

Lexikon

obras de referência

CÉSAR MUNIZ

ANDERSON MANZOLI

desenho técnico

COMITÊ EDITORIAL *Regiane Burger, Ivo Renato Giroto, César Muniz*

LÍDER DO PROJETO *César Muniz*

AUTORES DOS ORIGINAIS *César Muniz e Anderson Manzoli*

PROJETO EDITORIAL

Lexikon Editora

DIRETOR EDITORIAL

Carlos Augusto Lacerda

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Sonia Hey

ASSISTENTE EDITORIAL

Luciana Aché

PROJETO GRÁFICO

Paulo Vitor Fernandes Bastos

REVISÃO TÉCNICA

Prof. Dr. Roberto Ferreira

REVISÃO

Perla Serafim

DIAGRAMAÇÃO

Nathanael Souza

CAPA

Sense Design

IMAGEM DA CAPA

© *Andrey Armyagov | Dreamstime.com | Ball bearings on technical drawing*

© 2015, Lexikon Editora Digital

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser apropriada e estocada em sistema de banco de dados ou processo similar, em qualquer forma ou meio, seja eletrônico, de fotocópia, gravação etc., sem a permissão do detentor do copirraite.

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

M935D

Muniz, César

Desenho técnico / César Muniz, Anderson Manzoli. - 1. ed. - Rio de Janeiro :

Lexikon, 2015.

120 p. ; 28 cm.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-8300-022-8

1. Desenho técnico. 2. Engenharia. 3. Arquitetura. I. Manzoli, Anderson. II. Título.

CDD: 604.2

CDU: 744DU: 514.12

Lexikon Editora Digital

Rua da Assembleia, 92/3º andar – Centro

20011-000 Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Tel.: (21) 2526-6800 – Fax: (21) 2526-6824

www.lexikon.com.br – sac@lexikon.com.br

Sumário

Prefácio	5
1. Desenho técnico: palavras iniciais	7
1.1 Introdução	8
1.2 A relação entre desenho, raciocínio espacial e desenvolvimento de projetos	8
1.3 Representação gráfica e sua importância na prática do projeto colaborativo	11
1.4 Objetivos da obra	11
1.5 Como este livro está organizado	12
2. Procedimentos básicos de desenho técnico	15
2.1 Visão geral do capítulo	16
2.2 Retas: construção, subdivisão e transporte de medidas	17
2.3 Retas: paralelas e perpendiculares	26
2.4 Ângulos: construção, subdivisão e transporte de medidas	33
2.5 Arcos: círculos, elipses e concordâncias	42
2.6 Procedimentos de escala	51
2.7 Síntese do capítulo	52
3. Princípios de projeção: a representação do espaço tridimensional	55
3.1 Visão geral do capítulo	56
3.2 Um pouco de história	57
3.3 Projeções cônicas	59
3.4 Fundamentos da projeção ortográfica	61
3.5 Vistas seccionais	68
3.6 Visualizando o volume	71
3.7 Síntese do capítulo	78

4. Prática do desenho técnico **81**

4.1 Visão geral do capítulo.....	82
4.2 Três regras básicas.....	83
4.3 Prática do desenho técnico: projeções e seções ortográficas e oblíquas.....	90
4.4 Síntese do capítulo.....	98

5. Organização da documentação técnica do projeto **103**

5.1 Visão geral do capítulo.....	104
5.2 O projeto e seus documentos.....	104
5.3 Folhas de desenho e suas dimensões.....	106
5.4 Leiaute: a organização das informações.....	112
5.5 Cotagem.....	115
5.6 Síntese do capítulo.....	118
Referências bibliográficas	119

Prefácio

O professor Ubertelo Bulgarini costumava repetir em sala de aula uma frase de seu colega Ariosto Mila: “Projetar é construir no papel.” Demorei muitos anos para entender a sabedoria oculta nesta sentença que, à primeira vista, parecia apenas uma frase de efeito.

Quando discutem seus projetos, engenheiros utilizam apenas palavras? Raramente. Há sempre um papel ou uma tela de computador para ajudar em tudo aquilo de que as palavras não dão conta. O mesmo acontece com outras carreiras de projeto. Arquitetos e urbanistas, designers, técnicos em diferentes áreas têm sempre à mão um papel, um caderno de folhas lisas ou até mesmo um guardanapo. O desenho quase sempre participa e, em muitas ocasiões, captura a maior parte das atenções. Enfim, muitas coisas que nos cercam nascem na forma de um desenho.

Embora os desenhos iniciais sejam normalmente desenvolvidos com liberdade e espaço para as particularidades de cada projetista, na etapa final ele deve ser, como dizia o professor Mila: uma *construção* no papel. Isso transfere ao desenho a tarefa de conter toda a lógica, rigor e complexidade que o objeto ou sistema a ser construído ou fabricado deverá possuir.

O psicólogo Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) lança uma luz sobre esse tema ensinando que muito do desenvolvimento de nossas habilidades mentais superiores e a própria construção do conhecimento são resultado da interação social. E um dos pilares mais importantes dessa interação é a linguagem. Parece lógico, pois sem linguagem a comunicação fica quase inviável. Vygotsky, entretanto, vai além. Para ele, o próprio pensamento se estrutura sobre a linguagem. Para entender isso, proponho um exercício. Tente pensar sem usar palavras. Difícil, não? Tente agora pensar, também, sem usar esquemas, diagramas ou mesmo imagens comparativas. Quase impossível.

Levando esse princípio mais geral para campos específicos do trabalho humano, entendemos por que, durante a formação artística, técnica ou científica, o aprendizado de linguagens especializadas é sempre uma das atividades iniciais. Físicos devem aprofundar seus conhecimentos matemáticos. Os estudantes das ciências da vida devem conhecer numerosos mecanismos bioquímicos, bem como vários procedimentos classificatórios. Numerosas carreiras apoiam-se em uma linguagem verbal e escrita diferente da que utilizamos em nosso dia a dia. Mesmo a matemática, talvez a mais

abstrata e abrangente das linguagens, assume características bem particulares de uma profissão para outra. Estatística, matemática financeira, cálculo numérico são alguns exemplos.

Em todos esses casos, o conhecimento de uma ou mais linguagens avançadas é condição obrigatória para o aprendizado de um ofício complexo, pois dele dependem as interações que são a base do desenvolvimento em uma sociedade cada vez mais marcada pela integração de processos. Em outras palavras, dominar uma linguagem não é apenas “traduzir” algo que já se sabe para um jargão técnico ou um punhado de símbolos. É aprender a ver, pensar e criar o mundo utilizando, na memória, no raciocínio e na tomada de decisão, os blocos das linguagens específicas de cada uma das áreas.

Por essa razão, penso que a prática do desenho deva ser amplamente estimulada nas fases iniciais da formação nas carreiras de projeto, pois mais do que simples representação, o desenho estimula habilidades de visualização, de raciocínio bi e tridimensional que são absolutamente fundamentais. E, como toda linguagem, o desenho pode ser sistematizado em símbolos e regras compartilhados para, na interação social, produzir sentido não apenas para si, mas para todos. Acredito que o aprendizado do desenho técnico, objeto desta obra, é o primeiro passo para isso.

CÉSAR MUNIZ

Desenho técnico: palavras iniciais

CÉSAR MUNIZ

Desenho técnico. palavras iniciais

1.1 Introdução

Apesar das inovações que surgem a todo o momento no campo da computação gráfica, o aprendizado do desenho técnico continua presente nas cadeiras fundamentais de numerosos cursos que vão do ensino técnico ao superior. Por essa razão, quando iniciamos nosso caminho no aprendizado de projeto no âmbito das engenharias e também da arquitetura e do urbanismo é comum nos questionarmos: esquadros? compassos? réguas? lapiseiras? Para que tudo isso se, no fim, estaremos trabalhando apenas com computadores?

O uso de ferramentas computacionais tem sido, sem dúvida alguma, um poderoso aliado no aumento da produtividade e, sobretudo, no enfrentamento de problemas cada vez mais complexos. Numerosas tarefas que demandam trabalho exaustivo e, por vezes, tedioso têm sido transferidas para programas específicos com ganhos de qualidade. Se isso é verdade, por que ainda ensinamos a desenhar “à mão” ou com instrumentos aparentemente já ultrapassados?

1.2 A relação entre desenho, raciocínio espacial e desenvolvimento de projetos

A ideia do projeto está na essência de várias profissões. A origem latina da palavra é interessante: *projectum* significa lançar à frente. É fácil perceber essa ligação em outras palavras como *projetar* e *projétil*. Todas possuem essa mesma ideia de lançar adiante, de antecipar. O projeto, no âmbito da engenharia e da arquitetura, assim como no contexto de várias atividades de nível técnico, envolve uma capacidade de antever, de visualizar algo que está adiante não no espaço, mas no tempo, ou seja, demanda a capacidade de visualizar algo que não existe.

Essa capacidade é imprescindível para qualquer profissão que se dedique à resolução de problemas por meio de intervenções no mundo concre-

to. Essa mesma capacidade, no entanto, não é trivial. Não é algo que seja inato ou que seja aprendido com facilidade. Infelizmente, em muitos casos, ela não é exercitada adequadamente durante os anos iniciais da educação formal. Por essa razão, no início da formação técnica e artística, é necessário investir no aperfeiçoamento das habilidades de visualização para desenvolver o que chamamos *raciocínio espacial*.

O raciocínio espacial, como qualquer outro de alta complexidade técnica, demanda um aprimoramento que dura toda a vida. Ele cresce e se sofisticava com o exercício cotidiano. Ele demanda, além de uma prática constante, o uso de várias estratégias. É por essa razão que o desenho, ou se utilizarmos uma expressão mais geral e abrangente, a *representação gráfica*, é um tema fundamental.

O desenvolvimento das habilidades necessárias para o projeto não resulta de um único esforço específico, mas de uma série de ações em diferentes domínios. O primeiro deles é o da linguagem. O desenho técnico é a linguagem do projeto e, como ensina Vygotsky (2008), o pensamento se constrói sobre a linguagem. É bastante compreensível, portanto, que o aprendizado de todas as carreiras que atuam na esfera do projeto depende fortemente do aprendizado dessa linguagem já em suas fases iniciais. É natural, também, que mais de uma estratégia seja utilizada.

O desenho à mão livre, de maneira esquemática; a construção de modelos tridimensionais utilizando materiais e instrumentos simples como papel e tesoura; a construção de desenhos mais precisos utilizando instrumentos técnicos como esquadros, compasso e escalímetros; e, finalmente, a utilização de sistemas de *Computer Aided Design and Drafting*¹ (CADD) para construção de modelos tridimensionais são algumas destas estratégias. Não há um método único que seja suficiente, da mesma forma que, no âmbito da engenharia e da arquitetura, não há uma única forma de resolver um dado problema.

O desenho técnico faz parte desse conjunto de estratégias que se somam e combinam para desenvolver habilidades de visualização e raciocínio espacial. Isso já bastaria para justificar esta obra e o esforço que convidamos o leitor a fazer. Há mais. A utilização de instrumentos tradicionais possui uma vantagem que é, à primeira vista, paradoxal: ela é vagarosa, além disso, carrega uma dose de imprecisão.

Os sistemas CADD possuem uma velocidade espantosa. Muitas vezes, ao construir um modelo tridimensional, suas projeções são produzidas e apresentadas automaticamente. Para o dia a dia do profissional de projeto, isso é muito interessante. É interessante na mesma medida em que o escritor utiliza o processador de texto, ou o matemático utiliza a planilha de cálculo: o computador executa uma tarefa que já foi **compreendida e dominada** por seu usuário. Minimiza erros, aumenta a precisão, melhora a qualidade da apresentação. Essas tarefas são delegadas ao sistema computacional simplesmente porque o autor do texto ou o matemático já as dominaram. Seria possível imaginarmos um escritor que não consegue escrever à mão? Ou um matemático que não consegue realizar operações aritméticas porque a bateria de sua calculadora acabou? Da mesma forma, o conhecimento de formas mais tradicionais de representação gráfica desempenha um papel decisivo na formação dos profissionais de projeto. É preciso aprender a “escrever” o projeto. É preciso estudar sua “caligrafia”.

A lentidão dos meios tradicionais de desenho passa a ser, nesse contexto, uma vantagem. Ela demanda do iniciante uma observação mais acurada, uma atenção maior, uma observação contínua, pois, caso contrário, um erro importante pode ser cometido. Esse esforço é fundamental para o aprimoramento das habilidades de visualização e raciocínio espacial porque sua apreensão e desenvolvimento são necessariamente vagarosos. Da mesma forma, o escritor precisa conhecer a origem, a história, as múltiplas formas das palavras e saber que o corretor ortográfico é apenas uma salvaguarda adicional para garantir a qualidade final. Ele não é um substituto do pensamento criativo ou da inventividade literária. O aprendizado do desenho técnico não pode, portanto, ser encarado como o ensino de algo ultrapassado e lento, pois sabemos que as múltiplas formas de representação bi e tridimensional possuem, cada uma delas, seu potencial para desenvolver habilidades que se somam para a formação do projetista.

1.3 Representação gráfica e sua importância na prática do projeto colaborativo

Como toda linguagem, a representação gráfica possui também uma importância fundamental que ultrapassa a esfera do indivíduo e do desenvolvimento de suas habilidades mentais de visualização e raciocínio espacial. Ela é meio de comunicação.

No mundo contemporâneo, cada vez menos iniciativas humanas são feitas isoladamente. Em todas as áreas, a colaboração tem se tornado processo decisivo para produzir inovação, qualidade, legitimidade e confiabilidade. E a comunicação está na base de qualquer processo colaborativo.

Quando tentamos descrever um objeto tridimensional para um colega de trabalho utilizando apenas palavras, encontramos enormes dificuldades. Seu aspecto mais geral pode ser resumido num pequeno texto, mas ir além é difícil. Mesmo os leigos recorrerão, nesses momentos, ao desenho, à representação gráfica, ainda que esta seja desajeitada. Da mesma forma que, para que duas pessoas se comuniquem adequadamente, é necessário usar a mesma língua, no universo do projeto, a colaboração presume o domínio de uma mesma linguagem gráfica. Nas carreiras de projeto, o passo inicial para o aprendizado dessa linguagem ocorre justamente pelo desenho técnico.

Devemos lembrar que construção da linguagem, qualquer que seja ela, é realizada sobre objetos, classes de objetos, estruturas e regras de funcionamento (PIGNATARI, 1980). Em nosso caso, o aprendizado do desenho técnico utilizando meios tradicionais permanece, pelas características que procuramos enumerar, a melhor forma de adquirir essa linguagem.

1.4 Objetivos da obra

Em síntese, o objetivo desta obra é o aprendizado de uma linguagem: a linguagem da representação gráfica utilizada nas profissões técnicas do projeto. Como vimos, aprender a linguagem presume conhecer:

- Seus objetos, seus elementos básicos, seus constituintes.
- Como estes objetos são constituídos.

- Como estes objetos se organizam, suas estruturas.
- As regras e convenções que viabilizam a comunicação.
- Algumas de suas utilizações mais comuns.

Acreditamos que o aprendizado dessa linguagem possui duas dimensões. Uma dimensão interna, subjetiva, que é o desenvolvimento das habilidades de visualização e raciocínio espacial tão importantes para a atividade de projeto em si. Os capítulos iniciais desta obra se dedicam a este problema. Outra dimensão é externa, social, intersubjetiva: o aprimoramento das formas de comunicação daquilo que é projetado, reduzindo ou, se possível, eliminando ambiguidades e imprecisões na comunicação rápida e eficiente de todas as informações necessárias para a execução. Esse é o tema central do capítulo final deste trabalho.

1.5 Como este livro está organizado

O aprendizado de qualquer linguagem é sempre desafiador e um tanto vagaroso. Esta obra procura subsidiar os passos fundamentais a um processo que dura toda a formação do profissional de projeto e, possivelmente a ultrapasse. É importante que o iniciante nas carreiras de projeto tenha em mente que, assim como o escritor está sempre procurando aprimorar sua redação, o projetista deve continuamente refinar suas formas de representação. A correta concretização daquilo que é projetado depende desse cuidado, da mesma forma que quanto maior o domínio da linguagem gráfica, maiores serão as chances de que algo inovador emergja do processo criativo presente em absolutamente todas as carreiras do projeto. Com esse pensamento, organizamos esta obra da seguinte forma:

Neste capítulo 1, procuramos explicitar os motivos e os objetivos deste trabalho, buscando ressaltar que não se trata apenas de aprender a desenhar, mas de conhecer uma nova linguagem para subsidiar uma forma de pensamento mais complexa.

O capítulo 2 é dedicado ao aprendizado dos objetos básicos. Ele trata da representação e dos procedimentos mais fundamentais do desenho técnico.

Ele, de certa forma, corresponde à alfabetização e à caligrafia do desenhista técnico. Retoma algumas entidades e procedimentos geométricos que são frequentemente tratados no ensino fundamental e no ensino médio e os aprofunda com ênfase naquilo que será utilizado mais cotidianamente na atividade de projeto.

O capítulo 3 concentra-se na representação do espaço tridimensional. Ele parte de uma perspectiva histórica, pois consideramos que, entendendo o percurso do homem no aprimoramento das técnicas de representação, será possível ir além de simplesmente memorizar algumas regras do desenho técnico. Será possível entendê-las. Todos os processos de projeção tratados neste capítulo constituem o grande legado de artistas e matemáticos que, desde a Idade Média, vêm se deparando com o desafio de representar o mundo real e nele intervir. De onde vêm certas convenções? Como elas funcionam? Essas são algumas questões tratadas neste capítulo, o qual se concentra num tipo específico de projeção – a projeção cilíndrica ortogonal, pois ela é a mais frequentemente utilizada no âmbito das profissões de projeto.

O capítulo 4 apresenta dois esforços simultâneos. Primeiro, consolidar os princípios discutidos no capítulo 3 ao mesmo tempo que retoma seus enunciados de forma mais abstrata enfatizando suas formulações geométricas. Segundo, apresenta algumas aplicações frequentes destes princípios com o objetivo de promover uma prática do desenho técnico mais vinculada ao dia a dia da atividade de projeto.

O capítulo 5 encerra esta obra retomando a sua preocupação inicial: o projeto como organização e comunicação de informações de múltiplos formatos. Concentra-se, para tanto, em um conjunto coeso de normas de representação adotadas no Brasil e de organização de desenhos técnicos para formar o que entendemos como *documentação* do projeto. Aqui, mais uma vez, procuramos não apenas enunciar as regras. Tentamos entender seus objetivos, suas razões.

Todos os capítulos foram estruturados de maneira semelhante e são constituídos das seguintes partes:

- Visão geral do capítulo
- Desenvolvimento dos conceitos

- Síntese do capítulo
- Atividades propostas e verificação do aprendizado

A visão geral do capítulo traz uma breve contextualização dos temas tratados, apresenta seus objetivos específicos e descreve as estratégias utilizadas. Em seguida, os conceitos são desenvolvidos de acordo com o tema geral, subdividindo-se em seções, tópicos e subtópicos que variam de um capítulo a outro. Na síntese de cada capítulo, palavras-chave são apresentadas com uma retomada do que foi tratado. Com o objetivo de apontar caminhos de aprofundamento e permitir que o leitor teste seus conhecimentos, a última seção de cada capítulo sugere algumas atividades.

Procedimentos básicos de desenho técnico

ANDERSON MANZOLI

Procedimentos básicos de desenho técnico

2.1 Visão geral do capítulo

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, vamos conhecer os componentes básicos da representação gráfica. Nosso objetivo central é fundamentar o manuseio de instrumentos tradicionais de desenho para facilitar a execução de procedimentos básicos frequentes de desenho geométrico. Vários elementos aqui tratados pertencem ao currículo do ensino fundamental e médio, que, muito provavelmente, foram sendo esquecidos ao longo do tempo pela falta de prática. Além dos procedimentos já conhecidos de muitos, outros processos mais complexos também serão apresentados.

