

DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

PAULO FLORES

AUTOR

Paulo Flores

TÍTULO

DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

EDIÇÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA

Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO

Booki – Conteúdos Especializados

Tel. 220 104 872 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

REVISÃO

Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN DE CAPA

Luciano Carvalho

Delineatura, Design de Comunicação · www.delineatura.pt

FOTOGRAFIA DE CAPA

© witsarut · AdobeStock

IMPRESSÃO

Junho, 2025

DEPÓSITO LEGAL

548717/25



A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.

Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2025 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU

62 Engenharia, Tecnologia em Geral.
744 Desenho linear, geométrico e técnico.

ISBN

Papel: 9789899177789

E-book: 9789899177796

Catálogo da publicação

Família: Engenharia Mecânica

Subfamília: Desenho Técnico

ÍNDICE

Dedicatória.....	IX
Agradecimentos.....	XI
Antelóquio.....	XIII

Capítulo 1. Introdução à Representação Gráfica15

1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica	17
1.2. Formas de Representação Gráfica	22
1.3. Breve História do Desenho Técnico.....	26
1.4. Principais Tipos de Desenhos Técnicos.....	30
1.5. Desenho Assistido Por Computador.....	38
1.6. Desenho no Desenvolvimento do Produto	43
1.7. Normalização em Desenho Técnico	49
1.8. Bibliografia	53

Capítulo 2. Noções Propedêuticas.....55

2.1. Materiais e Equipamentos.....	57
2.2. Formatos de Papel.....	63
2.3. Escrita Normalizada	68
2.4. Tipos de Linhas.....	73
2.5. Elementos Gráficos das Folhas	76
2.6. Legenda e Lista de Artigos.....	78
2.7. Arquivo e Dobragem.....	83
2.8. Bibliografia	85

Capítulo 3. Representações Ortográficas.....87

3.1. Sistemas de Projeção.....	89
3.2. Projeção e Vista.....	102
3.3. Método Europeu.....	110
3.4. Método Americano	122
3.5. Seleção de Vistas.....	127
3.6. Execução de Desenhos Ortográficos	133
3.7. Exercícios de Aplicação	136
3.8. Bibliografia	143

Capítulo 4. Representações Axonométricas 145

4.1. Tipos de Representações.....	147
4.2. Axonometria Cavaleira	151
4.3. Axonometria Isométrica	154
4.4. Elipses Isométricas.....	158
4.5. Desenhos Técnicos Isométricos.....	163
4.6. Leitura de Desenhos Ortográficos.....	168
4.7. Exercícios de Aplicação.....	172
4.8. Bibliografia.....	177

Capítulo 5. Técnicas de Simplificação de Desenhos 179

5.1. Vistas Parciais.....	181
5.2. Vistas Deslocadas	186
5.3. Vistas Locais.....	188
5.4. Vistas de Pormenor.....	189
5.5. Vistas Auxiliares.....	190
5.6. Representações Convencionais	199
5.7. Exercícios de Aplicação	206
5.8. Bibliografia	209

Capítulo 6. Cortes e Secções 211

6.1. Conceito de Corte.....	213
6.2. Tipos de Tracejados.....	219
6.3. Tipos de Cortes	223
6.4. Elementos Que Não se Cortam.....	228
6.5. Representações Convencionais	232
6.6. Secções	234
6.7. Exercícios de Aplicação	238
6.8. Bibliografia	243

Capítulo 7. Cotagem Nominal 245

7.1. Conceito de Cotagem.....	247
7.2. Elementos de Cotagem	249
7.3. Inscrição de Cotas.....	252
7.4. Critérios de Cotagem.....	255
7.5. Cotagem de Formas Elementares	257
7.6. Regras de Cotagem	258
7.7. Exercícios de Aplicação	266
7.8. Bibliografia	273

Capítulo 8. Metrologia Dimensional 275

8.1. Conceito de Metrologia.....	277
8.2. Metrologia Dimensional	280
8.3. Noções Elementares	282
8.4. Tipos de Medições	285
8.5. Paquímetro Universal.....	287
8.6. Incertezas e Erros	291
8.7. Exercícios de Aplicação	298
8.8. Bibliografia	299



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica	17
1.2. Formas de Representação Gráfica	22
1.3. Breve História do Desenho Técnico.....	26
1.4. Principais Tipos de Desenhos Técnicos.....	30
1.5. Desenho Assistido Por Computador.....	38
1.6. Desenho no Desenvolvimento do Produto	43
1.7. Normalização em Desenho Técnico	49
1.8. Bibliografia.....	53

1.1. EMBRIOGÉNESE DA COMUNICAÇÃO GRÁFICA

É sabido que, desde os primórdios da humanidade, a expressão e comunicação de ideias é feita sob a forma de representação¹ gráfica, aliás como se pode atestar pelas inúmeras representações de animais e objetos em paredes rochosas de cavernas e locais que o homem ocupou ao longo dos tempos, tal como assevera a figura 1.1.



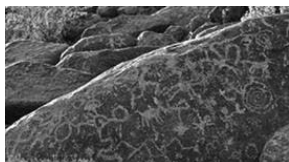
Tassili n'Ajjer (Argélia)



Tadrart Acacus (Líbia)



Tsodilo (Botsuana)



Arizona (EUA)



Piauí (Brasil)



Toquepala (Peru)



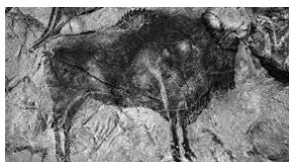
Ajanta (Índia)



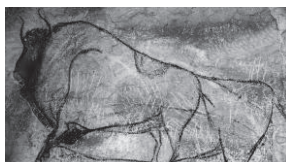
Malipo (China)



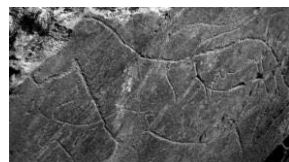
Sigiriya (Sri Lanca)



Altamira (Espanha)



Chauvet (França)



Foz Côa (Portugal)



Tanum (Noruega)



Alberta (Canadá)



Sydney (Austrália)

Figura 1.1. – Representações gráficas existentes em diversas zonas geográficas do mundo executadas pelo homem em paredes rochosas.

