

## Capítulo 2

# TEORIA DO DESENHO PROJETIVO UTILIZADO PELO DESENHO TÉCNICO

### ***Definição de Projeção Ortogonal***

Nos desenhos projetivos, a representação de qualquer objeto ou figura será feita por sua projeção sobre um plano. A Figura 2.1 mostra o desenho resultante da projeção de uma forma retangular sobre um plano de projeção.

Os raios projetantes tangenciam o retângulo e atingem o plano de projeção formando a projeção resultante.

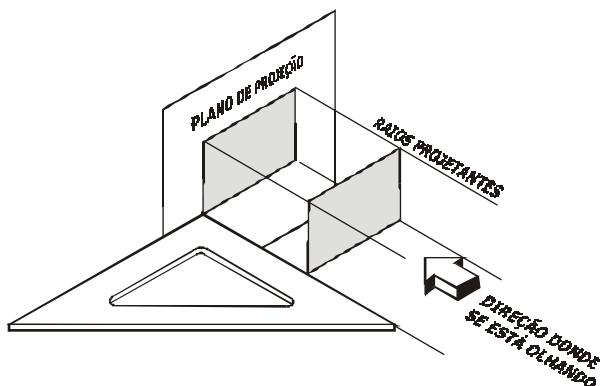


Figura 2.1

Como os raios projetantes, em relação ao plano de projeção, são paralelos e perpendiculares, a projeção resultante representa a forma e a verdadeira grandeza do retângulo projetado.

Este tipo de projeção é denominado Projeção Ortogonal (do grego *ortho* = reto + *gonal* = ângulo), pois os raios projetantes são perpendiculares ao plano de projeção.

Das projeções ortogonais surgem as seguintes conclusões:

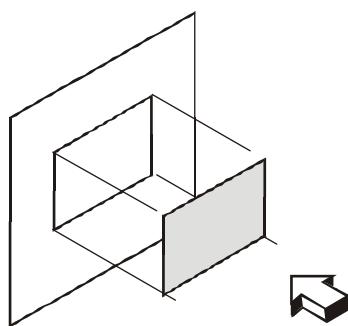


Figura 2.2

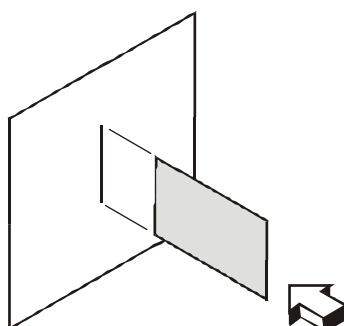


Figura 2.3

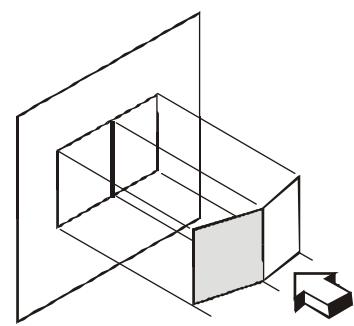


Figura 2.4

Toda superfície paralela a um plano de projeção se projeta neste plano exatamente na sua forma e em sua verdadeira grandeza, conforme mostra a Figura 2.2.

A Figura 2.3 mostra que quando a superfície é perpendicular ao plano de projeção, a projeção resultante é uma linha.

As arestas resultantes das interseções de superfícies são representadas por linhas, conforme mostra a Figura 2.4.

## Como Utilizar as Projeções Ortogonais

Como os sólidos são constituídos de várias superfícies, as projeções ortogonais são utilizadas para representar as formas tridimensionais através de figuras planas.

A Figura 2.5 mostra a aplicação das projeções ortogonais na representação das superfícies que compõem, respectivamente, um cilindro, um paralelepípedo e um prisma de base triangular.

Pode-se observar que as projeções resultantes são constituídas de figuras iguais.

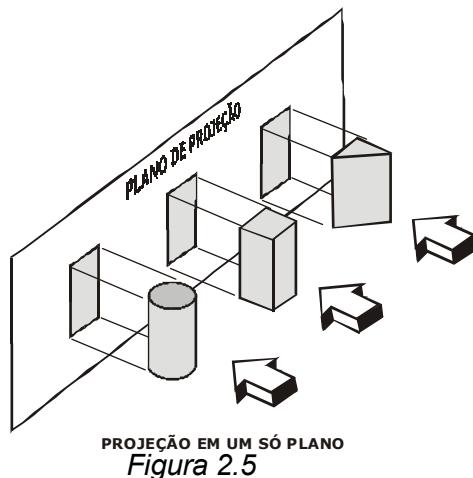


Figura 2.5

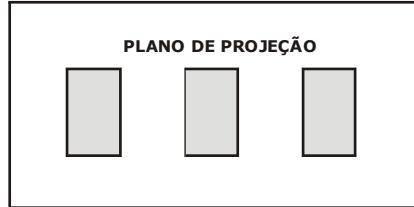


Figura 2.6

Olhando para a Figura 2.6, na qual aparecem somente as projeções resultantes da Figura 2.5, é impossível identificar as formas espaciais representadas, pois cada uma das projeções pode corresponder a qualquer um dos três sólidos.

Isto acontece porque a terceira dimensão de cada sólido não está representada pela projeção ortogonal.

Para fazer aparecer a terceira dimensão é necessário fazer uma segunda projeção ortogonal olhando os sólidos por outro lado.

A Figura 2.7 mostra os três sólidos anteriores sendo projetados nos planos vertical e horizontal e fazendo-se, posteriormente, o rebatimento do plano horizontal até a formação de um único plano na posição vertical.

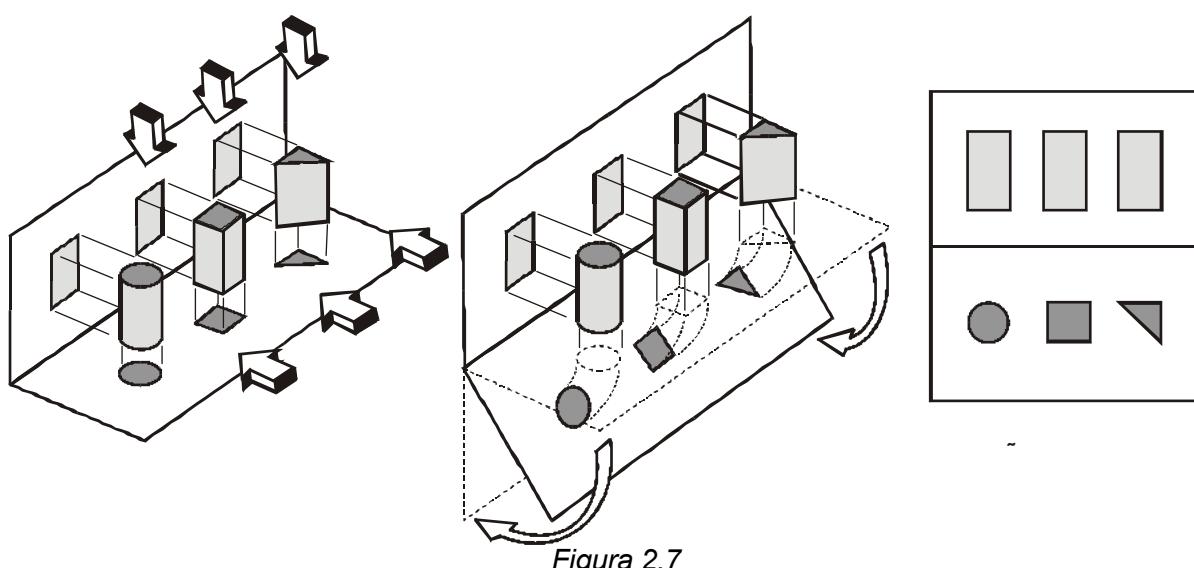


Figura 2.7

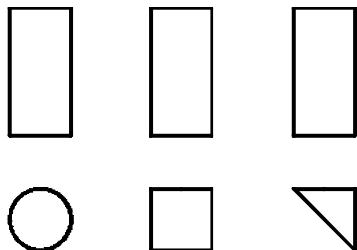


Figura 2.8

Olhando para cada um dos pares de projeções ortogonais, representados na Figura 2.8, e sabendo que eles correspondem, respectivamente, às representações dos três sólidos vistos por posições diferentes, pode-se obter a partir das figuras planas o **entendimento** da forma espacial de cada um dos sólidos representados.

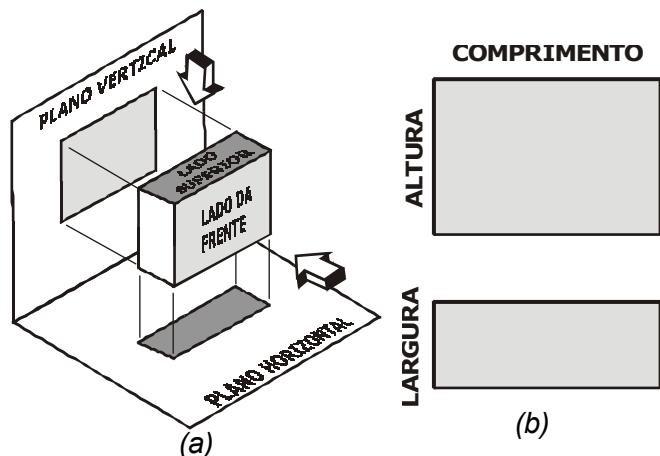


Figura 2.9

Os desenhos resultantes das projeções nos planos vertical e horizontal resultam na representação do objeto visto por lados diferentes e as projeções resultantes, desenhadas em um único plano, conforme mostra a Figura 2.9 (b) representam as três dimensões do objeto.

Na projeção feita no plano vertical aparecem o comprimento e a altura do objeto e na projeção feita no plano horizontal aparecem o comprimento e a largura do mesmo objeto.

Os desenhos mostrados na Figura 2.9 (b) também correspondem às projeções do prisma triangular desenhado na Figura 2.10.