Estratégia de trabalho

A estratégia que utilizaremos será essencialmente prática. Por essa razão, é importante que o material básico de desenho técnico esteja disponível já nos primeiros momentos da leitura deste capítulo. Tenha consigo um par de esquadros, sendo um deles de 45° e outro de $30^\circ/60^\circ$ (figura 2.6). Um bom compasso, diferente daqueles que eram utilizados no ensino fundamental também é importante. Finalizando, papel em branco (formatos A4 ou A3), lapiseiras 0,5 com grafite de dureza intermediária F ou HB e uma borracha macia completam o conjunto de instrumentos necessários.

Todos os conceitos são apresentados brevemente com ilustrações e pequenos textos. À medida que os conceitos vão se tornando mais complexos, procedimentos técnicos são apresentados sob a forma de uma sequência ilustrada de passos. Sugerimos que todos os exercícios sejam reproduzidos cuidadosamente. Isso garantirá, no futuro, trabalhos bem construídos.

2.2 Retas: construção, subdivisão e transporte de medidas

Construção

O uso adequado dos instrumentos evita a imprecisão, a lentidão, as dificuldades na construção do desenho e, conseqüentemente, a baixa qualidade da precisão gráfica. O desenho geométrico é basicamente feito por retas e pontos em um plano bidimensional. Sua principal função é auxiliar em problemas de geometria plana.

Para facilitar o entendimento, é necessário criar algumas definições e convenções:

Pontos: não possuem dimensão e são obtidos pela interseção entre duas linhas.

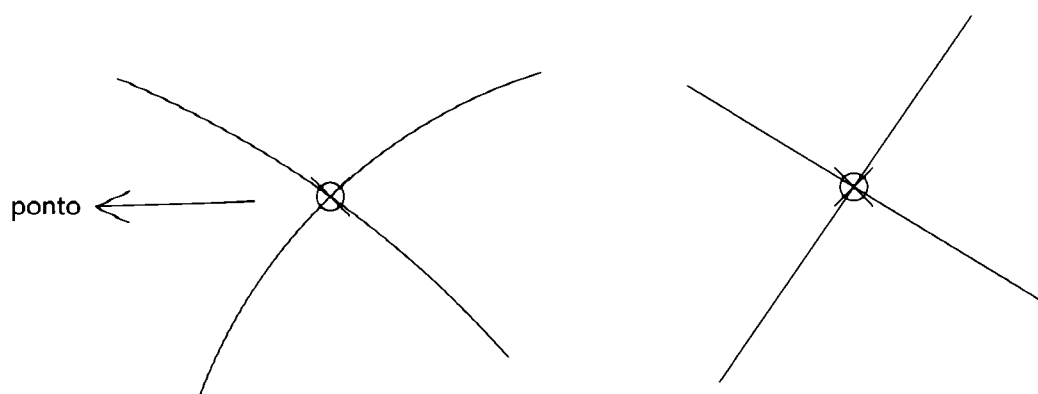


Figura 2.1 Definição de ponto

Linhas: são uma sequência de pontos em comprimento e sem espessura. Se ligarmos dois pontos no menor comprimento possível teremos uma reta.

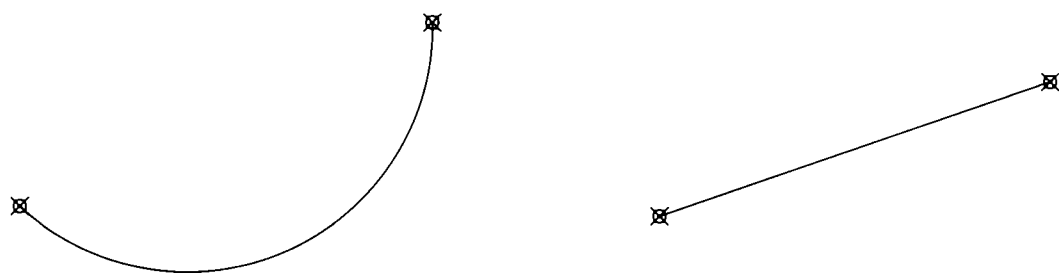


Figura 2.2 Definição de linha

O conceito de reta (r) é que ela segue para o infinito em ambas as direções.

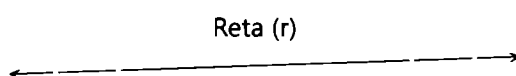


Figura 2.3 Definição de reta

Ao considerarmos um ponto qualquer que pertença à reta (r), esta será dividida em duas semirretas com origem a partir deste ponto definido (O). Habitualmente, define-se o ponto com letras maiúsculas e o nome da reta com letra minúscula.

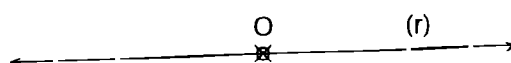


Figura 2.4 Definição de semirreta

Quando temos dois pontos que pertencem à mesma reta, o trecho compreendido entre eles denomina-se segmento de reta.

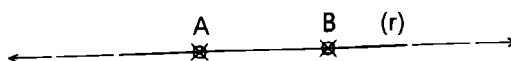


Figura 2.5 Definição de segmento de reta, $\overline{AB}$

Os principais instrumentos utilizados para desenhar as linhas e os pontos serão os esquadros e os compassos.

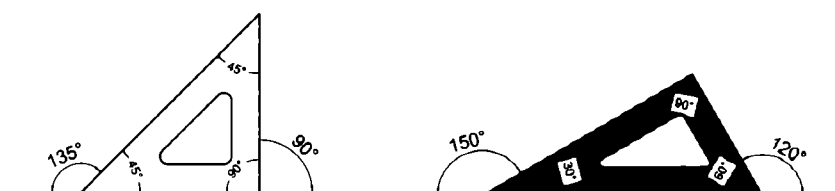


Figura 2.6 Esquadros comerciais

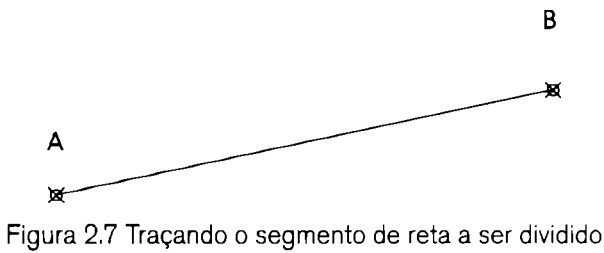
Os esquadros são utilizados para o traçado de linhas horizontais, verticais, e também servem como apoio para o traçado de retas paralelas ou perpendiculares a uma determinada direção. Isso pode ser realizado deslizando-se um esquadro apoiado sobre o outro, que permanece fixo como uma guia.

Todo o desenho técnico fundamenta-se na manipulação correta, ágil e precisa desses instrumentos. Por essa razão, embora alguns dos procedimentos iniciais pareçam, a princípio, muito elementares, a destreza que pode ser adquirida nestes exercícios será decisiva para a qualidade de trabalhos mais complexos.

Subdivisão de um segmento de reta

Para dividirmos uma reta em um dado número de partes iguais ou proporcionais existem várias técnicas.

1º passo: Inicialmente divida um segmento de reta em duas partes iguais. Para isso vamos usar o esquadro e o compasso. Siga estes procedimentos passo a passo:



2º passo: Posicione a ponta-seca do compasso (aquela pontiaguda) em A, utilizando uma abertura um pouco maior que a metade do segmento AB. Faça um arco em cima e embaixo do segmento AB.

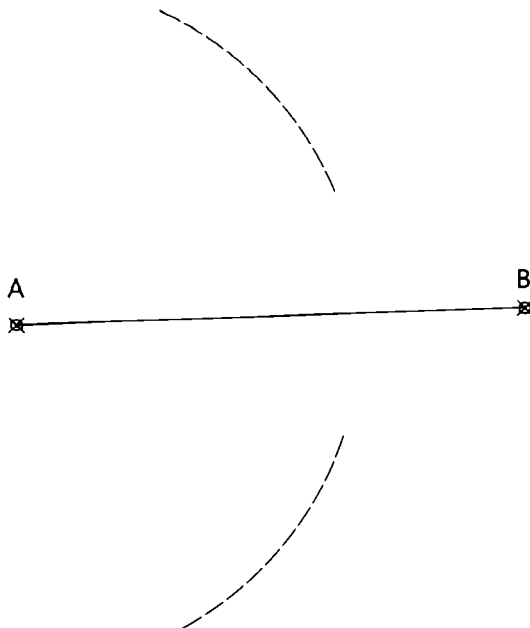


Figura 2.8 Desenhando arcos

3º passo: Com o compasso, mantendo a mesma abertura que a anterior e posicionando a ponta-seca em B, cruze os arcos em cima e embaixo.

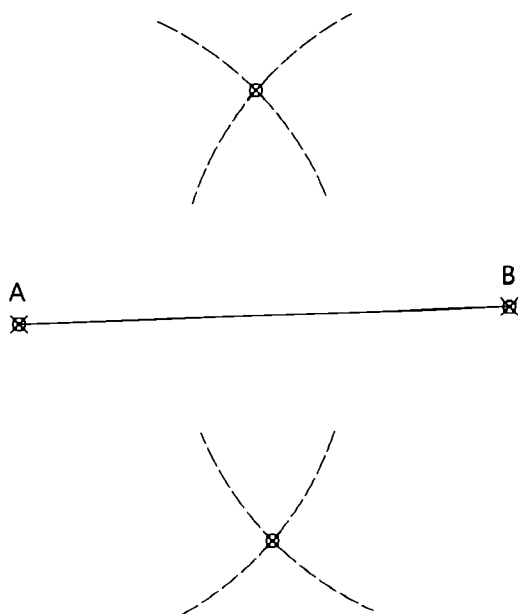


Figura 2.9 Preparando a divisão do segmento com uma reta

4º passo: Trace a reta que passa pelo cruzamento em cima e embaixo dos arcos.

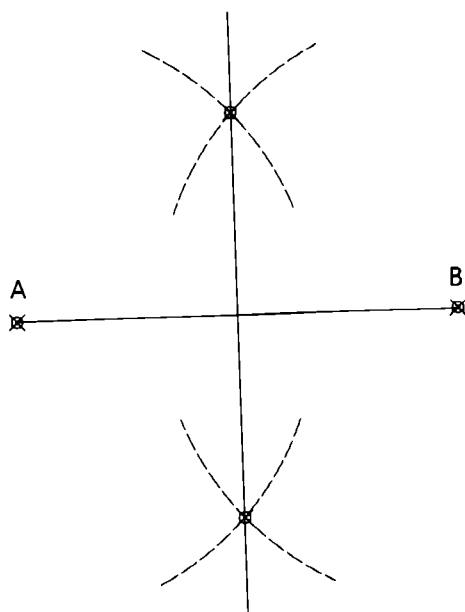


Figura 2.10 Dividindo o segmento com uma reta

O segmento de reta AB ficou subdividido ao meio nos segmentos AM e MB, de mesmo comprimento. Esta igualdade de comprimentos está representada pelos dois pequenos traços.

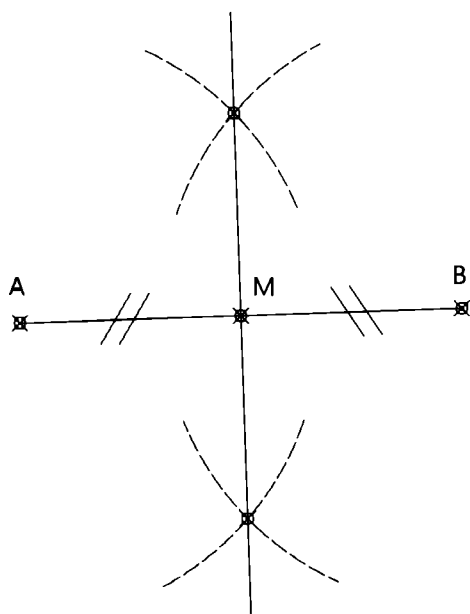


Figura 2.11 Segmento dividido por uma reta que lhe é perpendicular

Para subdividirmos um segmento em 4, 8, 16... partes, basta repetir o procedimento inicial e dividir cada segmento ao meio novamente. Para dividir o segmento em uma quantidade n qualquer, devemos proceder da seguinte forma:

1º passo: Trace o segmento de reta a ser dividido. No exemplo faremos com $n = 5$.



Figura 2.12 Segmento a ser subdividido

2º passo: Faça uma reta auxiliar, com origem em um dos extremos da reta, com um ângulo qualquer. Procure fazer a reta com um ângulo não muito acentuado para não dificultar o desenho. Na seção 2.3, abordaremos de forma mais completa o conceito de ângulo.

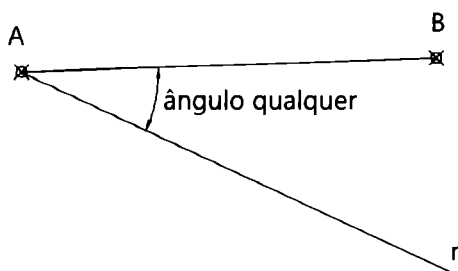


Figura 2.13 Criando uma reta r de apoio

3º passo: Com o compasso em uma abertura constante, faça, na semirreta r , cinco arcos sucessivos. Comece os arcos na extremidade A e siga marcando-os sempre com a ponta-seca no cruzamento anterior. Em outras palavras, para marcar a primeira divisão (1), posicione a ponta-seca em A. Para fazer a divisão 2, posicione a ponta-seca em 1 e repita este procedimento quantas vezes forem necessárias. Note que o tamanho do segmento pode ser escolhido arbitrariamente. Se for muito grande, o desenho será um pouco incômodo. Se for pequeno demais, o mesmo pode acontecer. Procure estabelecer visualmente um tamanho próximo do que seria cada uma das subdivisões para que seu exercício fique semelhante ao exemplo dado.

4º passo: Ligue o cruzamento do último arco (quinto cruzamento) ao outro extremo do segmento de reta B, criando uma direção B5. Você está se preparando para criar segmentos de retas paralelos à reta B5, passando pelos cruzamentos 4, 3, 2 e 1 dos arcos com a semirreta r , de tal forma que eles sejam sempre paralelos.

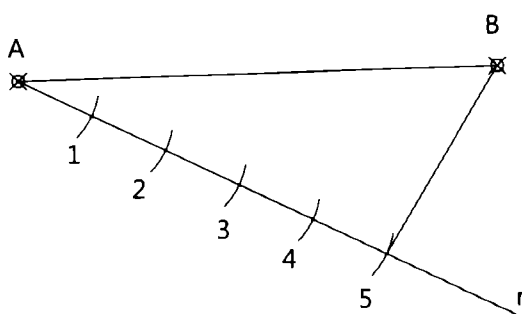


Figura 2.14 Subdividindo a reta r

5º passo: Adiante, na seção 2.3, abordaremos de forma mais aprofundada o conceito de retas paralelas e suas aplicações. Coloque um esquadro ligando a reta B5.

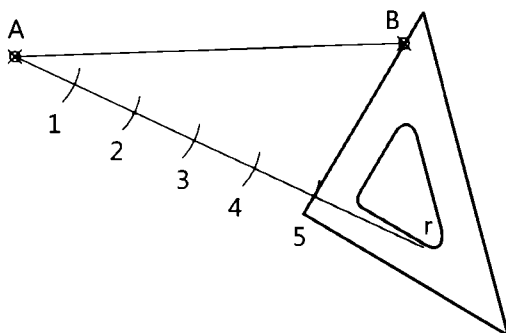


Figura 2.15 Posicionando o esquadro

6º passo: Apoie sobre esse esquadro o segundo esquadro, de forma a criar uma “guia” para o primeiro esquadro “deslizar”.

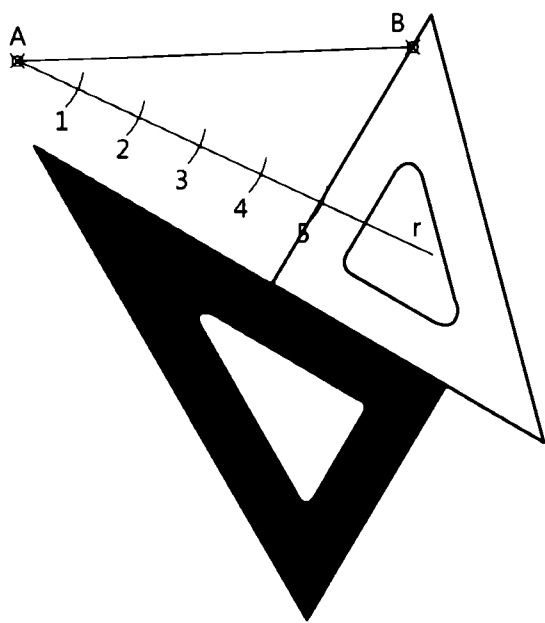


Figura 2.16

7º passo: Deslize o primeiro esquadro no segundo e vá marcando, no segmento de reta AB os pontos de cruzamento.

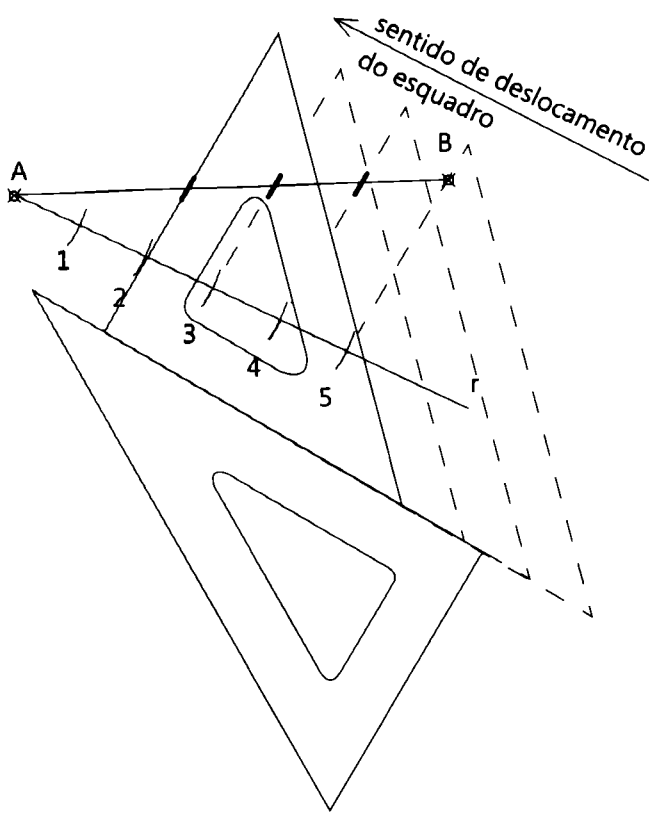


Figura 2.17 Subdividindo a semirreta AB

8º passo: Após cruzar o último arco, retire os esquadros e o segmento AB estará com as marcações de divisão.

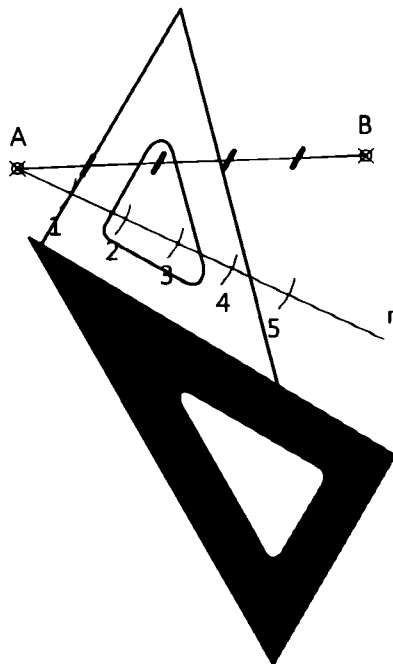


Figura 2.18 Síntese do procedimento

A semirreta AB ficou dividida em cinco partes iguais.