¹ Representar diz respeito ao modo de apresentar formas reais ou configurações inteligíveis.

Não obstante os desenvolvimentos supramencionados, pode observar-se que, até ao século XX, não existiam conhecimentos sistematizados em relação ao desenho técnico, quer ao nível dos métodos de representação, quer ao nível das regras e normas. O mais significativo e concreto avanço no domínio do desenho técnico foi proporcionado por Gaspar Monge, quando, com genial argúcia, desenvolveu a bem conhecida geometria descritiva. O aparecimento desta metodologia tornou possível representar correta, rigorosa e inambiguamente objetos tridimensionais em superfícies planas. O método mongeano é a base do desenho técnico.

O método de Monge, sistema diédrico ou método da dupla projeção, considera dois planos de projeção perpendiculares entre si, nos quais os objetos tridimensionais são projetados. Na figura 1.10.a. aqueles planos são materializados por um plano horizontal e outro vertical. É nestes planos que se definem as projeções⁷ ortogonais do objeto, ligando este último aos planos de projeção por meio de retas denominadas projetantes.

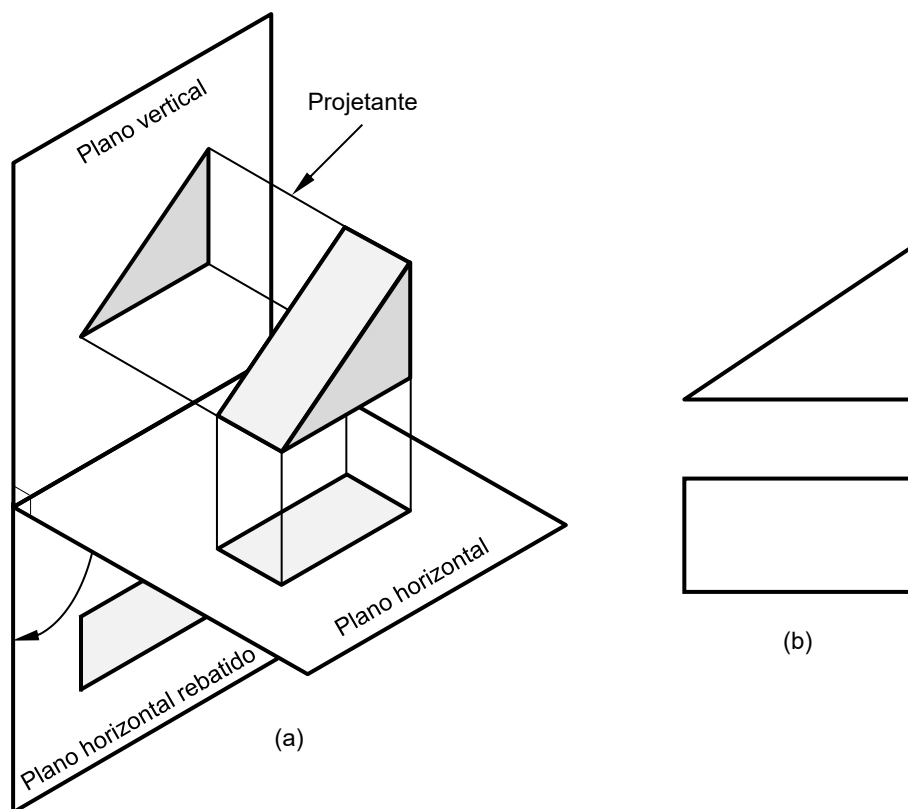


Figura 1.10. – (a) Método de Monge; (b) Planificação das projeções.

⁷ O termo projeção provém do étimo latino, *projectio*, e que significa ação de lançar contra.

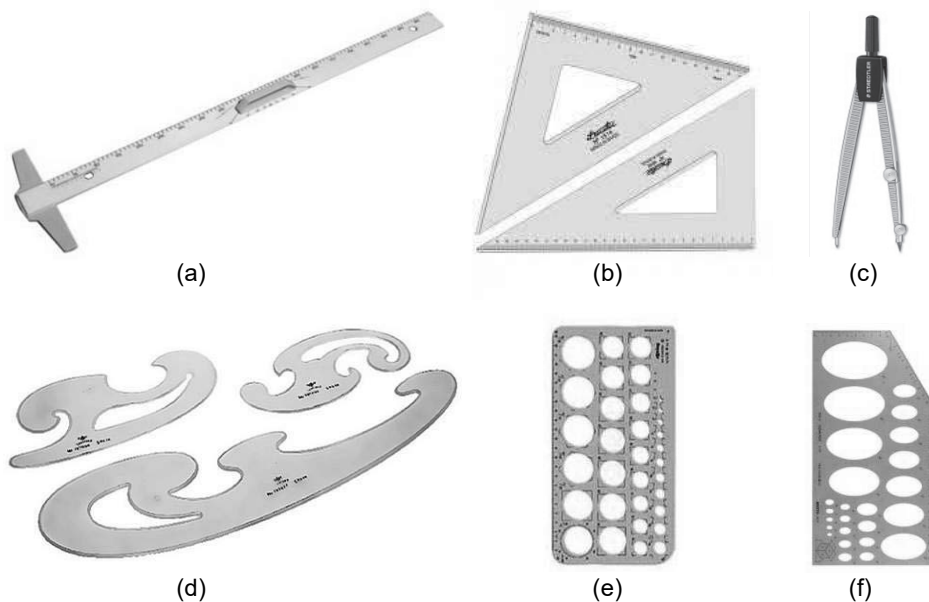


Figura 2.4. – Instrumentos de auxílio no traçado de linhas em desenho técnico: **(a)** Régua T; **(b)** Esquadros; **(c)** Compasso; **(d)** Cércea; **(e)-(f)** Escantilhões.

Os principais instrumentos de medição utilizados em desenho técnico são a régua graduada, vulgo escala, e o transferidor (cf. figura 2.5.). Estes instrumentos servem para medir e marcar comprimentos ou ângulos, respectivamente. As régua graduadas são feitas em material polimérico e com secção trapezoidal, tal como a que se mostra na figura 2.5.a., em que a graduação, em mm, aparece na superfície biselada, ficando assim mais próxima do desenho.