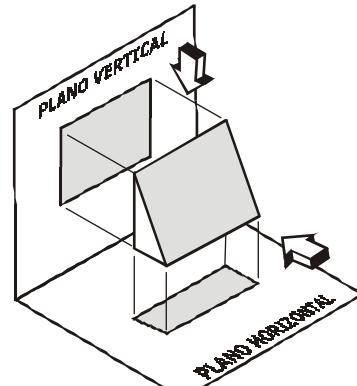


Figura 2.10

Assim sendo, pode-se concluir que duas vistas, apesar de representarem as três dimensões, podem não ser suficientes para representar a forma do objeto desenhado.

Uma forma mais simples de raciocínio para utilização das projeções ortogonais em planos perpendiculares entre si é obter as vistas (projeções resultantes) fazendo-se o rebatimento direto da peça que está sendo desenhada. A Figura 2.11 mostra que, raciocinando com o rebatimento da peça, pode-se obter o mesmo resultado do rebatimento do plano horizontal.

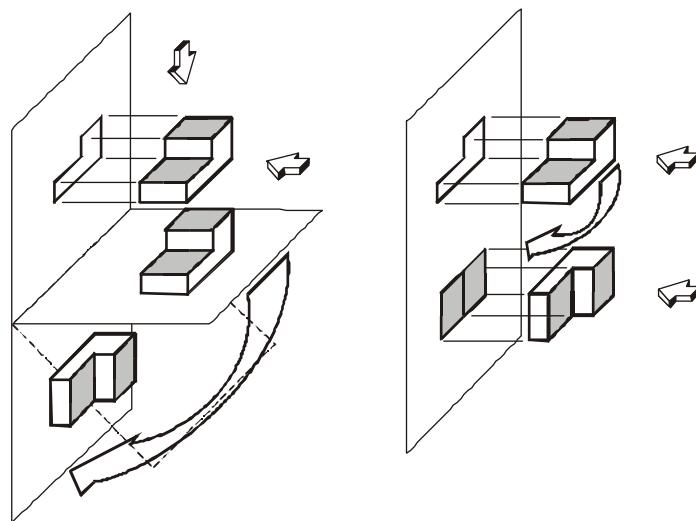


Figura 2.11

Assim como na Figura 2.9, em que as projeções resultantes não definem a forma da peça, a Figura 2.12 mostra que as duas vistas (projeções resultantes) obtidas na Figura 2.11 também podem corresponder a formas espaciais completamente diferentes.

Mais uma vez se conclui que duas vistas, apesar de representarem as três dimensões do objeto, não garantem a representação da forma da peça.

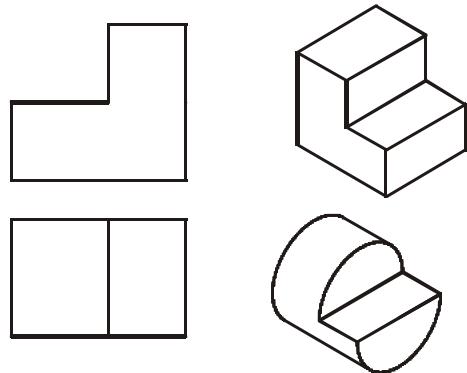


Figura 2.12

A representação das formas espaciais é resolvida com a utilização de uma terceira projeção.

A Figura 2.13 mostra a utilização de um plano lateral para obtenção de uma terceira projeção, resultando em três vistas da peça por lados diferentes.

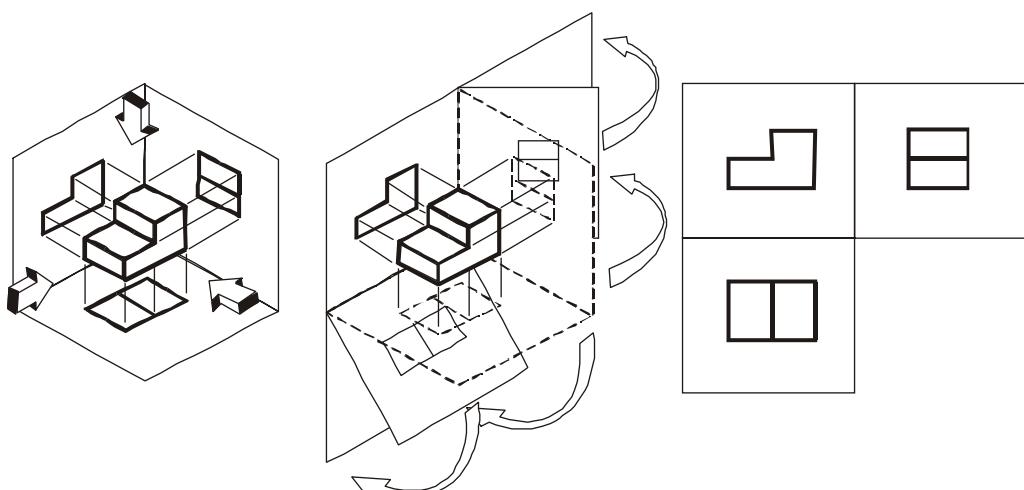


Figura 2.13

Para que o desenho resultante se transforme em uma linguagem gráfica, os planos de projeção horizontal e lateral têm os sentidos de rebatimento convencionados, e sempre se rebatem sobre o plano vertical.

Mantendo o sentido dos rebatimentos dos planos horizontal e lateral resultará sempre nas mesmas posições relativas entre as vistas.

O lado da peça que for projetado no plano vertical sempre será considerado como sendo a frente da peça. Assim sendo, em função dos rebatimentos convencionados, o lado superior da peça sempre será representado abaixo da vista de frente e o lado esquerdo da peça aparecerá desenhado à direita da vista de frente.

A manutenção das mesmas posições relativas das vistas permite que a partir dos desenhos bidimensionais, resultantes das projeções ortogonais, se entenda (visualize) a forma espacial do objeto representado.

Os desenhos da Figura 2.14 mostram as três vistas das quatro peças que anteriormente haviam sido representadas por somente duas vistas na Figuras 2.9(b), 2.10 e 2.12. Observe-se que não existe mais indefinição de forma espacial, cada conjunto de vistas corresponde somente à uma peça.

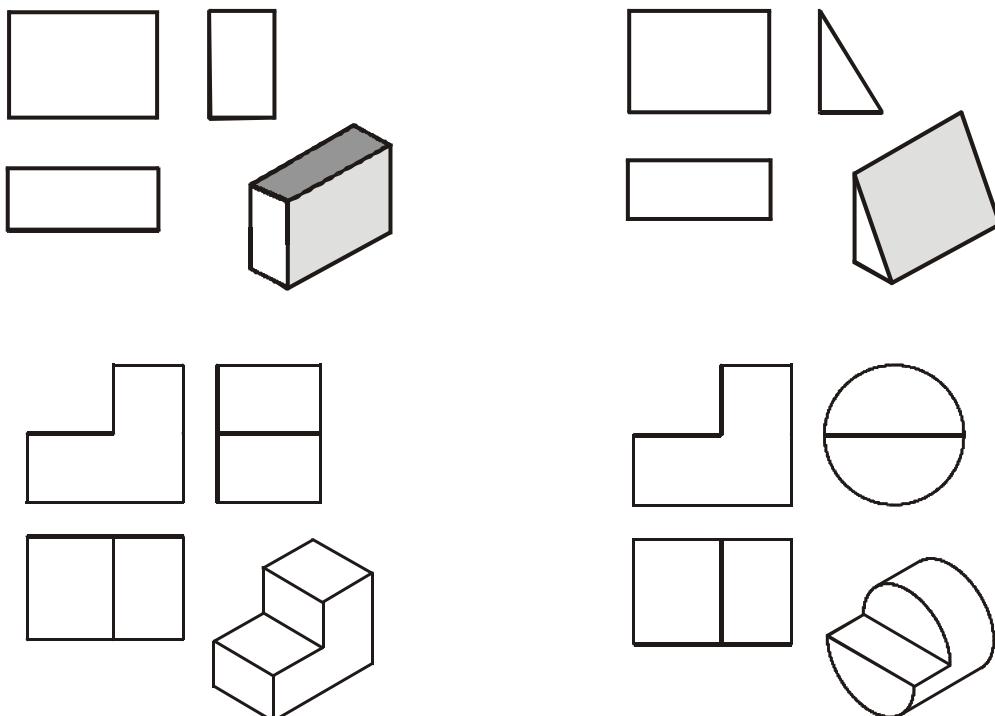


Figura 2.14

É importante considerar que cada vista representa a peça sendo observada de uma determinada posição. Ou seja, nas projeções ortogonais, apesar de estarmos vendo desenhos planos (bidimensionais), em cada vista há uma profundidade, não visível, que determina a forma tridimensional da peça representada.

Para entender a forma da peça representada pelas projeções ortogonais é preciso exercitar a imaginação e a capacidade de visualização espacial fazendo a associação das projeções ortogonais feitas por lados diferentes.

Cada superfície que compõe a forma espacial da peça estará representada em cada uma das três projeções ortogonais, conforme mostra a figura 2.15, onde os planos que compõem a forma espacial da peça foram identificados com letras e nas projeções pode-se analisar os rebatimentos de cada um destes planos.