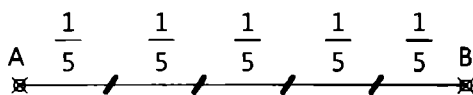


Figura 2.19 Resultado da subdivisão

Transporte de medidas

Copiar ou transportar medidas de arcos, segmentos de reta e outros elementos gráficos é um dos procedimentos mais frequentes no dia a dia do desenhista técnico. O transporte de medidas é realizado frequentemente com o uso do compasso. No exemplo a seguir vamos transportar o segmento AB para a reta r.

1º passo: Ponta-seca do compasso em A, abertura até B, fixe a abertura do compasso:

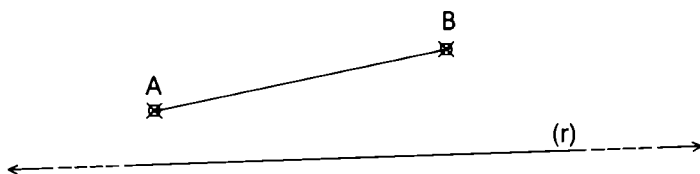


Figura 2.20 Medida a ser transportada

2º passo: Ponta-seca em um ponto O escolhido livremente, mantendo mesma abertura anterior, marque na reta r o arco.

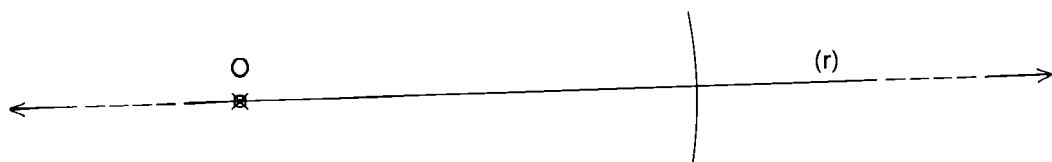


Figura 2.21 Transportando a medida

A medida do segmento de reta AB foi transportada para a reta r .



Figura 2.22 Medida do segmento de reta AB transportada para a reta r

Operações como soma e subtração de medidas podem ser feitas da mesma forma, transportando os segmentos que serão somados ou subtraídos em uma reta que chamamos de suporte. No exemplo, vamos somar e subtrair a reta AB com a reta CD.

1º passo: Crie uma reta suporte r para a qual serão transportados os segmentos de reta AB e CD.

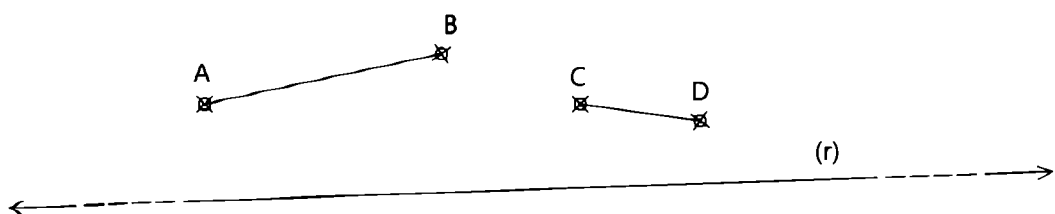


Figura 2.23 Subtraindo segmentos

2º passo: Transporte os segmentos de retas AB e CD para a reta suporte r . O procedimento é o mesmo no descrito no item anterior. Posicione um ponto qualquer na reta suporte designado como ponto A. Com o compasso, ponta-seca em A, abertura até B, escolha a abertura correspondente ao segmento AB. Com a ponta-seca agora no ponto A da reta suporte, desenhe um arco com a abertura AB na reta suporte r .

3º passo: No caso de soma, escolha a abertura agora CD. Com ponta-seca em B, trace um arco no sentido oposto a A na reta suporte.

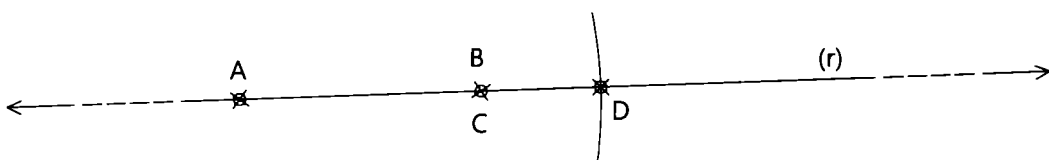


Figura 2.24 Somando a segunda medida

4º passo: Os segmentos AB e CD estão somados na reta suporte r , dando origem ao segmento de reta AD.

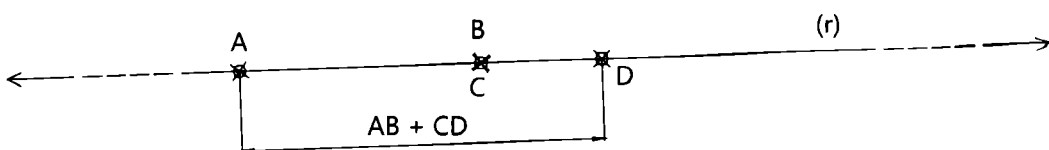


Figura 2.25 O resultado da adição

5º passo: Caso queira a subtração, após o transporte do segmento AB, o segmento CD deve ser colocado no sentido de A.

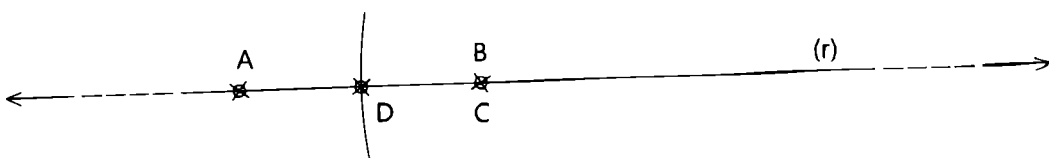


Figura 2.26 Subtraindo a segunda medida da primeira

6º passo: O segmento CD foi subtraído do segmento AB, dando origem ao segmento de reta AD.

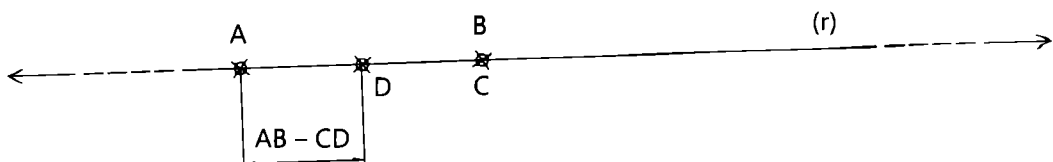


Figura 2.27 Resultado da subtração

2.3 Retas: paralelas e perpendiculares

Os principais esquadros encontrados no mercado permitem o traçado imediato de linhas em ângulos predeterminados (30° , 45° , 60° , 90° e outros). Um recurso para o traçado de linhas com ângulos diferentes é a combinação dos esquadros apoiados uns nos outros como nos exemplos a seguir.

Linhas paralelas

1º passo: Coincida uma aresta do esquadro com a reta.

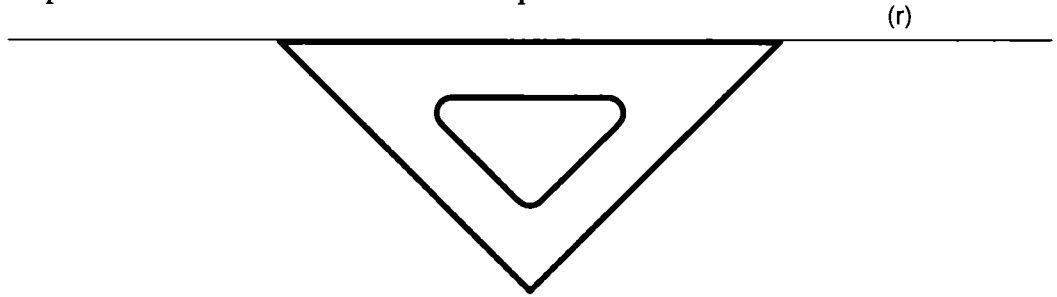


Figura 2.28 Orientando o primeiro esquadro

2º passo: Fixe o esquadro de 60º no esquadro de 45º.

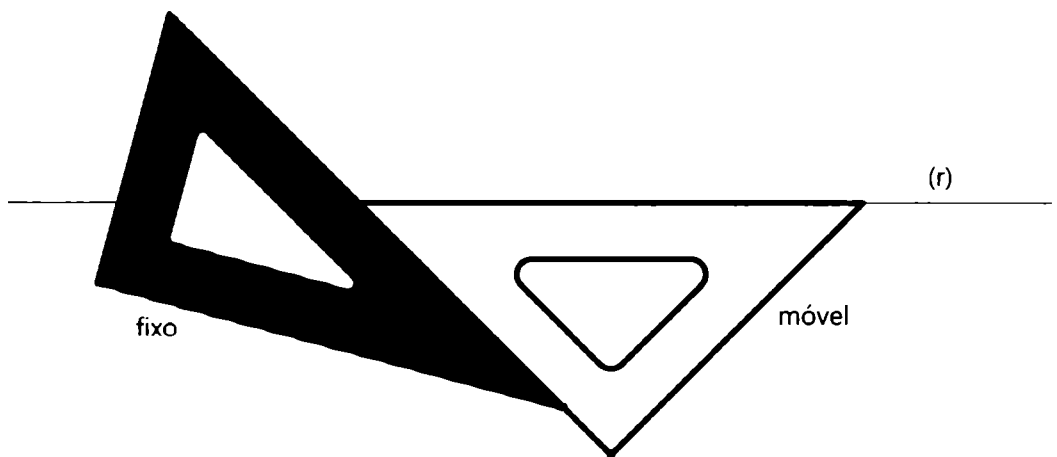


Figura 2.29 Esquadros anexados

3º passo: Mantendo o esquadro de 60º fixo, o de 45º pode ser movimentado livremente nos dois sentidos, traçando as paralelas desejadas.

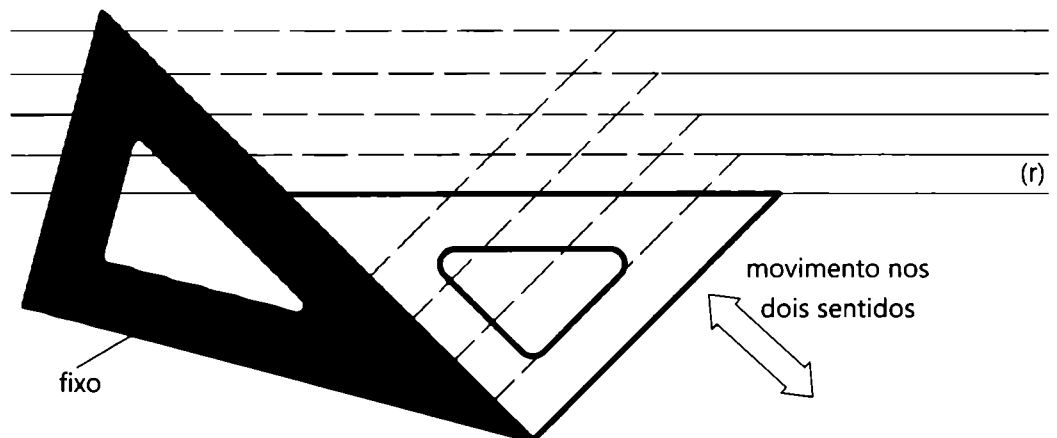


Figura 2.30 Deslizando um esquadro apoiado em outro

É possível também traçar linhas paralelas com auxílio de um compasso:

1º passo: Suponha uma reta r e um ponto C fora desta reta r . Trace uma reta paralela à r passando por C .

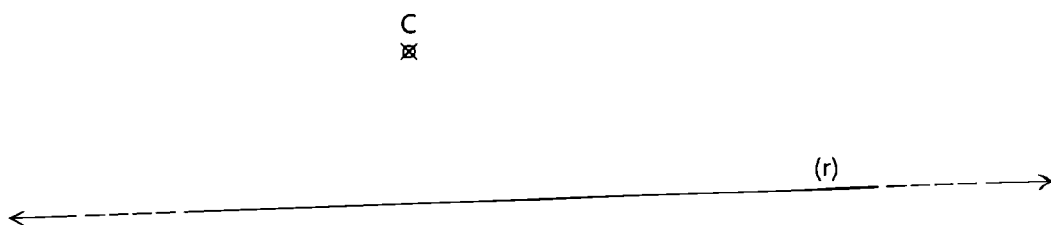


Figura 2.31 A reta e um ponto que lhe é externo

2º passo: Com o compasso com a ponta-seca em C , raio (abertura) escolhido livremente, mas grande o suficiente para cruzar a reta, trace um arco que cruze a reta em 1.

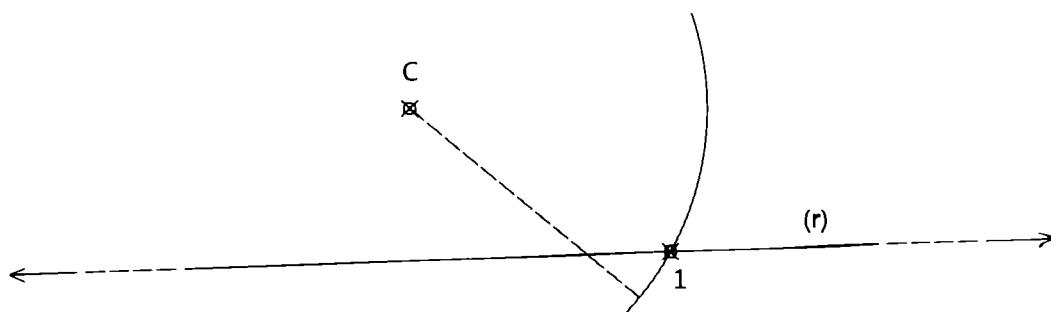


Figura 2.32 Arco cruzando a reta r

3º passo: Com a mesma abertura, inverta a posição, ou seja, posicione a ponta-seca em 1 e, mantendo o mesmo raio anterior, trace o arco que passa por C até cruzar a reta no ponto 2 .

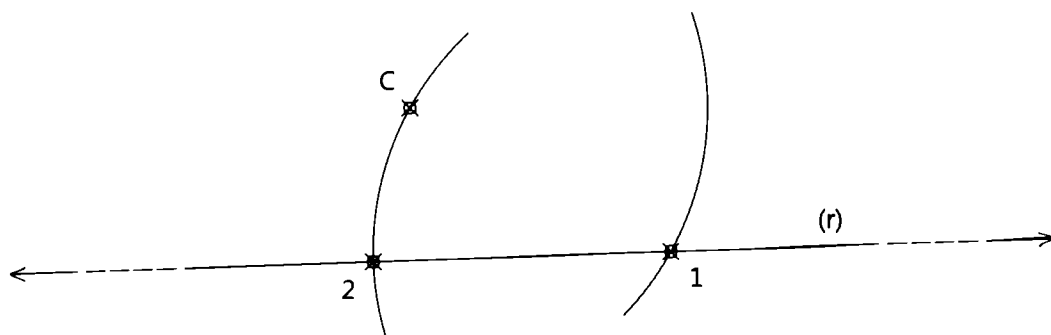


Figura 2.33 Dois arcos de apoio

4º passo: Com a ponta-seca em 2 , faça a abertura até C , medindo-se a abertura do compasso.

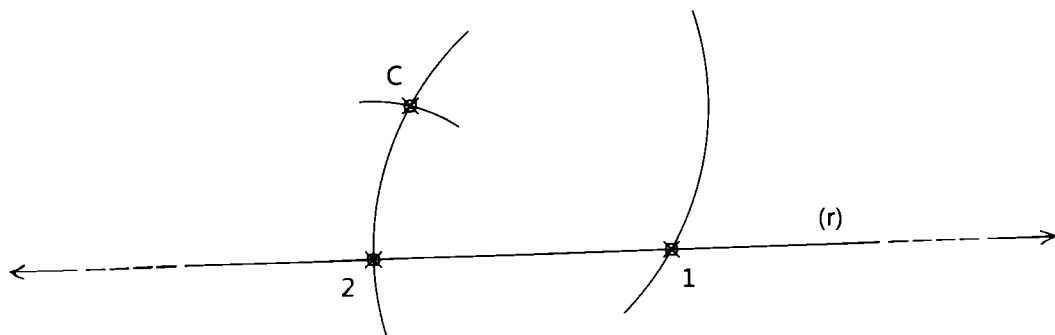


Figura 2.34 Colhendo a medida entre os pontos 2 e C

5º passo: Com a ponta-seca em 1, mesma abertura de 2 até C, cruze o primeiro arco, gerando o ponto 3, transportando a medida.

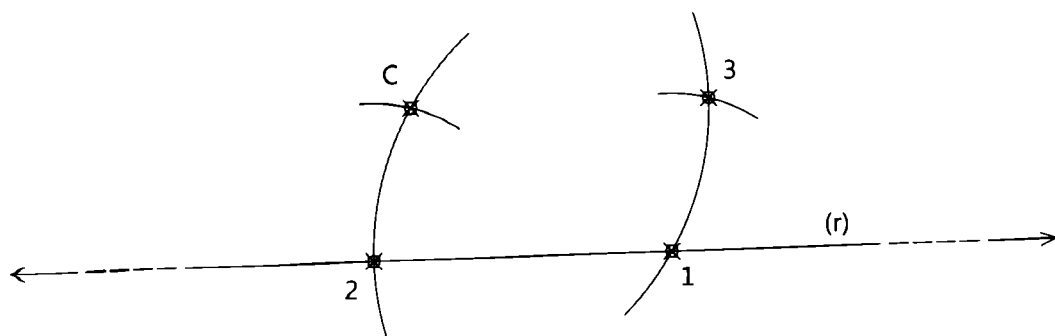


Figura 2.35 Duas medidas iguais demarcadas

6º passo: A reta paralela à reta r será a reta que passa pelos pontos 3 e C.

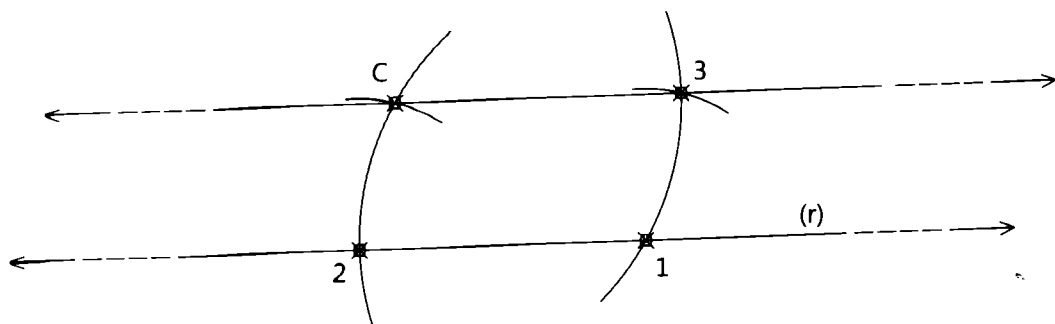


Figura 2.36 Resultado

Linhas perpendiculares

Uma das situações mais comuns na produção de desenhos técnicos é a construção de retas perpendiculares entre si.

1º passo: Posicione o esquadro de 60º com a maior aresta fixa na posição desejada.

2º passo: Posicione o esquadro de 45º com a maior aresta junto ao esquadro de 60º.

3º passo: Desenhe as retas deslizando o esquadro de 45º conforme a figura abaixo.