De uma maneira geral, as dimensões lineares são expressas em milímetros (mm). Por seu lado, os transferidores são usados para medir e marcar ângulos, usualmente expressos em graus ($^{\circ}$).

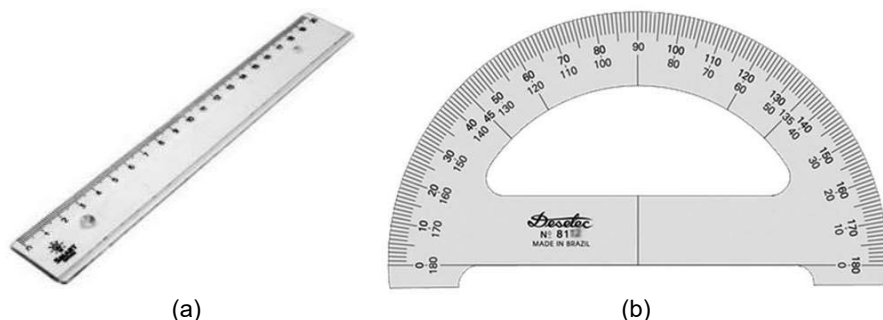


Figura 2.5. – Instrumentos de medição utilizados em desenho técnico: **(a)** Régua graduada de 20 cm; **(b)** Transferidor semicircular.

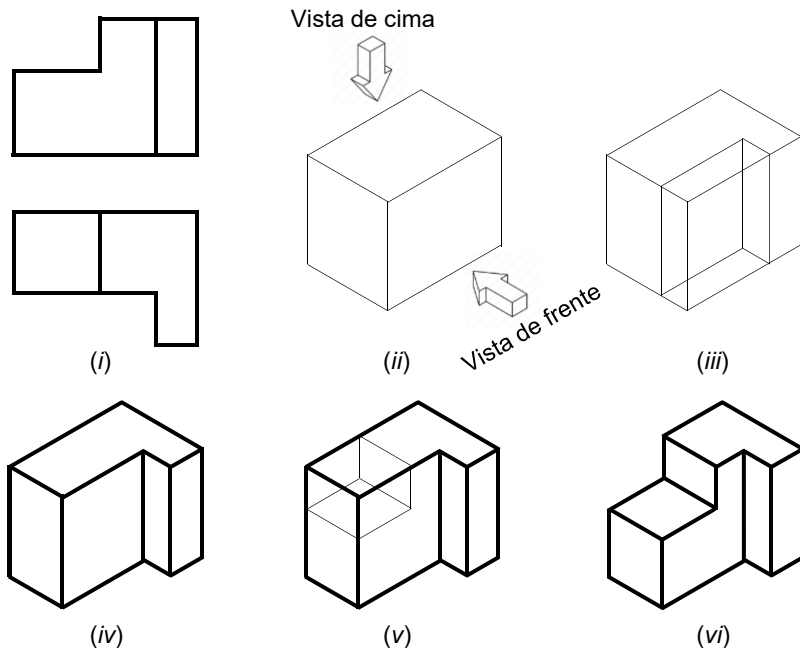


Figura 4.30. – Aplicação do método do paralelepípedo envolvente na execução da axonometria isométrica.

A construção de axonometrias isométricas à mão é facilitada, sobremaneira, se se utilizar grelhas isométricas específicas, as quais consistem em três feixes de linhas paralelas às direções isométricas (cf. figura 4.31.).

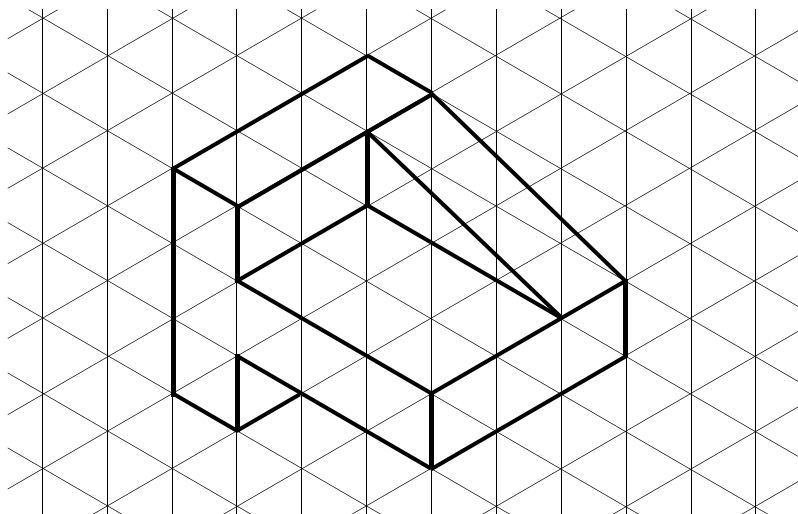


Figura 4.31. – Exemplo de aplicação de uma grelha isométrica de 10 mm.

A figura 4.32. ilustra um exemplo de aplicação do método do paralelepípedo envolvente na leitura de um desenho ortográfico, tendo como finalidade construir a correspondente representação isométrica.

5.2. VISTAS DESLOCADAS

Em geral, em desenho técnico, a organização e localização das vistas de uma representação ortográfica são muito bem definidas, quer se utilize o método europeu, quer se utilize o método americano. A figura 5.7. ilustra a posição relativa das três principais vistas segundo o método do primeiro diedro, em que a planta fica abaixo da vista principal, e a vista da esquerda fica se localiza do lado direito.

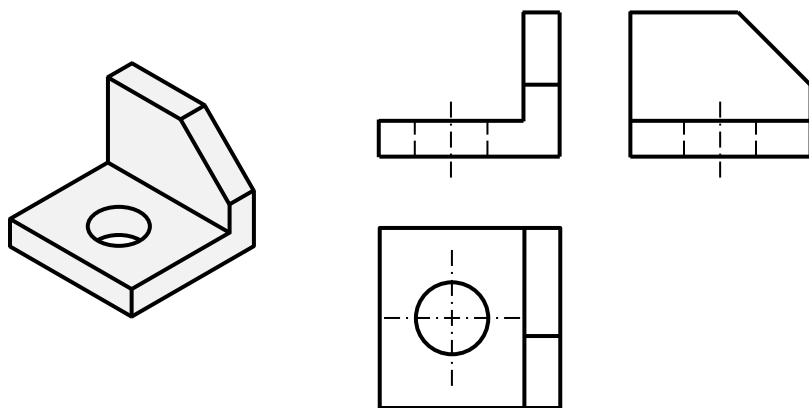


Figura 5.7. – Disposição genérica das três vistas principais de acordo com o método europeu ou do primeiro diedro.

