

## PARTE IV

### INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS TELHADOS

Em geral chama-se telhado qualquer tipo de cobertura em uma edificação. Porém, o telhado, rigorosamente, é apenas uma categoria de cobertura, em geral caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação à linha horizontal (diferente, por exemplo, das lajes planas ou das cúpulas). A cada um destes planos inclinados, dá-se o nome de água.

As coberturas se apoiam em uma estrutura chamada *armação*, que pode ser de madeira, ferro ou concreto.

A maioria das coberturas é formada de material comercial chamado *telha*, existindo, também, as *chapas onduladas*.

Não só para guiar o escoamento das águas das chuvas, mas também para aumentar a resistência, as telhas e chapas onduladas, geralmente, não são planas. Ainda assim, praticamente, esse material é considerado como se fosse plano, e as coberturas feitas com dito material são chamadas *coberturas planas*.

Como a maioria das coberturas é feita de telhas, na prática costuma-se chamar uma cobertura de *telhado*, mesmo que o material seja outro.

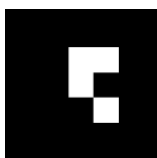
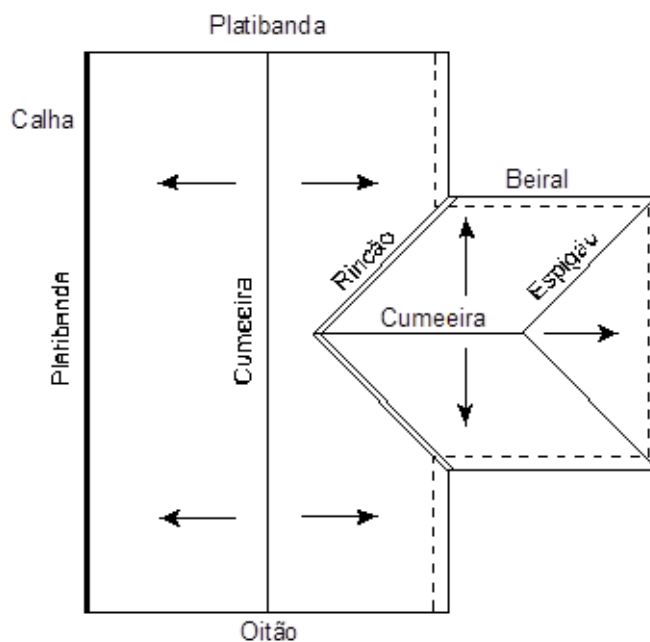
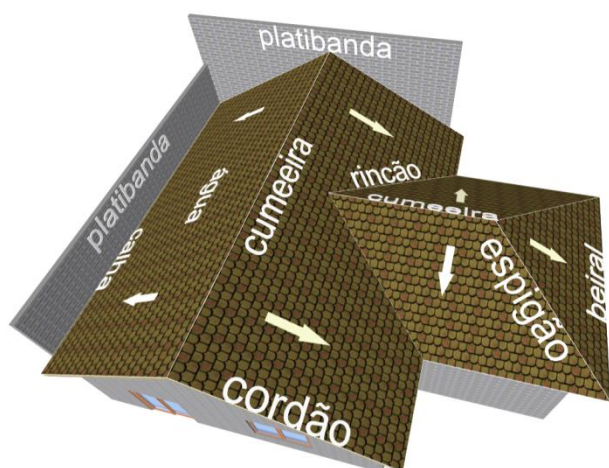
#### 4.1. TERMINOLOGIA

Embora não seja objetivo detalhar a terminologia de todos os elementos de uma cobertura, citam-se algumas explicações indispensáveis à compreensão do estudo a ser feito.

A terminologia usada em coberturas planas nem sempre pode ser aplicada com exatidão em algumas coberturas especiais, sendo sua aplicação feita por extensão ou analogia.

- a. Respaldo** – a parte elevada de uma parede onde deve assentar a cobertura é arrematada para definir sua altura. Essa parte final é chamada *respaldo*. Estes podem estar todos no mesmo nível ou não, como podem ser horizontais ou inclinados.
- b. Planta** – é a projeção ortogonal de uma cobertura em um plano horizontal. Na planta se desenha a poligonal da cobertura, o sentido do escoamento das águas das chuvas, e outros elementos que definam a cobertura. A planta serve também como base para o cálculo do material a ser empregado.
- c. Água** – cada parte de uma cobertura que conduz uma determinada porção das águas da chuva, chama-se *água*.
- d. Cumeeira** – Quando as águas de uma cobertura são separadas por uma linha horizontal comum, essa linha se chama cumeeira.
- e. Espigão** – Quando as águas de uma cobertura são separadas por uma linha inclinada comum, essa linha se chama espigão.

- f. Rincão** – Quando as águas de uma cobertura se reúnem em uma linha inclinada comum que lhes dão escoamento em conjunto, essa linha chama-se rincão.
- g. Calha** – Quando as águas que se escoam numa cobertura caem diretamente numa peça que as conduz, essa peça se chama calha.
- h. Beiral** – As coberturas nunca devem ser executadas de modo que as águas das chuvas caiam em cima de paredes, pelos inconvenientes que causam. Assim, as águas ou são recolhidas em calhas ou são deixadas cair diretamente no solo. Este último caso é obtido fazendo-se com que a cobertura seja saliente. A distância entre a extremidade da parede e a cobertura chama-se beiral. Em planta, indica-se a construção em linha tracejada para mostrar a existência de beiral. Há casos em que mesmo havendo beiral, coloca-se uma calha na extremidade da cobertura.
- i. Platibanda** – Quando as águas de uma cobertura são limitadas por parede de maior altura do que essas águas, a diferença entre a altura do respaldo e a da parede chama-se platibanda. Se as águas das chuvas ao descenderem pela cobertura incidirem na platibanda, coloca-se uma calha entre a cobertura e a platibanda.
- j. Inclinação** – Chama-se inclinação das águas de uma cobertura o menor ângulo que cada uma dessas águas faz com o plano horizontal. A inclinação de cada água de uma cobertura é, portanto, a inclinação da sua linha de maior declive (reta do plano perpendicular às suas horizontais). Assim, a inclinação sempre é perpendicular às cumeeiras e oblíqua aos rincões e espigões. As águas de uma cobertura podem ter todas a mesma inclinação ou terem inclinações diferentes.



*Realidade Virtual:* [paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/](https://paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/)

*Realidade Aumentada:* [paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/telhados.html](https://paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/telhados.html)

## 4.2. REPRESENTAÇÃO

A representação de uma cobertura é feita por meio de sua planta que é determinada por uma poligonal. Os respaldos das paredes podem estar na mesma altura ou em alturas diferentes. Portanto, pode-se considerar os seguintes casos:

- Respaldos no mesmo nível
- Respaldos em níveis diferentes (são somente usadas em casos especiais, quando há indicação, podem se tornar antiestéticas e onerosas)

Além disso, nem sempre as águas de uma cobertura têm a mesma inclinação, logo, cada um dos casos anteriores pode ser subdividido em:

- Águas com mesma inclinação.
- Águas com inclinações diferentes.

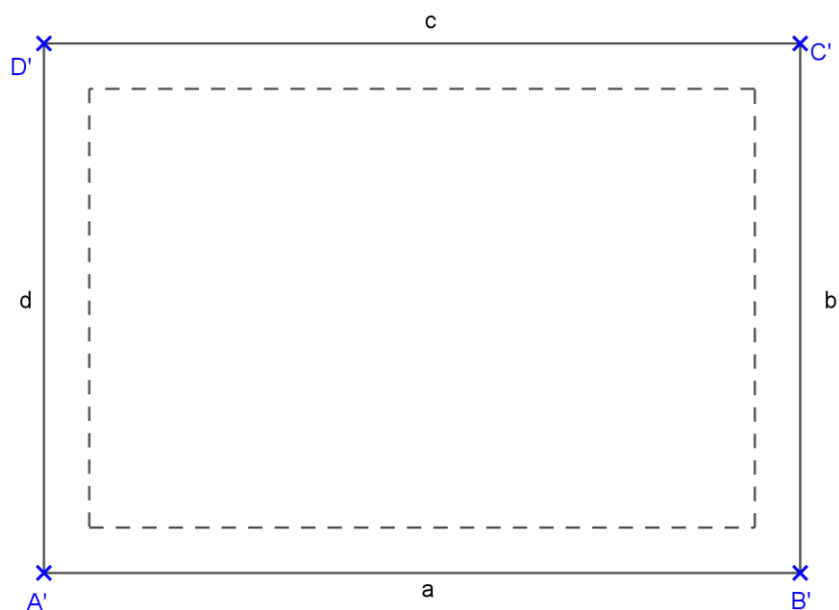
Qualquer que seja o caso, o problema se resume na procura da interseção de superfícies; essa interseção pode ser uma cumeeira, um espigão ou um rincão. As superfícies são as águas da cobertura, e tratando-se de coberturas planas, a linha comum sempre será uma reta.

O processo geral para a determinação das interseções consiste em achar os pontos comuns das horizontais de mesma cota, que são, evidentemente, pontos da interseção procurada.

No caso de águas de mesma inclinação em respaldos de mesmo nível tem-se o seguinte processo: como as horizontais de mesma cota distam igualmente dos lados da poligonal, as interseções procuradas são as bissetrizes desses lados. Assim, este processo consiste na determinação de bissetrizes, e é chamado *processo das bissetrizes*.

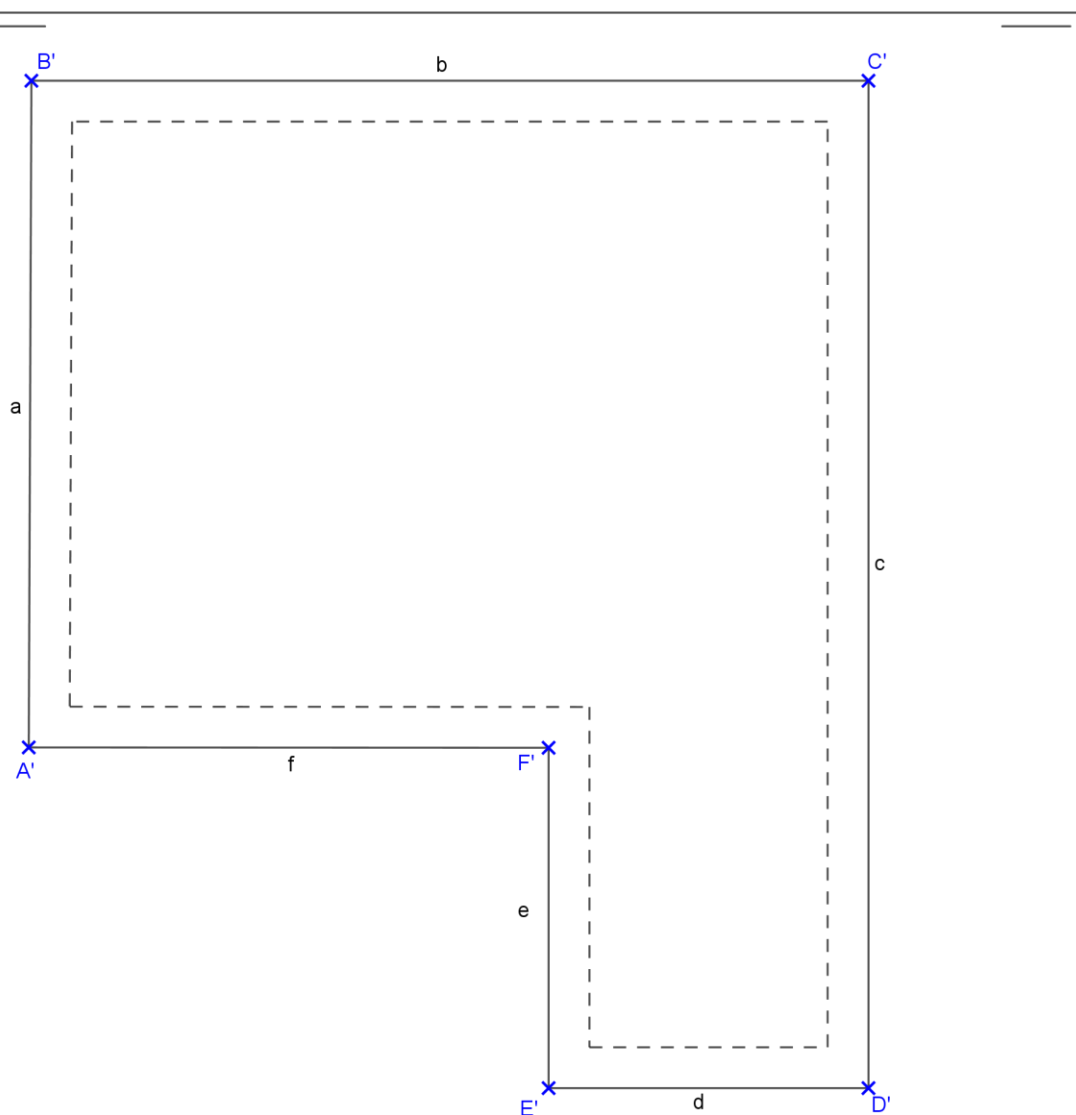
**4.3. ÁGUAS COM INCLINAÇÕES IGUAIS****Exercícios**

1. São dadas as projeções das retas **a**(A,B), **b**(B,C), **c**(C,D) e **d**(D,A). Considerando a poligonal **ABCD** como sendo a linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,80m), pede-se para achar **as interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que: as águas que contém as linhas de beiral **a**, **b**, **c** e **d** possuem a mesma inclinação de **30°** com o plano  $\pi'$ ; são dadas as projeções de **A**, **B**, **C** e **D**; a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**. Indique o **sentido de escoamento das águas** e determine a **área da água "d"**.

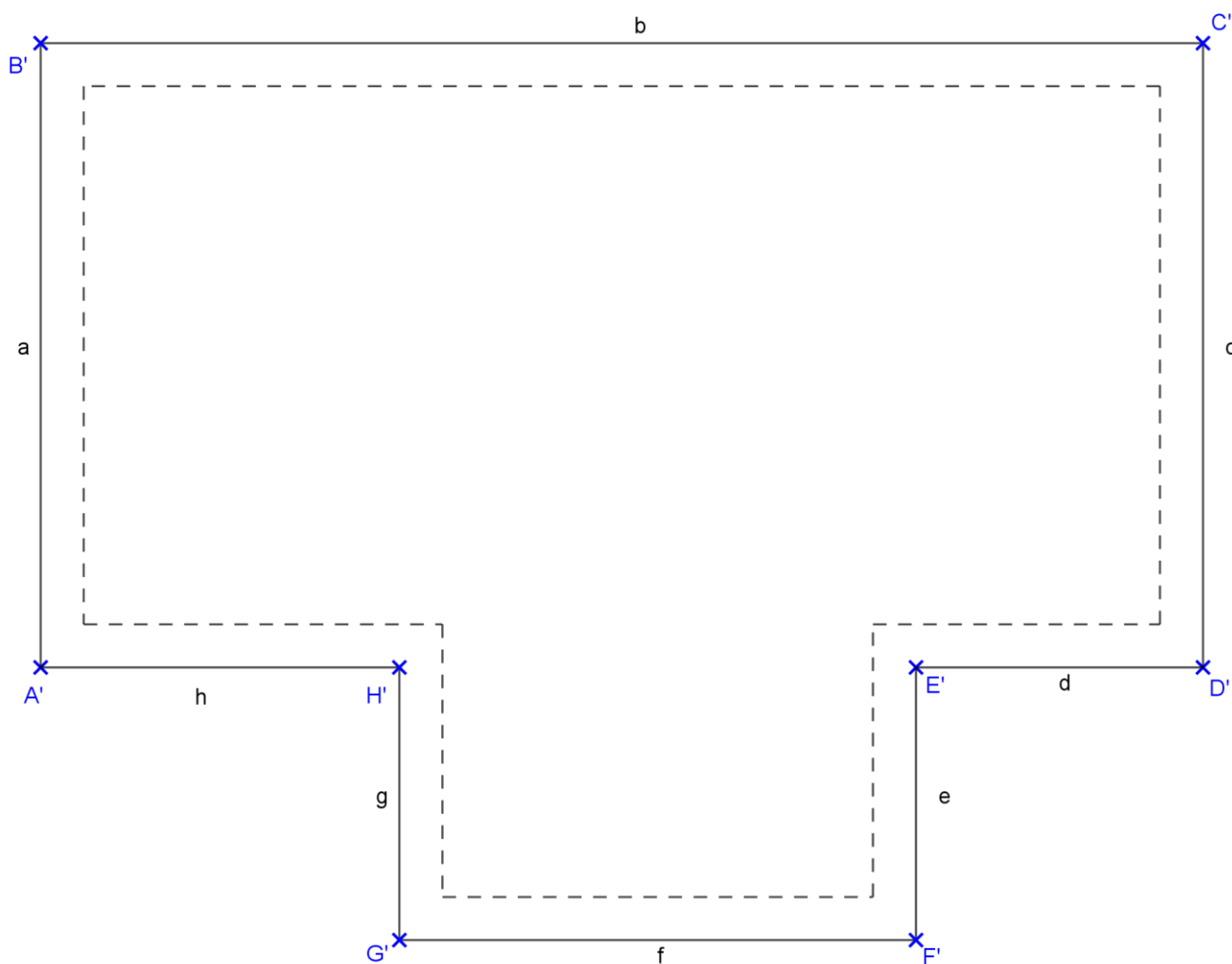


[paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/telhados.html](http://paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/telhados.html)