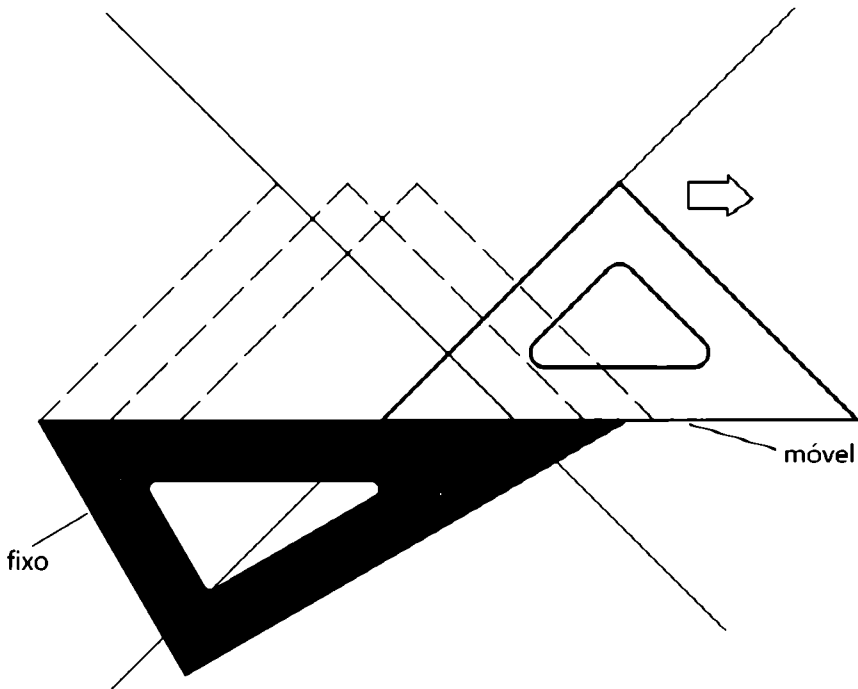


Figura 2.37 Posicionando esquadros para execução de retas perpendiculares entre si

É possível também traçar linhas perpendiculares com auxílio de um compasso. Existem vários métodos. Vamos apresentar na sequência os mais comuns.

Sejam a reta r e o ponto C fora da reta. Desejamos traçar uma reta perpendicular à reta r passando pelo ponto C .

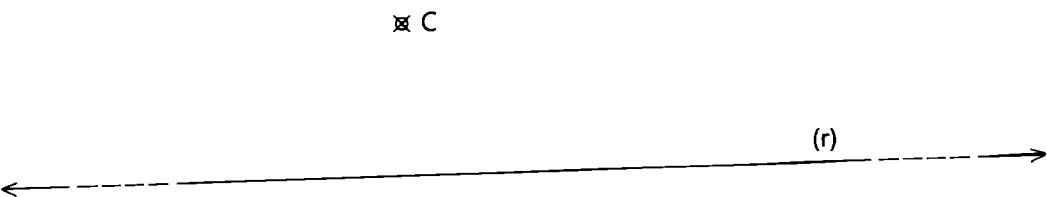


Figura 2.38 Preparando uma perpendicular a uma reta r passando por um ponto C

1º passo: Com o compasso com a ponta-seca em C, raio (abertura) qualquer, desde que corte a reta, trace um arco que cruze a reta em dois pontos: ponto 1 e ponto 2.

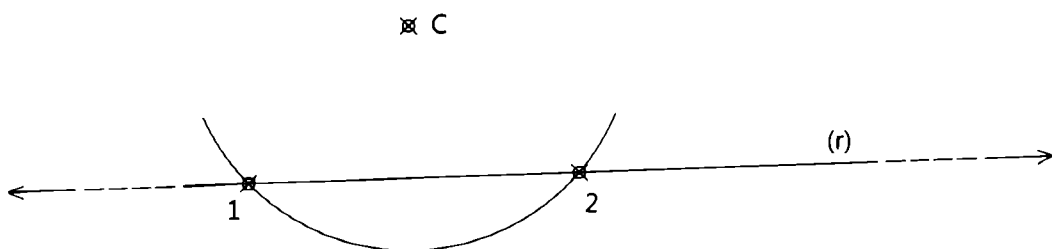


Figura 2.39 Obtendo pontos 1 e 2 na reta r

2º passo: Com a ponta-seca em 1, abertura de livre escolha, faça um arco abaixo do primeiro.

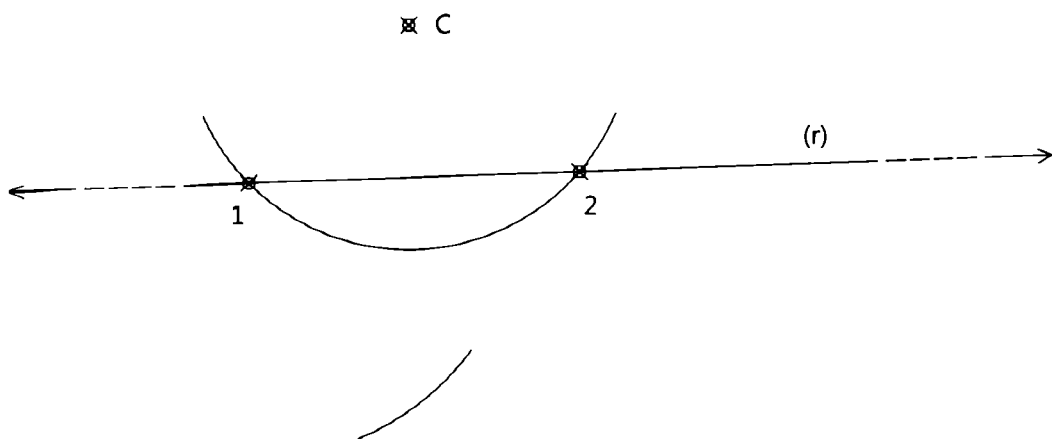


Figura 2.40 Criando um ponto equidistante de 1 e 2 abaixo da reta r

3º passo: Com a ponta-seca em 2, mesma abertura do compasso do 2º passo, cruze o primeiro arco, gerando o ponto 3.

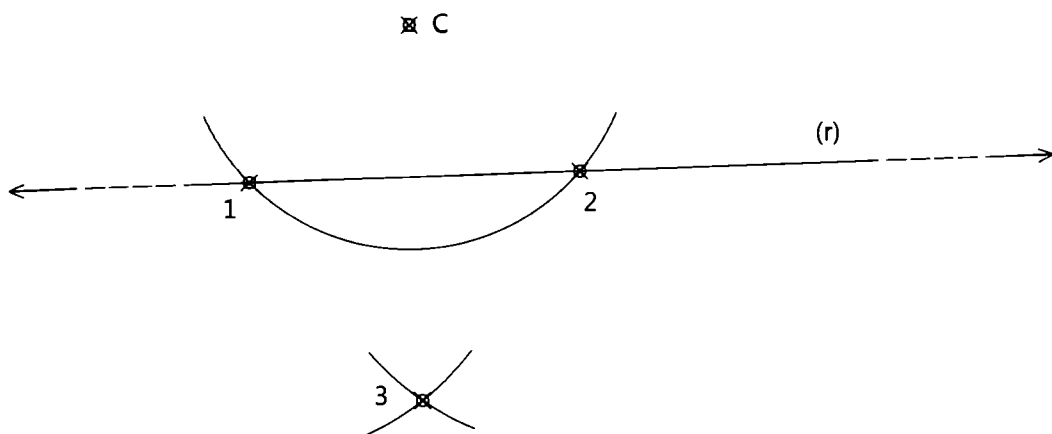


Figura 2.41 Demarcando o ponto equidistante de 1 e 2

4º passo: Ligue-se o ponto 3 ao ponto C, assim desenhe a reta perpendicular à reta r .

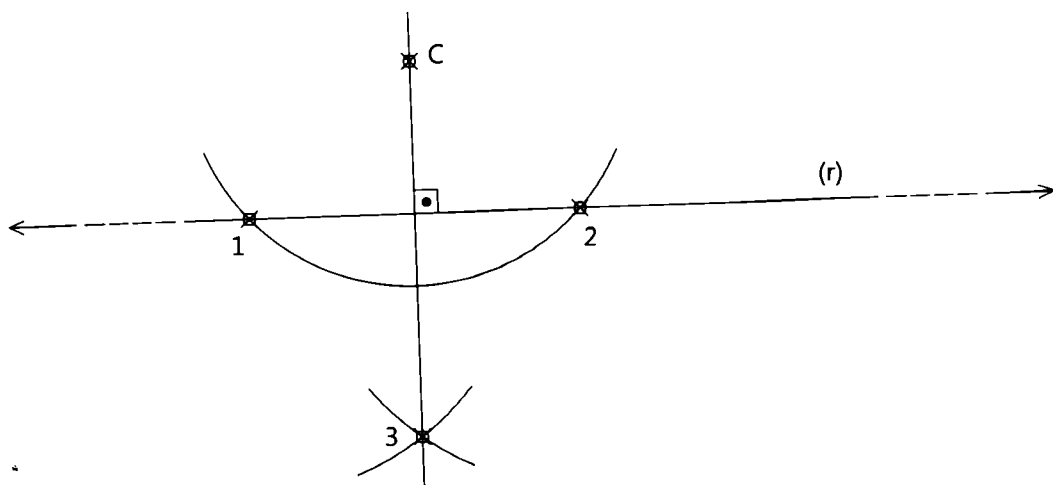


Figura 2.42 Linha perpendicular a uma reta r passando por um ponto C, obtida com o uso de compasso

Um processo bastante semelhante pode ser utilizado caso o ponto C esteja sobre a reta e não fora dela. Sejam a reta r e o ponto C pertencente à reta. Queremos traçar uma reta perpendicular à reta r , mas passando pelo ponto C.

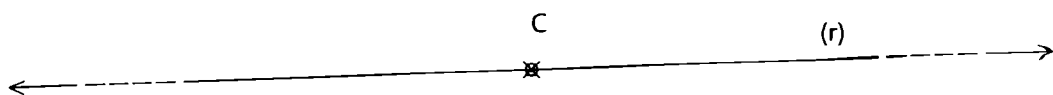


Figura 2.43 Preparando uma perpendicular a uma reta r passando por um ponto dado na própria reta

1º passo: Com o compasso com a ponta-seca em C, raio qualquer, trace dois arcos de mesma abertura, cruzando a reta em dois pontos: ponto 1 e ponto 2.

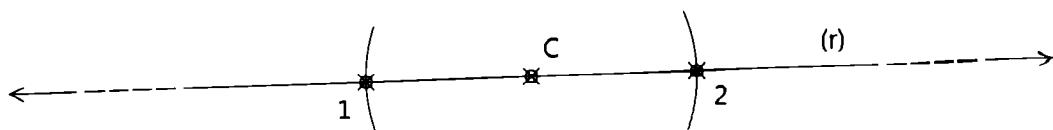


Figura 2.44 Demarcando pontos 1 e 2

2º passo: Com a ponta-seca em 1, abertura qualquer, faça um arco.

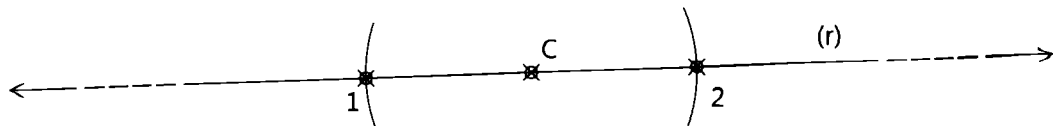


Figura 2.45 Arco de apoio a partir do ponto 1

3º passo: Com a ponta-seca em 2, mesma abertura do compasso do 2º passo, cruze o primeiro arco, gerando o ponto 3.

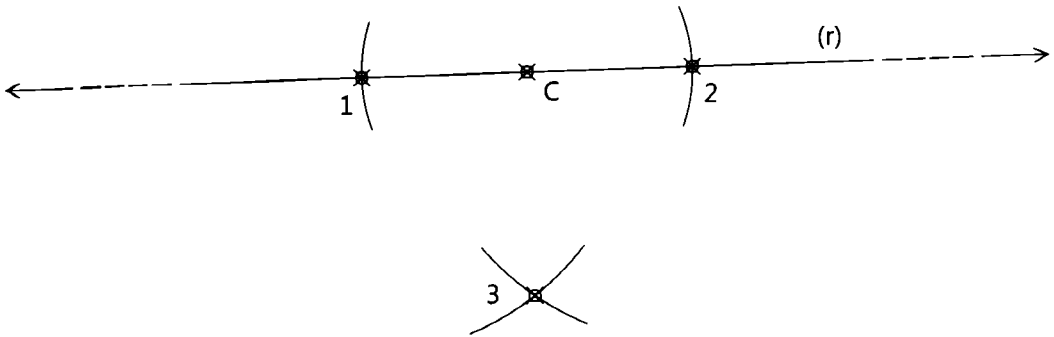


Figura 2.46 Arco de apoio a partir do ponto 2, obtendo um ponto equidistante de 1 e 2

4º passo: Liga-se o ponto 3 ao ponto C, criando-se a reta perpendicular à reta r .

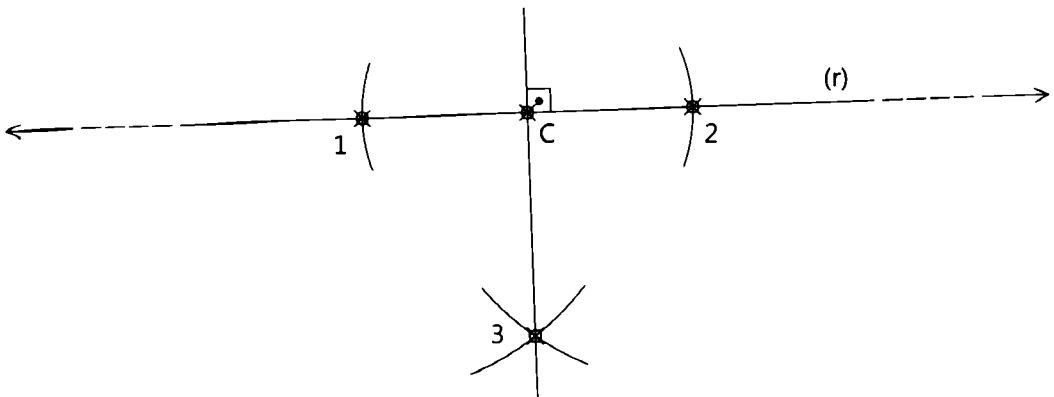


Figura 2.47 Reta perpendicular a um ponto interno dado de uma reta

2.4 Ângulos: construção, subdivisão e transporte de medidas

Ângulos são entidades gráficas extremamente comuns em desenho técnico. O ângulo é a reunião de duas semirretas distintas com uma origem comum.

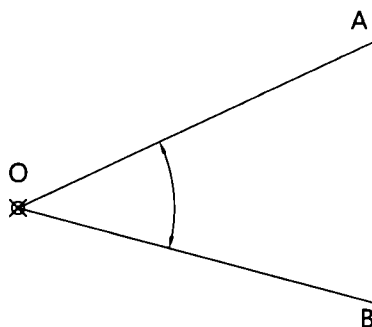


Figura 2.48 Representação de um ângulo

Construções de ângulos

Os ângulos podem ser construídos com o uso de compasso, baseando-se na construção de um ângulo de 60° e seus múltiplos. Isso será demonstrado na subdivisão de ângulos na página 36.

A seguir, mostramos como construir um ângulo de 60° na reta r com origem em O .



Figura 2.49 Uma semirreta r a partir do ponto O , vértice do ângulo

1º passo: Coloque a ponta-seca do compasso no início da semirreta e faça um arco que cruze a reta r , criando o ponto 1.

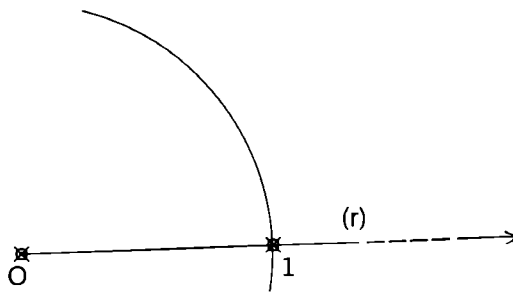


Figura 2.50 Demarcando um ponto 1 na semirreta r

2º passo: Com a mesma abertura, inverte-se a posição, ou seja, ponta-seca em 1, trace um arco que cruze o arco anterior, criando o ponto 2.

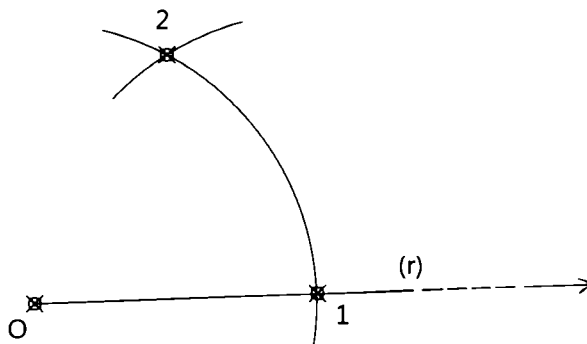


Figura 2.51 Demarcando um ponto 2, equidistante de 1 e O

3º passo: Ligue o ponto O com o ponto 2, gerando o ângulo de 60° . Observe que os pontos O , 1 e 2 delimitam também os vértices de um triângulo equilátero cujos ângulos internos são todos iguais a 60° .

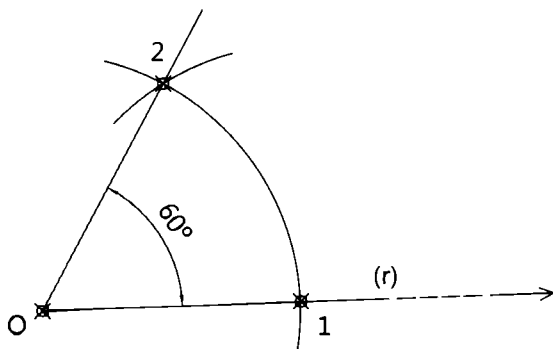


Figura 2.52 Obtendo o ponto 2 e conectando-o com O

A partir desse princípio, para fazer um ângulo de 120° , basta fazer mais um transporte de arco, com a mesma abertura, de 2 para um cruzamento 3.

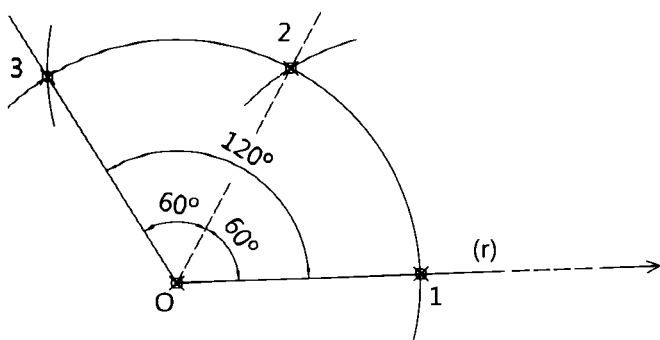


Figura 2.53 Duplicando o ângulo para obtermos 120°

Fazendo diferentes combinações dos esquadros 45° e 30° e 60° , podemos construir diversos ângulos, como pode ser visto na figura 2.54.