Todavia, situações há em que uma, ou mais vistas, se representa fora da sua posição natural. Quando assim acontece a vista chama-se deslocada.

Para se utilizar uma vista deslocada, deve recorrer-se ao método das setas, ou flechas, referenciadas, tal como se mostra na representação ortográfica da figura 5.8.

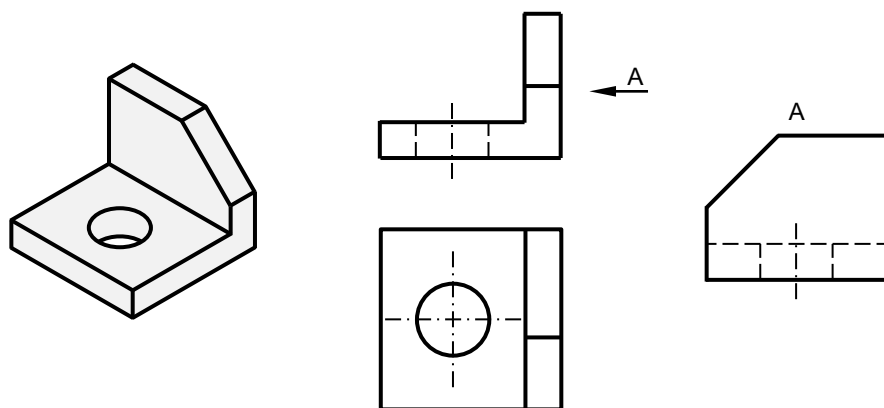


Figura 5.8. – Exemplo de aplicação de uma vista deslocada.

A figura 5.18. inclui a representação ortográfica de uma peça com várias vistas auxiliares, devidamente referenciadas.

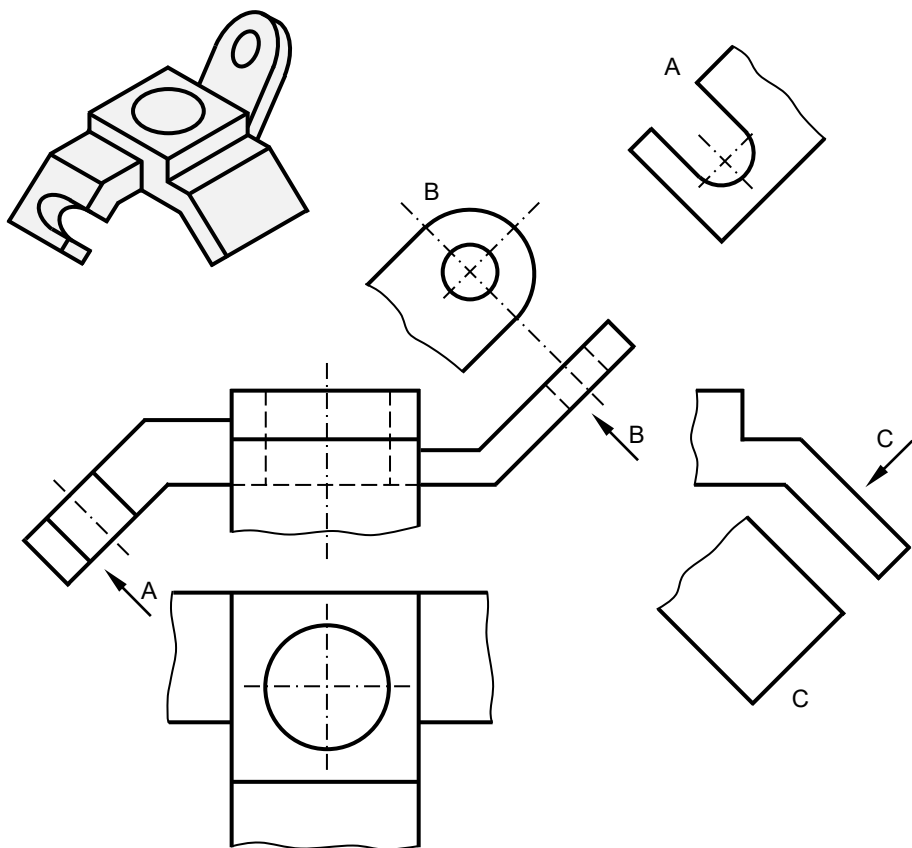


Figura 5.18. – Representação ortográfica utilizando várias vistas auxiliares.

Uma vista auxiliar pode combinar outras características particulares, tal como a simetria. A figura 5.19. mostra um exemplo de uma peça em que a representação ortográfica utiliza uma vista auxiliar que é simultaneamente simétrica e local. Estas representações devem obedecer às regras a elas inerentes.

A simetria, materializada por meia vista, decorre do facto de peça apresentar planos de simetria, tal como se pode inferir na representação isométrica da figura 5.19.

Deve notar-se que a vista auxiliar utilizada na representação ortográfica da figura 5.19. é útil e interessante, quando a peça a representar tem elementos de ligação, como, por exemplo, flanges de tubos.

5.6. REPRESENTAÇÕES CONVENCIONAIS

A finalidade básica do desenho técnico tem que ver com a representação completa, clara e objetiva de toda e qualquer peça, obedecendo às normas e regras vigentes. Há algumas situações específicas, em que as regras do desenho não são cumpridas, e que podem ser simplificadas com o intuito de facilitar a sua execução, sem, no entanto, penalizar a sua interpretação. Com efeito, nesta secção apresentam-se alguns casos de representações convencionais e simplificadas, as quais devem ser adotadas em desenho.