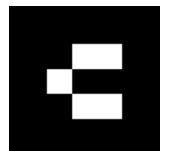
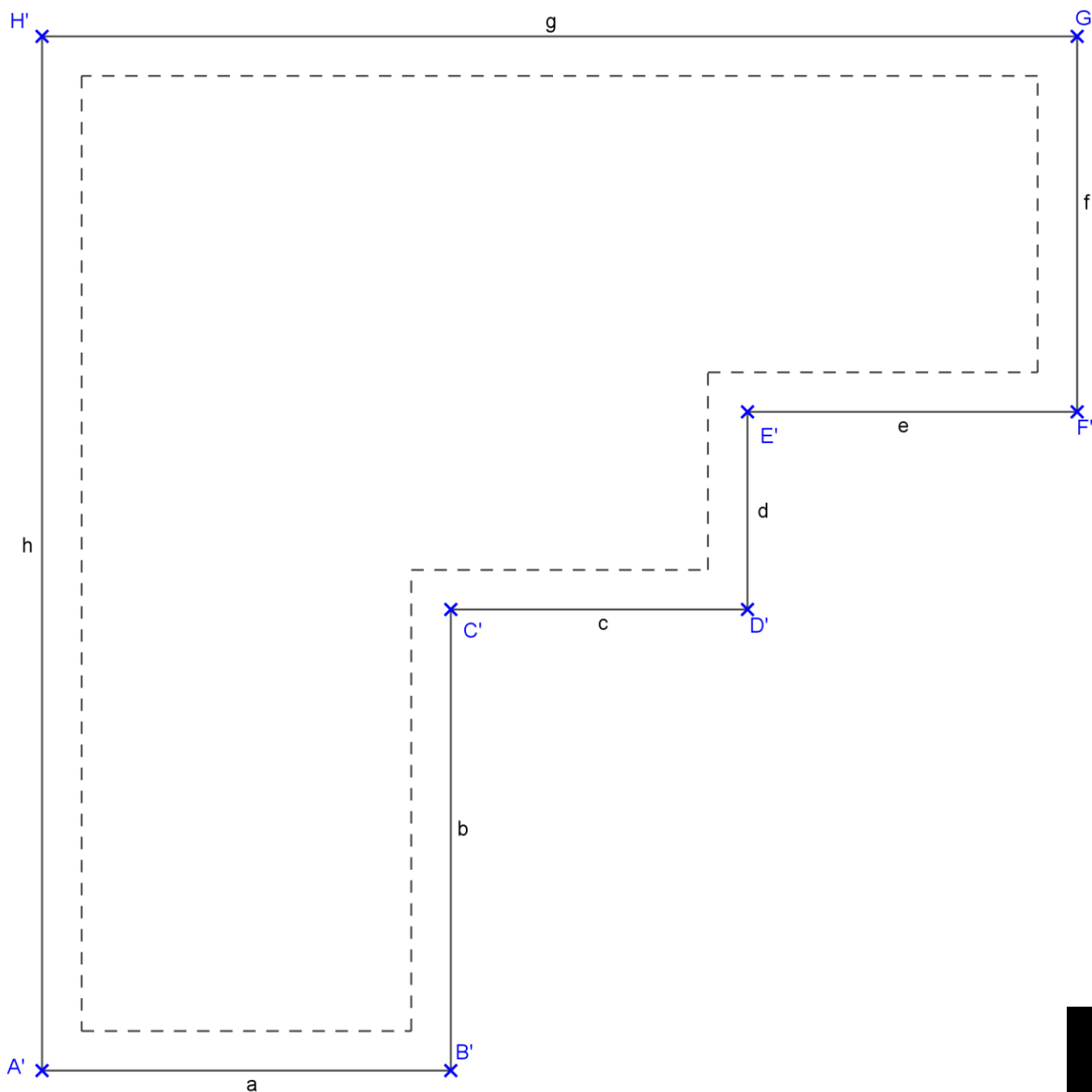
2. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,70m), encontre as projeções das **interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma inclinação de  $30^\circ$ . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



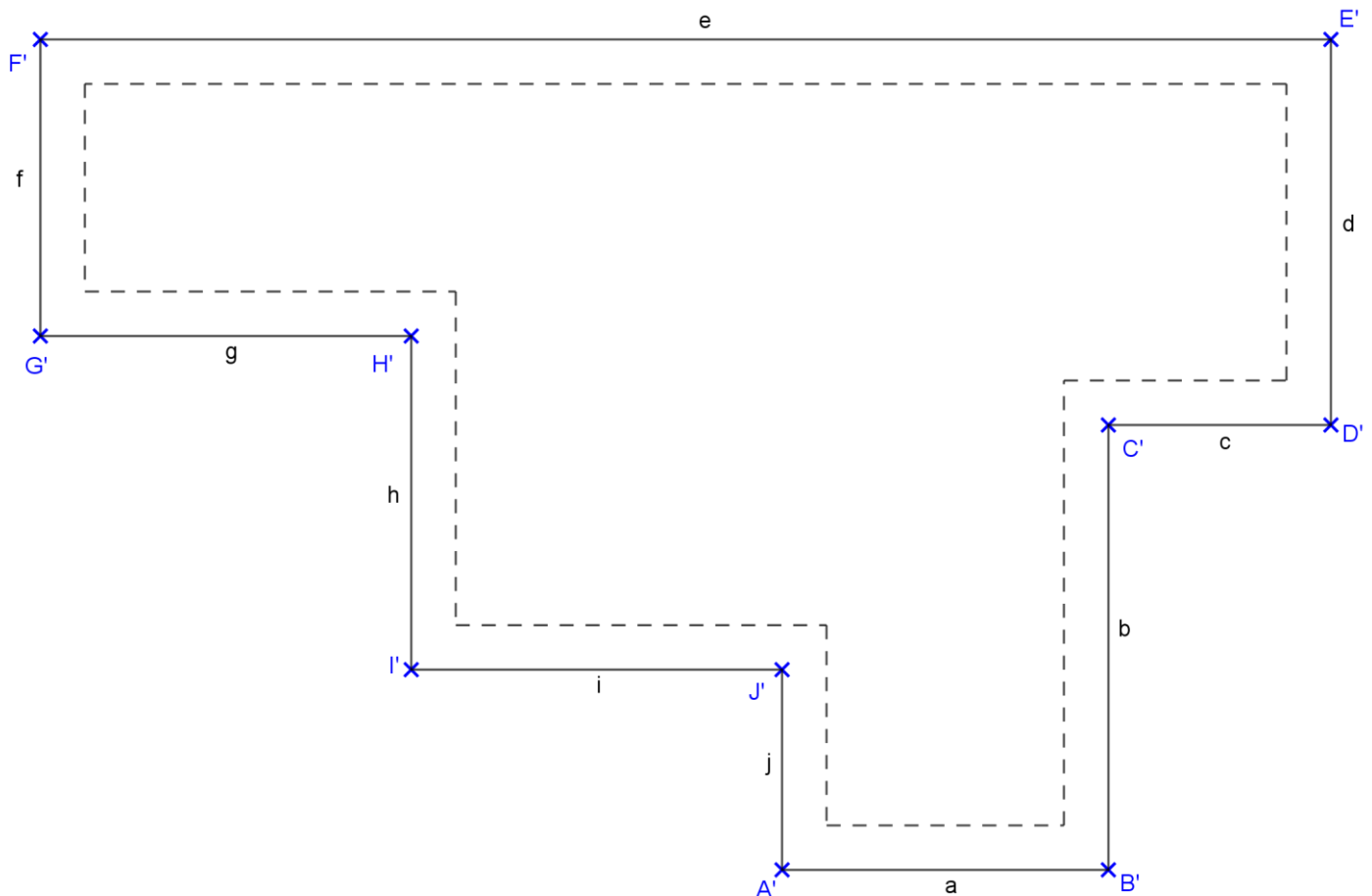
3. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 3,00m), encontre as projeções das **interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma **declividade de 60%**. Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é 1m e a escala é 1:100.



4. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,80m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma inclinação de  $30^\circ$ . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.

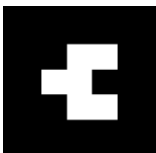
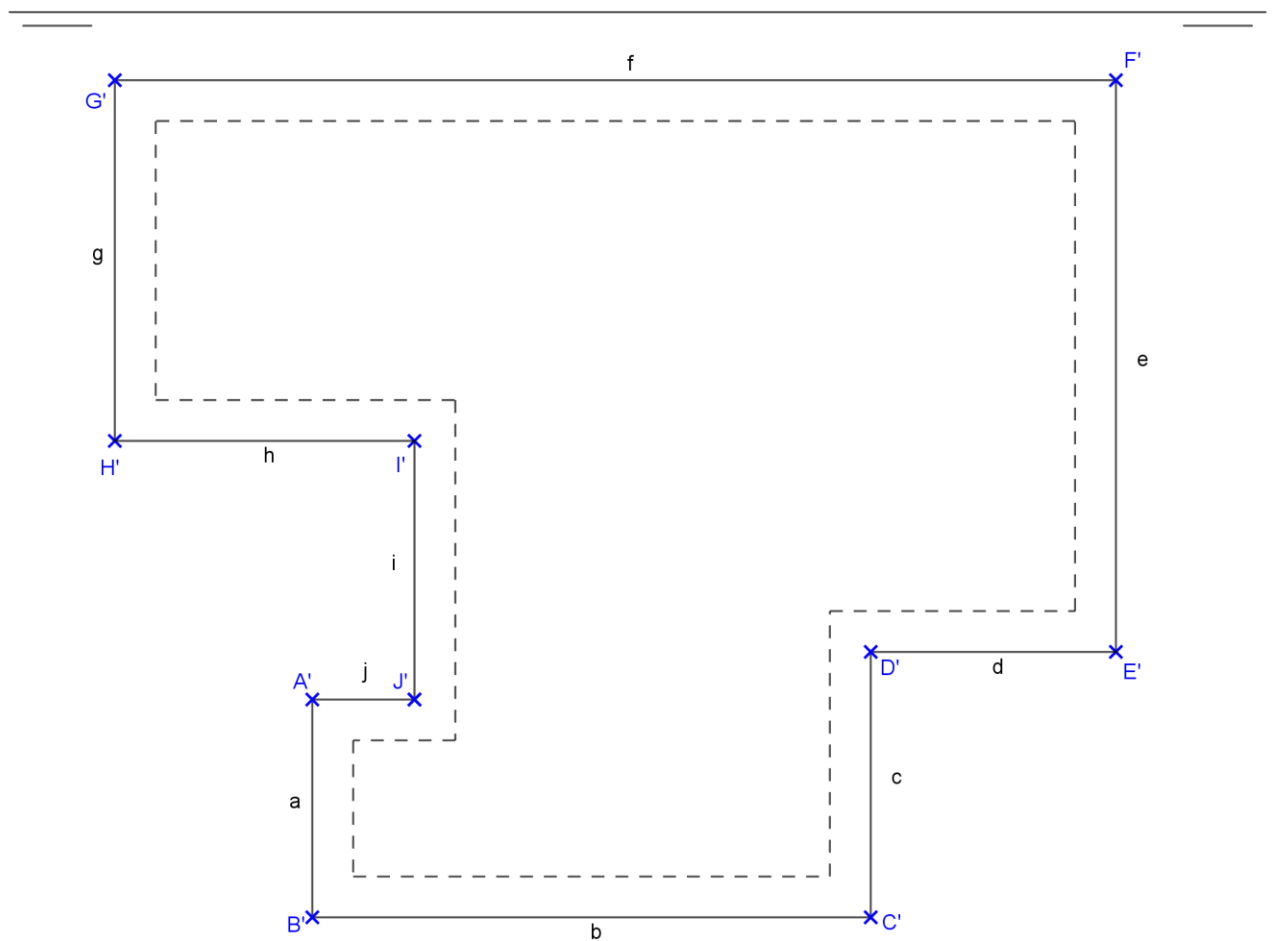


5. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 3,00m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma inclinação de  $30^\circ$ . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal** e determine a **área da água "a"**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.

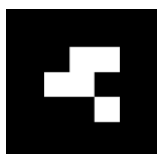
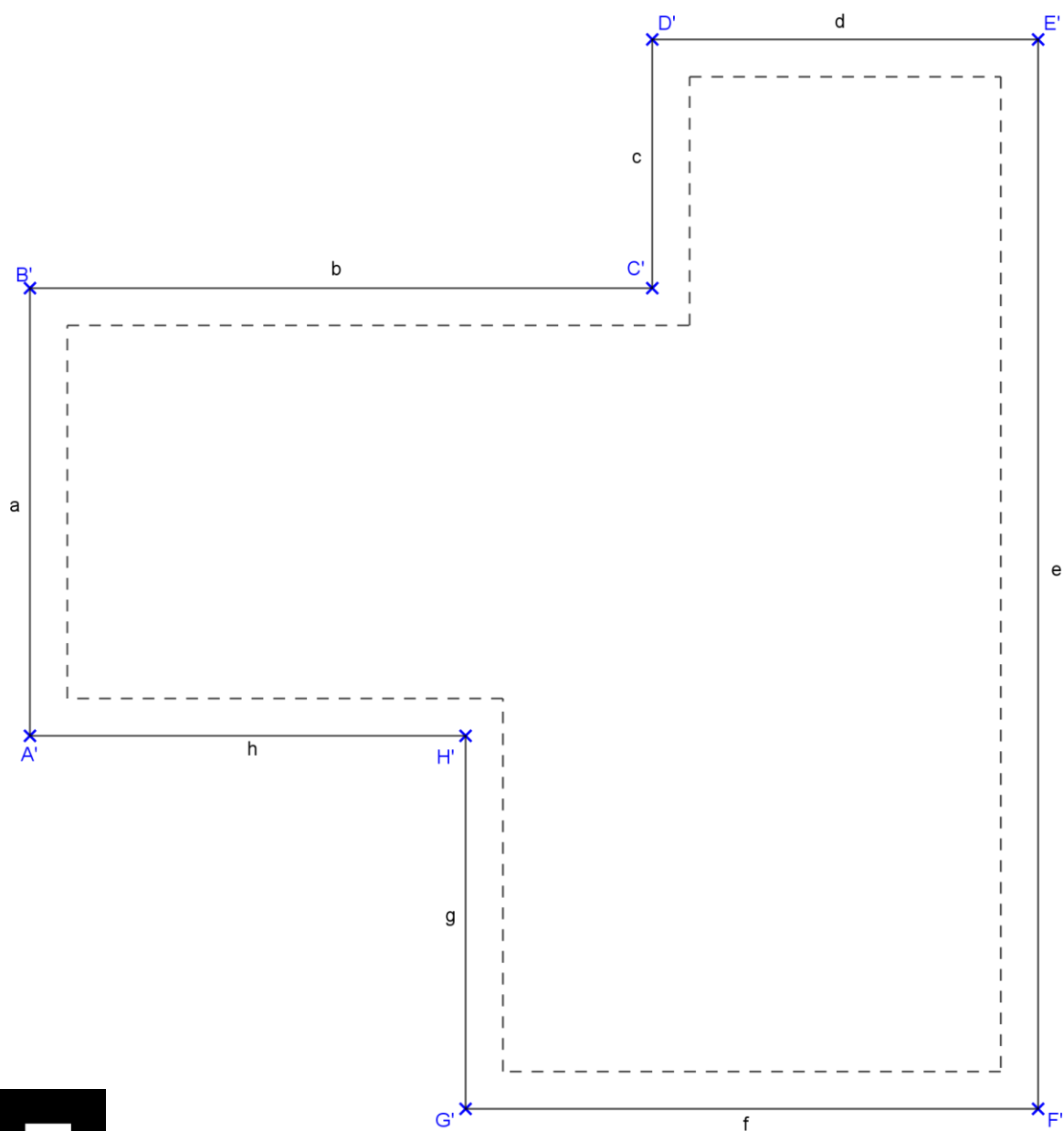