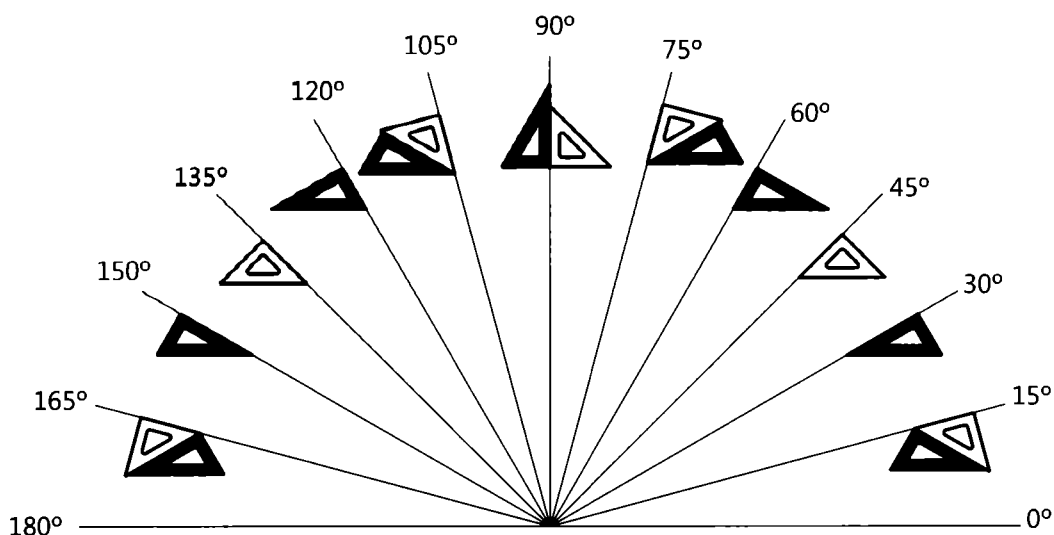


Figura 2.54 Visão geral dos ângulos que podem ser construídos com dois esquadros

Os esquadros possuem, normalmente, os ângulos apresentados na figura abaixo:

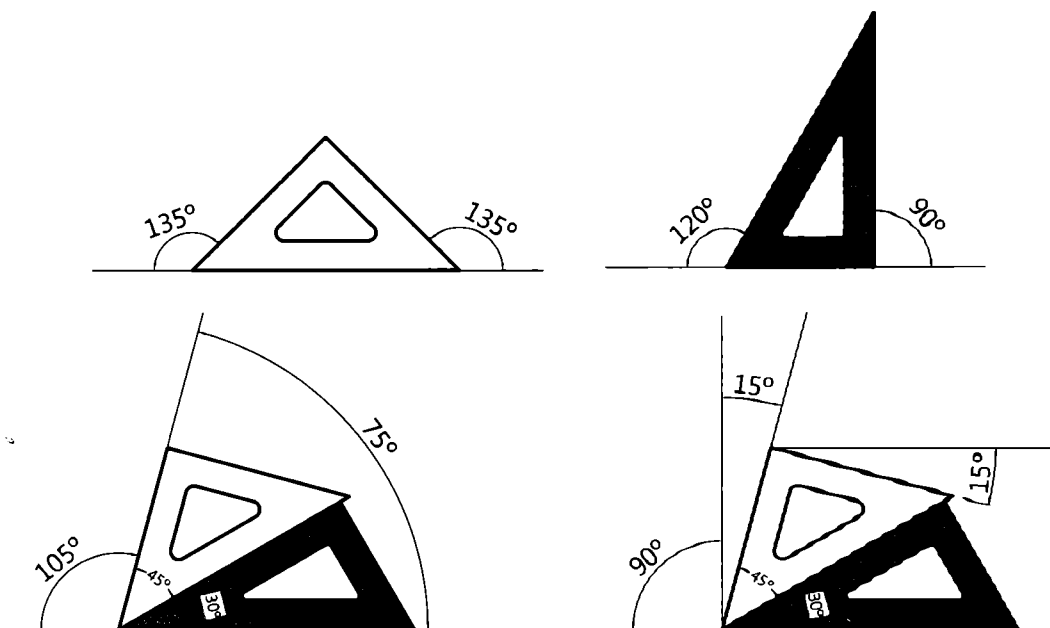


Figura 2.55 Ângulos básicos obtidos com esquadros

Subdivisões de ângulos

Os ângulos podem, geometricamente, ser divididos a partir de vários métodos. A rigor, a trisseção do ângulo não foi provada matematicamente, sendo que o procedimento geométrico apresentado a seguir é, na verdade, uma aproximação geométrica. Apresentaremos a bissetriz, que divide um ângulo em duas partes iguais e, também, uma forma aproximada de divisão angular em três partes “iguais”. Em seguida veremos um método para divisão angular em n partes.

Dado um ângulo qualquer, vamos dividi-lo em dois ângulos iguais. A reta que divide esse ângulo em dois é a bissetriz.

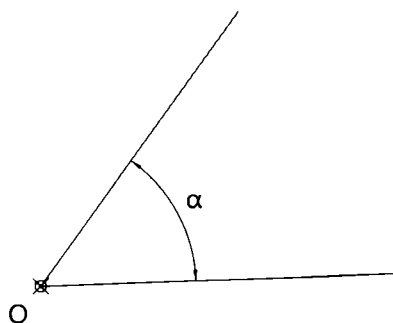


Figura 2.56 Preparando a bissetriz de um ângulo α dado

1º passo: Coloque a ponta-seca do compasso no início do ângulo e faça um arco que cruze as duas semirretas, criando os pontos 1 e 2.

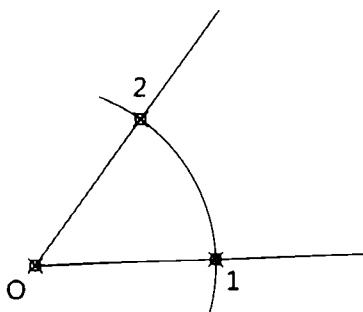


Figura 2.57 Demarcando os pontos 1 e 2

2º passo: Coloque a ponta-seca no ponto 1 e faça um arco. Depois, coloque, com a mesma abertura, o compasso com a ponta-seca no ponto 2 e cruze o arco anterior.

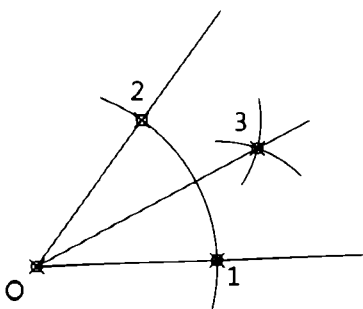


Figura 2.58 Encontrando o ponto 3, equidistante de 1 e 2

3º passo: A reta que passa pelo ponto de origem do ângulo, ponto O, e passa pelo ponto 3 é a bissetriz do ângulo dado.

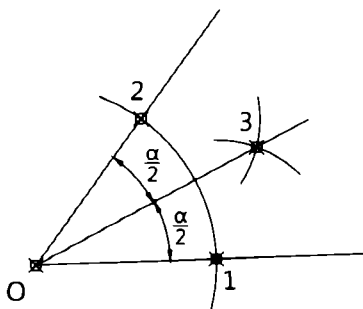


Figura 2.59 Bissetriz de um ângulo dado

Para fazer um ângulo de 30° , podemos fazer um ângulo de 60° , conforme procedimento que vimos há pouco, e traçar sua bissetriz.

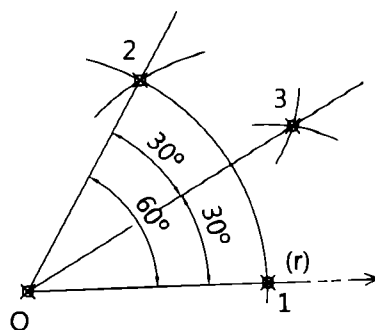


Figura 2.60 Ângulos de 30° obtidos pela bissetriz do ângulo de 60°

Para fazer um ângulo de 90° , podemos fazer um ângulo de 120° , a partir de dois ângulos de 60° , e traçar a bissetriz do segundo ângulo de 60° .

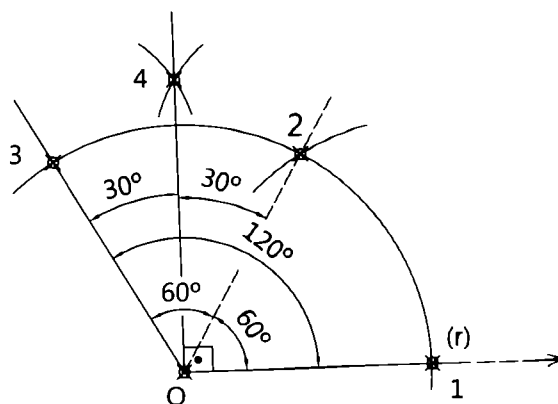


Figura 2.61 Construindo um ângulo de 90° a partir da subdivisão e soma de dois ângulos de 60°

Assim, poderíamos construir ângulos de 15° , 75° , 135° e outros, a partir do ângulo de 60° e suas divisões.

Dividindo o ângulo em aproximadamente três partes iguais

Dado um ângulo qualquer, vamos dividi-lo em aproximadamente três ângulos iguais.

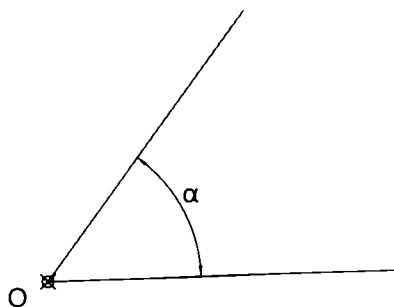


Figura 2.62

1º passo: Faça um círculo de raio qualquer cruzando o arco nos pontos 1 e 2. Prolongue a semirreta do ângulo até cruzar o círculo, formando os pontos 3 e 4.

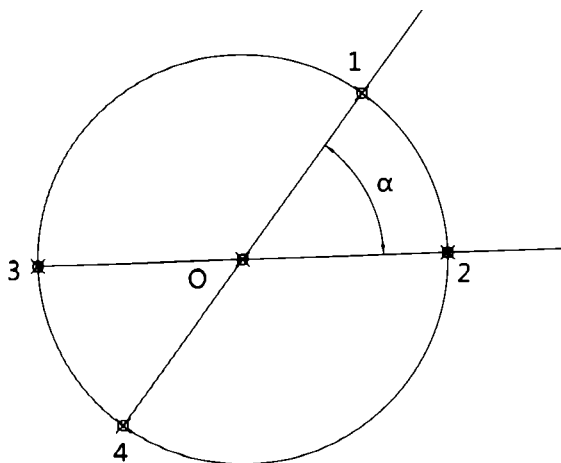


Figura 2.63 Preparando a subdivisão de um ângulo α dado em três partes iguais, utilizando um procedimento aproximado

2º passo: Trace a bissetriz do ângulo e transporte a distância do raio da circunferência sobre essa bissetriz, gerando o ponto A.

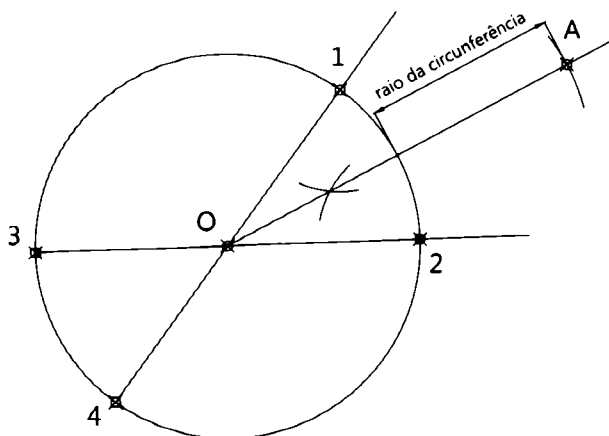


Figura 2.64 Determinando o ponto A

3º passo: Ligue o ponto A aos pontos 3 e 4, como na figura abaixo.

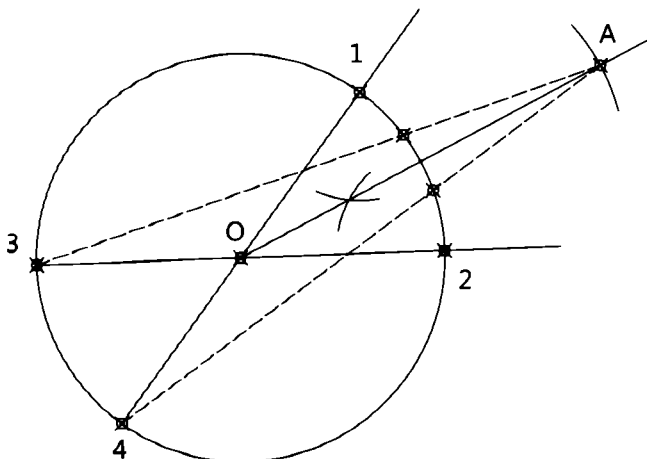


Figura 2.65 Conectando o ponto A aos pontos 3 e 4

Os dois pontos criados no arco dividem, aproximadamente, o ângulo dado em três partes.

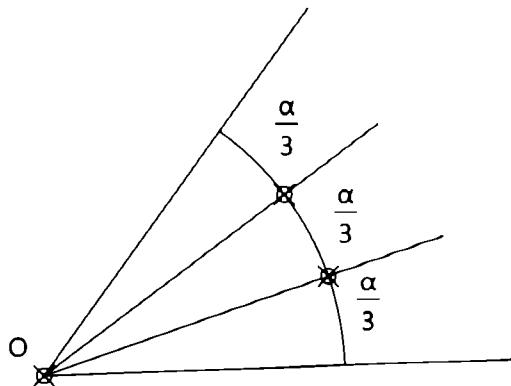


Figura 2.66 Resultado da divisão do ângulo em três partes iguais

Divisão de ângulo em n partes iguais utilizando um procedimento aproximado

Dado um ângulo qualquer, vamos dividi-lo em n ângulos iguais. Para o exemplo vamos usar $n = 5$.

1º passo: Faça um círculo de raio qualquer cruzando o arco nos pontos 1 e 2. Prolongue a semirreta do ângulo até cruzar o círculo, formando os pontos 3 e 4.

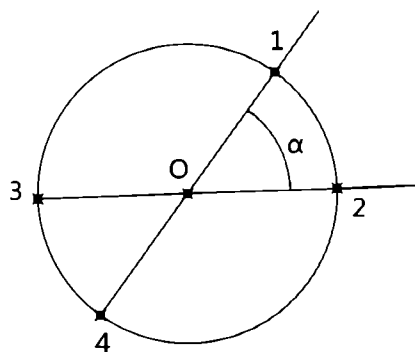


Figura 2.67 Preparando a subdivisão em n partes iguais

2º passo: Posicione a ponta-seca em 2, abertura até 3, faça um arco. Posicione a ponta-seca em 3, abertura até 2, cruze o arco anterior, gerando o ponto A. Ligue o ponto A ao ponto 1, criando o ponto B.

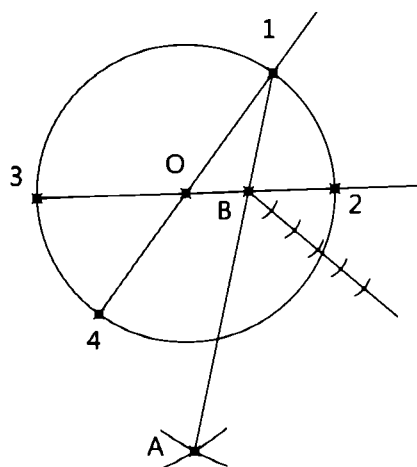


Figura 2.68 Criando um segmento de apoio para subdivisão do arco

3º passo: Divida o segmento de reta B2 em n partes.

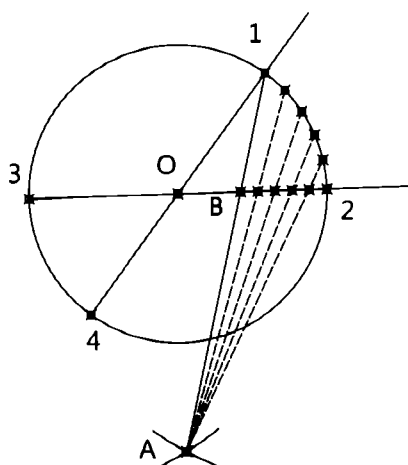


Figura 2.69 Executando a subdivisão

4º passo: Veja um exemplo de uma subdivisão em cinco partes iguais (veja Subdivisão de um segmento de reta na página 19, para recordar este procedimento).

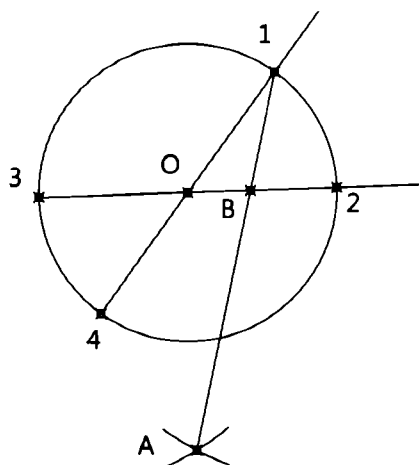


Figura 2.70 Preparando a subdivisão em cinco partes iguais

5º passo: Projete as retas saindo de A, passando pelas divisões dos segmentos, até cruzar com o arco do ângulo a ser dividido.

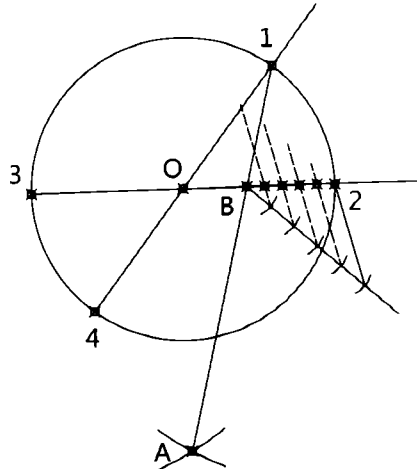


Figura 2.71 Subdividindo o segmento B2 em cinco partes iguais

6º passo: Ligue o centro O até os pontos de cruzamento, criando a divisão do ângulo em cinco partes iguais.

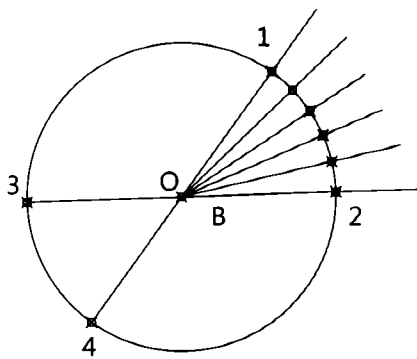


Figura 2.72 Resultado da subdivisão em cinco partes iguais

2.5 Arcos: círculos, elipses e concordâncias

Círculos e elipses são figuras geométricas bastante frequentes tanto no âmbito do desenho técnico, quanto no desenvolvimento de projetos nas áreas de engenharia e arquitetura. É importante, portanto, não apenas conhecer sua aparência, mas algumas de suas propriedades geométricas e matemáticas.

Círculo e circunferência

Uma circunferência é o lugar geométrico dos pontos equidistantes de um ponto O , que é seu centro. O círculo é a região interna da circunferência. Logo, a circunferência é um comprimento, um perímetro, e o círculo é uma área.

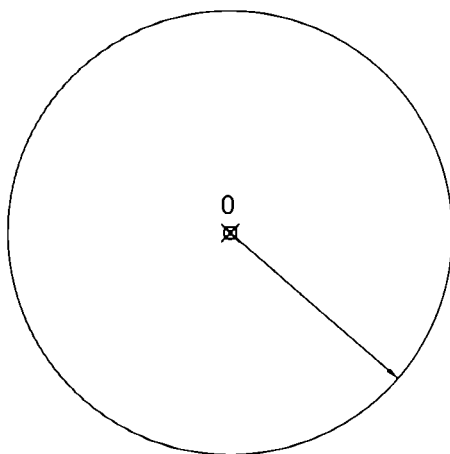


Figura 2.73 O círculo

Elipse

A elipse é uma seção cônica que se obtém pela interseção de uma superfície cônica com um plano que corta todas as diretrizes dessa superfície. Matematicamente, a elipse é definida da seguinte forma: a soma das distâncias de cada um dos pontos da elipse a dois pontos fixos (focos da elipse) é constante.

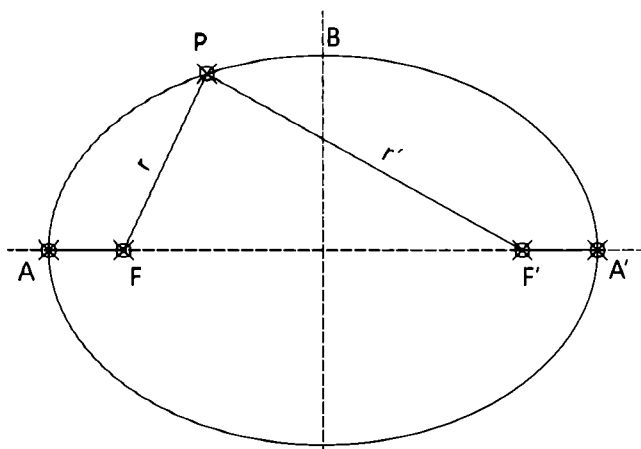


Figura 2.74 Definição da elipse, seus focos e a soma das distâncias do seu perímetro aos focos

Para se construir uma elipse existem vários métodos. Vejamos um exemplo de construção de elipse dado o eixo maior e os focos.

