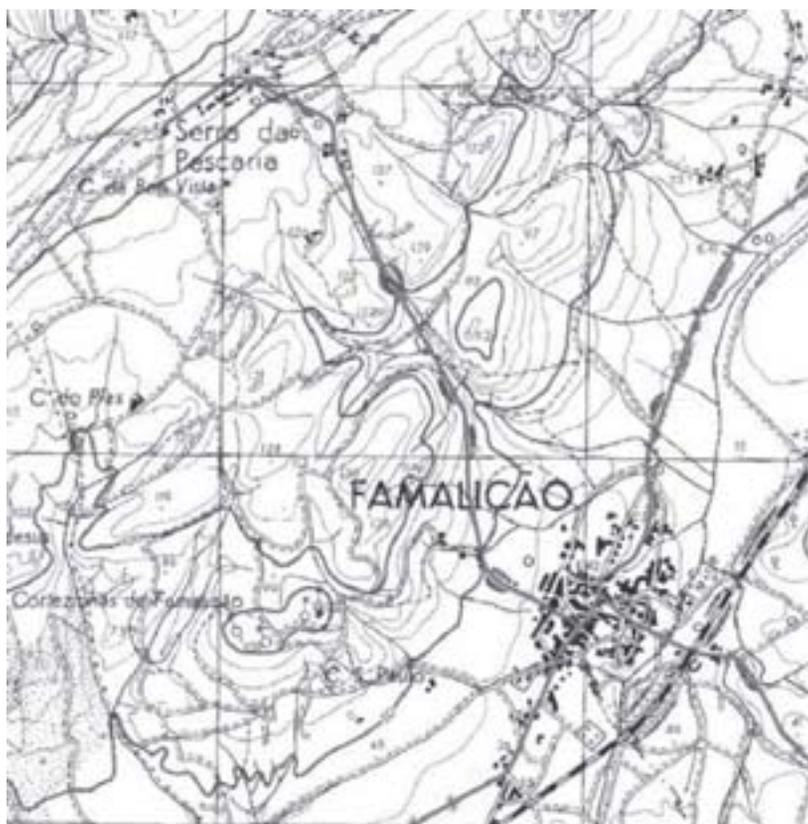


ATIVIDADES

Utilizando a mesma carta topográfica da leitura da aula anterior, proceda a visualização das curvas de níveis, e de acordo com a localização das cotas altimétricas, determine a posição das cotas mais elevadas e mais baixas, o que deve proporcionar a visualização da declividade média da carta.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Normalmente percebemos as altitudes em cada porção da carta e escolhemos certa quantidade para estabelecer a média de cada porção da carta. Em seguida, verificamos as diferenças e, conseqüentemente, a direção da declividade.



(Fonte: <http://pwp.netcabo.pt>).

O relevo de uma determinada área pode ser representado das seguintes maneiras: curvas de nível, perfis topográficos, relevo sombreado, cores hipsométricas, etc.

CONCLUSÃO

As cartas topográficas apresentam pontos de controle vertical e pontos de controle vertical e horizontal, cota comprovada e cota não comprovada, entre outros.

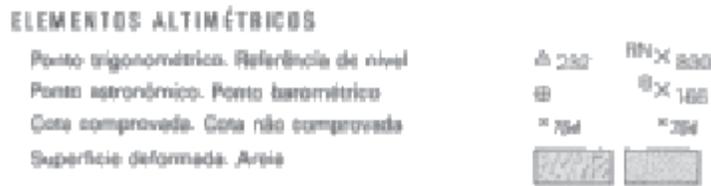


Figura 16. Elementos altimétricos (Carta topográfica esc. 1:100.000).

Ponto Trigonométrico - Vértice de Figura cuja posição é determinada com o levantamento geodésico.

Referência de nível - Ponto de controle vertical, estabelecido num marco de caráter permanente, cuja altitude foi determinada em relação a um DATUM vertical. É em geral constituído com o nome, o n.º. da RN, a altitude e o nome do órgão responsável.

Ponto Astronômico - O que tem determinadas as latitudes, longitudes e o azimute de uma direção e que poderá ser de 1ª, 2ª ou 3ª ordens.

Ponto Barométrico - Tem a altitude determinada através do uso de altímetro.

Cota não Comprovada - Determinada por métodos de levantamento terrestres não comprovados. É igualmente uma altitude determinada por leitura fotogramétrica repetida.

Cota Comprovada - Altitude estabelecida no campo, através de nivelamento geométrico de precisão, ou qualquer método que assegure a precisão obtida.

RESUMO



Numa carta topográfica, além da representação das particularidades naturais ou artificiais que existem na superfície do terreno e que constituem a planimetria, considera-se ainda, separadamente, a configuração do relevo - a altimetria.

O relevo é figurado por intermédio de curvas de nível, linhas que correspondem à projeção vertical das intersecções de hipotéticos planos horizontais, equidistantes e paralelos, com a superfície do terreno. Cada curva de nível é definida pela sua cota que indica a sua altura em relação ao nível médio das águas do mar (altitude). A distância entre estes hipotéticos planos horizontais chama-se equidistância natural e ao valor desta distância, à escala, corresponde à equidistância gráfica.

PRÓXIMA AULA



Na próxima aula você construirá perfis topográficos para compreender a disposição do relevo.

REFERÊNCIAS

- IBGE - **Mapeamento Topográfico**. Disponível < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoes_elementos_representacao.html>. Acesso em 18 de agosto de 2008.
- KEATES, J. **Cartographic design and production**. Nova York: Longman, 1973.
- Fundação IBGE. **Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia**. 1989.