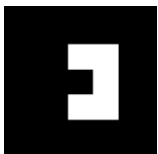
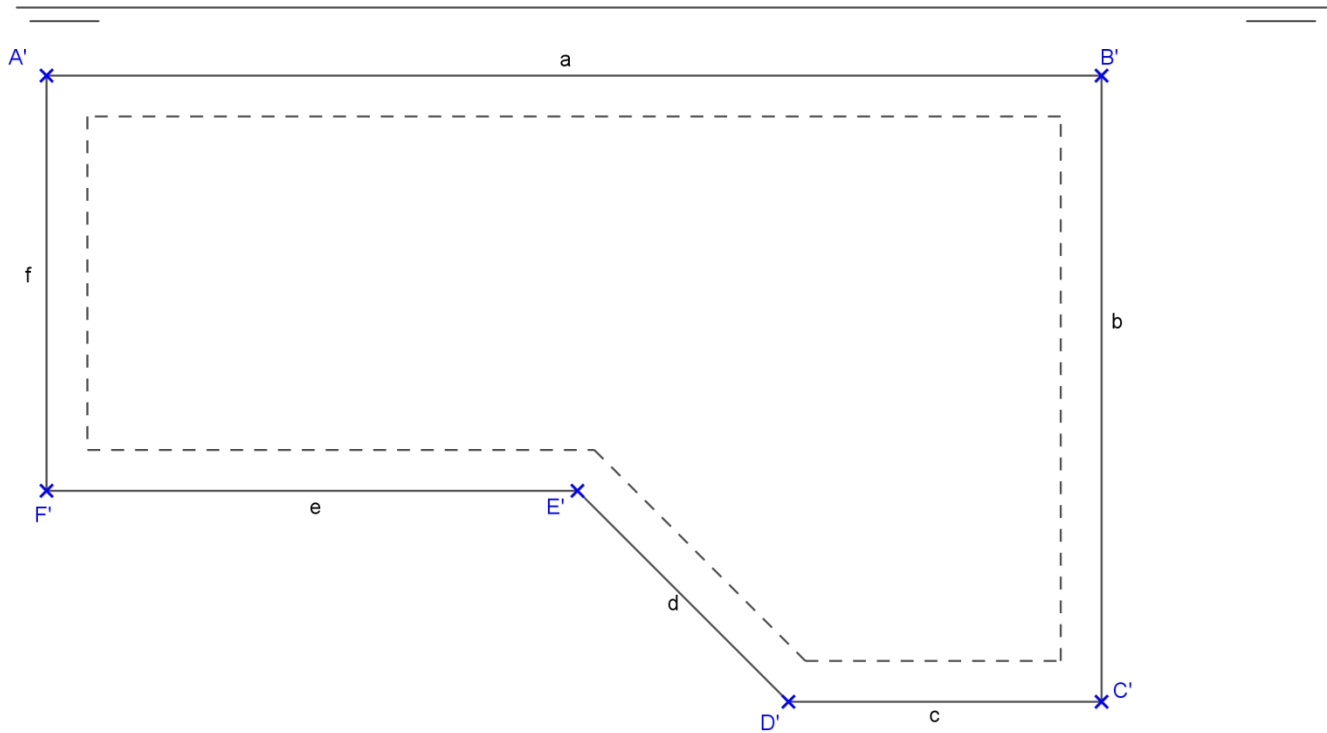
6. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,70m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma **declividade de 60%**. Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal** e determine a **área da água "g"**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



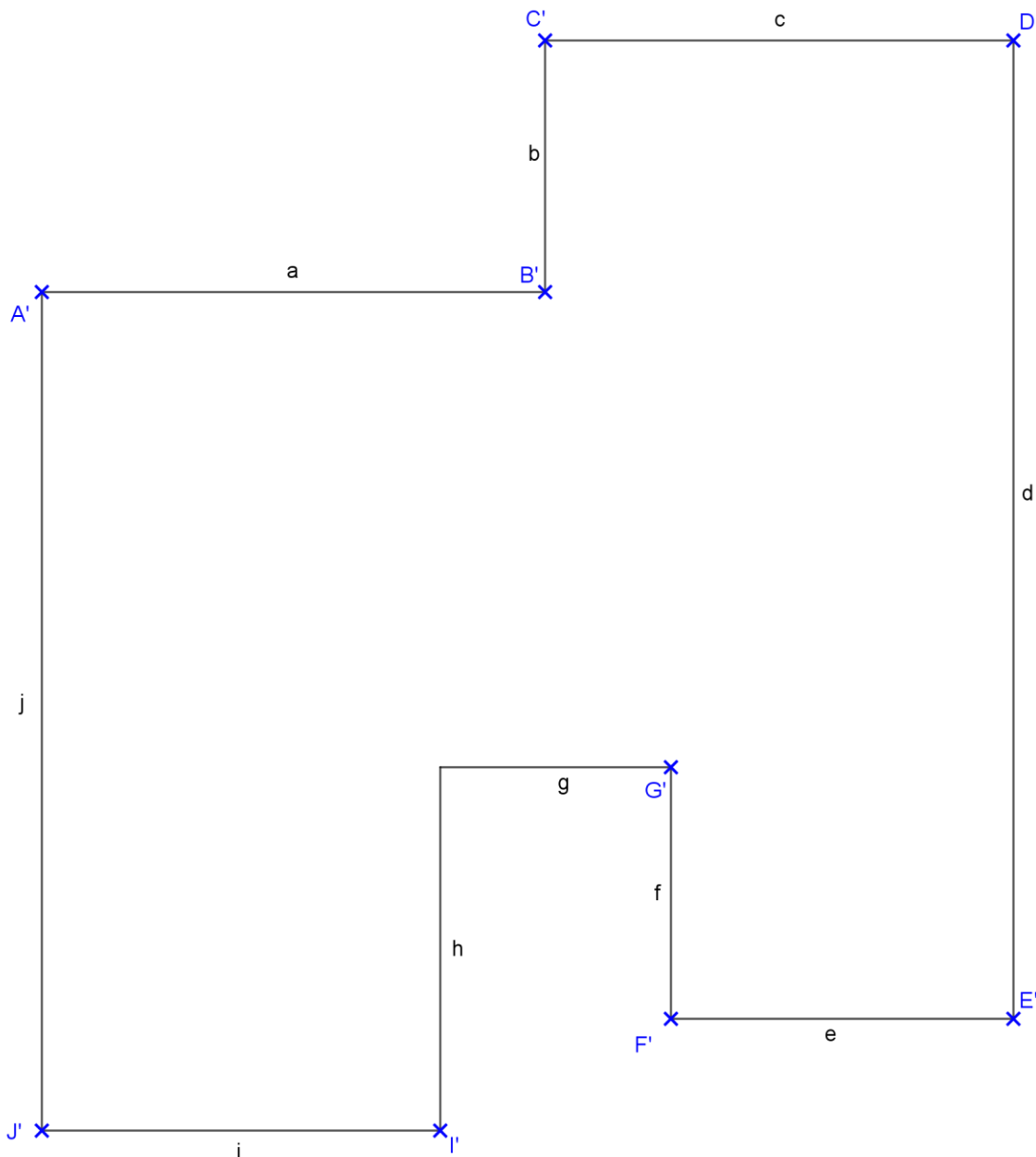
7. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,70m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma **declividade de 50%**. Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



8. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 2,70m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma **inclinação de 45°**. Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal** e determine a **área da água "d"**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.

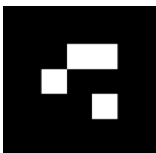
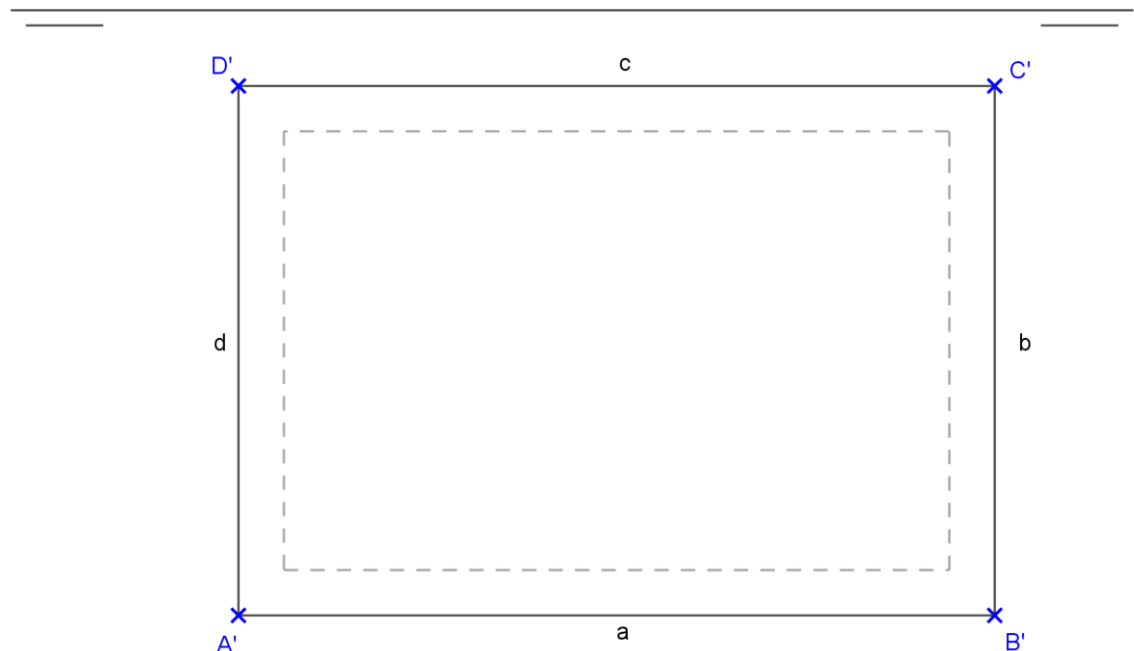


9. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas têm todas a mesma **inclinação de  $30^\circ$** . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que: as linhas de beiral **b, c, d, e, f** têm cota 2,70m; as demais linhas de beiral têm cota 3,40m; a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.

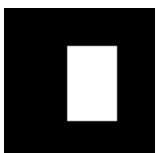
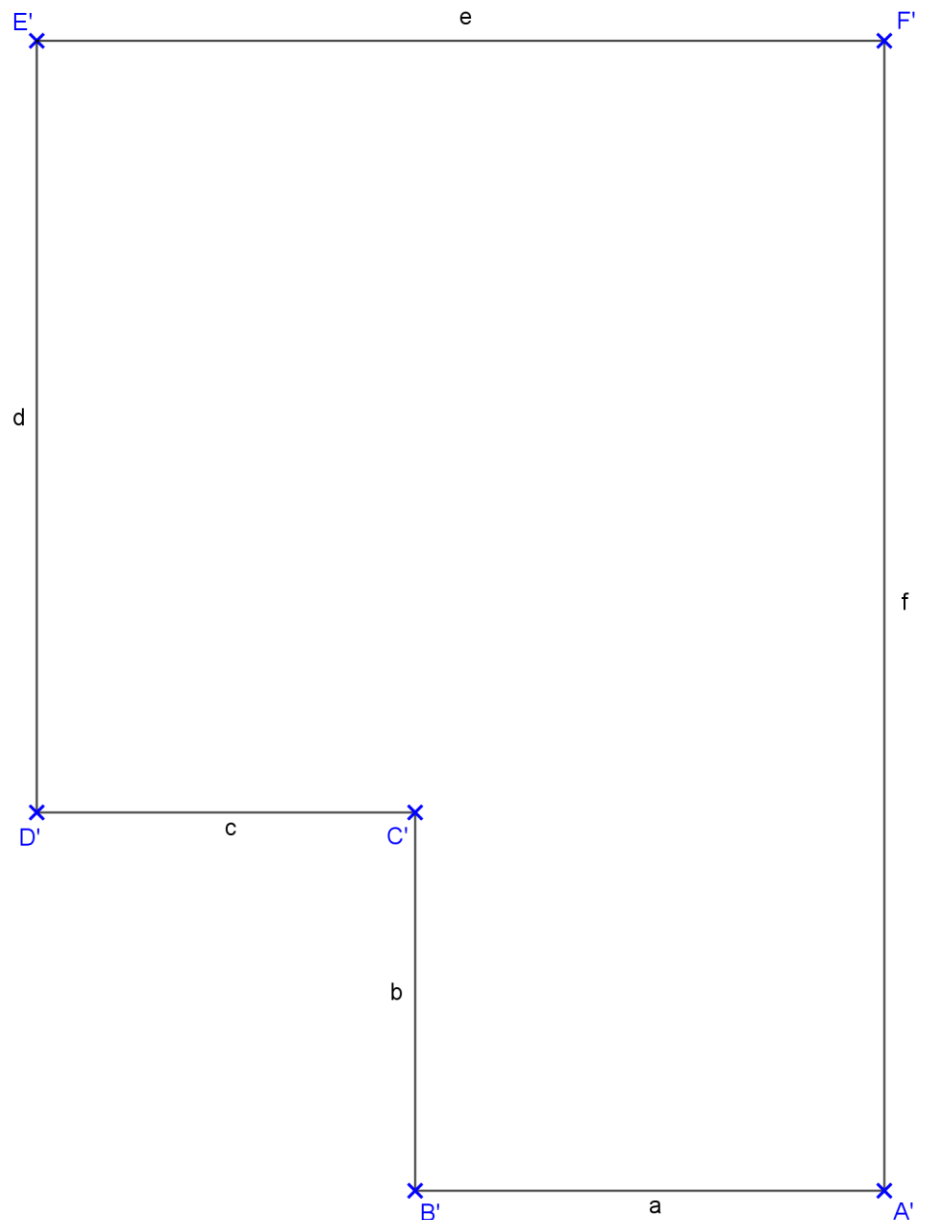


**4.4. ÁGUAS COM INCLINAÇÕES DIFERENTES**

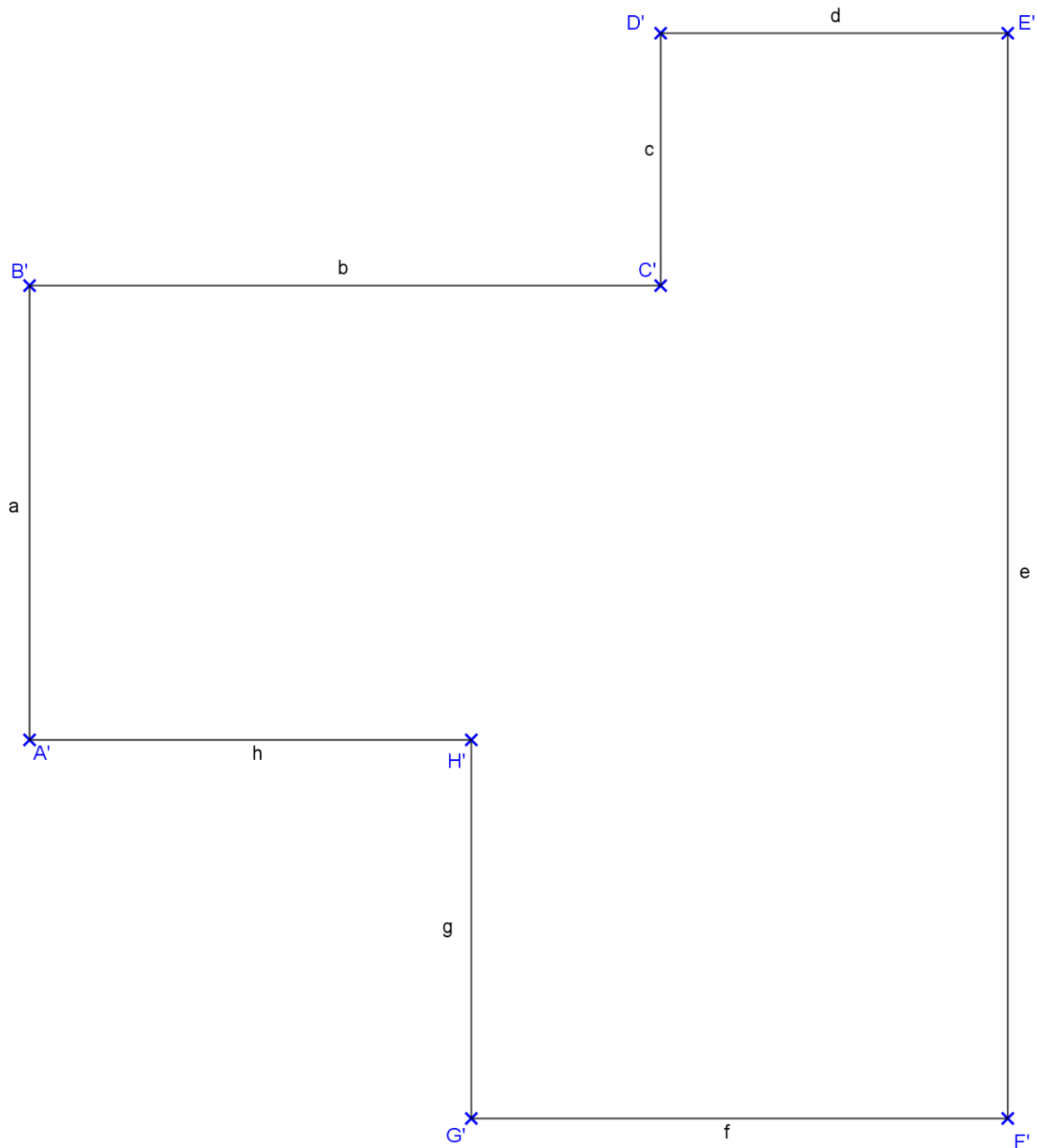
1. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 3,00m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas que contém as linhas de beiral **a** e **d** têm **inclinação de  $60^\circ$**  e as águas que contém as linhas de beiral **b** e **c** têm **inclinação de  $30^\circ$** . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal** e determine a **área da água "d"**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