1º passo: Trace o eixo maior, cujas extremidades são os vértices A e B, marcando os focos F e F' e o centro O.

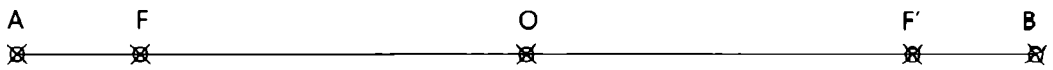


Figura 2.75 Definindo eixo e focos da elipse

2º passo: A partir de F e F', divida o segmento FO em n partes. Quanto mais partes, mais precisa e melhor desenhada será sua elipse. Note que, assim como em outros casos, esse é um procedimento aproximado. Para o exemplo, vamos dividir em oito partes. Marque as divisões de tamanhos iguais com os pontos 1, 2, 3 e 4 e 1', 2', 3' e 4' respectivamente à esquerda e à direita do centro O.

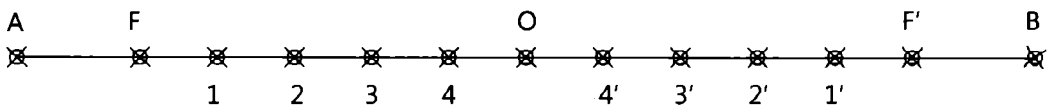


Figura 2.76

3º passo: Com a ponta-seca do compasso em F e raios A1', A2', A3' e A4', e depois com centro em F' e raios A'1, A'2, A'3 e A'4, trace uma série de arcos.

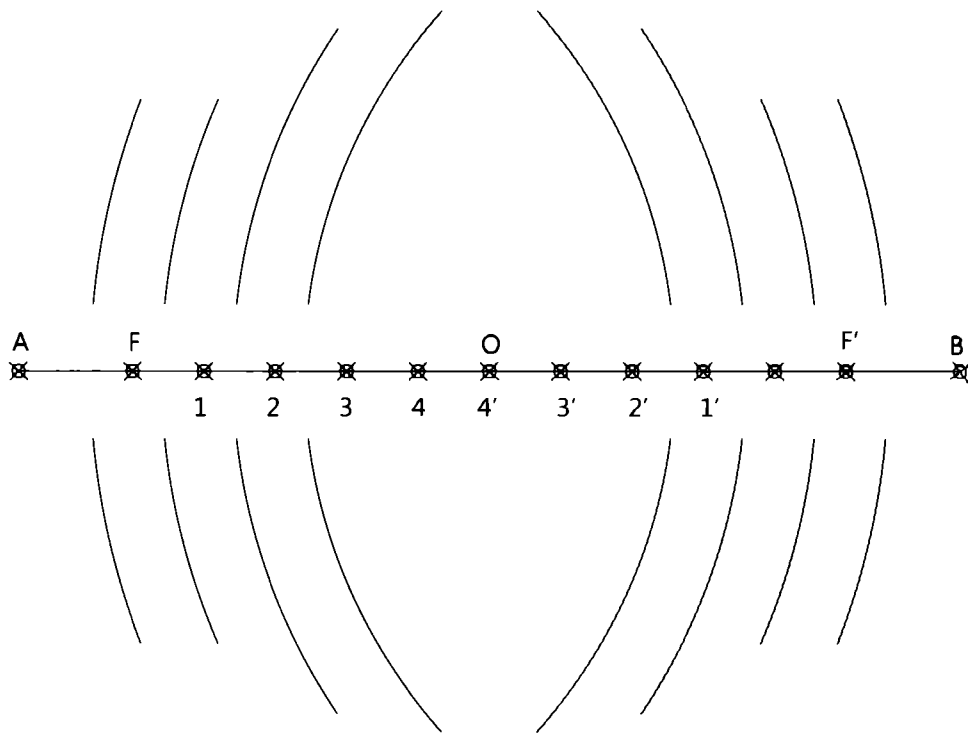


Figura 2.77 Primeiro conjunto de arcos para a construção da elipse

4º passo: Com centro em F e raios A1, A2, A3 e A4, e depois com centro em F' e raios A'1, A'2, A'3 e A'4, trace arcos que cruzem os primeiros.

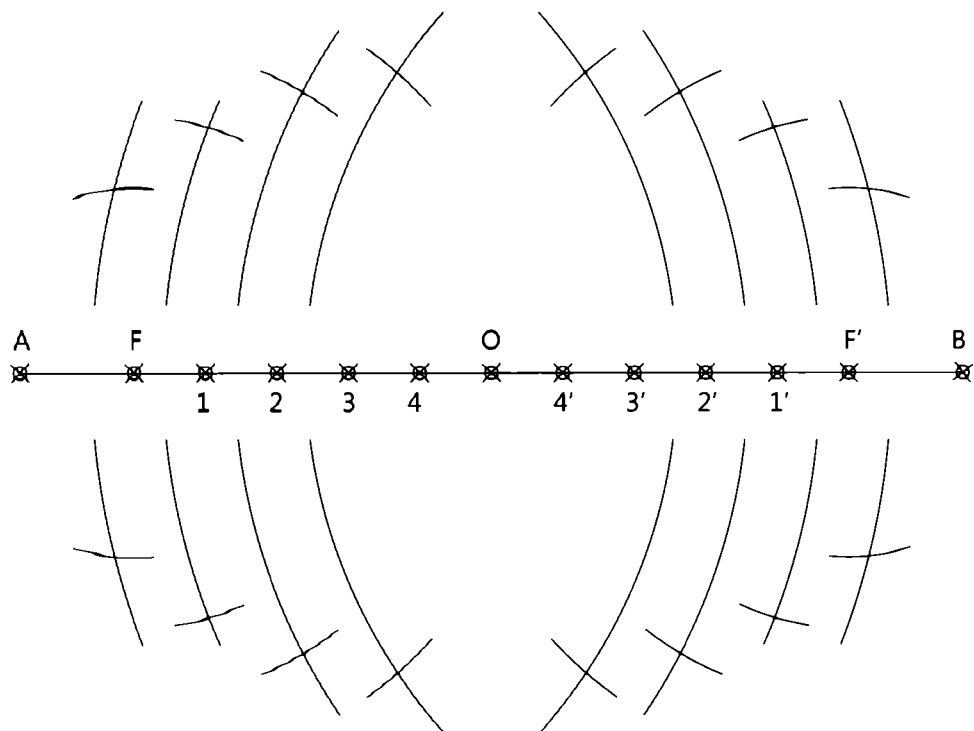


Figura 2.78 Segundo conjunto de arcos para a construção da elipse

5º passo: Com centro em F e raios A1, A2, A3 e A4 e depois com centro em F' e raios A'1, A'2, A'3 e A'4, trace arcos de modo a interceptarem os primeiros.

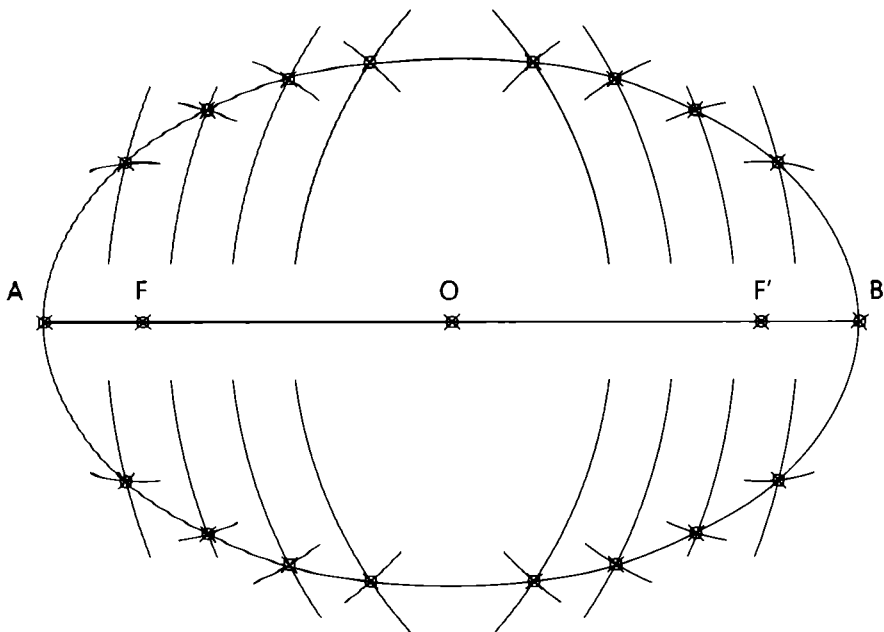


Figura 2.79 Finalizando a elipse

O segmento de reta ortogonal ao eixo AB que passa pelo centro O é o eixo menor, cujas extremidades são as interseções com a elipse formando seus vértices C e D.

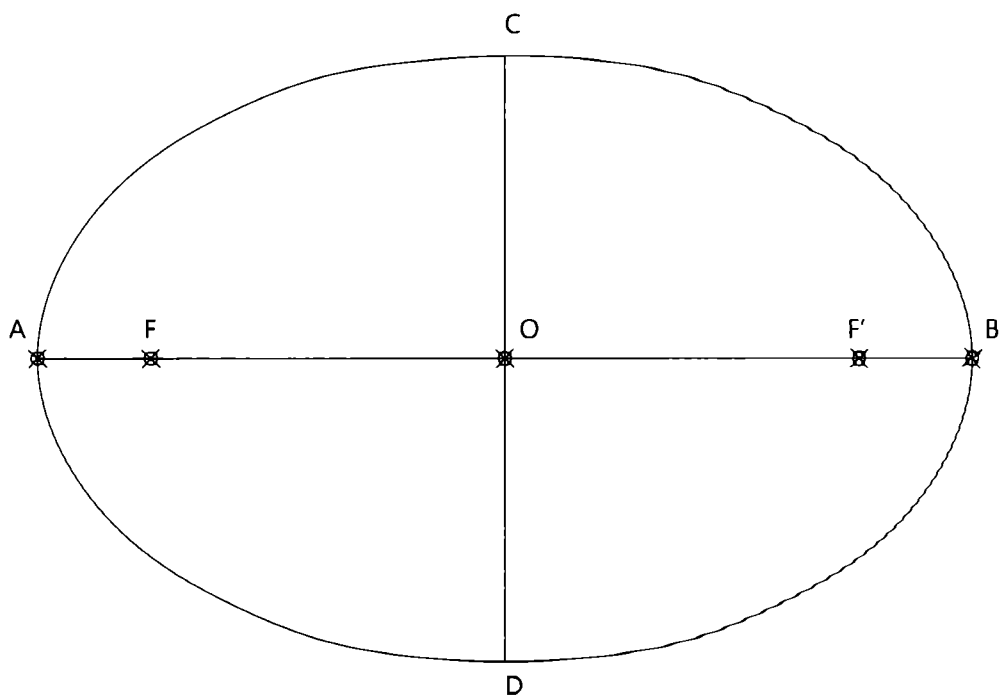


Figura 2.80 Eixos da elipse

Concordâncias

Arcos geométricos são curvas formadas por arcos de circunferência que concordam com duas semirretas com seus centros alinhados de forma perpendicular. Essa configuração é bastante comum em muitas áreas do desenho técnico, pois é frequentemente utilizada no projeto de vias de todo tipo, condutores, bem como na representação de arredondamentos entre linhas e planos.

Duas linhas que são tangentes entre si irão determinar uma concordância quando forem unidas pelo ponto de tangência sem ruptura ou angulosidade.

Dois tipos diferentes de linha podem concordar. A concordância pode ocorrer entre um segmento de reta e um arco ou entre dois arcos.

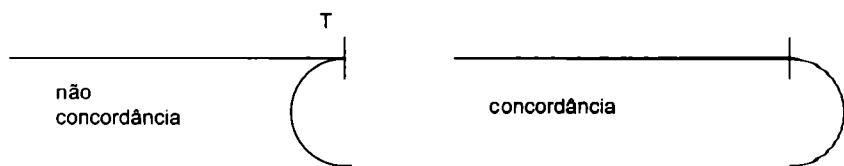


Figura 2.81 Concordâncias e não concordâncias

Uma reta e um arco concordam se o centro do arco estiver perpendicular à reta no ponto de tangência.

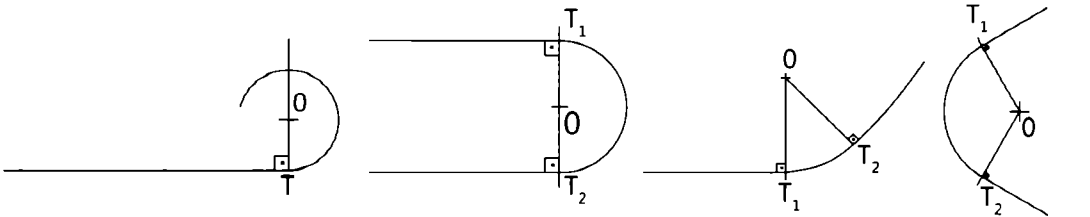


Figura 2.82 Exemplos de concordância. Devemos notar na figura acima que, no ponto de encontro entre reta e arco, é possível visualizar perpendiculares passando pelo centro do arco que executa a concordância.

Dois arcos estarão em concordância quando seus centros estiverem alinhados com o ponto de tangência.

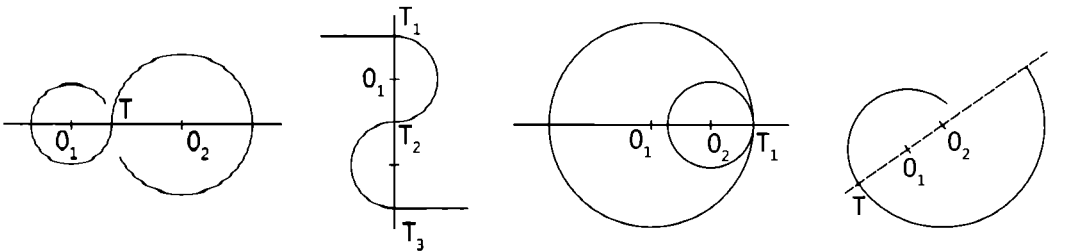


Figura 2.83 Concordância entre arcos. Devemos observar em que, em todos os casos, é possível constatar o alinhamento entre o centro dos arcos e do ponto de concordância

Concordâncias de arco com reta

Tendo conhecimento do raio do arco, da reta e do ponto de tangência.

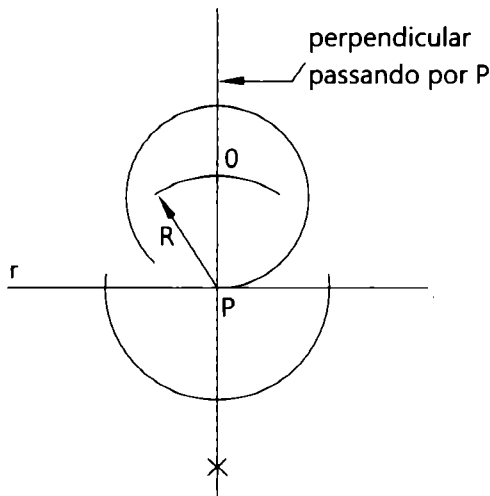


Figura 2.84

Tendo conhecimento do centro do arco e da reta.

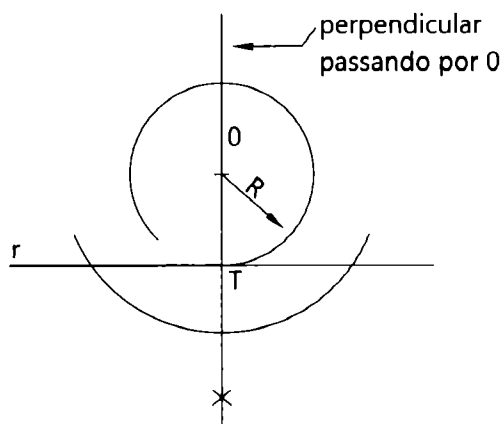


Figura 2.85

Tendo conhecimento da reta, do raio e de um ponto P qualquer pertencente ao arco.

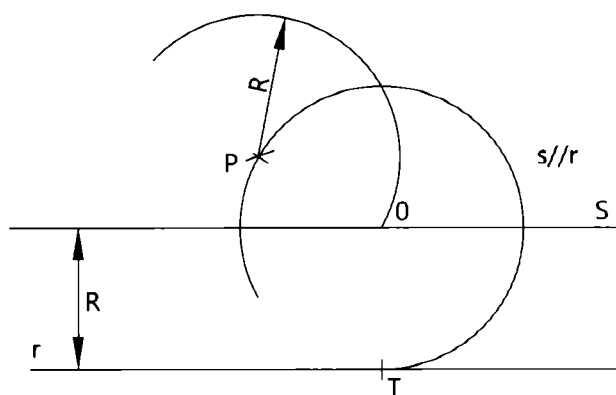


Figura 2.86

Tendo conhecimento da reta, do ponto de tangência e de um ponto Q qualquer pertencente ao arco.

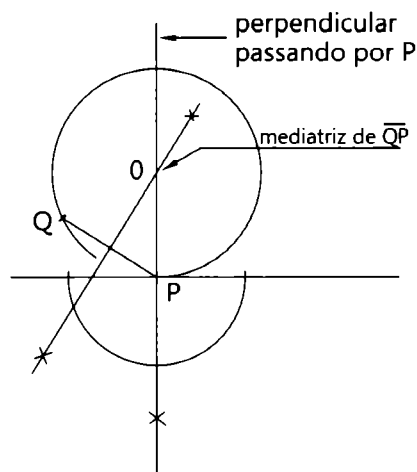


Figura 2.87

Concordâncias de arco com arco

Arco em concordância com uma reta e outro arco, tendo conhecimento do raio e do centro de um dos arcos, da reta e do raio do outro arco.

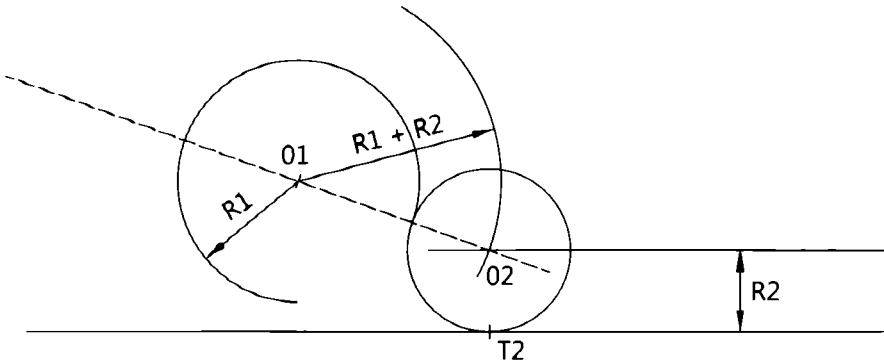


Figura 2.88

Tendo conhecimento do raio e do centro de um arco e apenas do centro do outro arco.

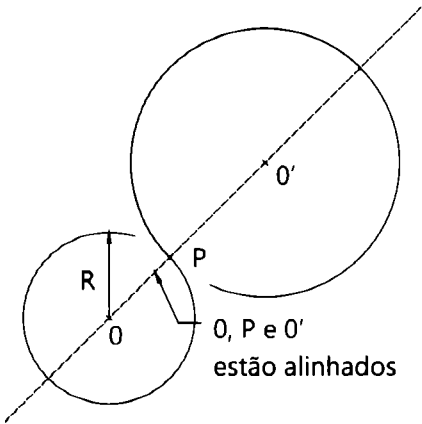


Figura 2.89

Tendo conhecimento do raio, do centro de um dos arcos, do raio e do ponto de concordância ou tangência do outro arco.