Existem determinadas peças que, pela sua simplicidade, podem ser representadas por uma única vista, a qual é complementada com informação adicional para ajudar a definir a configuração geométrica dos elementos que a constituem. A figura 5.22. ilustra uma peça que pode ser representada utilizando somente uma vista. Atente-se a que, nesta situação, se faz uso do símbolo $\varnothing$ para se definir o diâmetro dos elementos.

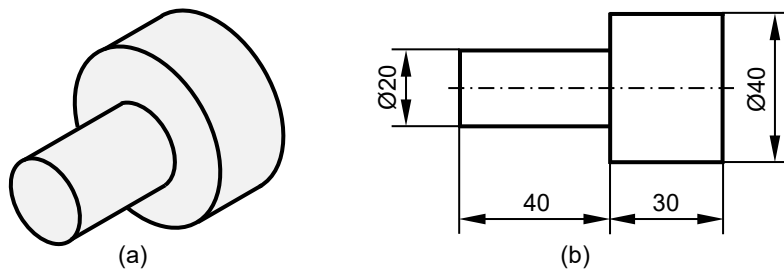


Figura 5.22. – Exemplo de peça que pode ser representada por uma única vista: **(a)** Representação isométrica; **(b)** Representação ortográfica.

A indicação de superfícies planas em representações ortográficas usando uma única vista deve ser feita recorrendo a duas linhas diagonais executadas a traço contínuo fino, tal como se mostra na figura 5.23. Aquelas diagonais designam-se cruz de Santo André, e têm como objetivo informar que existe uma superfície plana em peças essencialmente cilíndricas.

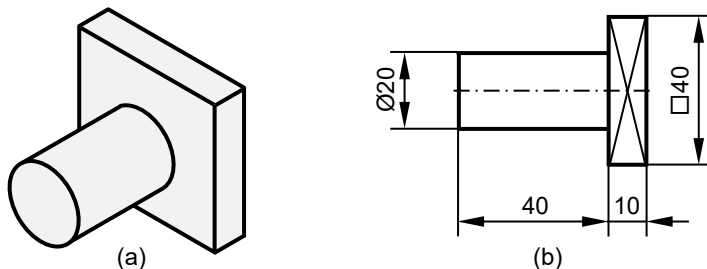


Figura 5.23. – Exemplo de peça com superfície plana representada por uma única vista: **(a)** Representação isométrica; **(b)** Representação ortográfica.

5.7. EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

Considerando as técnicas de simplificação de desenhos mais apropriadas, execute a representação ortográfica das peças que estão representadas em axonometria isométricas nas figuras 5.35.-5.40.

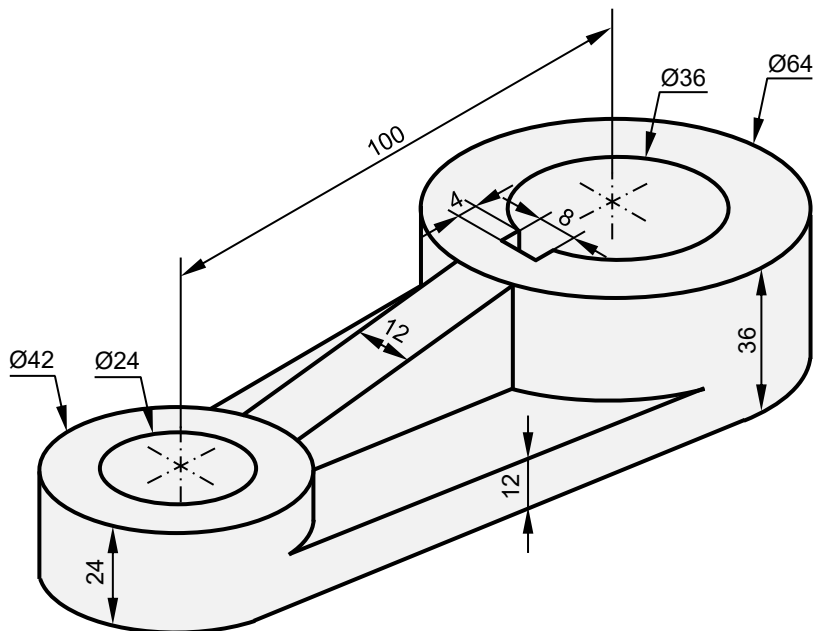


Figura 5.35. – Utilizando técnicas de simplificação de desenhos adequadas, execute a representação ortográfica da peça descrita em isométrica.

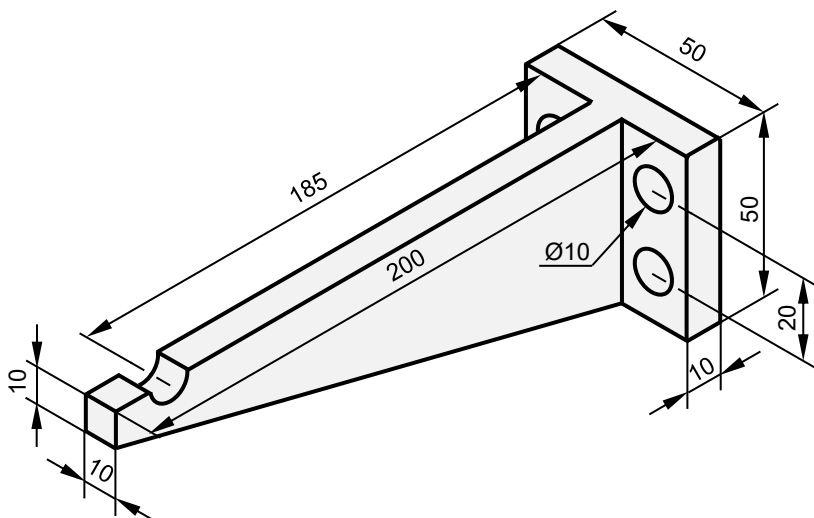


Figura 5.36. – Utilizando técnicas de simplificação de desenhos adequadas, execute a representação ortográfica da peça descrita em isométrica.

6.1. CONCEITO DE CORTE

A figura 6.1. inclui a representação isométrica e ortográfica de uma peça que contém alguns elementos ocultos, nomeadamente um furo central e um rasgo na periferia. Atendendo à natureza oculta dos elementos, a sua representação ortográfica materializa-se por linhas do tipo traço interrompido, uma vez que dizem respeito a contornos invisíveis ao observador.