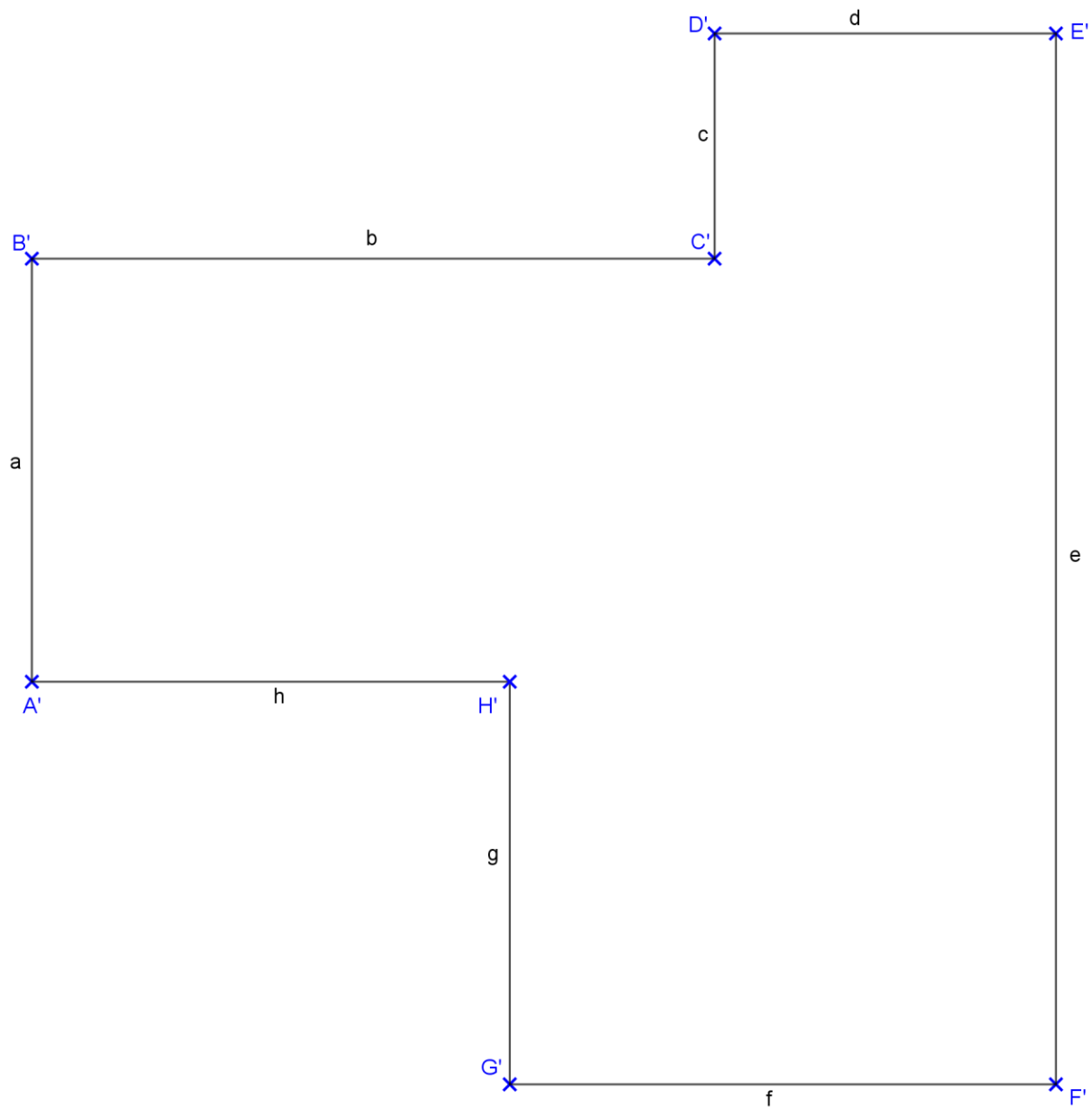
2. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 3,00m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que as águas que contém as linhas de beiral **a** e **d** têm **inclinação de 60°** e as outras águas têm **inclinação de 30°**. Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



3. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, todas no mesmo nível (com cota = 3,20m), encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que: a linha de beiral **e** possui **platibanda** e as demais possuem **calhas**; a água que contém a linha de beiral **g** têm **inclinação de  $60^\circ$**  e as outras águas têm **inclinação de  $45^\circ$** . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.



4. Considerando-se as projeções da poligonal abaixo da linha de beiral de um telhado, encontre as **projeções das interseções das águas** do mesmo, sabendo-se que: a linha de beiral **d** é um **oitão**; a água que contém a linha de beiral **g** têm **inclinação de  $60^\circ$**  e as outras águas têm **inclinação de  $45^\circ$** . Indique o **sentido de escoamento das águas**, encontre a **cota da cumeeira principal**. Considere que: as linhas de beiral **a**, **b** e **h** têm **cota 2,20m**; as demais têm **cota 2,80m**; a unidade de cota é **1m** e a escala é **1:100**.





## PARTE V

### REPRESENTAÇÃO DE UMA SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA

Uma superfície é denominada topográfica quando não pode ser determinada por meio de uma equação, ou seja, sua forma não é geometricamente determinada. Assim, as soluções dos problemas que envolvem uma superfície topográfica não são exatas.

Numa planta topográfica, uma curva de nível caracteriza-se como uma linha imaginária que une todos os pontos de igual altitude de uma região representada. É chamada de "curva", pois normalmente a linha que resulta do estudo das altitudes de um terreno são, em geral, obtidas através de curvas associadas a valores de altitude em metros (m). A curva de nível serve para identificar e unir todos os pontos de igual altitude de uma determinada região. Um exemplo de representação das curvas de nível é apresentado na figura seguinte.



As curvas de nível são resultantes da seção plana feita por vários planos paralelos, horizontais (ou de nível) com uma superfície da terra. Nelas são indicadas as distâncias verticais acima, ou abaixo, de um plano de referência de nível. Começando no nível médio dos mares, que é a curva de nível zero, cada curva de nível tem um determinado valor. A distância vertical entre as curvas de nível é conhecida como equidistância, cujo valor é encontrado nas informações marginais da carta topográfica.

### 5.1. LEVANTAMENTO

O levantamento é uma operação pela qual são obtidos os elementos necessários aos cálculos e respectivas representações de obras ou porções de superfícies.

O levantamento pode ser:

**2.1. Planimétrico** – visa a representação sem a preocupação com o relevo, ou seja, a representação preocupa-se apenas com a representação dos pontos sem a representação das cotas.

**2.2. Altimétrico** – é o levantamento que visa a representação do relevo mostrando as altitudes, portanto representando as cotas dos pontos.

**2.3. Planta Topográfica** – a planta topográfica é a representação dos pontos de igual altitude sobre um plano horizontal, sua escala é superior a 1:100.000

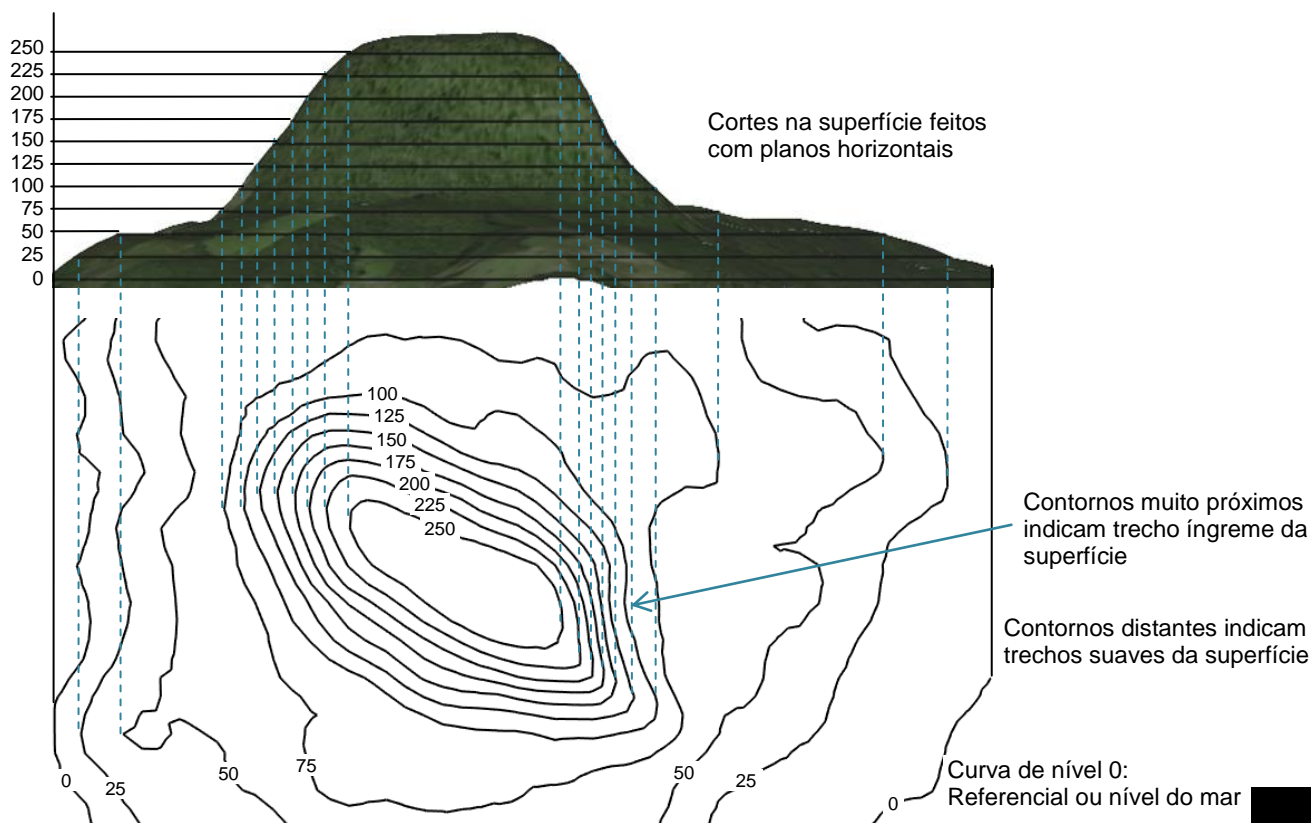
**2.4. Planta Geográfica ou carta** – é a planta cuja escala é inferior a 1:100.000.

Em geral, nas plantas topográficas não é necessário especificar a unidade que representa as cotas, pois salvo indicação em legenda, a unidade utilizada é sempre o metro.

### 5.2. PRINCÍPIO DA REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA

Uma das aplicações práticas do método da dupla projeção ortogonal consiste em representar sobre um plano uma porção da superfície da terra, levando em conta seu relevo. Esta representação é feita através de linhas horizontais que contém o conjunto de pontos de mesma cota.

Ao seccionar uma superfície da terra por planos de nível equidistantes entre si, esta interseção gera linhas horizontais de mesma cota, que são as curvas de nível. Na figura a seguir os planos de cotas 0, 25, 50, ..., 250 são planos de nível equidistantes e os pontos representados sobre eles formam curvas de nível.



Realidade Virtual: [paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/](https://paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/)

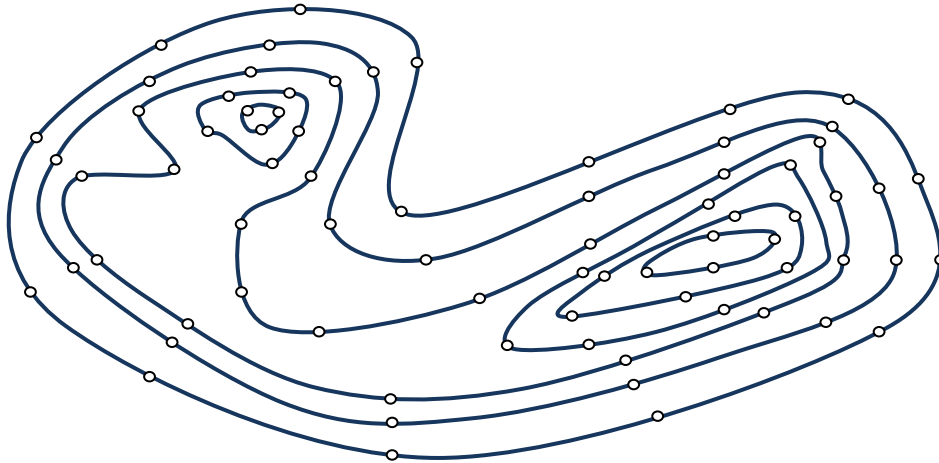
Realidade Aumentada: [paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/superficies.html](https://paulohscwb.github.io/geometria-descritiva/superficies.html)



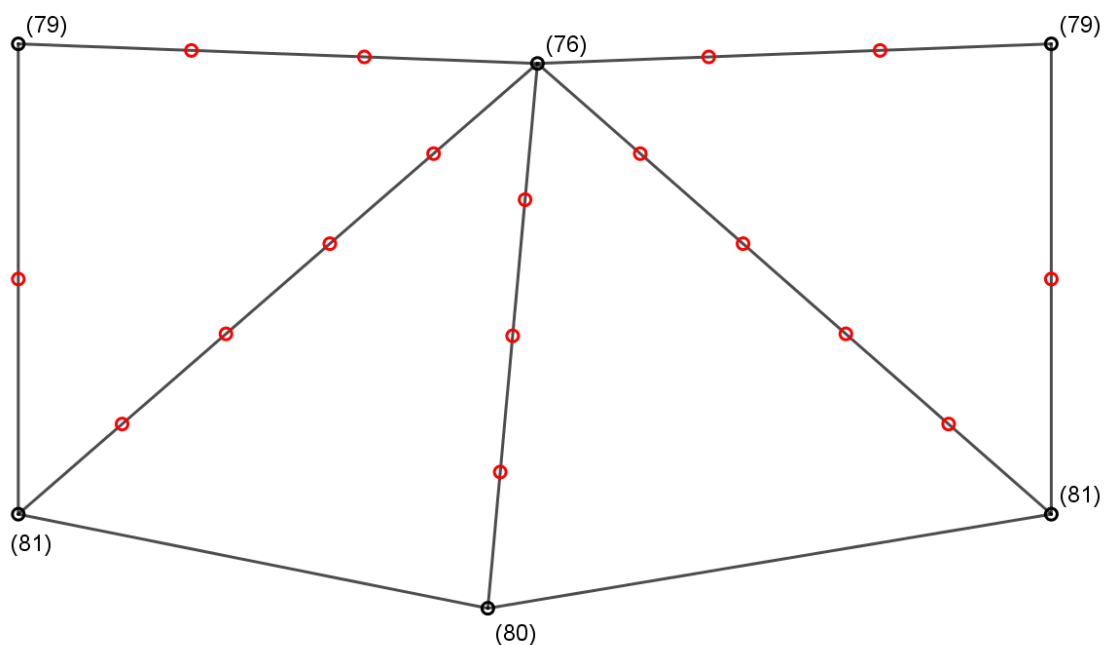
### 5.2.1. Traçado das curvas de nível

O traçado das curvas de nível é feito considerando pontos de cotas inteiras e de acordo com a natureza do trabalho. Sobre cada segmento, determina-se o ponto de cota inteira, e a união dos pontos de mesma cota gera a curva de nível.