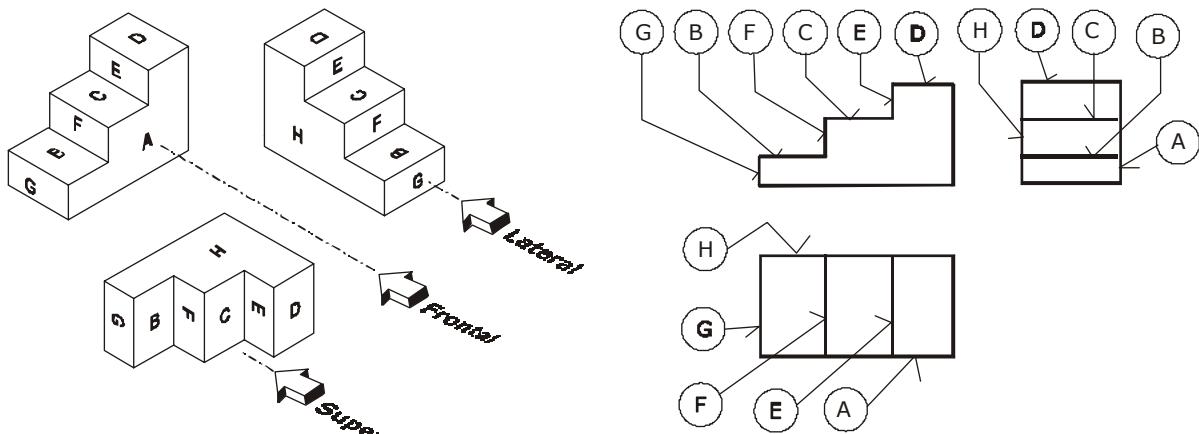
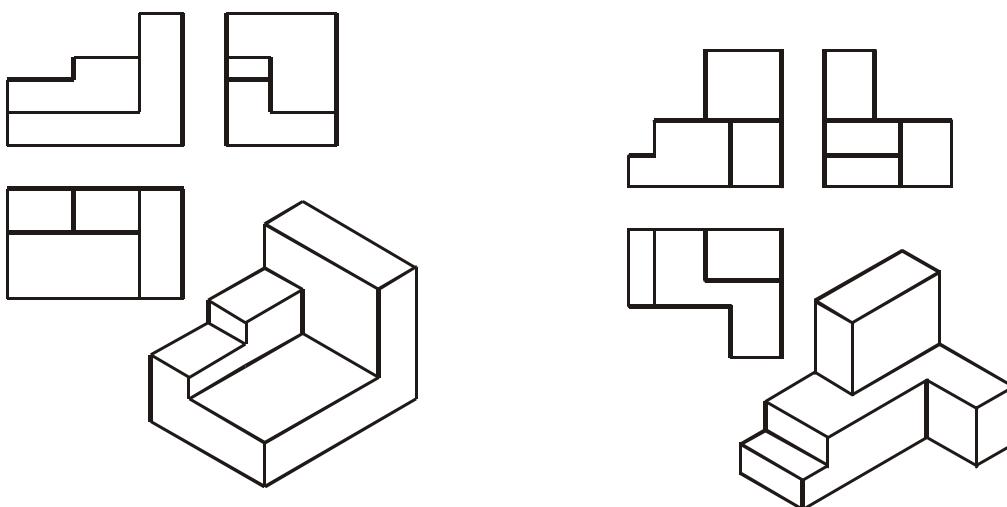


Figura 2.15

Observe, na Figura 2.15, que as vistas resultantes são consequentes das conclusões mostradas nas Figuras 2.2, 2.3 e 2.4. Por exemplo, o plano “A”, sendo paralelo ao plano vertical de projeção, aparece na vista de frente na sua forma e em sua verdadeira grandeza, enquanto nas vistas superior e lateral, o plano “A” é representado por uma linha devido à sua perpendicularidade aos respectivos planos de projeção.

### Exercícios Propostos

Visando melhorar o entendimento das projeções ortogonais, nos desenhos abaixo faça a identificação dos planos que compõem as formas espaciais das peças dadas e analise seus rebatimentos nas vistas correspondentes.



### Representação de Arestas Ocultas

Como a representação de objetos tridimensionais, por meio de projeções ortogonais, é feita por vistas tomadas por lados diferentes, dependendo da forma espacial do objeto, algumas de suas superfícies poderão ficar ocultas em relação ao sentido de observação.

Observando a Figura 2.16 vê-se que a superfície “A” está oculta quando a peça é vista lateralmente (*direção 3*), enquanto a superfície “B” está oculta quando a

peça é vista por cima (direção 2). Nestes casos, as arestas que estão ocultas em um determinado sentido de observação são representadas por linhas tracejadas.

As linhas tracejadas são constituídas de pequenos traços de comprimento uniforme, espaçados de um terço de seu comprimento e levemente mais finas que as linhas cheias.

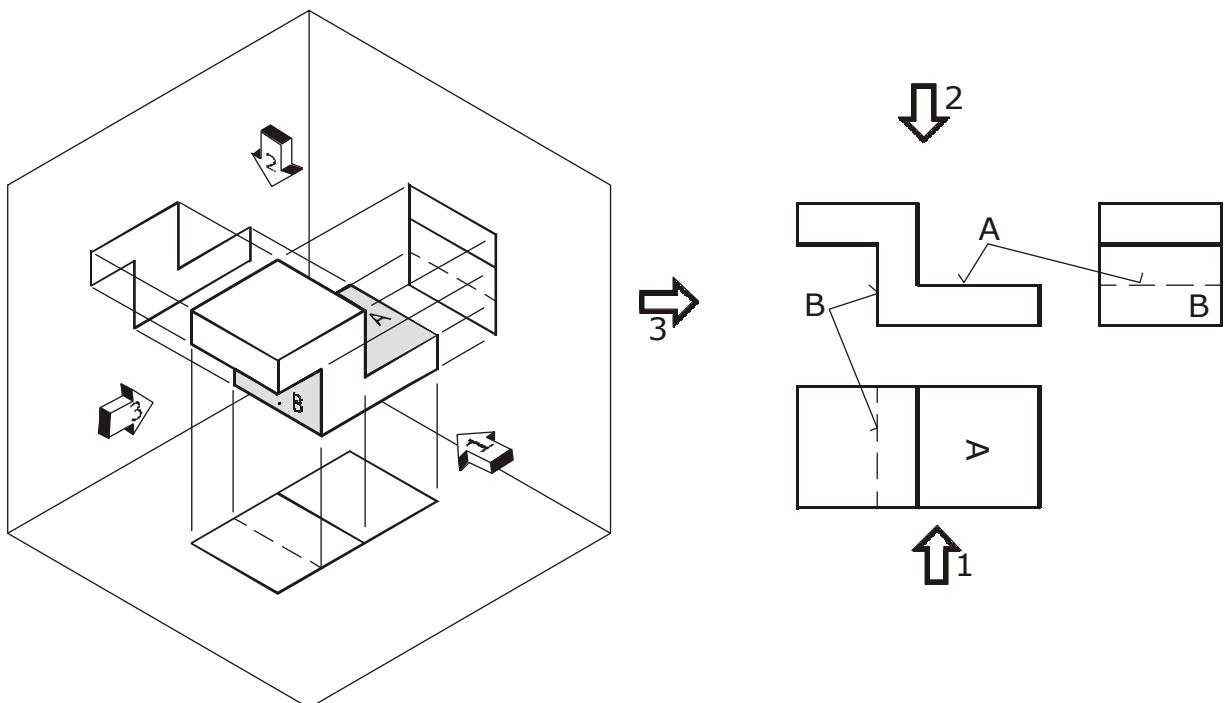


Figura 2.16

Deve-se procurar evitar o aparecimento de linhas tracejadas, porque a visualização da forma espacial é muito mais fácil mediante as linhas cheias que representam as arestas visíveis.

É importante destacar que evitar o aparecimento de linhas tracejadas não significa omiti-las, pois, em relação ao sentido de observação, as linhas tracejadas são vitais para compreensão das partes ocultas do objeto.

As linhas tracejadas podem ser evitadas invertendo-se a posição da peça em relação aos planos de projeção (**mudar a posição da vista de frente**).

As Figuras 2.17 e 2.18 mostram exemplos da mudança de posição da peça em relação à vista de frente para evitar linhas tracejadas.