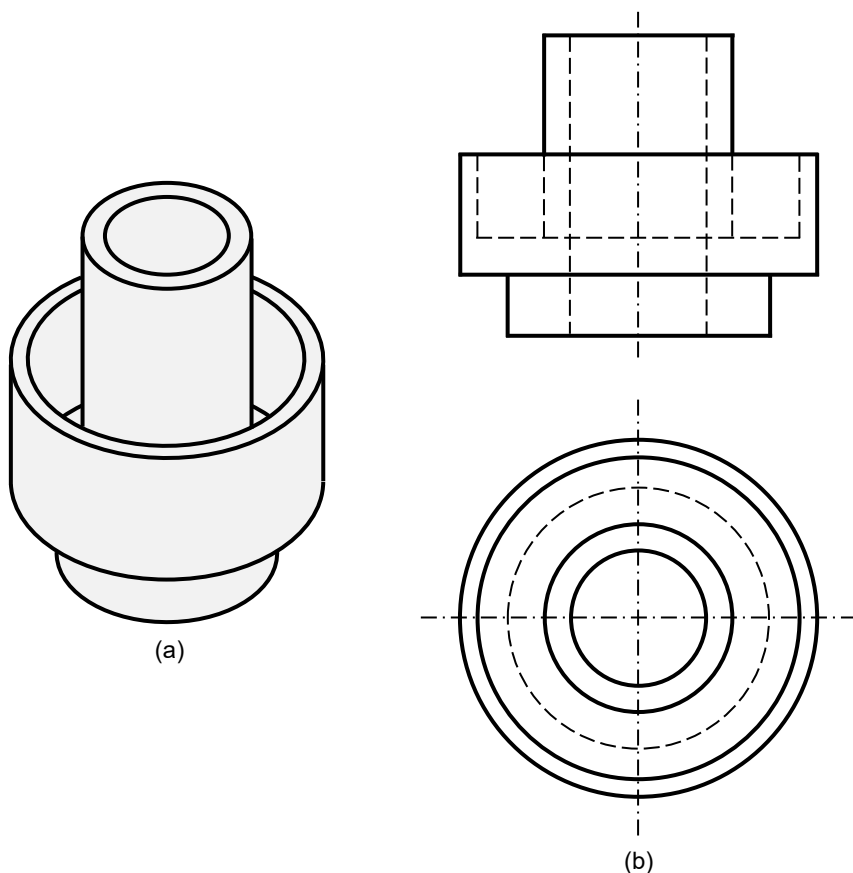


Figura 6.1. – (a) Representação isométrica; (b) Representação ortográfica.

Tendo em vista facilitar a leitura e interpretação dos detalhes internos da representação da figura 6.1.b., é conveniente utilizar uma vista em corte. A sequência relativa à aplicação de um corte está ilustrada na figura 6.2. Uma vista em corte não é mais do que a sua projeção ortogonal efetuada a partir do plano de corte que secciona⁵⁰ a peça em análise, tal como se mostra na figura 6.2.b. Na verdade, aquela representação diz respeito à

⁵⁰ Seccionar significa dividir em secções ou cortar algo.

6.2. TIPOS DE TRACEJADOS

As superfícies de corte são o resultado da interseção da peça com o plano de corte, sendo, nas mais das vezes, representadas por tracejados⁵⁶, isto é, linhas a traço contínuo fino, paralelas entre si, equidistantes e com inclinação de 45°. O espaçamento⁵⁷ entre as linhas do tracejado deve ser uniforme e estar compreendido entre 1 e 3 mm.

A inclinação dos tracejados não deve coincidir, nem ser perpendicular a contornos de peças cortadas. A figura 6.6. ilustra algumas representações corretas e incorretas no que a tracejados de corte diz respeito.

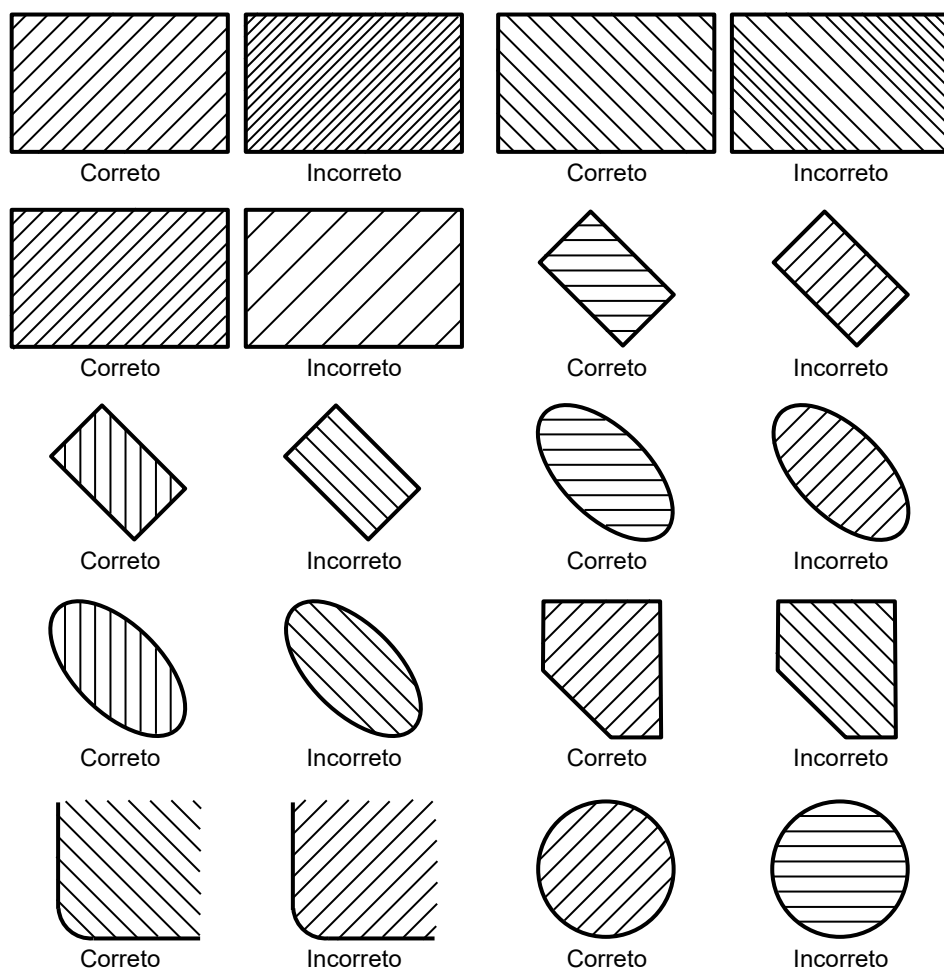


Figura 6.6. – Exemplos de tracejados de corte corretos e incorretos.