A superfície topográfica assemelha-se a vários troncos de cone superpostos onde cada base inferior de um é a base superior do outro. Na figura mostrada a seguir é apresentado um exemplo da representação das curvas de nível.

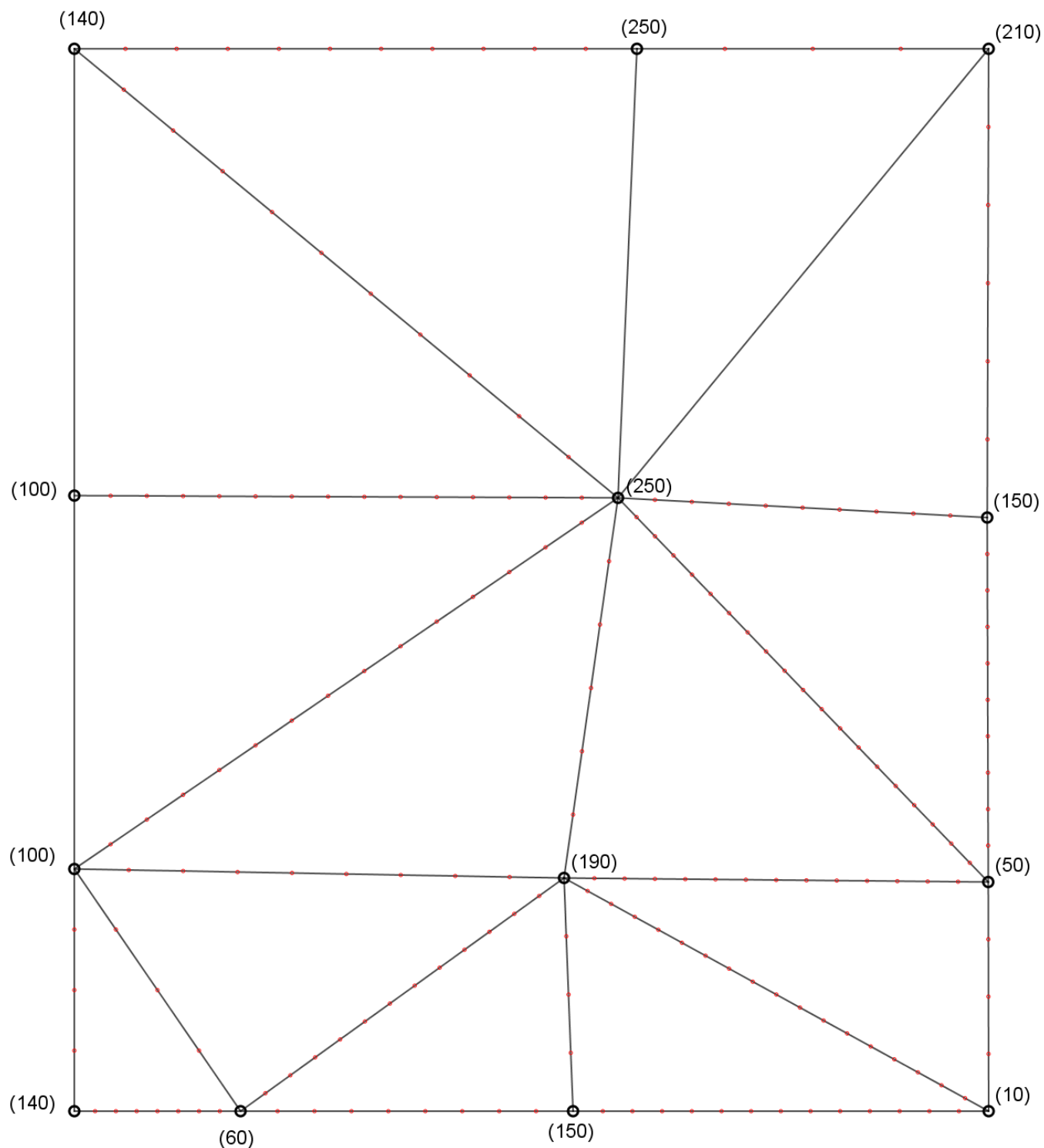


Para encontrar os pontos de cotas inteiras, utiliza-se o método da triangularização, ou seja, na malha onde será representada a planta contendo as curvas de nível, os segmentos são divididos de forma a representar os pontos de cotas inteiras. Um exemplo é apresentado na figura a seguir.

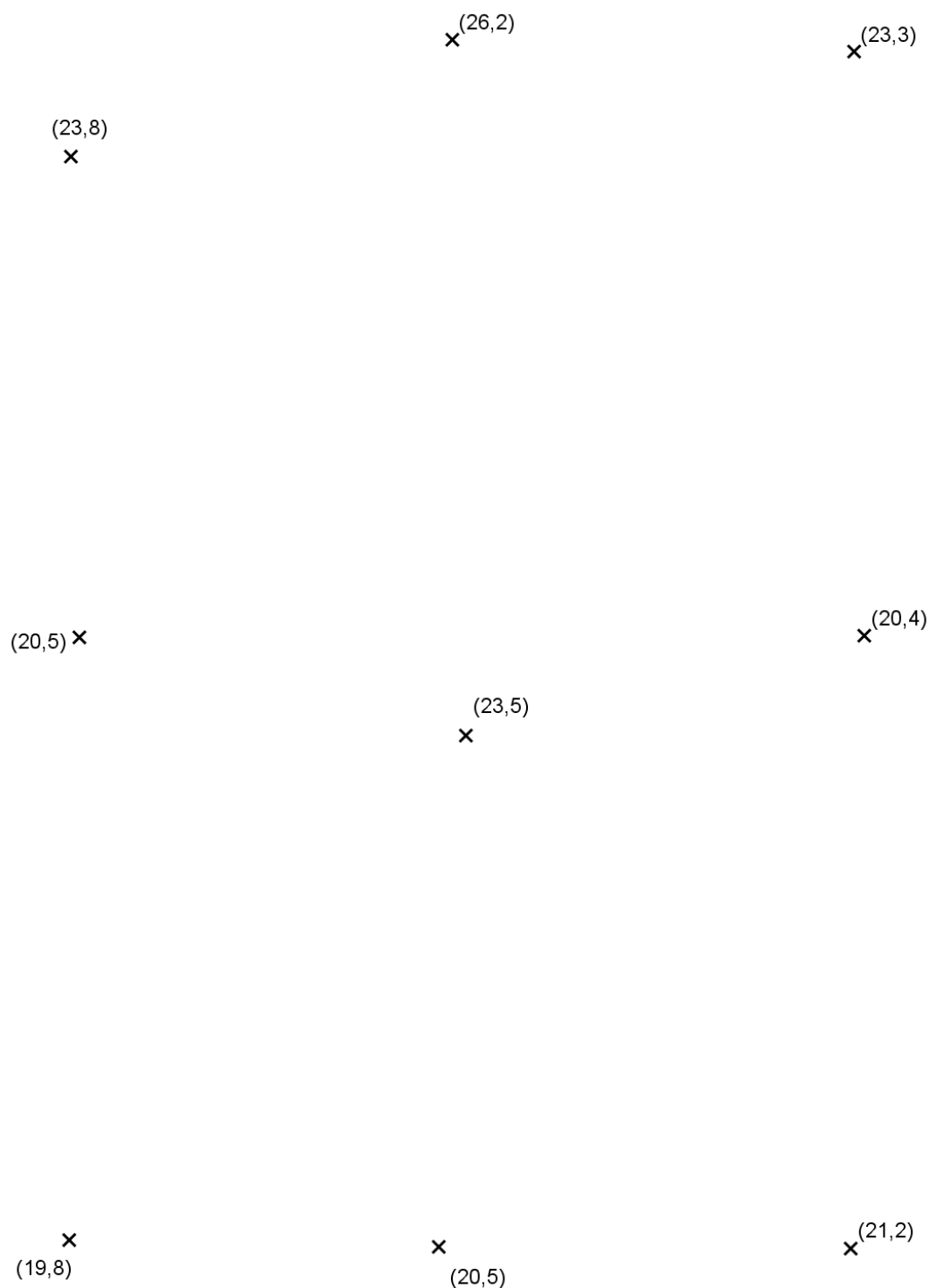


## Exercícios

- Os pontos correspondem a uma superfície topográfica. Representá-la através de curvas de nível, com equidistância de 10 metros, considerando a unidade de cota como sendo o metro.

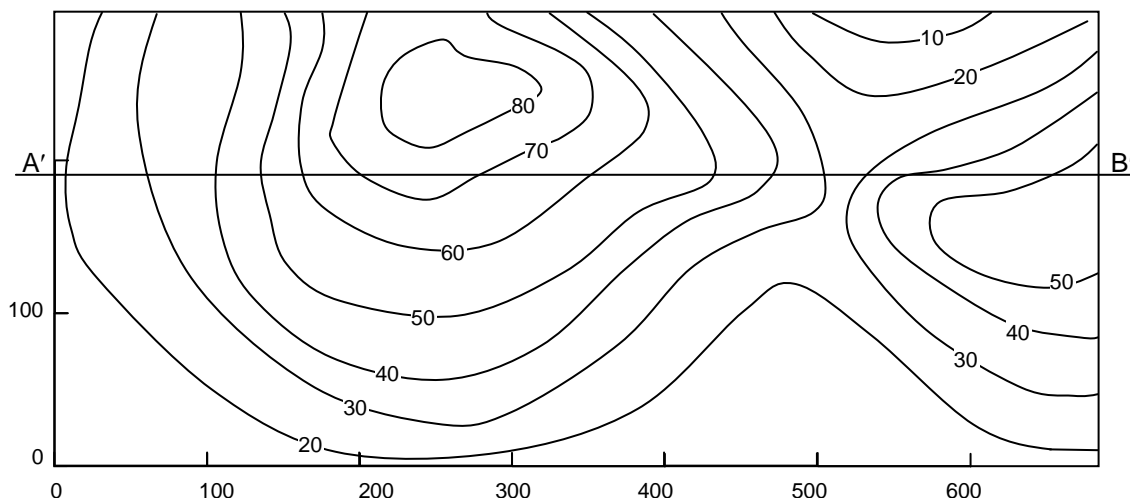


2. Os pontos correspondem a uma superfície topográfica. Representá-la através de curvas de nível, com equidistância de 1 metro, considerando a unidade de cota como sendo o metro.



## 5.2.2. Perfil Topográfico

Considere uma superfície topográfica cortada por um plano frontal, representado pelo seu traço (AB) no plano  $\pi'$ . Este plano corta o plano de projeção segundo a reta A'B'.



Considere que a superfície topográfica tenha seu corte pelo plano frontal representado nos eixos cartesianos x e z.

Sobre o eixo x marcam-se os pontos de interseção da reta A'B' com as curvas de nível e sobre o eixo z marcam-se as cotas das extremidades desses segmentos. Unindo-se os pontos tem-se o perfil da superfície.

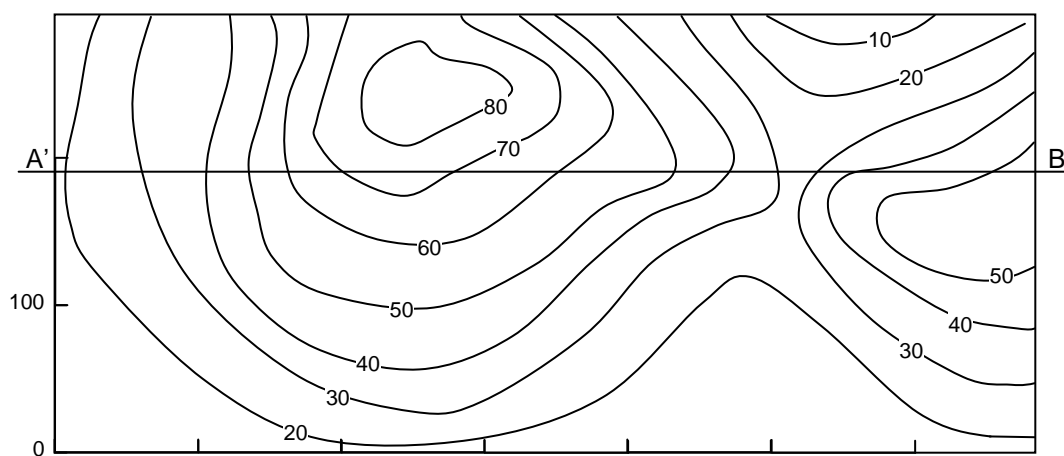
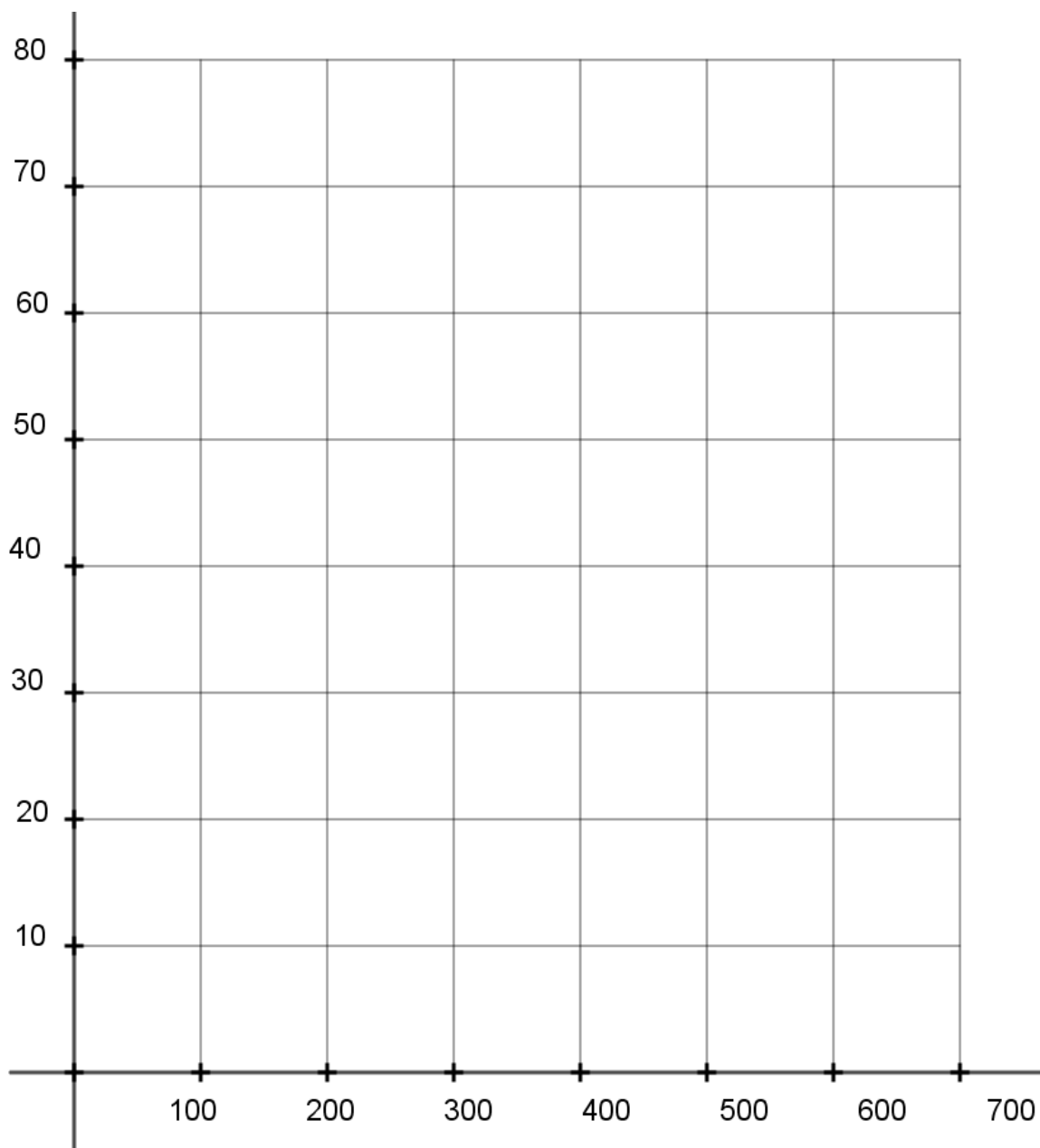
Em geral, utiliza-se no perfil uma escala tal que o valor da cota (z) seja dez vezes o valor da abscissa (x). Este procedimento é adotado para acentuar o relevo, já que as alturas são normalmente pequenas em relação à planta da região.