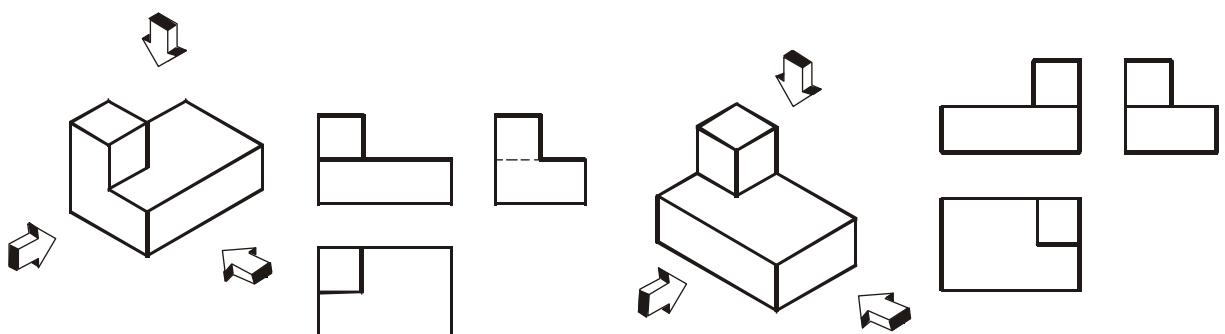


Figura 2.17

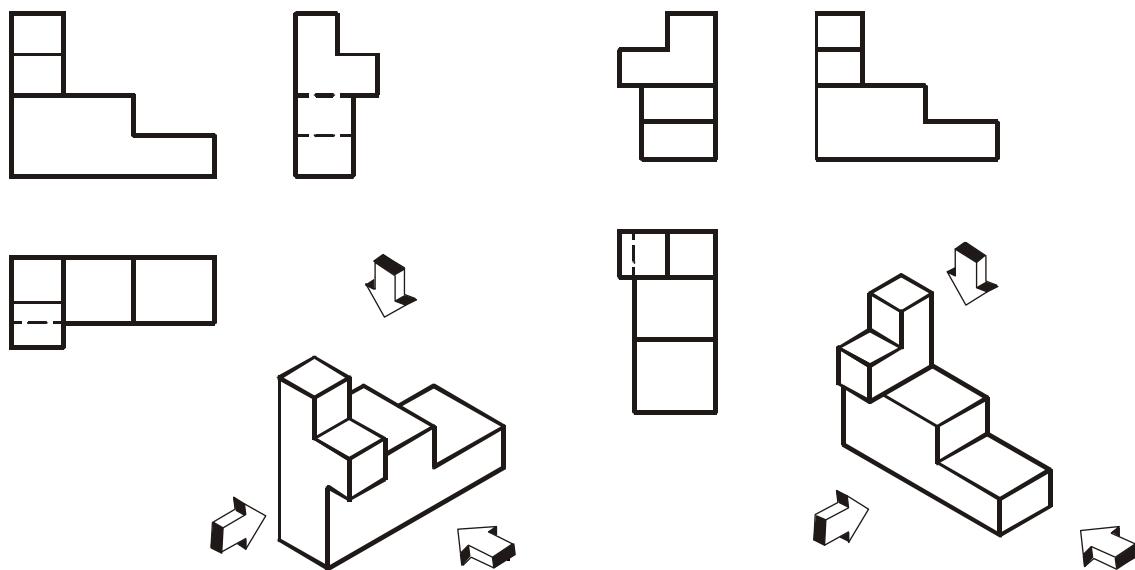
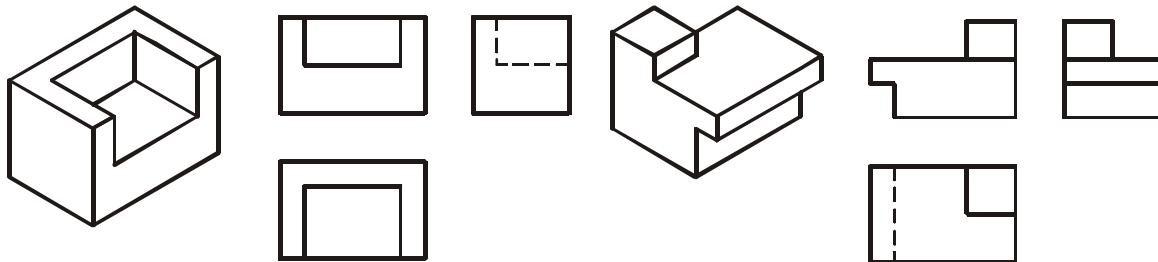


Figura 2.18

### **Exercícios Propostos**

Nos desenhos abaixo, faça a identificação dos planos que compõem as formas espaciais das peças dadas e analise seus rebatimentos nas vistas correspondentes.



### **Elaboração de Esboços (DESENHOS À MÃO LIVRE)**

Ainda que o objetivo deste livro seja o de ensinar a interpretar a linguagem gráfica do desenho técnico para os estudantes de engenharia, é muito importante desenvolver a habilidade de desenhar à mão livre.

A elaboração de esboços, além favorecer a análise gráfica das projeções ortogonais, ajuda a desenvolver o sentido de proporcionalidade.

Os materiais necessários para elaboração de esboços são: lápis, borracha e papel.

Na elaboração de desenhos à mão livre, ainda que a perfeição dos traços seja importante, é muito mais importante o rigor das proporções e a correta aplicação das normas e convenções de representação.

É tendência dos principiantes dedicar excessiva atenção à perfeição dos traços em detrimento das outras condições.

Para desenhar à mão livre não é necessário possuir dons especiais, basta dominar os músculos do pulso e dos dedos e praticar com persistência e coerência que a habilidade para esboçar será adquirida naturalmente com a prática.

Existem algumas recomendações que devem ser seguidas para facilitar a elaboração de desenhos à mão livre.

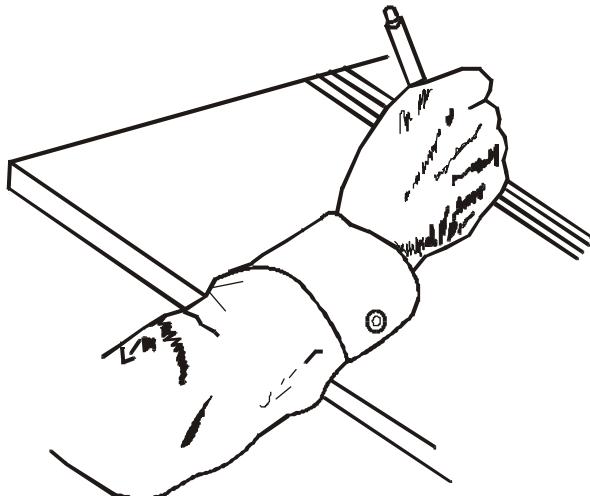


Figura 2.19

O antebraço deve estar totalmente apoiado sobre a prancheta. A mão deve segurar o lápis naturalmente, sem forçar, e também estar apoiada na prancheta.

Deve-se evitar desenhar próximo às beiradas da prancheta, sem o apoio do antebraço.

O antebraço não estando apoiado acarretará um maior esforço muscular, e, em consequência, imperfeição no desenho.

Os traços verticais, inclinados ou não, são geralmente desenhados de cima para baixo e os traços horizontais são feitos da esquerda para a direita.

### Traçado de Retas

Para traçar um segmento de reta que une dois pontos, deve-se colocar o lápis em um dos pontos e manter o olhar sobre o outro ponto (para onde se dirige o traço). Não se deve acompanhar com a vista o movimento do lápis.

Inicialmente desenha-se uma linha leve para, em seguida, reforçar o traço corrigindo, eventualmente, a linha traçada.

Não se pode pretender que um segmento reto traçado à mão livre seja absolutamente reto, sem qualquer sinuosidade. Como já foi destacado, muito mais importante que a perfeição do traçado é a exatidão e as proporções do desenho.

### Traçado de Arcos

O melhor caminho para desenhar circunferências (arcos) é marcar previamente, sobre linhas perpendiculares entre si, as distâncias radiais, e a partir daí fazer o traçado do arco, conforme mostra a Figura 2.20.

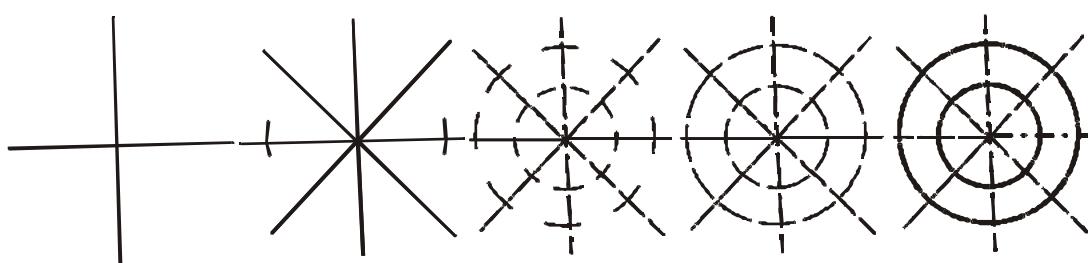


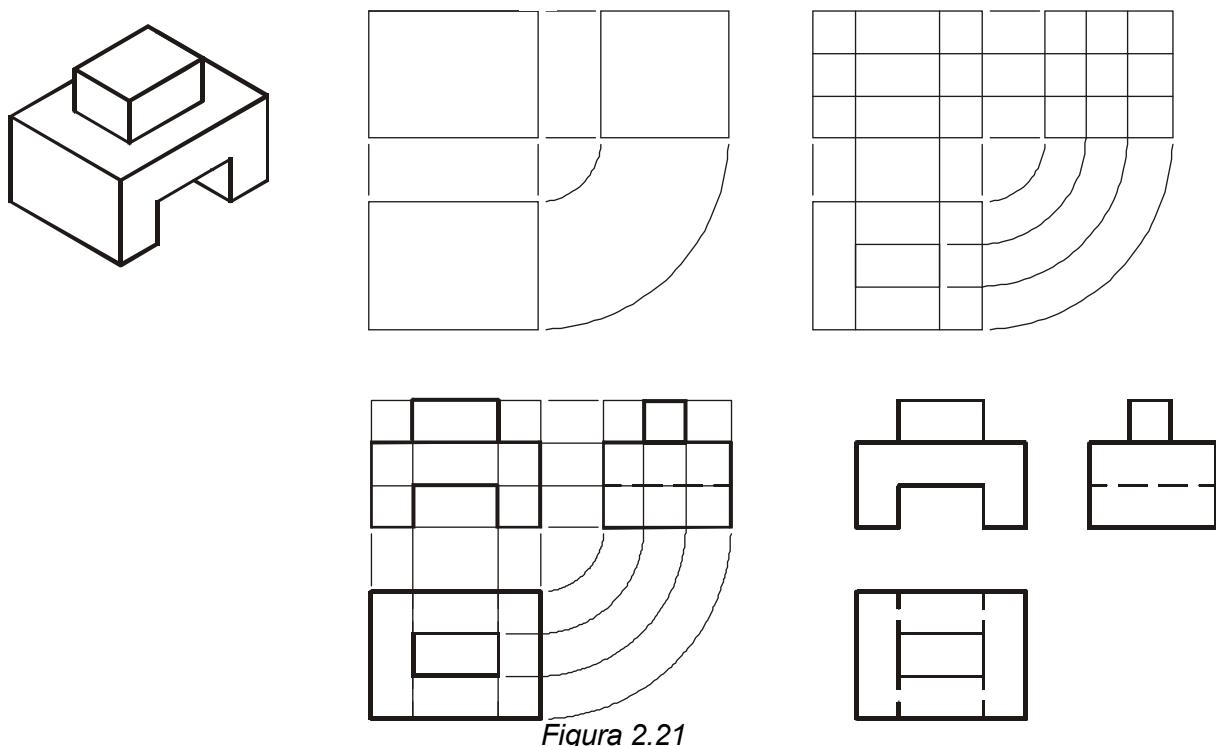
Figura 2.20

## Traçado das Projeções (VISTAS)

Para desenhar à mão livre as projeções ortogonais de qualquer objeto, é conveniente seguir as recomendações seguintes:

- Analisar previamente qual a melhor combinação de vistas que representa a peça, de modo que não apareça ou que apareça o menor número possível de linhas tracejadas.
- Esboçar, com traço muito leve e fino o lugar de cada projeção, observando que as distâncias entre as vistas devem ser visualmente iguais.
- A escolha da distância entre as vistas é importante porque, vistas excessivamente próximas ou excessivamente afastadas umas das outras, tiram a clareza e dificultam a interpretação do desenho.
- Desenhar os detalhes resultantes das projeções ortogonais, trabalhando simultaneamente nas três vistas.
- Reforçar com traço definitivo (traço contínuo e forte) os contornos de cada vista.
- Com o mesmo traço (contínuo e forte) acentuar em cada vista os detalhes visíveis.
- Desenhar em cada vista, com traço médio, as linhas tracejadas correspondentes às arestas invisíveis.
- Apagar as linhas de guia feitas no início do desenho.
- Conferir cuidadosamente o desenho resultante.