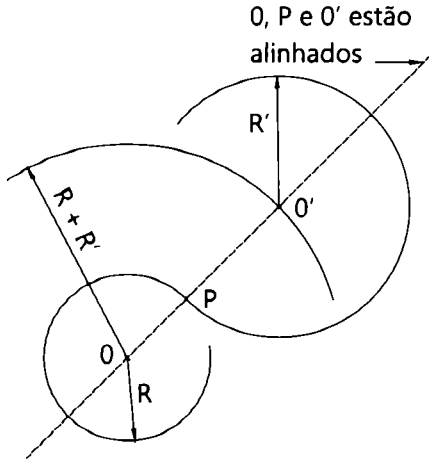


Figura 2.90

Tendo conhecimento do raio e do centro de um dos arcos, e do raio e de um ponto pertencente ao outro arco.

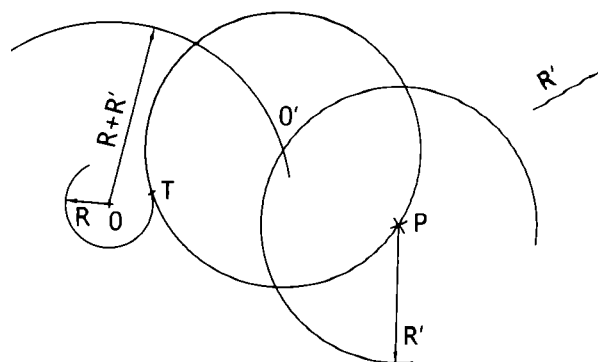


Figura 2.91

Tendo conhecimento do raio e do centro de um dos arcos, do ponto de concordância e de um ponto pertencente ao outro arco.

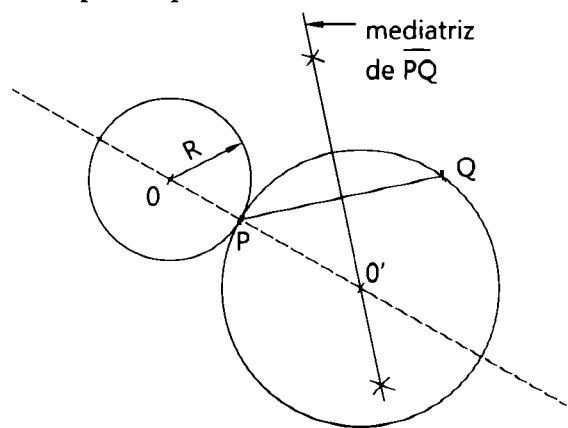


Figura 2.92

Dupla concordância

Arco em concordância com duas retas concorrentes a 90° , tendo conhecimento das retas e do raio do arco.

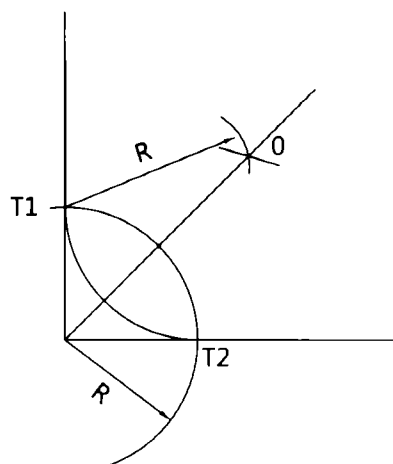


Figura 2.93

Arco em concordância com duas retas concorrentes, tendo conhecimento das retas e do raio do arco.

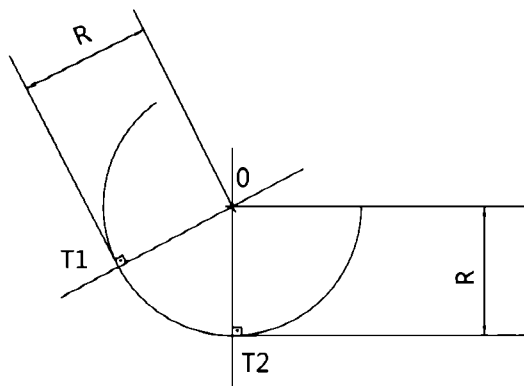


Figura 2.94

2.6 Procedimentos de escala

No desenho técnico, frequentemente não é possível representar graficamente os objetos em seu tamanho real. Por essa razão, utilizamos procedimentos de redução e, em alguns casos mais raros, de ampliação.

No caso do desenho arquitetônico, por exemplo, utiliza-se o recurso da proporção em escala para representar graficamente aquilo que será construído.

Escala é a relação entre o tamanho real e o tamanho representado em desenho. No Brasil, utiliza-se o sistema métrico decimal, cuja unidade é o metro. Os procedimentos em escala serão, nesses casos, realizados a partir da subdivisão dessa unidade. Podemos, por exemplo, subdividi-la em 10 partes, em 20, em 50 ou até em 100 partes. Cada uma dessas partes passa, então, a corresponder, na representação gráfica, àquele mesmo metro do objeto real. Essas escalas serão indicadas respectivamente como 1:10, 1:20, 1:50 e 1:100. Lemos essas representações como “um para dez”, “um para vinte”, “um para cinquenta” e “um para cem”.

Quando não há redução ou ampliação, dizemos que a escala que corresponde ao tamanho real é 1:1, ou seja, para cada tamanho do objeto real a ser representado, haverá um tamanho igual representado graficamente.

Para efeito de representação gráfica é necessário converter a escala real em outras escalas para que se possa elaborar desenhos de tamanhos diferentes sem que se perca o entendimento do objeto representado.

As escalas normalmente utilizadas no desenho técnico, considerando-se a utilização do sistema métrico, são:

ESCALA	CÁLCULO	RESULTADO	CONCLUSÃO
1:1000	1 m/1000	0,001 = 1 mm	cada 1 mm equivale a 1 m
1:500	1 m/500	0,002 = 2 mm	cada 2 mm equivalem a 1 m
1:100	1 m/100	0,01 = 1 cm	cada 1 cm equivale a 1 m
1:50	1 m/50	0,02 = 2 cm	cada 2 cm equivalem a 1 m
1:20	1 m/20	0,05 = 5 cm	cada 5 cm equivalem a 1 m

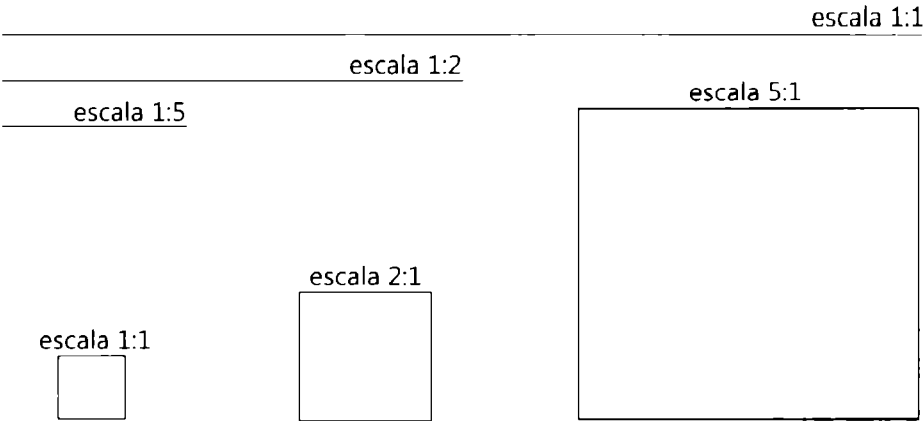


Figura 2.95 Objetos representados em diferentes escalas

Neste capítulo estudamos vários procedimentos de desenho utilizando ferramentas simples como esquadros, régua e compasso. Essas ferramentas foram muito empregadas no passado para a criação de projetos de engenharia e arquitetura. Embora hoje as ferramentas mais usadas sejam informatizadas, o conhecimento dos procedimentos tradicionais possui vantagens significativas:

- Revela a própria essência de certos raciocínios gráficos e construtivos.
- Possibilita uma compreensão mais abrangente de procedimentos utilizados em ferramentas informatizadas.
- Habilita para o desenvolvimento de representações mais precisas nas fases iniciais do projeto, antes mesmo de envolver computação gráfica.

Palavras-chave

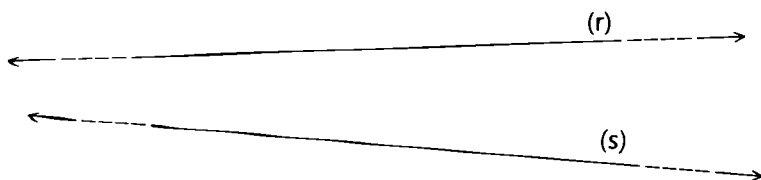
Retas, ângulos, arcos, ferramentas de desenho.



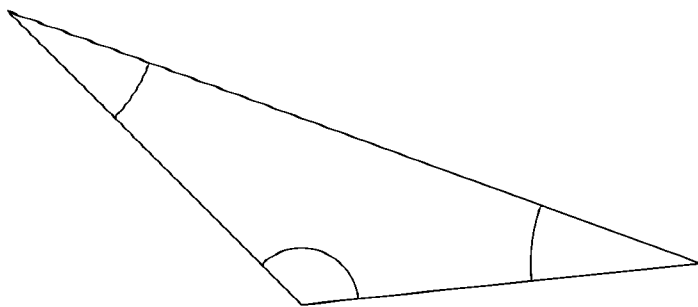
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) Utilize ambos os esquadros para traçar uma "estrela" de retas, usando os seguintes ângulos: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° , 150° , 165° , 180° .

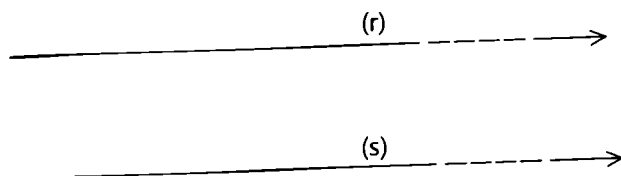
2) Encontre a bissetriz gerada pelo cruzamento não acessível das retas r e s dadas:



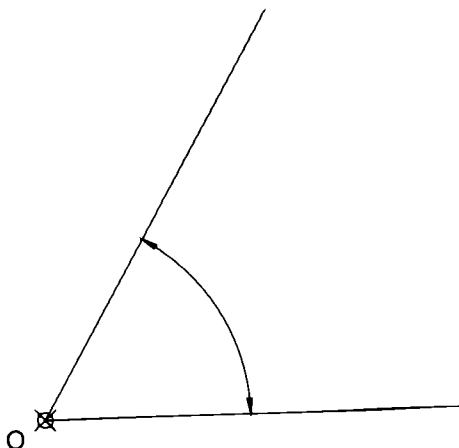
3) A partir do triângulo dado, demonstre, transportando os ângulos, que a somatória dos ângulos internos de um triângulo é 180° .



4) Faça a concordância da reta s com a reta s .



5) Divida o ângulo a seguir em cinco partes iguais.



IMAGENS DO CAPÍTULO

Compasso © Leonardo Cipriani | Freeimages.com – Compass

Lápis e régua © Zsuzsanna Kilian | Freeimages.com – Pencil and Ruler

Desenhos, gráficos e tabelas cedidos pelo autor do capítulo.

Princípios de projeção: a representação do espaço tridimensional

CÉSAR MUNIZ

Princípios de projeção: a representação do espaço tridimensional

3.1 Visão geral do capítulo

O mundo que nos cerca é tridimensional. Ele tem volume e pode ser expresso em dimensões que chamamos habitualmente de largura, altura e profundidade. Na verdade, um número muito significativo de dimensões pode ser utilizado para determinar com precisão as propriedades volumétricas dos objetos que estão a nossa volta. O grande desafio que os primeiros projetistas, arquitetos, engenheiros, artistas plásticos enfrentaram foi exatamente o de representar esse mundo tridimensional em superfícies planas. Essa representação requer uma transformação importante e que não é trivial: a transformação do universo 3D para planos 2D.

Objetivos do capítulo

O objetivo deste capítulo é investigar e entender alguns princípios que vêm sendo utilizados pelo homem nesta transformação tão desafiadora. Em termos mais precisos, podemos dizer que vamos descrever os princípios lógicos e procedimentos técnicos utilizados na representação bidimensional de entidades tridimensionais.

Estratégia de trabalho

Nossa estratégia parte de uma perspectiva histórica. Percorreremos alguns momentos importantes da evolução das formas de representação bidimensional procurando mostrar que soluções e técnicas foram desenvolvidas e, sobretudo, quais são os princípios lógico-matemáticos que as fundamentam.

Passo a passo, partimos do funcionamento do olho humano investigando como a luz está por trás de um fenômeno chamado projeção retiniana, passando pelas técnicas que foram utilizadas por artistas plásticos, matemáticos e até engenheiros militares, até chegar nos procedimentos de projeção utilizados em nosso cotidiano.

Ao longo de todo o capítulo, uma ideia está sempre presente: a da projeção como estratégia de transposição do espaço tridimensional do mundo

concreto para o espaço bidimensional da superfície de desenho. Dois tipos de projeção são discutidos: a projeção de feixes convergentes, chamada projeção cônica, e a projeção de feixes paralelos, chamada projeção paralela ou projeção cilíndrica. Essas duas formas de projeção são diretamente responsáveis pelos tipos principais de perspectiva utilizados no âmbito do desenho técnico: a perspectiva cônica e a perspectiva cilíndrica. Um conceito também sempre presente é o do plano em que esta projeção se realiza. A relação desse plano com o objeto, com o feixe de raios utilizados, é a grande geradora das numerosas formas de representação discutidas ao longo do capítulo. Nossa estratégia é mostrar por que cada uma dessas formas de representação é especialmente talhada para representar um tipo particular de informação e como, em conjunto, todas elas permitem o desenvolvimento de projetos extremamente complexos.

3.2 Um pouco de história

Pinturas rupestres encontradas na Caverna de El Castillo, Espanha, evidenciam que a necessidade de representar graficamente objetos existentes ou imaginados acompanha o homem desde suas mais remotas origens. Consideradas as mais antigas da Europa, essas figuras de mais de 40.800 anos de idade incluem discos e representações da mão humana. Nossos ancestrais utilizaram, naquele momento, a mais imediata e intuitiva forma de representar algo graficamente: desenharam aquilo que viam.

Quando observamos o funcionamento do aparelho visual humano, notamos a presença de um fenômeno que chamamos de projeção retiniana, que é uma imagem formada na porção sensível do globo ocular e que é transmitida ao cérebro por impulsos elétricos.

O processamento mental da projeção retiniana permite identificar, com riqueza, uma série de atributos — cor, textura, contornos — sempre mais ou menos valorizados pela incidência da luz. No entanto, ao desenharmos aquilo que vemos, acrescentamos ou removemos informações pelos mais variados motivos. O objetivo pode ser simplesmente registrar um momento, contar uma história, produzir uma imagem inovadora que expresse sentimentos, indicar um caminho ou descrever de maneira mais detalhada possível um objeto que imaginamos ou que está diante de nós. Com ela, percebemos a distância de forma comparativa: o que está perto em relação ao que está mais distante.

Linguagens como a verbal ou a matemática são muito úteis para descrever uma série de qualidades relevantes nas mais diferentes situações. No universo do projeto, entretanto, o ato de representar graficamente a realidade existente, mudanças ou objetos que desejamos nela inserir é essencial. Por essa razão, devemos compreender as particularidades do processo de projeção retiniana para que possamos conhecer seu potencial e suas limitações.

Vamos observar a figura abaixo por um momento. Nela, um observador que está diante de um objeto tenta representá-lo sobre uma tela. Ele naturalmente desenha a parte frontal maior do que a posterior, pois a projeção retiniana de cada uma delas é distinta. A face frontal do objeto gera uma imagem no fundo do seu olho proporcionalmente maior do que a face posterior.

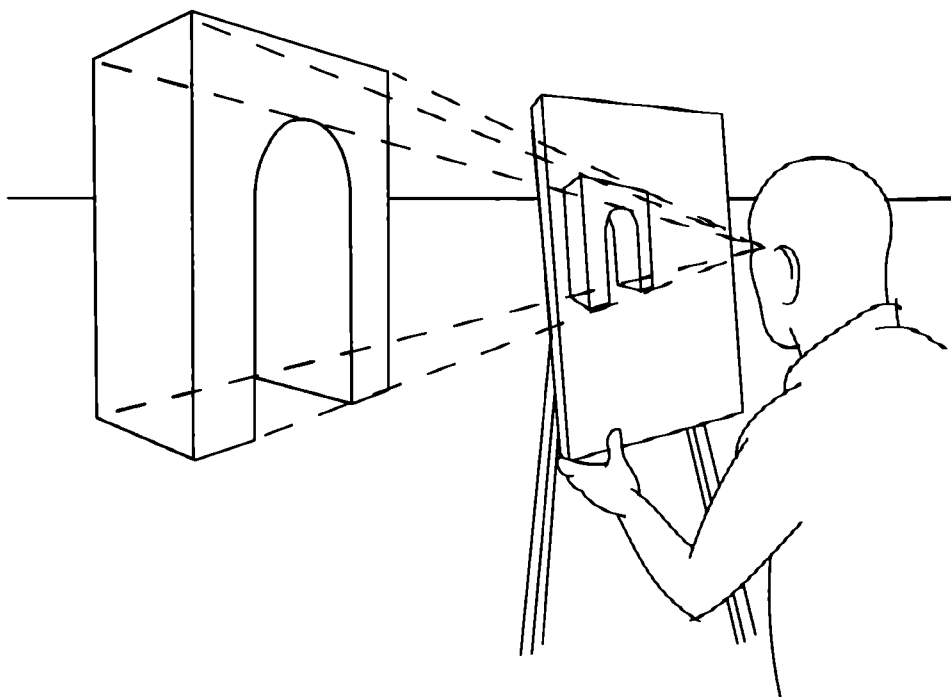


Figura 3.1 Percepção de distância e profundidade. Um artista observando um objeto no mundo real verá que suas partes mais próximas devem ser representadas maiores que as partes mais distantes, mesmo sabendo que elas na verdade têm a mesma dimensão, como na estrutura que aparece nessa ilustração. A variação de tamanho é justamente a pista visual que indica o volume e é semelhante à projeção retiniana de cada uma destas partes.

Ao longo de sua história, a humanidade utilizou diferentes estratégias para representar essa diferença. Todos nós reconhecemos a arte egípcia pela forma particular com que representava figuras humanas e elementos

de sua cultura. Embora representassem tudo de uma maneira aparentemente achatada e sempre de perfil, os egípcios também tentavam incorporar mais informações em seus desenhos: as figuras mais importantes (mas não necessariamente as mais próximas) eram maiores, enquanto as demais eram desenhadas progressivamente menores. Gregos já utilizavam painéis em distâncias diferentes da plateia para dar a ilusão de profundidade nos seus cenários. Anaxágoras (510 a.C.-428 a.C.) e Demócrito (460 a.C.-370 a.C.) trabalharam nos primeiros tratados gregos sobre o assunto.

Durante o período medieval, diferentes convenções foram utilizadas para retratar a variação da projeção retiniana dos objetos próximos e distantes e, conseqüentemente, a percepção da profundidade. Assim, o problema dessa forma particular de representação, a perspectiva, começou a ser enfrentado com o pensamento matemático. Neste sentido, a tradução em italiano do *Kitāb al-Manāẓir* (*Livro da óptica*) de Ibn al-Haytham, teve um peso significativo, influenciando o trabalho de artistas como Lorenzo Ghiberti (1378-1455) e Filippo Brunelleschi (1377-1446).

Essas e várias outras iniciativas permitiram que dois assuntos especialmente relevantes para quem deseja estudar desenho técnico convergissem: os procedimentos projetivos e a matemática.

Artistas, matemáticos, engenheiros e arquitetos tinham diante de si um novo desafio: sistematizar a representação não apenas dos diferentes aspectos que os objetos próximos e distantes assumiam, mas da profundidade desses objetos. E eles desejavam fazê-lo de maneira precisa e quantificável, não apenas de maneira comparativa.