⁵⁶ Os tracejados de corte representam as partes maciças quando se corta uma peça.

⁵⁷ O espaçamento dos tracejados pode variar com a dimensão da área das zonas cortadas, porém, numa mesma peça, o espaçamento do tracejado deve ser constante.

6.4. ELEMENTOS QUE NÃO SE CORTAM

Existem alguns elementos de peças que, quando são intersecados longitudinalmente por planos secantes, não são cortados e, por conseguinte, não são tracejados. Esta abordagem permite obter representações mais fáceis de executar, mais esclarecedores e sem ambiguidades, no que à interpretação diz respeito. Nervuras de reforço, braços de tambores e orelhas de peças são exemplos elucidativos de elementos que não se devem cortar. Na prática, o plano de corte, que é imaginário, afasta-se paralelamente a si próprio para um local anterior aos elementos que não se cortam.

A figura 6.20. mostra a representação ortográfica em corte de uma peça com quatro nervuras⁶⁵ de reforço e outra que apresenta uma configuração geométrica semelhante, mas que é maciça na sua periferia. Da análise atenta daquelas representações pode observar-se a importância e necessidade de não tracejar as nervuras. Este procedimento evita ambiguidades na leitura e interpretação de representações ortográficas, em que existem nervuras em vistas em corte. Na verdade, se as nervuras fossem cortadas e, por isso, tracejadas, a vista em corte poderia induzir em erro e levar a concluir, erroneamente, que se trataria de uma peça troncocónica.

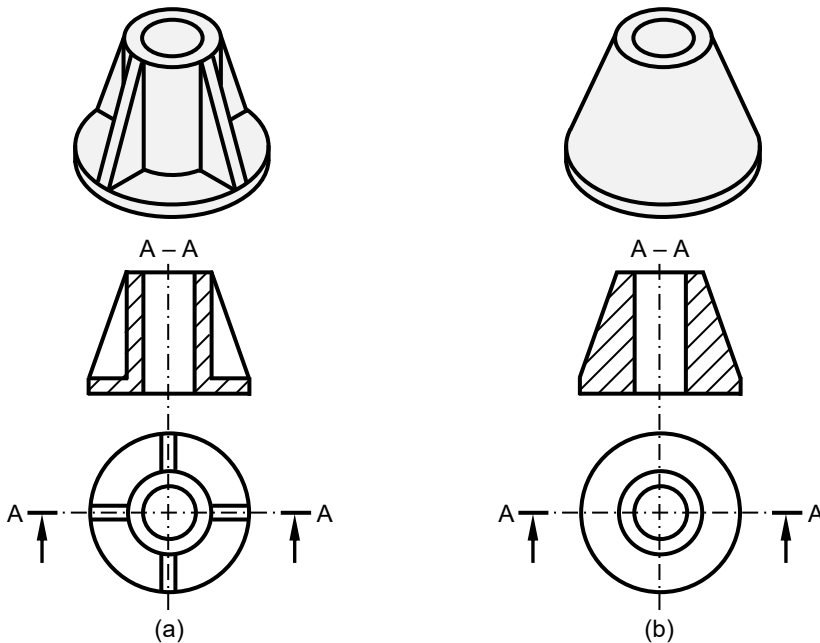


Figura 6.20. – (a) Representação ortográfica em corte de uma peça com quatro nervuras; (b) Representação ortográfica em corte de peça troncocónica.

⁶⁵ Nervuras são elementos de peças que visam reforçar a resistência mecânica de locais de peças.

7.3. INSCRIÇÃO DE COTAS

As cotas⁷⁰ são inscritas sobre as linhas de cota e numa posição central em relação às linhas de chamada, tal como se mostra na figura 7.9.a.

Quando se torna necessário utilizar linhas de cota com as setas exteriores às linhas de chamada, a cota pode ser inscrita entre as linhas de chamada, se o espaço for suficiente para o efeito, ou ser colocada exteriormente às linhas de chamada, preferencialmente à direita. Estas duas últimas situações estão ilustradas na figura 7.9.b.

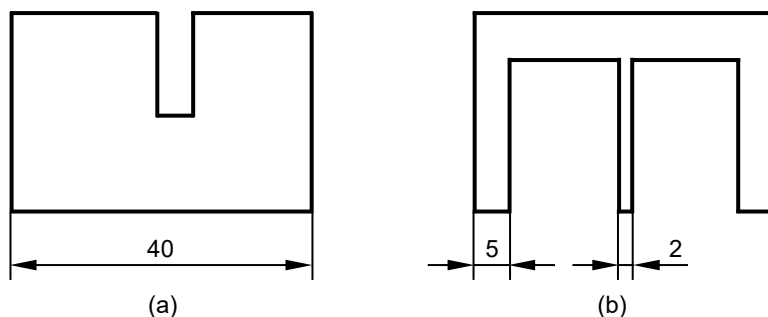


Figura 7.9. – Exemplos de colocação de cotas interior e exteriormente às linhas de chamada.

A posição relativa da cota e da linha de cota mantém-se qualquer que seja o ângulo que a linha de cota faz com a horizontal, ou seja, as cotas devem ser inscritas da esquerda para a direita e sobre as linhas de cota, tal como se mostra na figura 7.10.