A Figura 2.21 mostra as sucessivas fases para elaboração de um desenho à mão livre.



Como projeções desenhadas representam uma mesma peça sendo vista por lados diferentes, o desenho deve resguardar, visualmente, as proporções da peça,

deste modo, os lados que aparecem em mais de uma vista não podem ter tamanhos diferentes.

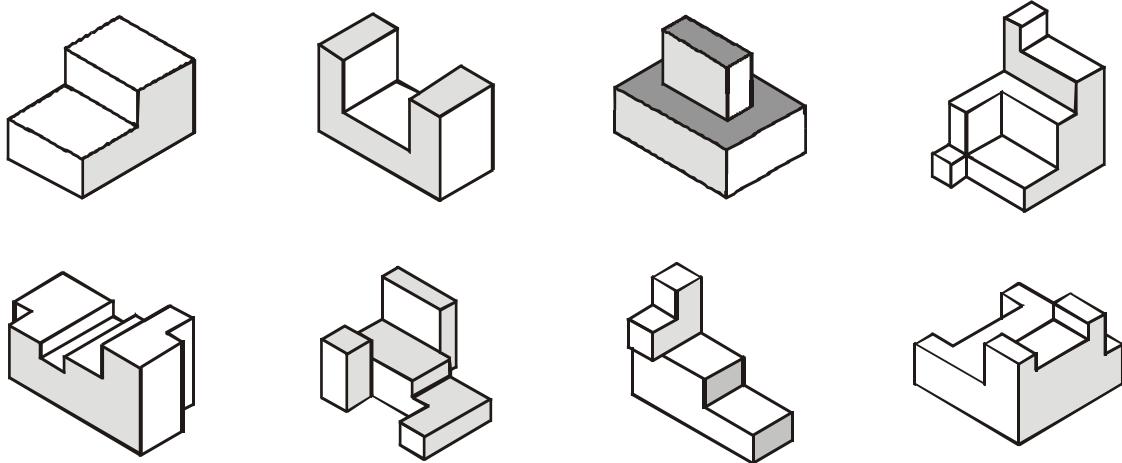
Na Figura 2.21, pode-se ver que: as dimensões de largura da peça aparecem nas vistas lateral e superior, as dimensões de altura aparecem nas vistas de frente e lateral e as dimensões de comprimento aparecem nas vistas de frente e superior.

Assim sendo, as vistas devem preservar:

- Os mesmos comprimentos nas vistas de frente e superior.
- As mesmas alturas nas vistas de frente e lateral.
- As mesmas larguras nas vistas lateral e superior.

### ***Exercícios Propostos***

Aplicando as recomendações do item anterior desenhe as três vistas das peças mostradas abaixo, tomando o cuidado para que tenham o menor número de linhas tracejadas possíveis.



### ***Representação de Superfícies Inclinadas***

A representação de superfícies inclinadas pode ser dividida em dois casos distintos:

***1 – Quando a superfície é perpendicular a um dos planos de projeção e inclinada em relação aos outros planos de projeção.***

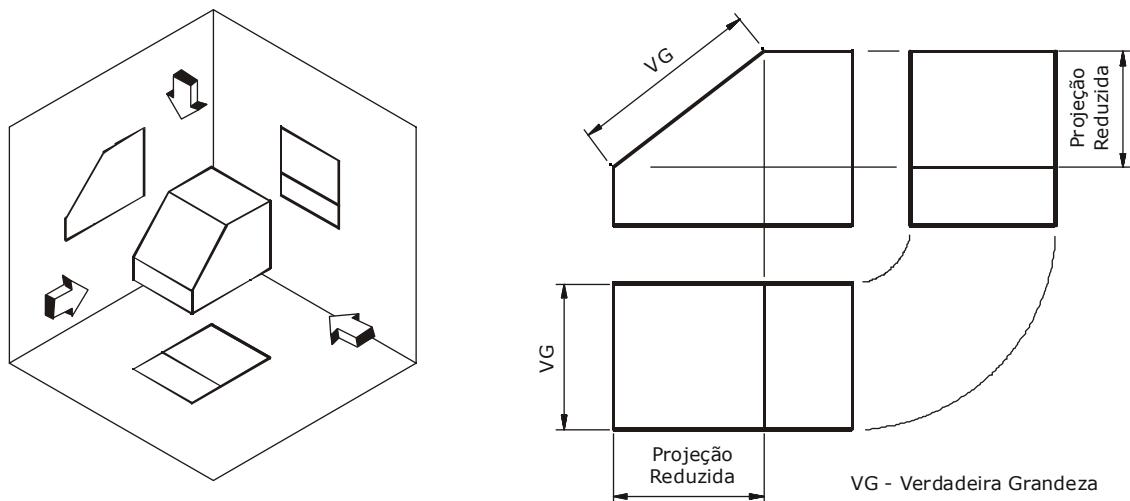


Figura 2.22

A projeção resultante no plano que é perpendicular à superfície inclinada será um segmento de reta que corresponde à verdadeira grandeza da dimensão representada. Nos outros dois planos a superfície inclinada mantém a sua forma, mas sofre alteração da verdadeira grandeza em uma das direções da projeção resultante.

A representação mantendo a forma e a verdadeira grandeza de qualquer superfície inclinada só será possível se o plano de projeção for paralelo à superfície.

As Figuras 2.23, 2.24 e 2.25 mostram exemplos de representação de peças com superfícies inclinadas, porém, perpendiculares a um dos planos de projeção.

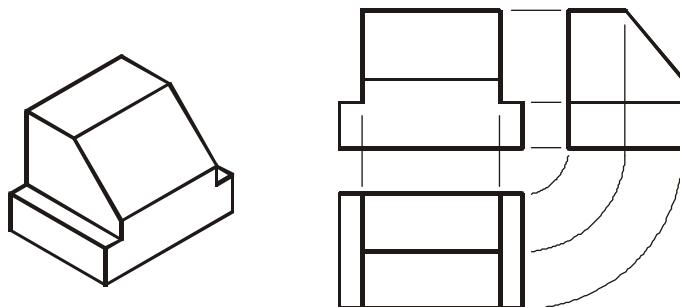


Figura 2.23

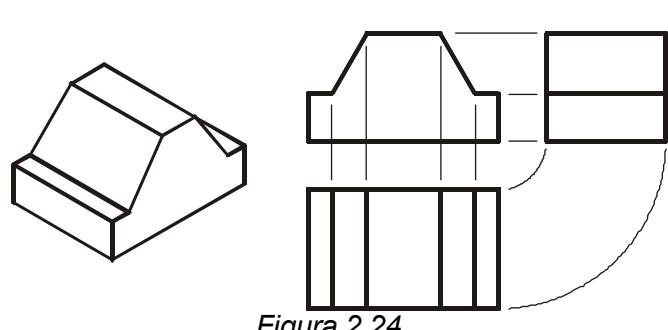


Figura 2.24

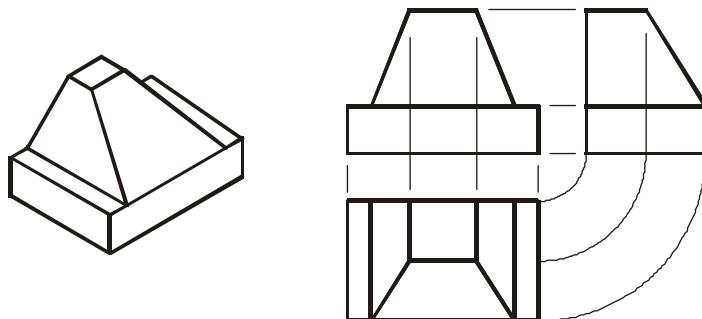


Figura 2.25

## 2 – Superfície Inclinada em Relação aos Três Planos de Projeção

As projeções resultantes nos três planos de projeção manterão a forma da superfície inclinada, contudo, não corresponderão à sua verdadeira grandeza.

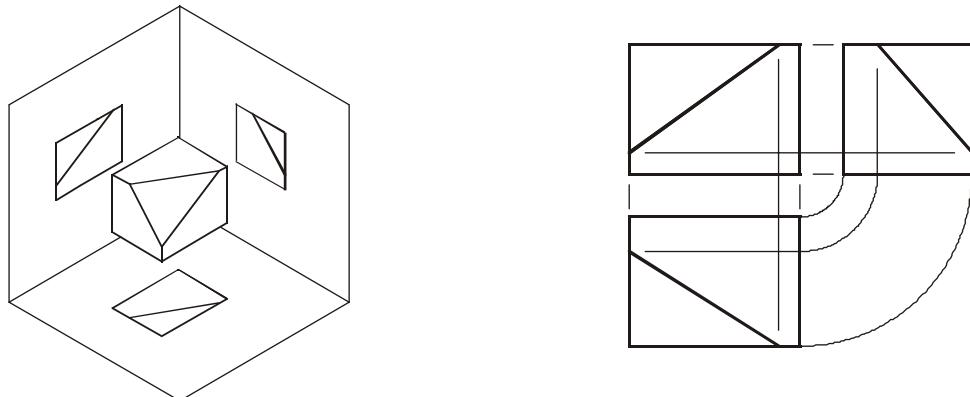


Figura 2.26

É importante ressaltar que, mesmo que as projeções resultantes não correspondam à verdadeira grandeza da superfície representada, seu contorno não sofre alterações, pois, em todas as vistas, uma determinada linha sempre manterá sua posição primitiva em relação as outras linhas que contornam a superfície inclinada. As Figuras 2.26 e 2.27 mostram exemplos de representação de superfícies inclinadas em relação aos três planos de projeção.