As escalas mais utilizadas são:

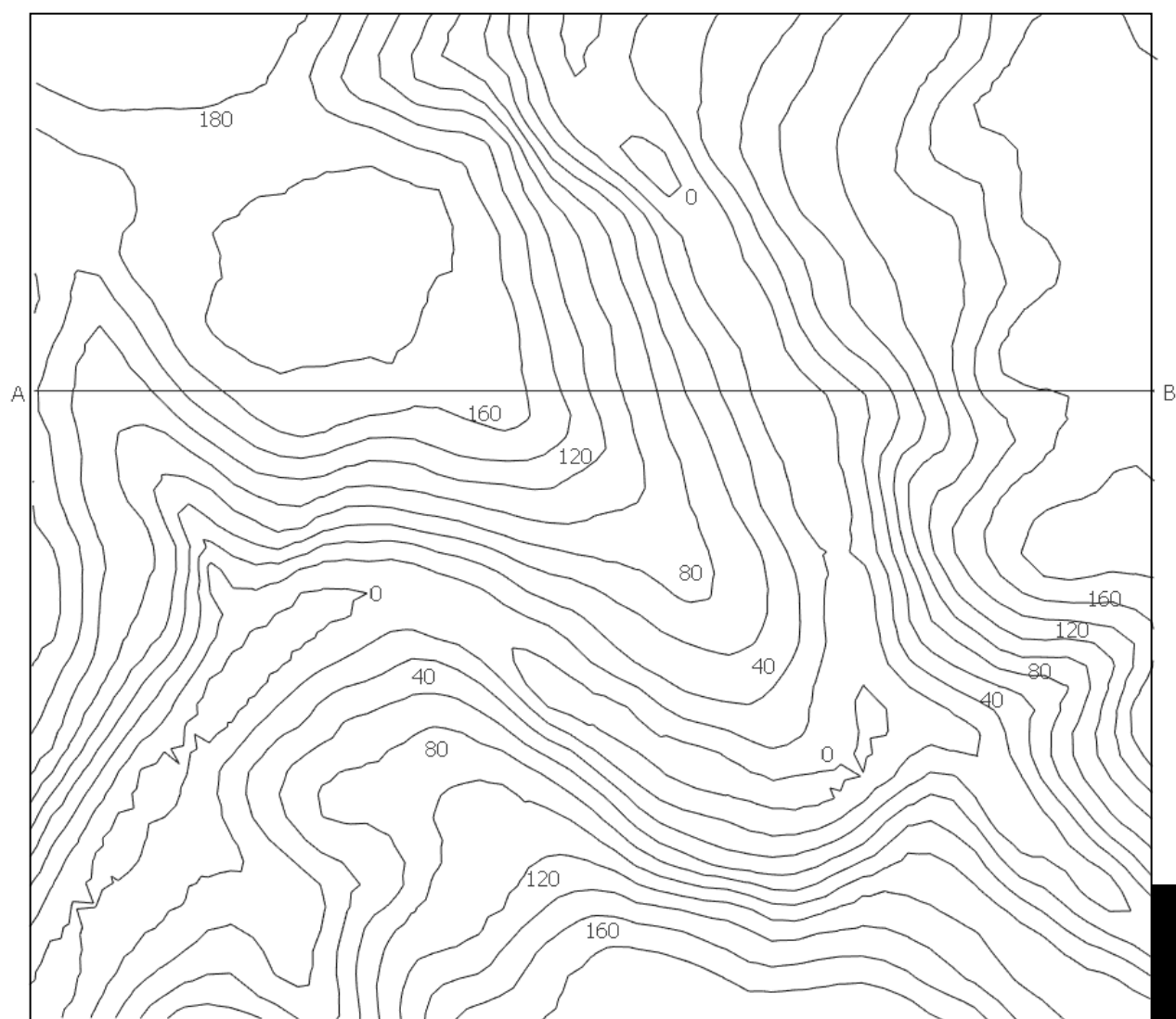
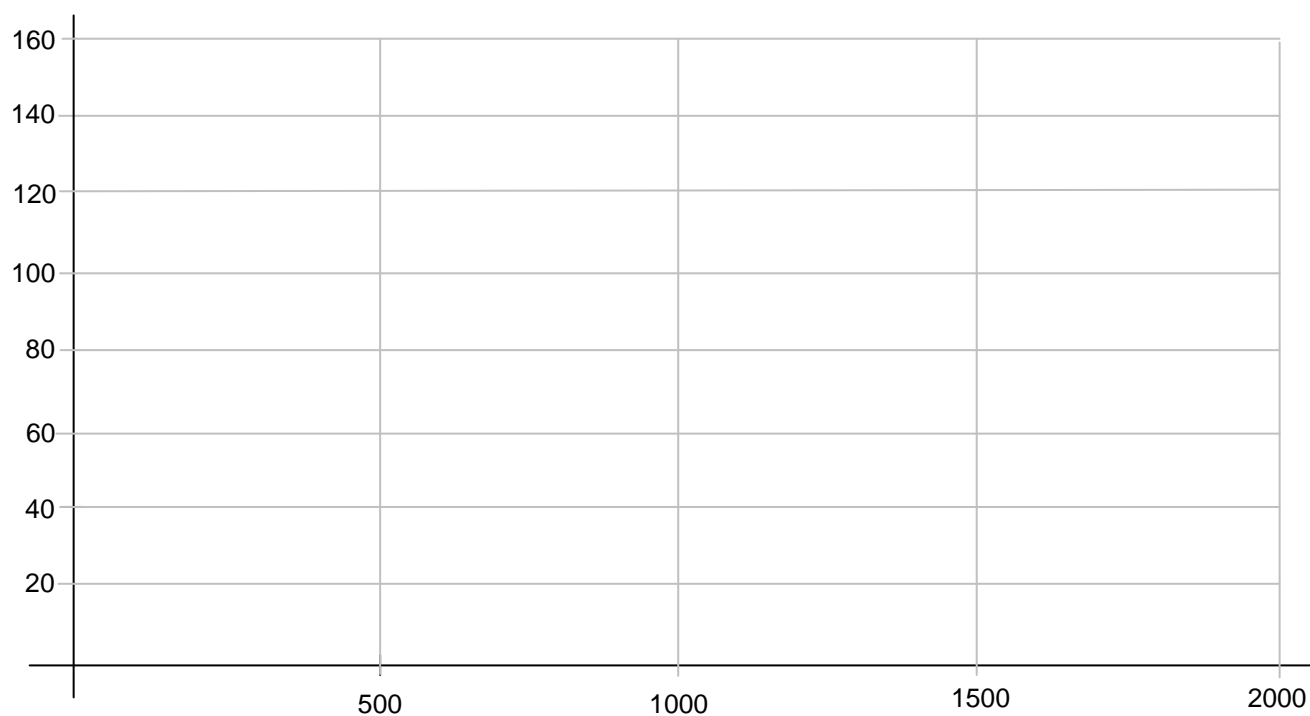
Vertical	Horizontal
1:100	1:1000
1:200	1:2000
1:500	1:5000

**Exercícios**

1. Representar o perfil topográfico da seção determinada pelo plano definido pelos pontos A e B, utilizando a escala vertical dez vezes maior que a horizontal.

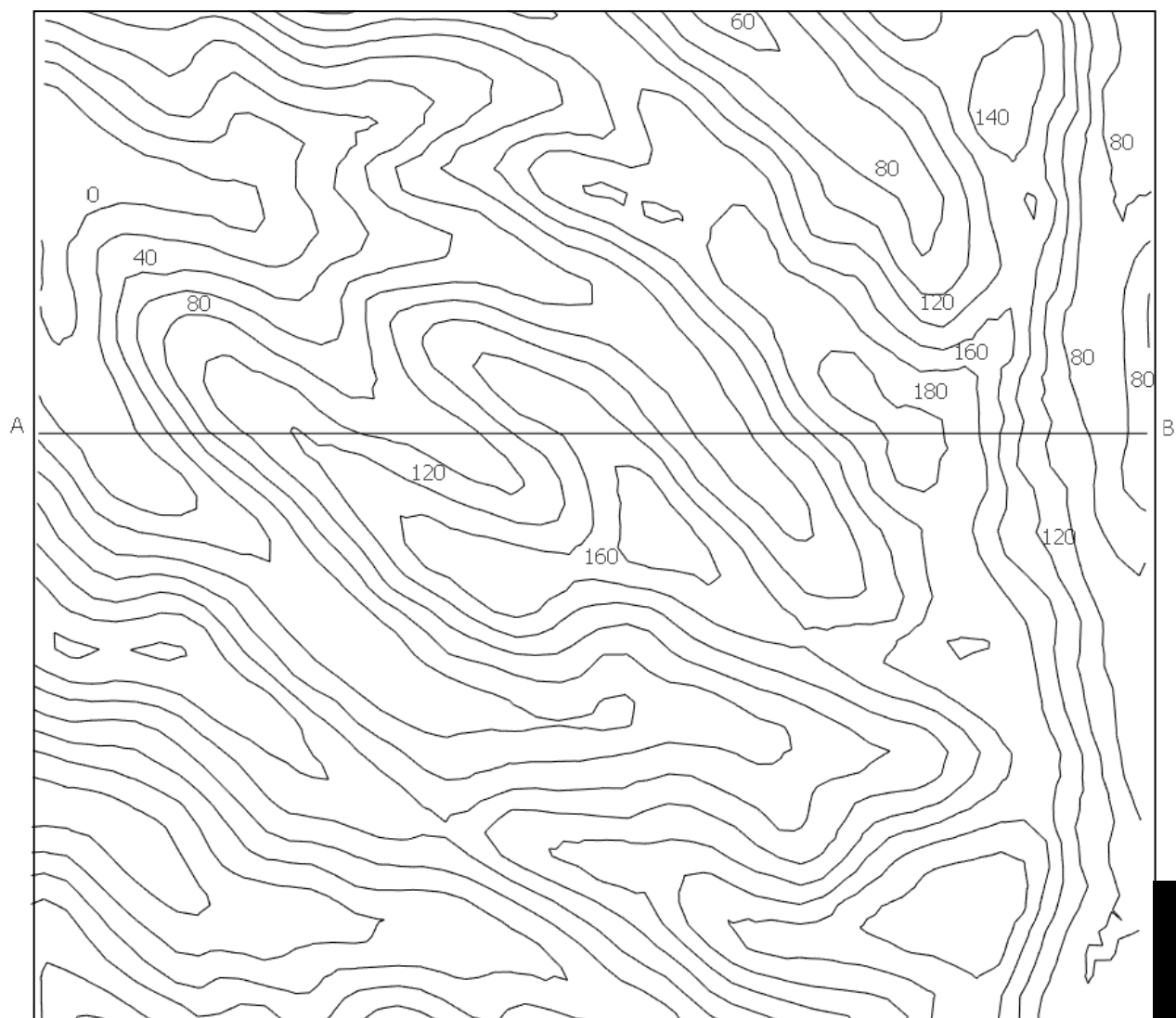
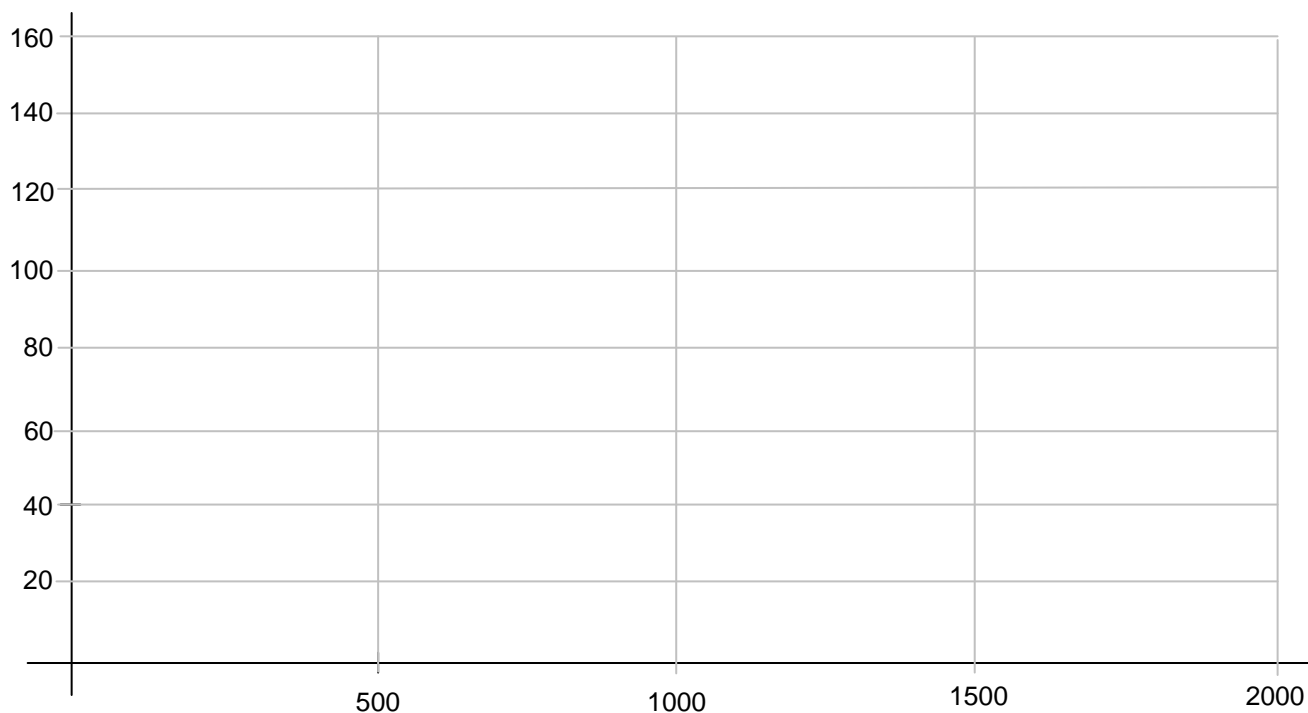


2. Representar o perfil topográfico da seção determinada pelo plano definido pelos pontos A e B.





3. Representar o perfil topográfico da seção determinada pelo plano definido pelos pontos A e B.



## 5.2.3. Seção Plana

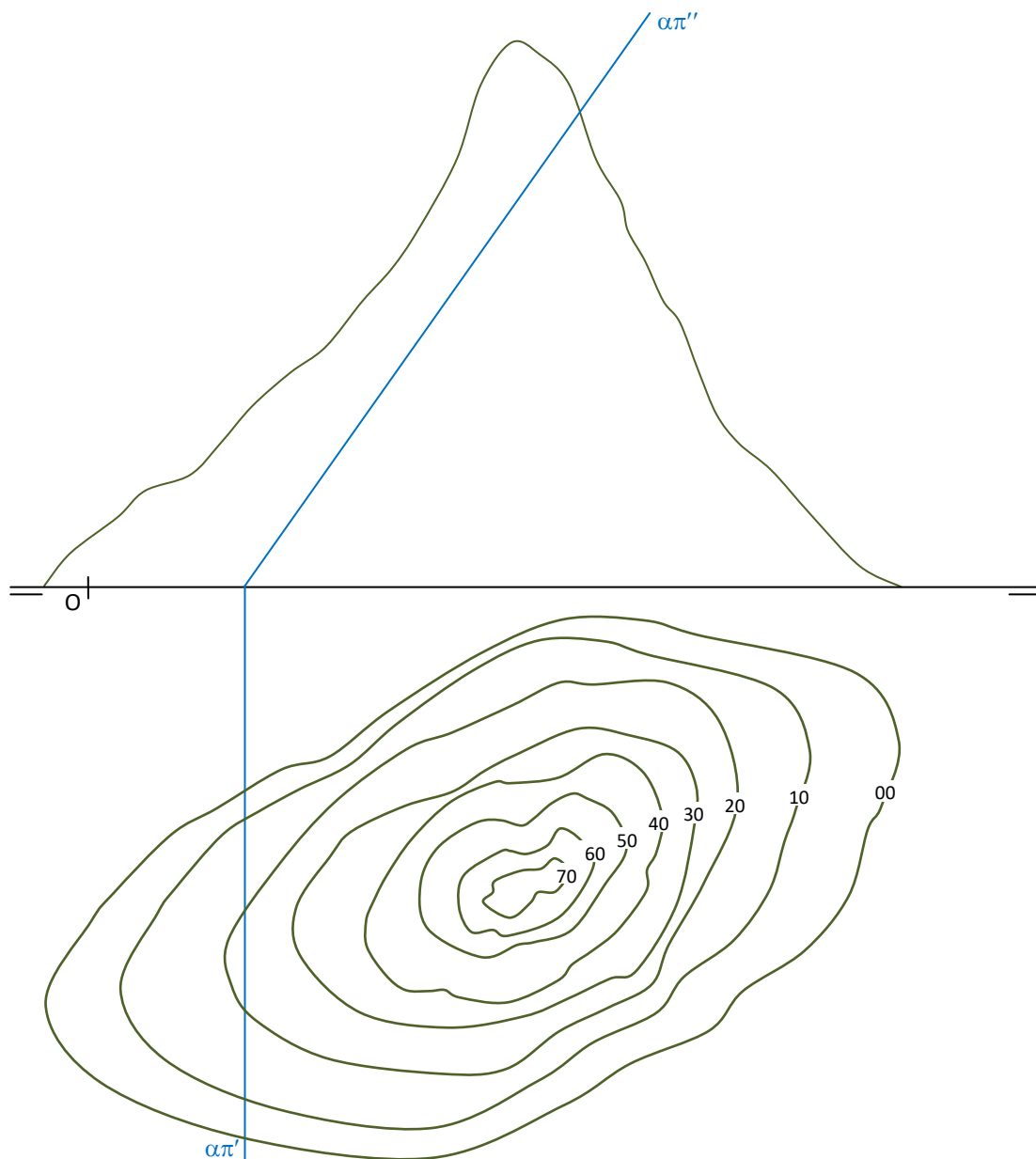
A interseção de um plano inclinado com uma superfície topográfica é sempre feita com o auxílio de planos horizontais. Cada plano horizontal considerado corta o plano dado segundo uma reta  $r$ , que pode ser horizontal, de topo ou fronto-horizontal, cortando a superfície segundo uma curva de nível. Os pontos comuns da reta de corte  $r$  com a curva de nível são pontos pertencentes à seção plana. A ligação dos pontos assim obtidos resulta na interseção procurada.