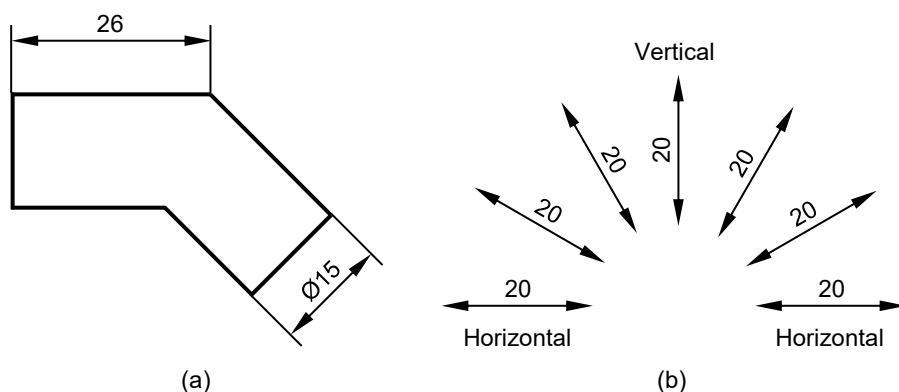


Figura 7.10. – (a) Posição de cotas relativamente às linhas de cota; (b) Cotas lineares alinhadas e sobre as linhas de cota.

⁷⁰ Deve relembrar-se que as cotas correspondem sempre às dimensões reais, independentemente da escala utilizada no desenho.

A exatidão, ou rigor, de um conjunto de medidas relativas à mesma grandeza, é tanto maior quanto maior for a proximidade entre o valor convencional (*e.g.* valor médio) e o valor verdadeiro da grandeza medida.

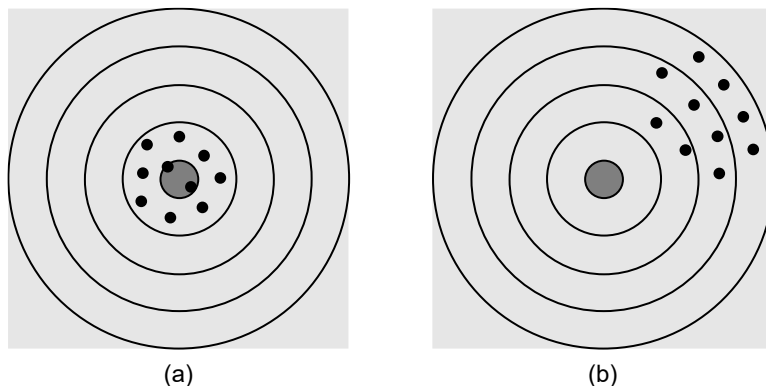


Figura 8.4. – (a) Exemplo de exatidão alta; (b) Exemplo de exatidão baixa.

A precisão de um processo de medição refere-se à proximidade, entre si, dos resultados das várias medições efetuadas de uma mesma grandeza. Considerando novamente o exemplo de 10 lançamentos de setas acima descrito, pode dizer-se que a precisão do jogo é tanto melhor quanto mais próximos forem os resultados entre si, independentemente de estarem, ou não, próximos do centro do alvo.

Quando os resultados dos lançamentos estão muito dispersos, o jogo pode ser classificado como pouco preciso. A figura 8.5. mostra dois casos distintos de lançamentos de setas, em que se está perante um exemplo de precisão alta (cf. figura 8.5.a.) e outro de precisão baixa (cf. figura 8.5.b.). A precisão, ou fidelidade, diz respeito à repetibilidade e à reprodutibilidade de um conjunto de medidas de uma mesma grandeza.

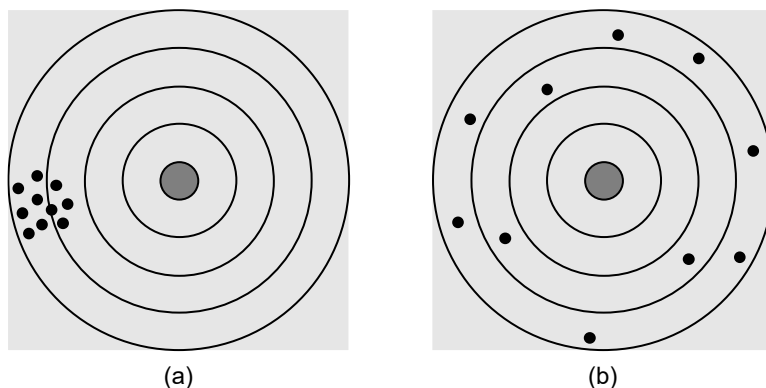


Figura 8.5. – (a) Exemplo de precisão alta; (b) Exemplo de precisão baixa.

DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

PAULO FLORES

Sobre a obra

Este livro foi escrito para estudantes de engenharia interessados em estudar as bases fundamentais no domínio da representação gráfica. Esta obra apresenta, de forma estruturada, o quadro teórico dos assuntos abordados, bem como um leque diverso de aplicações no que diz concerne ao estudo do desenho técnico e dos sistemas de representação. As matérias versadas neste livro estão agrupadas em capítulos, incluindo uma breve introdução à representação gráfica, uma resenha sobre noções propedêuticas em desenho técnico, a representação ortográfica, a axonométrica, algumas técnicas de simplificação de desenhos, o tema de cortes e secções, e ainda a cotagem. Nesta obra faz-se também uma muito breve apresentação sobre metrologia dimensional.

Sobre o autor

Paulo Flores nasceu em Vieira do Minho a 19 de dezembro de 1972. Obteve a sua graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho em 1997, seguida de provas científico-pedagógicas (2000), doutoramento (2005) e agregação (2011) em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho. O doutoramento foi realizado em colaboração com o Instituto Superior Técnico e a Wichita State University. Em 2009 concluiu um pós-doutoramento no *Swiss Federal Institute of Technology, ETH-Zurich*, e em 2010 foi *Visiting Professor* na *The University of Arizona*. Em 2024 recebeu o doutoramento *Honoris Causa* pela "*Gheorghe Asachi*" *Technical University of Iași*. Trabalha na Universidade do Minho há 30 anos, onde os seus tópicos de interesse no ensino e investigação científica estão ligados às áreas da Dinâmica de Sistemas Mecânicos, Projeto e Seleção de Componentes Mecânicos, Contacto Mecânico, Biomecânica e Desenho e Representação Gráfica. Professor Catedrático desde 2013, é autor de inúmeras publicações científicas e pedagógicas.

Também disponível em formato e-book



www.quanticaeditora.pt