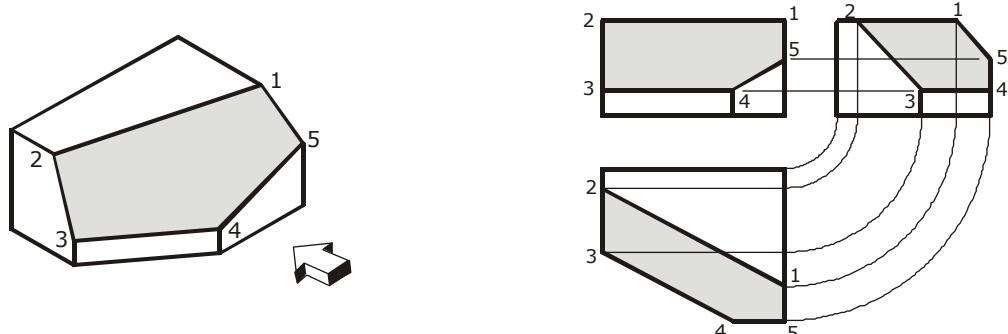
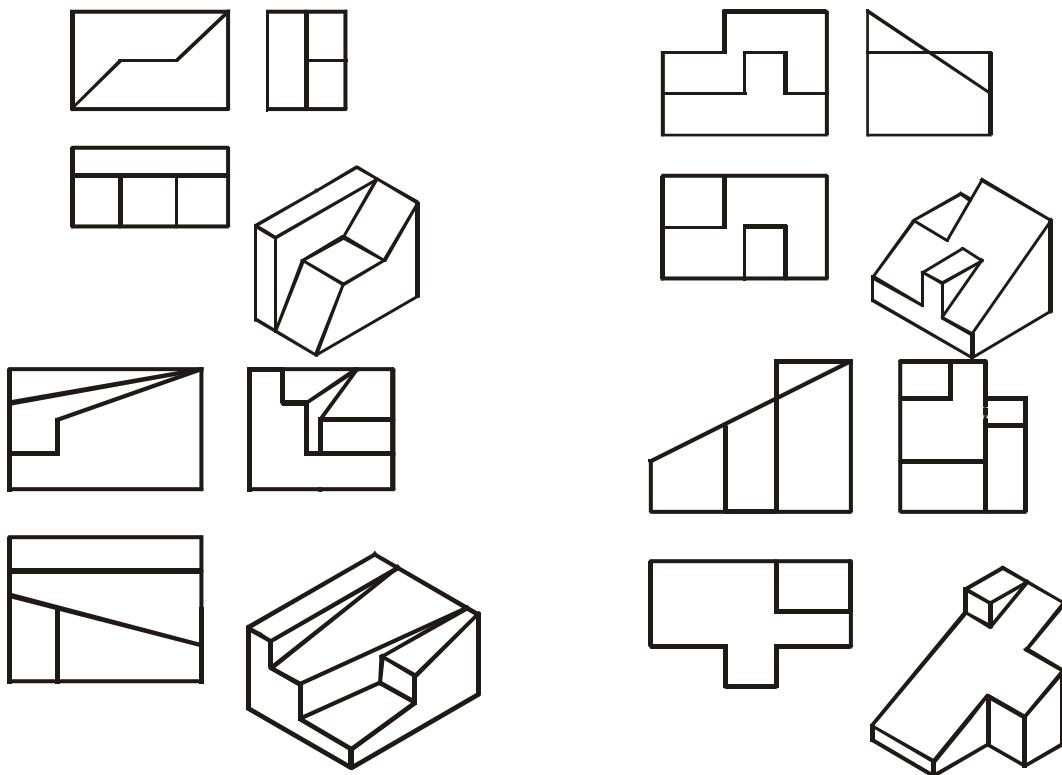


Figura 2.27

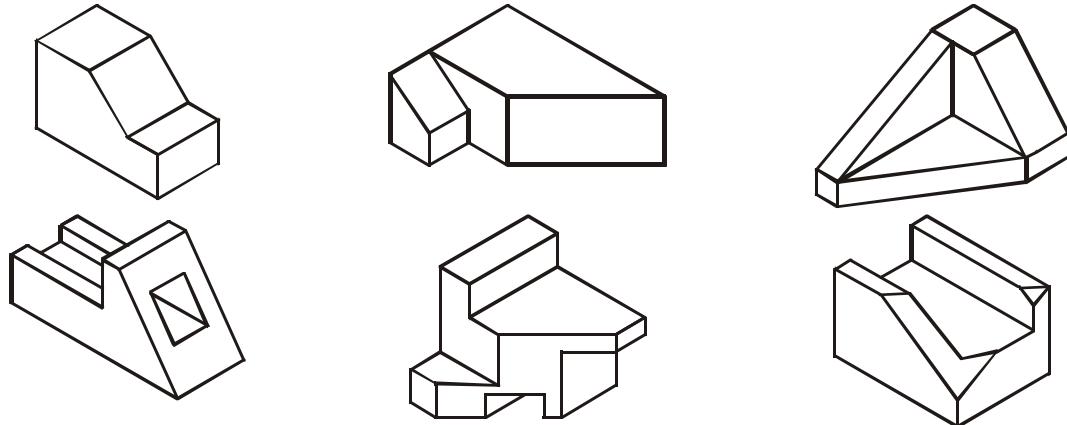
Na Figura 2.27 pode-se observar que o paralelismo existente entre as arestas representadas pelos segmentos de retas  $[(1,2) ; (3,4)]$  e  $[(1,5);(2,3)]$  são mantidos nas três projeções.

## Exercícios Resolvidos com Superfícies Inclinadas



### ***Exercícios Propostos***

Desenhar, à mão livre, as três vistas de cada peça dada abaixo.



### ***Representação de Superfícies Curvas***

As Figuras 2.28, 2.29 e 2.30 mostram as projeções ortogonais de superfícies planas, circulares e paralelas a um dos três planos de projeção.

Observe que no plano paralelo à superfície, a projeção resultante mantém a forma e a verdadeira grandeza do círculo, enquanto nos outros dois planos a projeção resultante é um segmento de reta, cujo comprimento corresponde ao diâmetro do círculo.

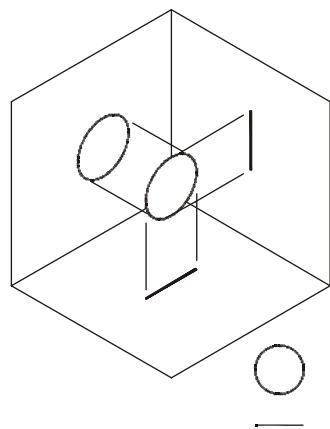


Figura 2.28

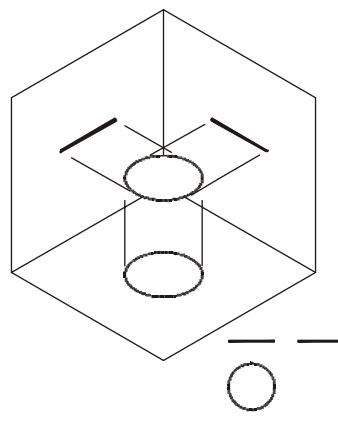


Figura 2.29

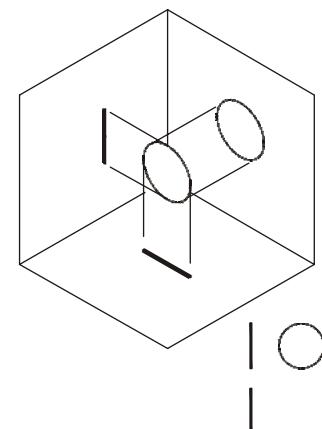
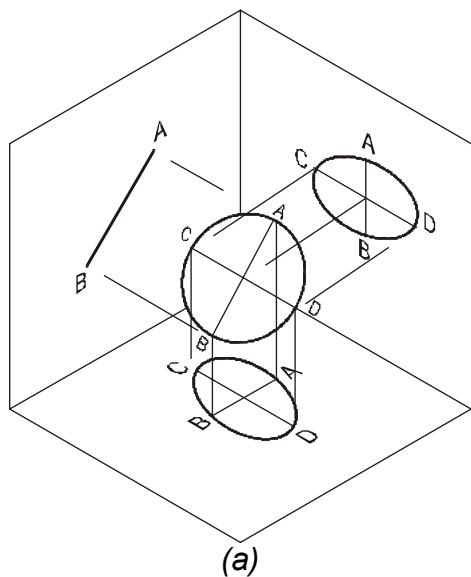
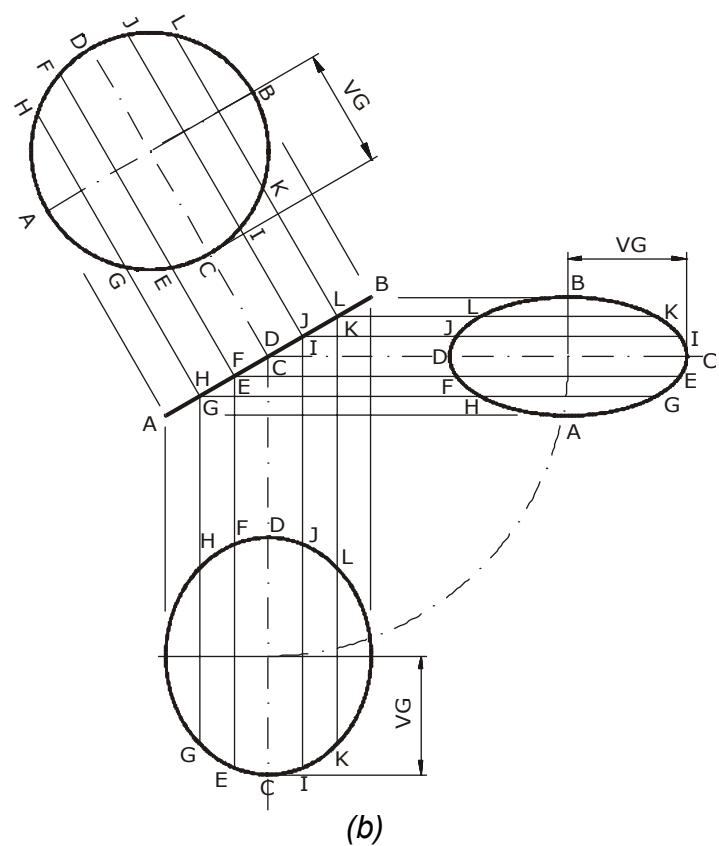


Figura 2.30

Se a superfície circular não possuir paralelismo com nenhum dos três planos de projeção, mas for perpendicular em relação a um deles, as projeções resultantes terão dimensões em função do ângulo de inclinação da superfície.