Para a resolução do problema considera-se para planos horizontais auxiliares os próprios planos das curvas de nível dadas. A horizontal do plano dado cuja cota seja a mesma que a da curva de nível considerada, tem com esta, pontos comuns que são pontos da interseção.

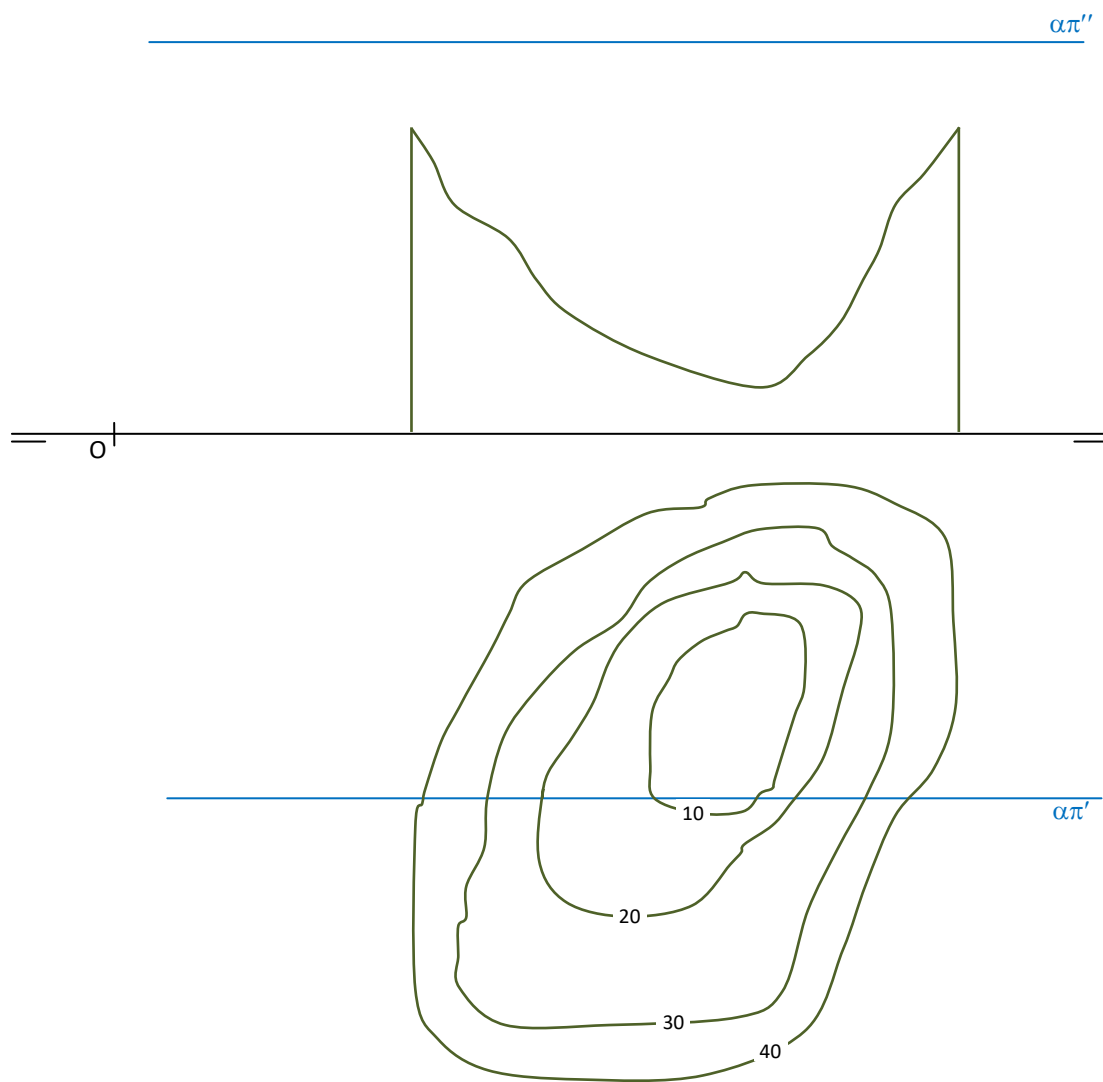
## Exercício

Dados o plano  $\alpha$  por seus traços nos planos de projeções e as curvas de nível da superfície topográfica, determine a interseção do plano com a superfície (seção plana).

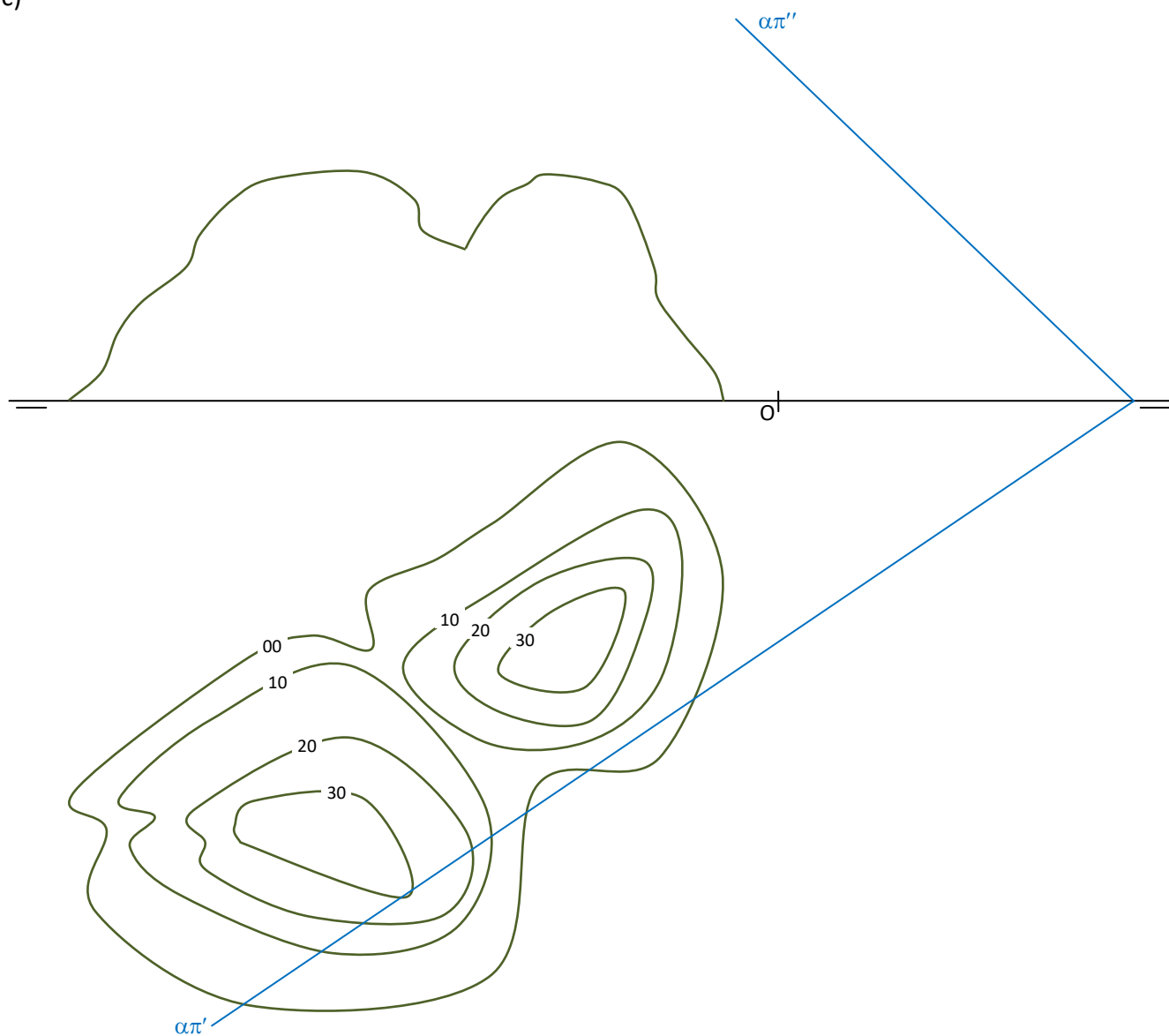
a)



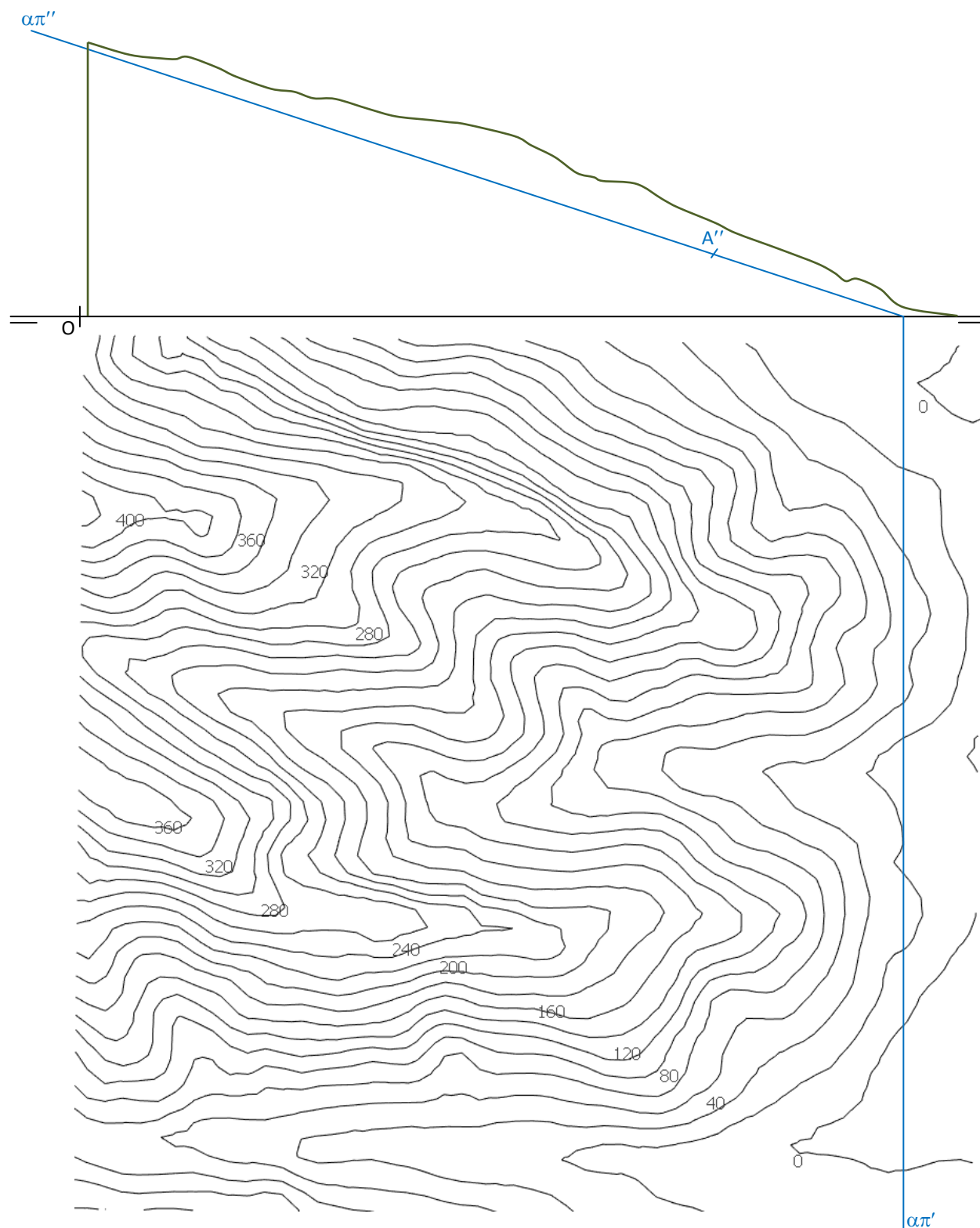
b)



c)

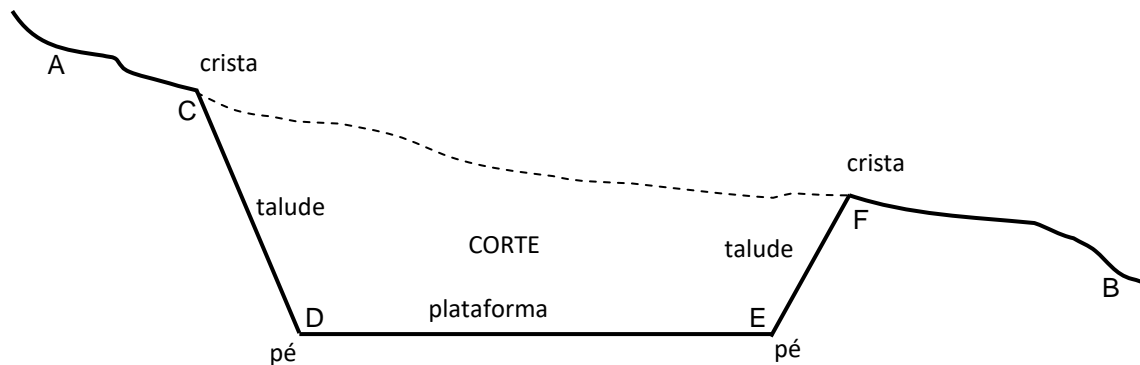


d) Considere o desenho em escala 1:100, o ponto A de cota 100 metros. Encontre a seção plana com cotas de 20 em 20 metros.



## 5.2.4. Cortes

Quando a construção que se quer executar tem cota menor que a da superfície natural do terreno, faz-se uma escavação que recebe o nome de corte.



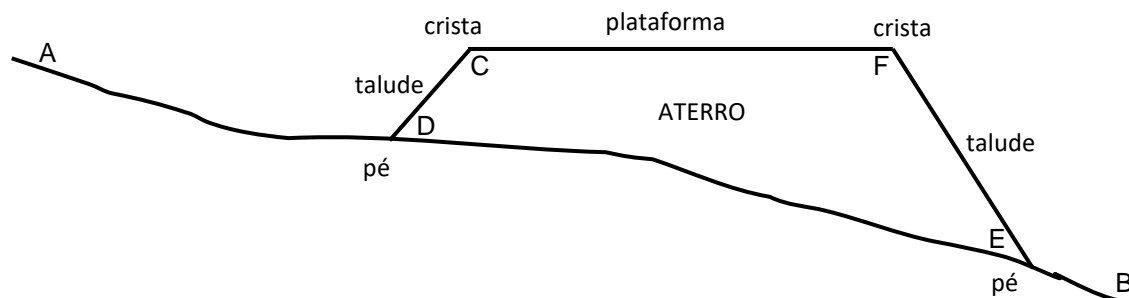
Admitindo-se que a linha AB da figura representa um perfil de um terreno, a área CDEF representa um corte. A superfície do terreno proveniente de um corte ou aterro chama-se **talude** ou **rampa**, a **crista** de um corte é chamada de **offset**.