(a)



(b)

Figura 2.31

No plano cuja superfície circular é perpendicular, a projeção resultante é um segmento de reta, cujo comprimento é igual ao diâmetro do círculo.

Nos outros planos, a projeção ortogonal diminui um dos eixos da superfície inclinada e, consequentemente, a figura circular é representada por uma elipse.

Na Figura 2.31(b), além das três vistas, é mostrada uma projeção auxiliar, executada em um plano de projeção paralelo à superfície inclinada, com a representação da forma e da verdadeira grandeza da superfície circular, onde foram identificados 12 pontos no contorno do círculo.

Na vista de frente, a superfície é representada por um segmento de reta, cujo comprimento corresponde à verdadeira grandeza do eixo central **AB**.

O eixo central **CD** aparece na vista de frente representado por um ponto, localizado no meio do segmento **AB**.

Nas vistas superior e lateral o eixo central **CD** aparece em sua verdadeira grandeza, enquanto o eixo central **AB** aparece reduzido, em consequência da projeção ortogonal e da inclinação da superfície.

Todas as cordas (**EF**, **GH**, **IJ** e **KL**), que são paralelas ao eixo central **CD**, também aparecem nas suas verdadeiras grandezas nas vistas superior e lateral.

A partir das projeções ortogonais dos planos circulares executa-se com facilidade as projeções ortogonais de corpos cilíndricos, como mostra a Figura 2.32

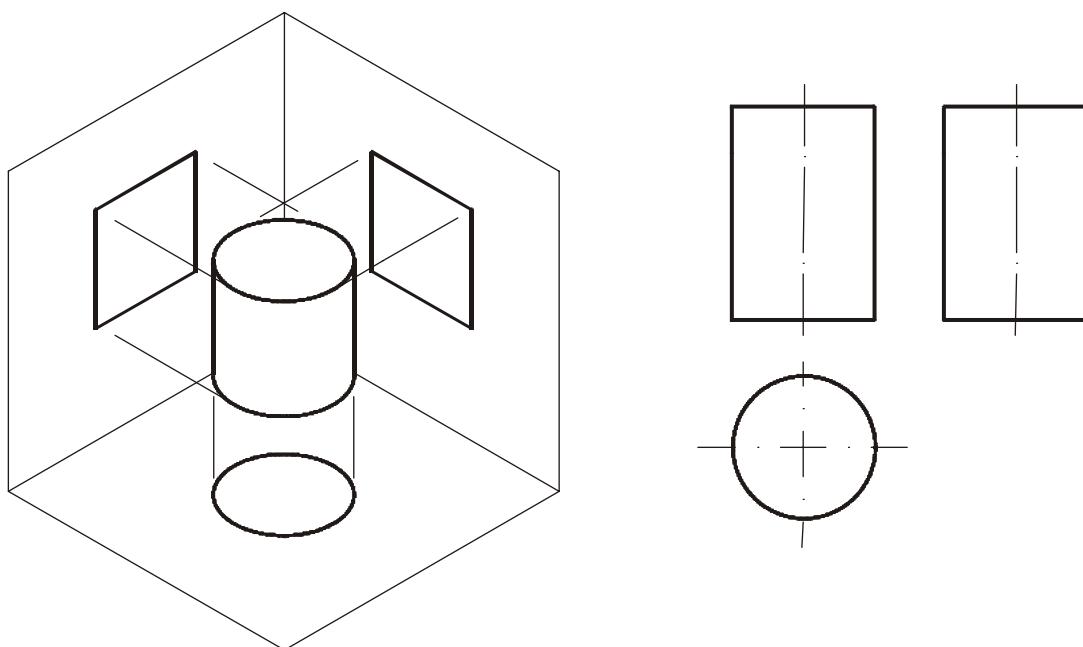


Figura 2.32

Como regra para representação, pode-se dizer que, quando não houver arestas, uma superfície curva gera linha na projeção resultante quando o raio da curva for perpendicular ao sentido de observação.

Se houver interseção da superfície curva com qualquer outra superfície, haverá aresta resultante e, onde tem interseção tem canto (aresta) e onde tem canto na peça, tem linha na projeção ortogonal.

A forma cilíndrica é muito comum de ser encontrada como furos. As Figuras 2.33 e 2.34 mostram a representação de peças com furos.

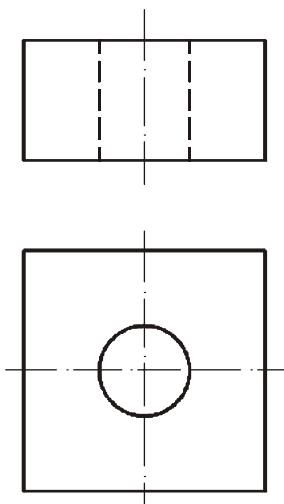


Figura 2.33

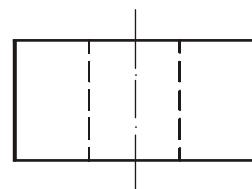


Figura 2.34

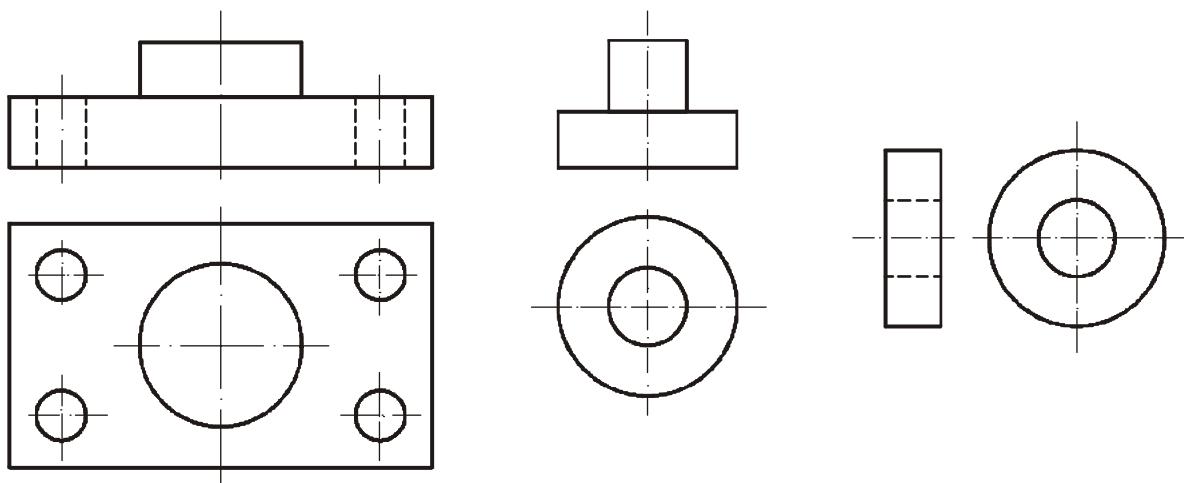
### ***Linhos de Centro***

Nos desenhos em que aparecem as superfícies curvas é utilizado um novo tipo de linha, composta de traços e pontos que é denominada linha de centro. As linhas de centro são usadas para indicar os eixos em corpos de rotação e também para assinalar formas simétricas secundárias.

As linhas de centro são representadas por traços finos separados por pontos (o comprimento do traço da linha de centro deve ser de três a quatro vezes maior que o traço da linha tracejada).

É a partir da linha de centro que se faz a localização de furos, rasgos e partes cilíndricas existentes nas peças.

Os desenhos da Figura 2.35 mostram aplicações das linhas de centro.



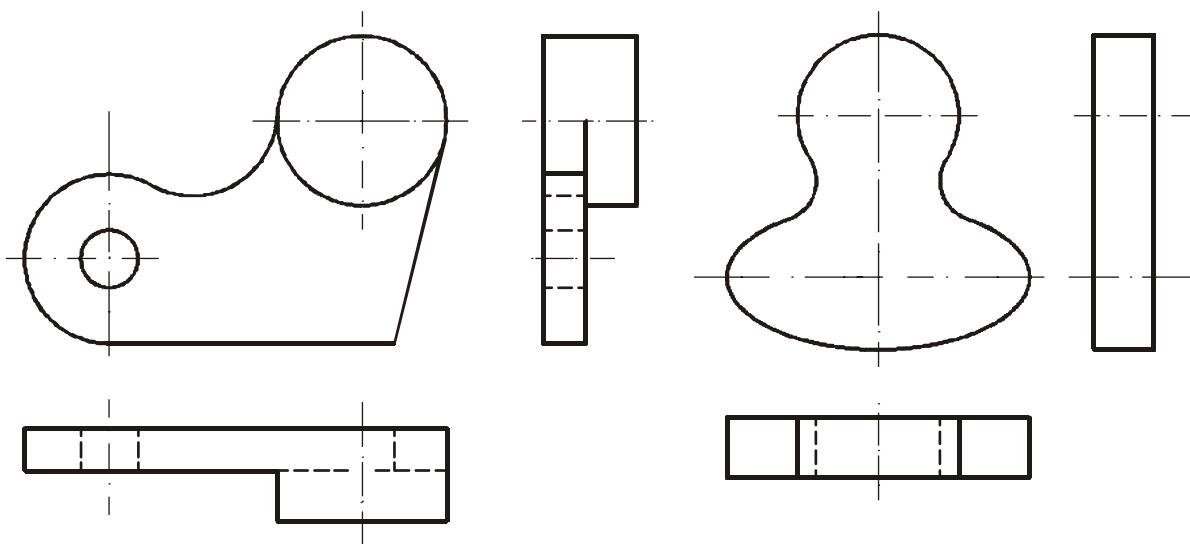
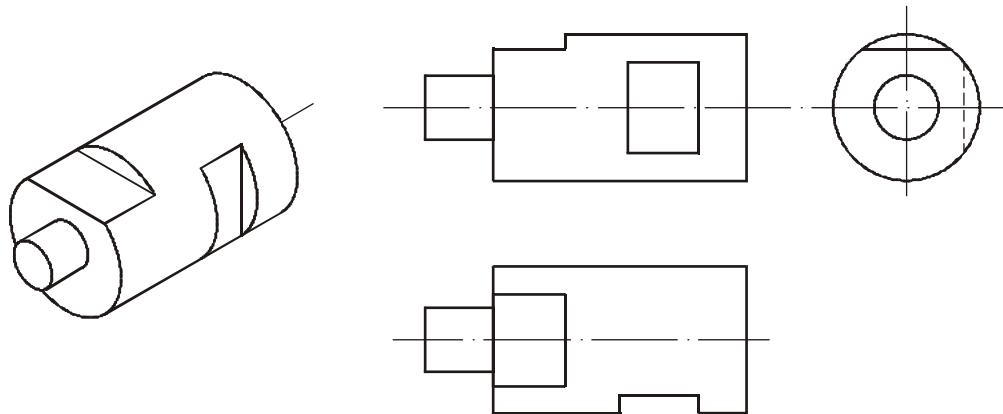
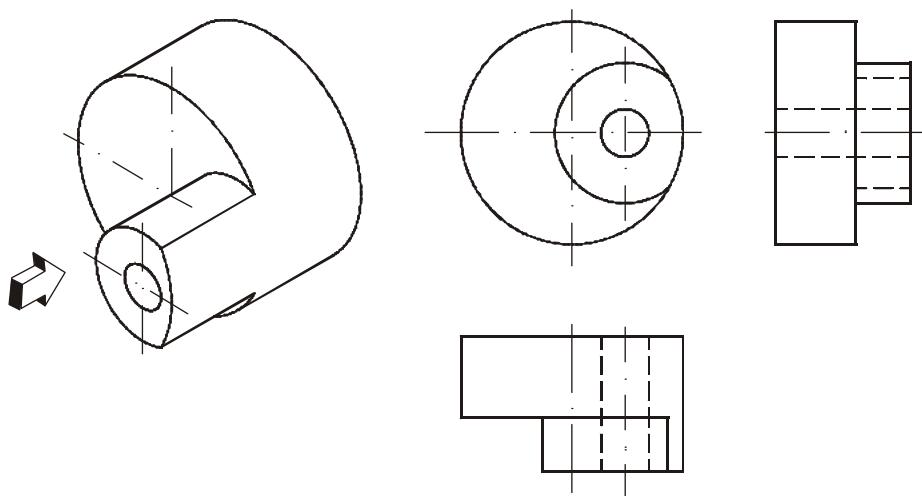


Figura 2.35

**Exercícios Resolvidos - com Superfícies Curvas e Linhas de Centro**





### Representação de Arestas Coincidentes

Quando na tomada de vista, em um determinado sentido de observação, ocorrer a sobreposição de arestas (*superfícies coincidentes*), representa-se aquela que está mais próxima do observador.

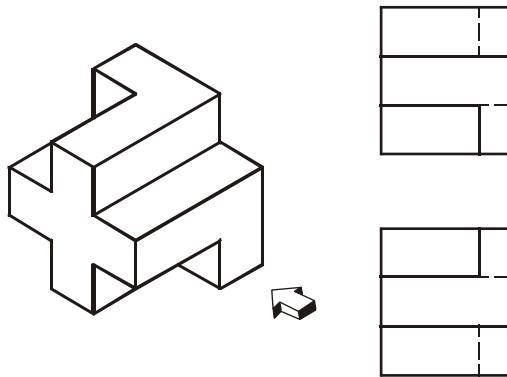
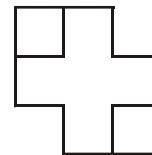


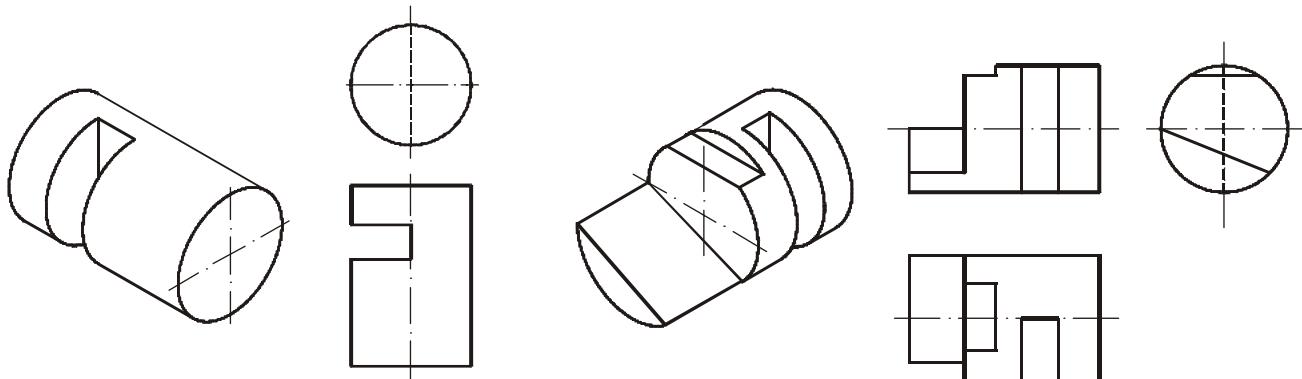
Figura 2.36

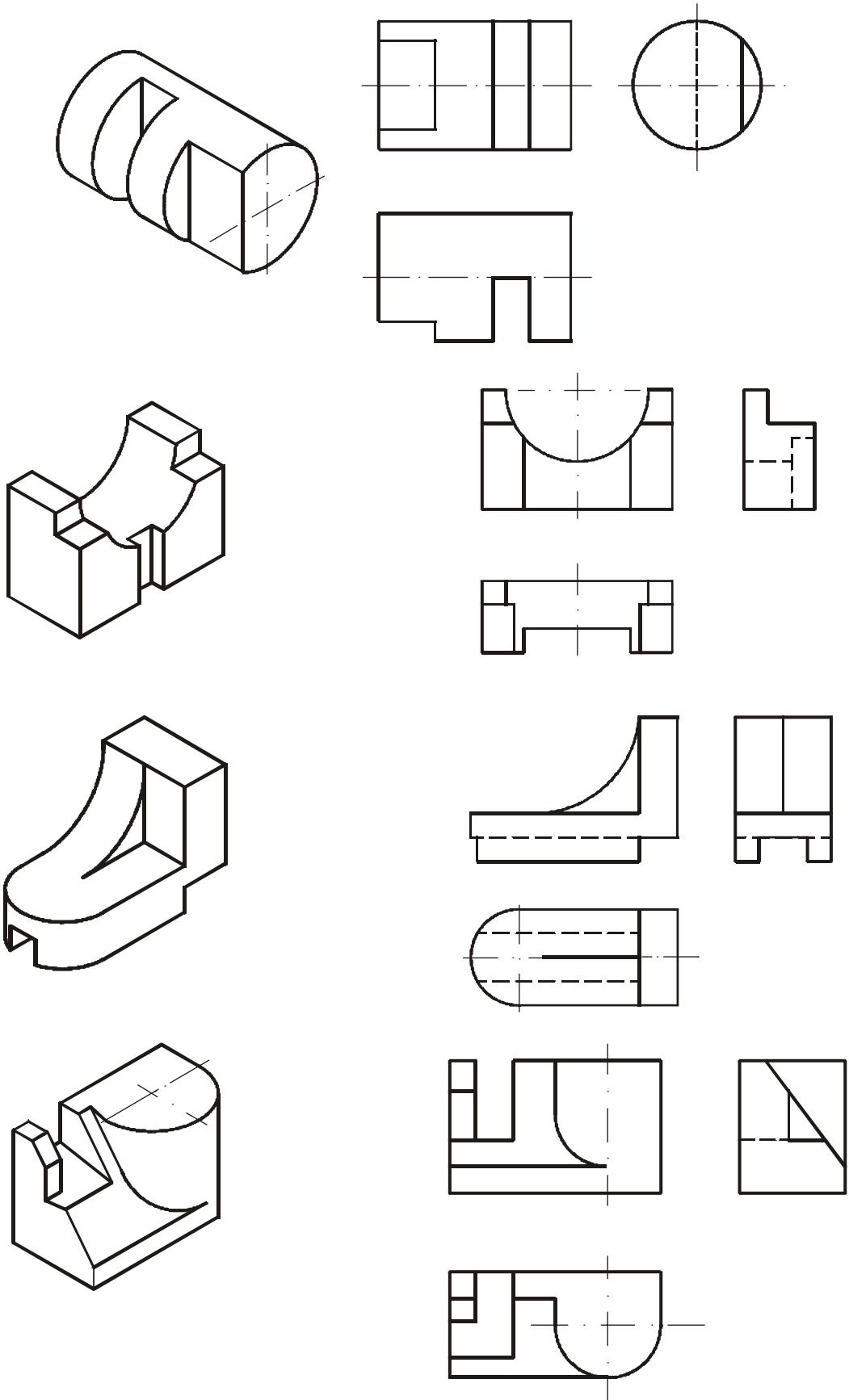


Da Figura 2.36 pode-se concluir que uma linha cheia, que representa uma superfície visível, sempre irá se sobrepor à uma linha tracejada, que representa uma superfície invisível. Ou seja, a linha cheia prevalece sobre a linha tracejada.

As linhas que representam arestas (*linha cheia ou linha tracejada*) prevalecem sobre as linhas auxiliares (*linha de centro*).

### Exercícios Resolvidos – com Superfícies Curvas e Arestas Coincidentes





### ***Exercícios Propostos***

Dadas as perspectivas, desenhar os três vistos de cada peça, analisando os rebatimentos das suas superfícies.