Os declives dos taludes variam de acordo com a natureza do terreno e da altura do corte. Os valores mais comumente utilizados são:

- a) Terreno com possibilidade de desmoronamento: 1/1;
- b) Terreno sem possibilidade de desmoronamento: 3/2;
- c) Rocha: talude vertical.

## 5.2.5. Aterros

Quando a construção que se quer executar tem cota maior que a superfície natural do terreno, faz-se um preenchimento que é denominado aterro.



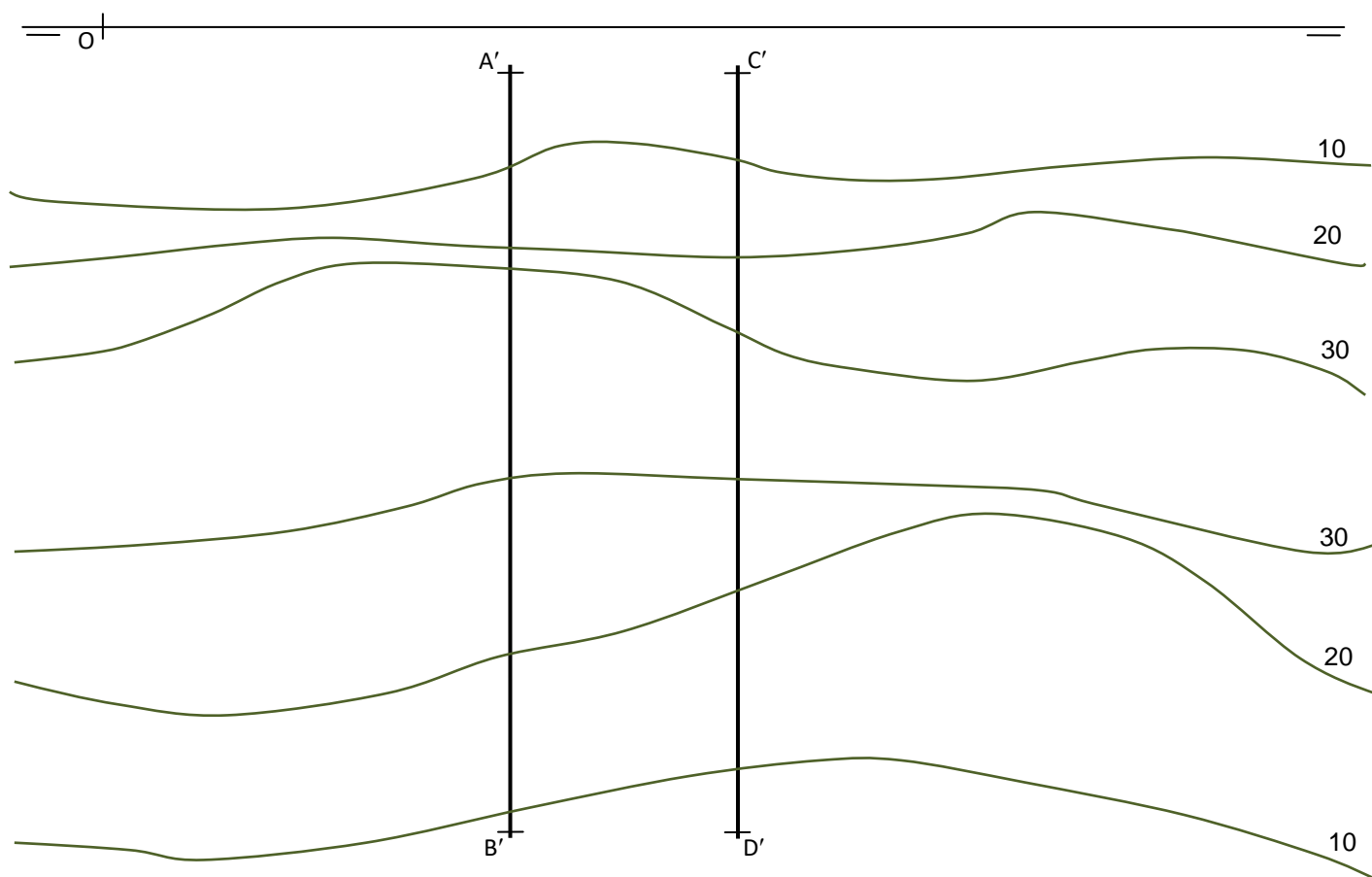
Admitindo-se que a linha AB da figura representa um perfil de um terreno, a área CDEF representa um aterro. O talude de um aterro também é chamado de **saia**. O pé de um aterro também é chamado de **offset**.

Os declives dos taludes dos aterros variam de acordo com as circunstâncias e principalmente com a altura. Os valores mais comumente utilizados são: 1/4, 1/3, 1/2 e 2/3.

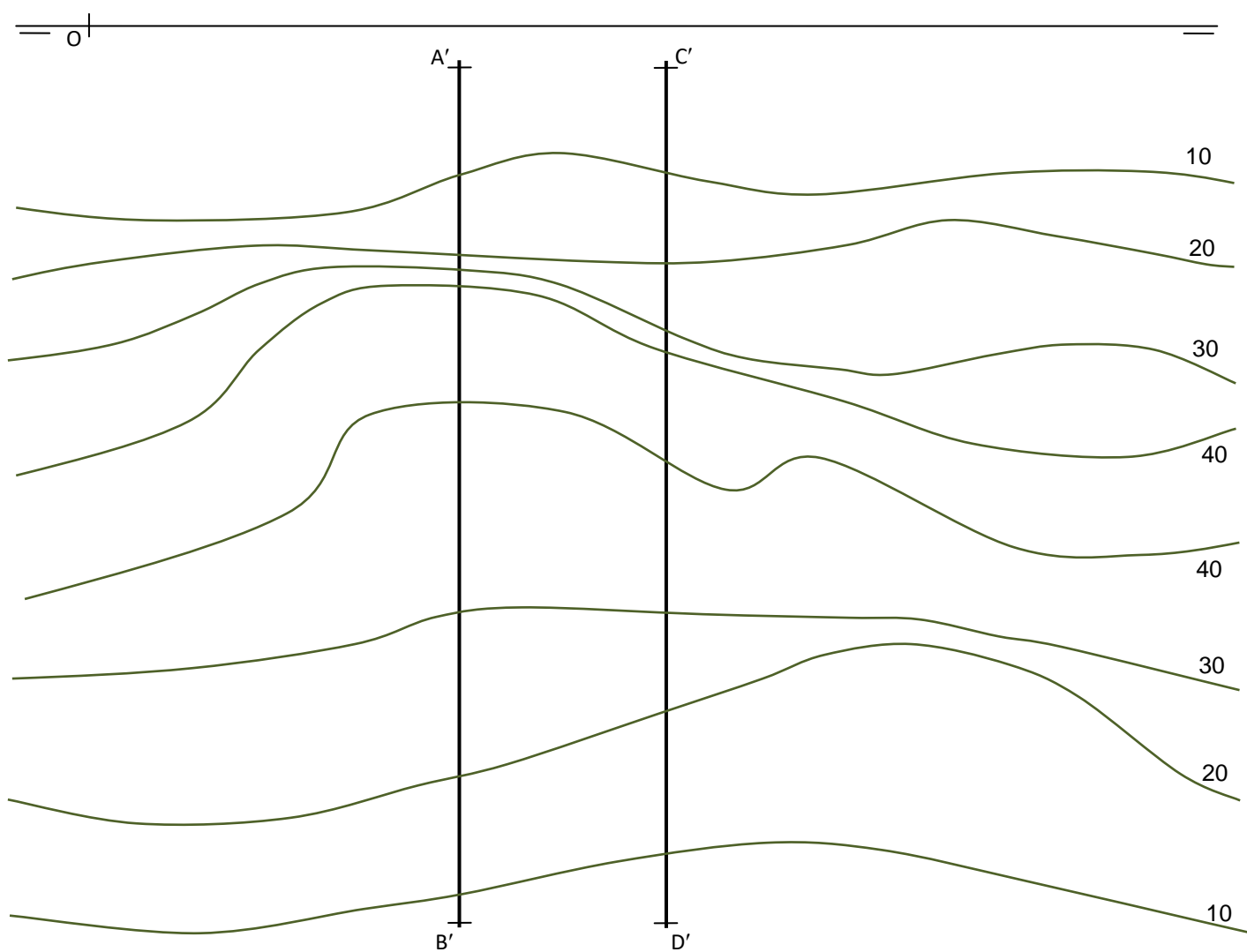
**Exercício**

Dada a superfície topográfica, representada pelas curvas de nível, determinar as linhas de *offset* para a construção da estrada representada pelas retas de topo AB e CD de cota 10. Os dados fornecidos são referentes aos taludes de corte feitos por meio de planos de topo e a escala é 1:10. Faça o novo desenho das curvas de nível.

a) inclinações  $\theta_E = 45^\circ$  à esquerda de AB e  $\theta_D = 60^\circ$  à direita de CD.

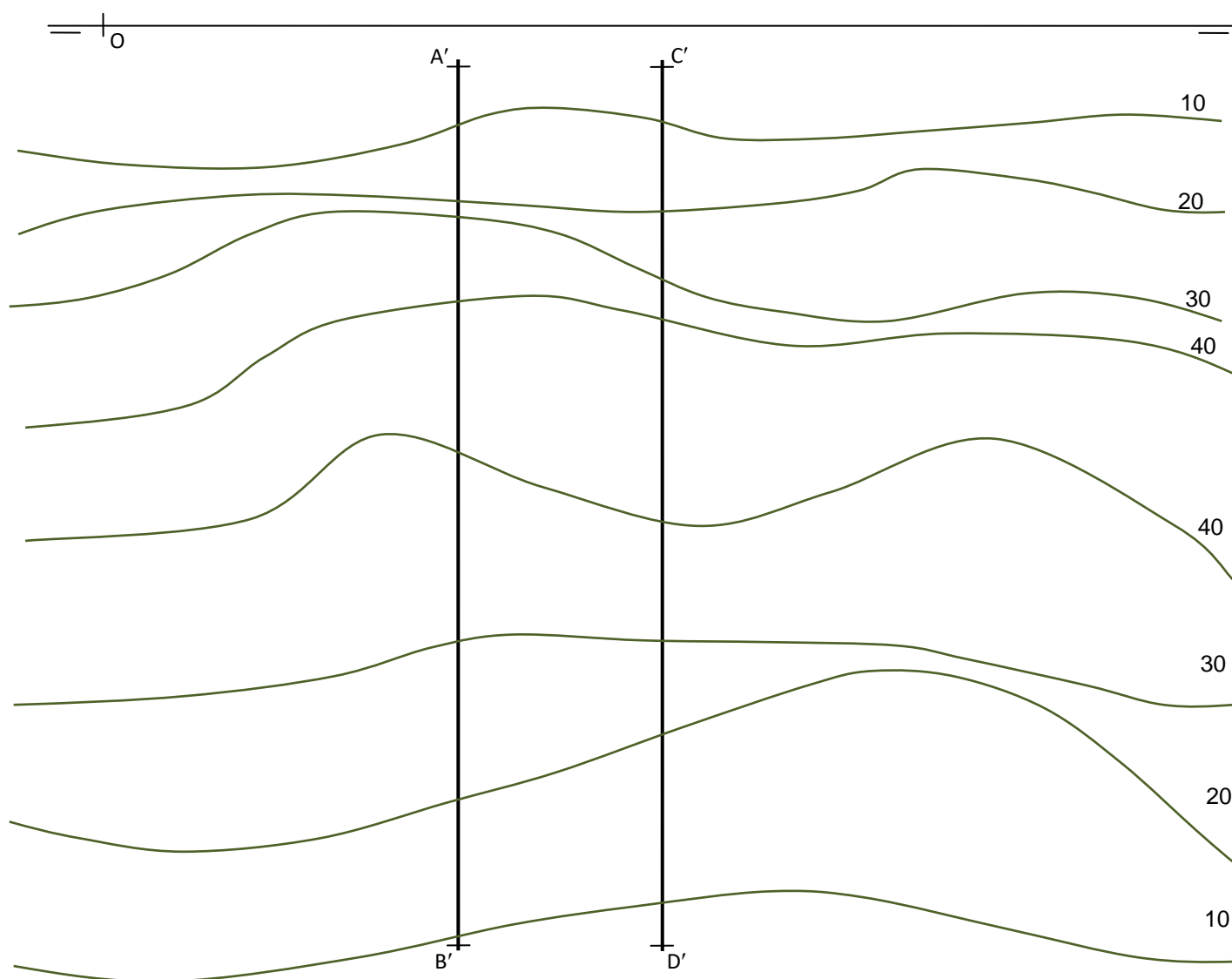


b) inclinações  $\theta_E=30^\circ$  à esquerda de AB e  $\theta_D=45^\circ$  à direita de CD.

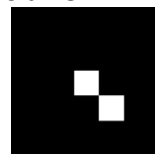




c) declives de  $e=2/3$  à esquerda de AB e de  $d=1$  à direita de CD.

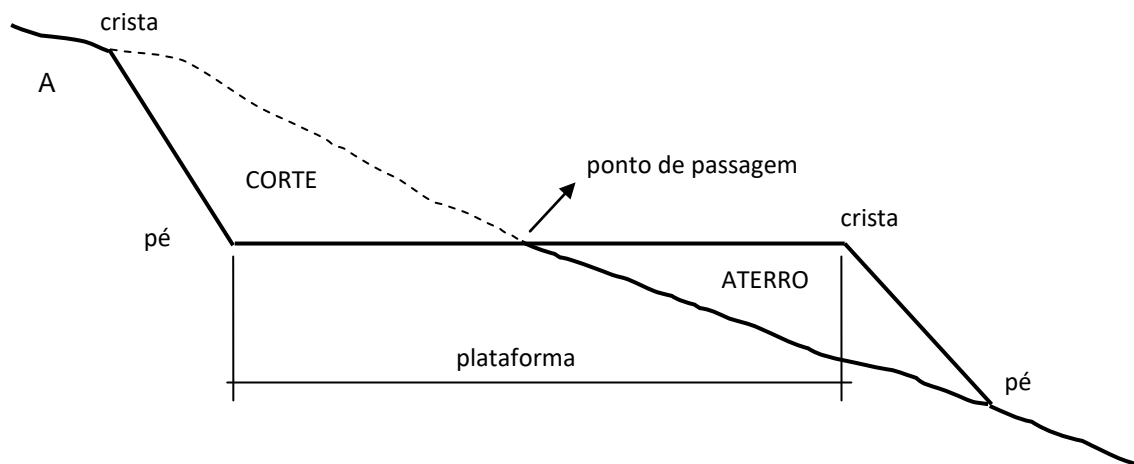


No exemplo mostrado no QR code abaixo, temos um exemplo de corte em um terreno real, com declives de  $e=45^\circ$  à esquerda de AB e de  $d=30^\circ$  à direita de CD e cotas de AB e CD iguais a 15.



## 2.6. Seção Mista

A seção mista é constituída de parte em corte e de parte em aterro, como mostra figura a seguir.



O ponto da superfície natural do terreno de mesma cota que a plataforma chama-se ponto de passagem, é nesse ponto que termina o corte e começa o aterro. A plataforma da seção mista é limitada de um lado pelo pé do corte e do outro pela crista do aterro.

Considerando-se uma seção transversal em um corte ou aterro, o ponto comum da linha natural do terreno com o talude chama-se **offset**. Determinados os vários *offsets*, a união desses pontos fornece a curva chamada linha dos *offsets*.

No exemplo mostrado no QR code abaixo, temos as linhas de off-set resultantes da execução de uma terraplenagem no terreno real delimitado por um retângulo. A área em nível tem cota 12, o talude de aterro tem declividade  $45^\circ$  e o talude de corte tem  $60^\circ$ .



## Exercício

1. Dada a superfície topográfica, representada pelas suas curvas de nível, obter as linhas de *off-set* resultantes da execução de uma terraplenagem no terreno delimitado pelo retângulo, de maneira que se tenha toda a área em nível na cota 3. Representar a nova configuração das Curvas de Nível. O talude de aterro tem declividade  $5/6$  e o de corte tem  $1/1$ .