3.3 Projeções cônicas

Uma das melhores formas de compreendermos o procedimento mais fundamental do desenho técnico é avaliarmos as conseqüências do trabalho de Leon Battista Alberti. Um

dos primeiros a buscar uma forma prática para a construção das perspectivas, **Alberti** imaginou uma moldura quadriculada que o auxiliaria a reproduzir com exatidão os objetos que desejava. Ilustrou, com isso, um conceito muito importante: o *raio visual* (figura 3.2). Para entendê-lo, devemos imaginar o raio visual como uma linha que faz o caminho inverso do raio luminoso responsável pela projeção retiniana. Ele sai dos olhos do observador até cada um dos pontos de interesse do objeto. Ao cruzar a moldura, projeta, ali, um ponto que será transportado, com ajuda da quadricula de referência, para a superfície de desenho.

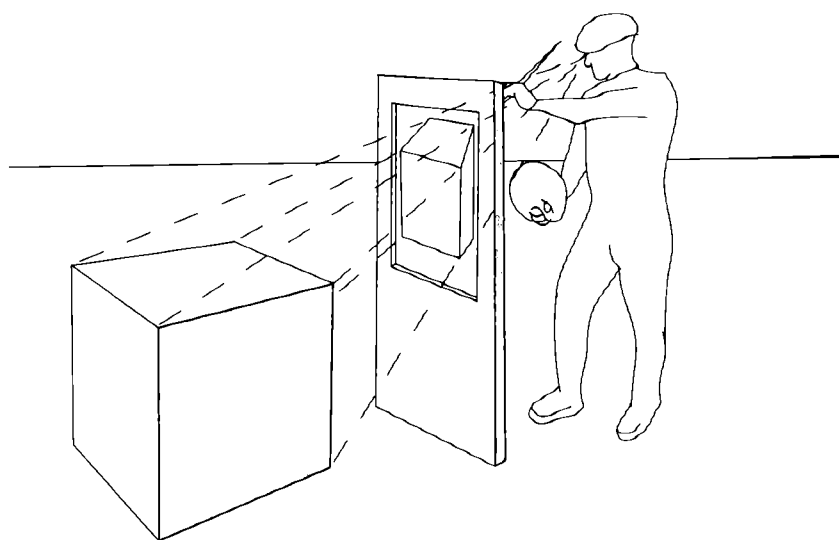


Figura 3.2 O quadro de referência de Alberti. Nesta imagem ilustrativa e esquemática, podemos perceber que o artista usa os raios de projeção para guiá-lo na representação da forma tridimensional sobre a tela. Na verdade, acredita-se que Alberti utilizou um quadro bastante diferente deste, com linhas quadriculadas para ajudá-lo na composição. O princípio de projeção, entretanto, é o mesmo que aparece aqui.

A projeção cônica possui uso bastante intenso na representação de situações em que a percepção da profundidade é muito relevante. Há, aqui, contudo, uma limitação importante: embora ela seja adequada para dar a “sensação” da profundidade, ela pouco se presta para traduzi-la em termos quantitativos. Por essa razão, essa projeção é bastante utilizada em ilustrações, nas artes plásticas e também na representação de arquitetura. Para representações que nos permitam construir coisas, necessárias em numerosos cam-

pos da atividade de projeto (engenharia, arquitetura, design etc.), é importante minimizar as distorções próprias da projeção retiniana. Para isso, é necessário utilizar outra estratégia.

A figura 3.3 ilustra o que acontece quando distanciamos o observador do objeto. Observe que, à medida que o observador distancia-se do objeto que deseja representar, os raios visuais tornam-se quase paralelos. Com isso, as dimensões projetadas no quadro de referência ficam cada vez menos sujeitas às distorções da perspectiva.

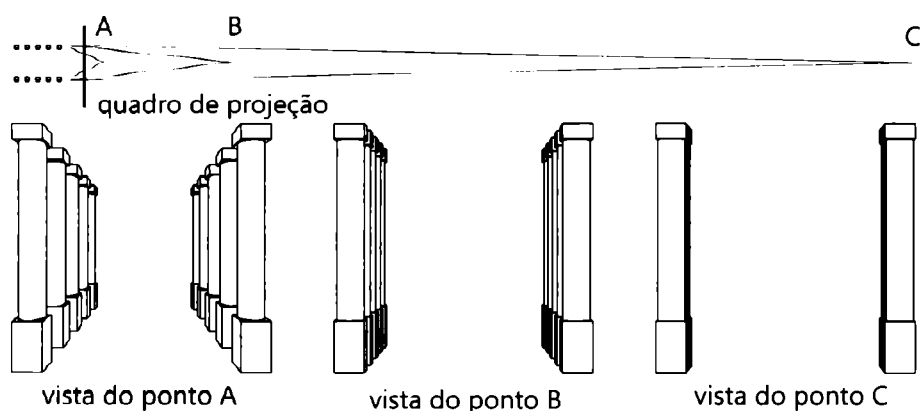


Figura 3.3 Reduzindo a distorção da perspectiva. Imaginemos um mesmo conjunto de dez colunas sendo projetado a partir de três pontos distintos usando a técnica de Alberti. No ponto A, de maior aproximação, a distorção provocada pela projeção cônica é acentuada e muito boa para ressaltar a profundidade. No entanto, a diferença de percepção do tamanho das colunas mais próximas em relação às mais distantes é muito acentuada. No ponto B, já um pouco distante, esta diferença ainda é perceptível, mas se reduz na mesma medida em que as linhas de projeção, ainda convergindo, formam entre si um ângulo menor. No ponto C, significativamente mais distante, a percepção da profundidade diminui ainda mais. A diferença de tamanho entre as colunas à frente e as do fundo cai ainda mais. O ângulo formado pelos raios de projeção diminuem na mesma proporção.

3.4 Fundamentos da projeção ortográfica

A projeção ortográfica pode ser compreendida com apenas dois pequenos ajustes na projeção cônica estudada na seção anterior. Imaginemos um observador situado no infinito e, no lugar do quadro de referência proposto por Leon Battista Alberti, um plano de projeção. Esses ajustes constituem um dos principais fundamentos da geometria descritiva, que deixará de lado a expressão raio visual em favor de uma outra: *raio de projeção* ou simplesmente *projeção*. Para entender isso, devemos considerar o trabalho de Monge.

Embora o matemático francês ***Gaspard Monge*** seja considerado o pai da geometria descritiva, muitos dos procedimentos que ele sistematizou em seu trabalho mais importante na área, as *Leçons de Géométrie Descriptive* (1799), já haviam sido propostos por outros estudiosos, como o engenheiro militar Amédée-François Frézier (1682-1773).

Monge declarou, em seu trabalho, dois objetivos fundamentais: primeiro, obter os métodos para representar em uma folha de desenho, que tem apenas duas dimensões, isto é, comprimento e largura, todos os corpos naturais que possuem três, comprimento, largura e profundidade, desde que estes corpos possam ser definidos rigorosamente.¹ Segundo, permitir o reconhecimento, depois de uma descrição precisa, das formas do corpo e deduzir todas as verdades que dela resultam e suas respectivas posições.² Esses princípios permanecem absolutamente válidos e estão presentes em qualquer texto sobre geometria descritiva.

O procedimento sistematizado por Monge presume um observador no infinito a partir do qual são emitidos raios visuais paralelos que projetam uma representação em um plano que lhes é perpendicular (figura 3.4).

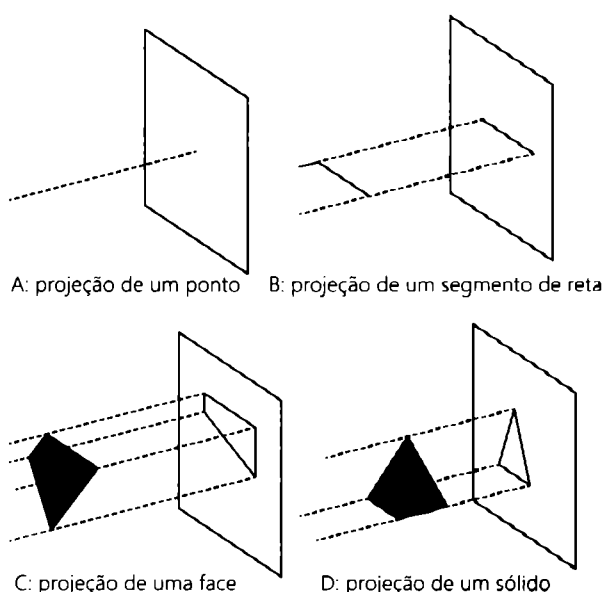
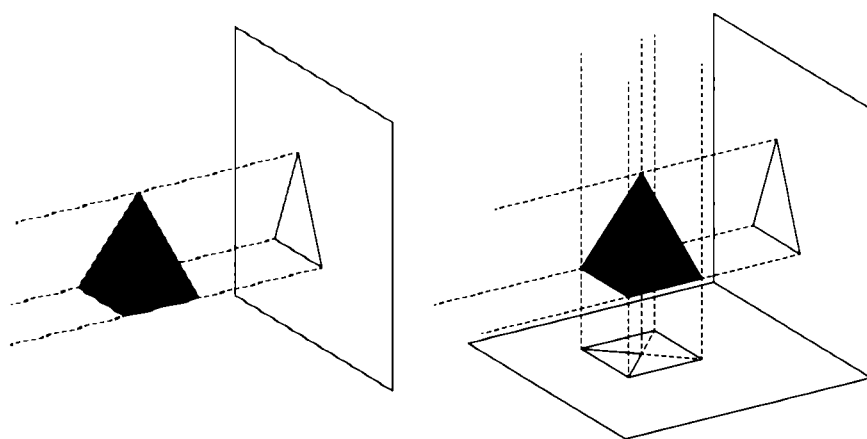


Figura 3.4 Processo de projeção em um plano atrás do objeto. O resultado da projeção depende da posição do objeto em relação tanto aos raios de projeção quanto ao plano de projeção. Devemos notar que os raios de projeção são sempre paralelos entre si e perpendiculares ao plano de projeção.

Esse processo permite uma primeira forma de representação de objetos no espaço tridimensional sobre uma superfície bidimensional. A projeção executada com esse feixe de raios paralelos faz que as distorções perspectivas próprias da projeção cônica não aconteçam, permitindo uma representação muito fiel do objeto e independente da distância do observador. Esse procedimento, no entanto, é ainda limitado. Devemos notar que, no caso da projeção de um sólido (figura 3.4D), embora a largura e a altura do objeto estejam claramente indicadas, não é possível registrar a forma ou a base da figura e representá-la como uma pirâmide. A solução para essa situação é utilizarmos um segundo plano de projeção e um novo feixe de raios.

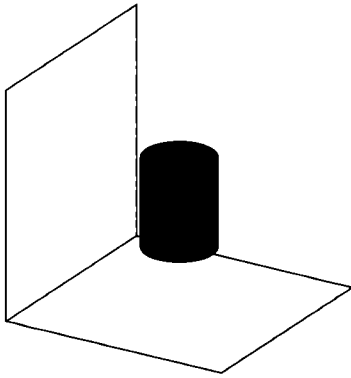
A projeção no segundo plano segue os mesmos princípios da projeção em um plano único: raios de projeção paralelos entre si e perpendiculares ao plano de projeção. É a posição do segundo plano de projeção que, neste caso, permite que novas informações sejam registradas. Ao estabelecer que os planos formem um ângulo de 90 graus entre si, é possível registrar com mais riqueza as propriedades do objeto.



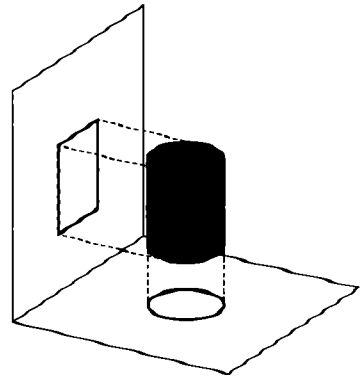
A: projeção de um sólido sobre um plano B: projeção de um sólido sobre dois planos

Figura 3.5 Processo de projeção em dois planos perpendiculares entre si. A segunda projeção permite que informações adicionais sejam representadas. Enquanto a representação em um único plano (A) resulta em uma figura triangular, a representação em dois planos (B) associa ao triângulo um quadrilátero com duas retas representando as arestas inclinadas da pirâmide.

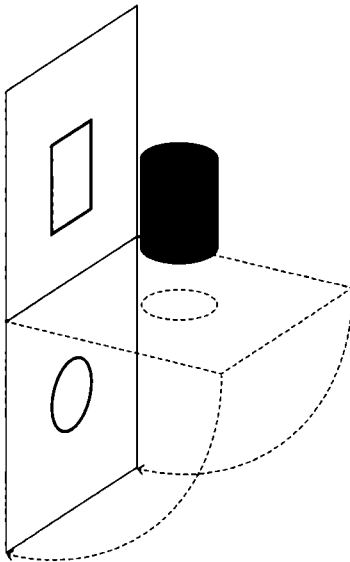
As vantagens da utilização de um segundo plano de projeção foram rapidamente percebidas, adotadas e sistematizadas. Esse método é a base para a construção de um procedimento técnico bastante utilizado na geometria descritiva: a *épura*. A *épura* é o resultado de um processo de quatro etapas ilustrado na figura 3.6.



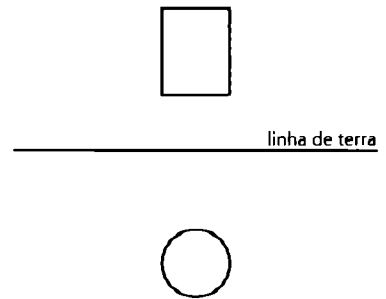
A: planos de projeção em relação ao objeto



B: projeção sobre os dois planos de projeção ortogonal



C: girando um dos planos de projeção



B: *épure* concluída

Figura 3.6 Construção da *épure*. O processo é executado em quatro etapas: na primeira (A), posicionam-se os planos de projeção em relação ao objeto. Em seguida, na segunda etapa (B), a projeção é realizada sobre os dois planos de projeção ortogonal. Na terceira (C), gira-se um dos planos 90° de tal forma que os dois planos fiquem alinhados. Esse processo é conhecido como *rebatimento*. O resultado aparece na quarta e última etapa (D), com a *épure* construída mostrando as duas projeções e a linha de terra.

No âmbito da geometria descritiva, as distâncias dos pontos do objeto representado aos eixos criados nas interseções dos planos de projeção da *épure* são especialmente relevantes e recebem designações especiais, tais como *cota* e *afastamento*. No desenho técnico, esses termos não são tão utilizados, mas o princípio de funcionamento é exatamente o mesmo.

E para que houvesse um desenvolvimento consistente das representações, uma convenção tornou-se necessária. Observe a figura 3.7. Quando consideramos os planos de projeção em toda sua extensão, notamos que eles delimitam quatro regiões denominadas *diedros*. As projeções podem, em

princípio, ser construídas utilizando-se qualquer uma destas quatro regiões, mas os resultados mais consistentes e fáceis de entender são os que são produzidos utilizando-se o 1º e o 3º diedros. Isso acontece porque é apenas nesses dois diedros que a posição relativa do observador é igual para ambos os planos de projeção. No 2º e 4º diedros, um dos planos de projeção fica na frente do objeto e o outro atrás, causando alguma dificuldade de organização dos desenhos e construção da *épura*, pois pode haver sobreposição das projeções.

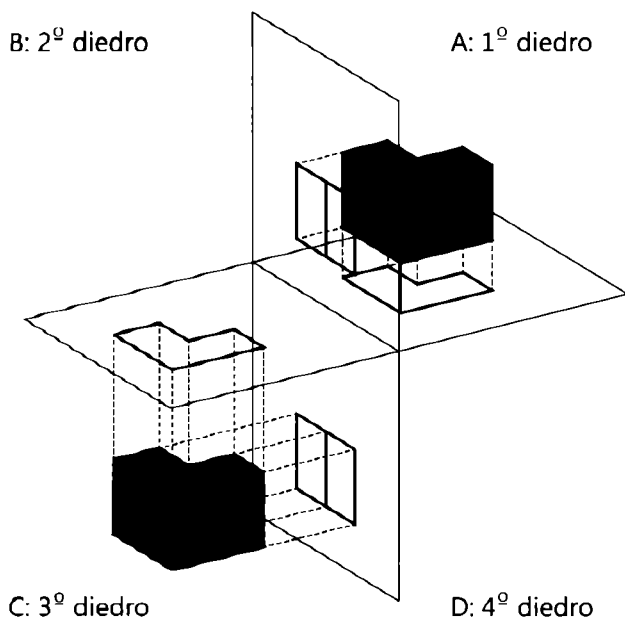


Figura 3.7 Os diedros da projeção ortográfica. A diferença é sutil, mas deve ser observada com atenção. Quando trabalhamos no 1º diedro, o plano de projeção fica atrás do objeto (A). No 3º diedro, entretanto, a posição se inverte: o plano de projeção fica na frente do objeto.

Com o objetivo de enriquecer a informação contida nas projeções ortográficas, convencionou-se, também, representar arestas e outros elementos relevantes mesmo que eles não sejam visíveis nas projeções. E para distinguir o que é visível do que não é, utiliza-se uma linha tracejada. Dessa forma, é possível representar de maneira precisa e minuciosa objetos de maior complexidade.

O matemático italiano Gino Benedetto Loria viria enriquecer ainda mais as possibilidades de representação propondo a utilização de um terceiro plano de projeção perpendicular aos dois primeiros. Dessa forma, torna-se possível a

geração por projeção ortográfica de três vistas (Figura 3.8). Representar um objeto desenhando sua vista frontal, lateral e superior parece bastante óbvio hoje. Naquele momento, entretanto, matemáticos e projetistas estavam diante de uma inovação notável.

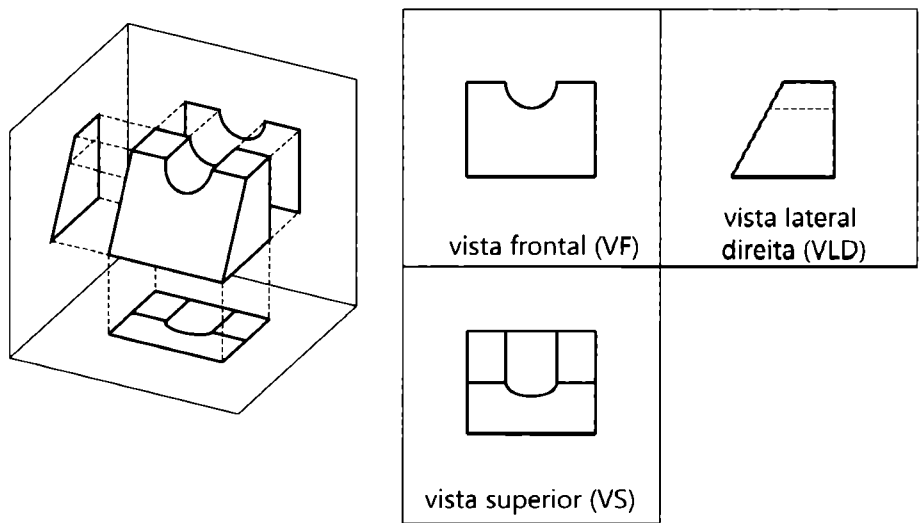


Figura 3.8 Projeção em três planos perpendiculares entre si com projeção no 1º diedro, ou seja, o objeto está entre o plano de projeção e o observador.

Seguindo essa mesma lógica, o procedimento de projeção ortográfica foi ampliado. Imaginemos o objeto a ser representado no interior de um cubo cujas faces são, na verdade, seis planos de projeção (figura 3.9). Essa ideia possibilita envolver o objeto completamente, produzindo um conjunto substancial de vistas que, com o auxílio de linhas tracejadas para representar elementos ocultos, permite uma documentação significativamente detalhada. As vistas assim originadas são, convencionalmente, as seguintes:

- Vista frontal, também conhecida como vista anterior (VF)
- Vista lateral esquerda (VLE)
- Vista lateral direita (VLD)
- Vista superior (VS)
- Vista inferior (VI)
- Vista posterior (VP)

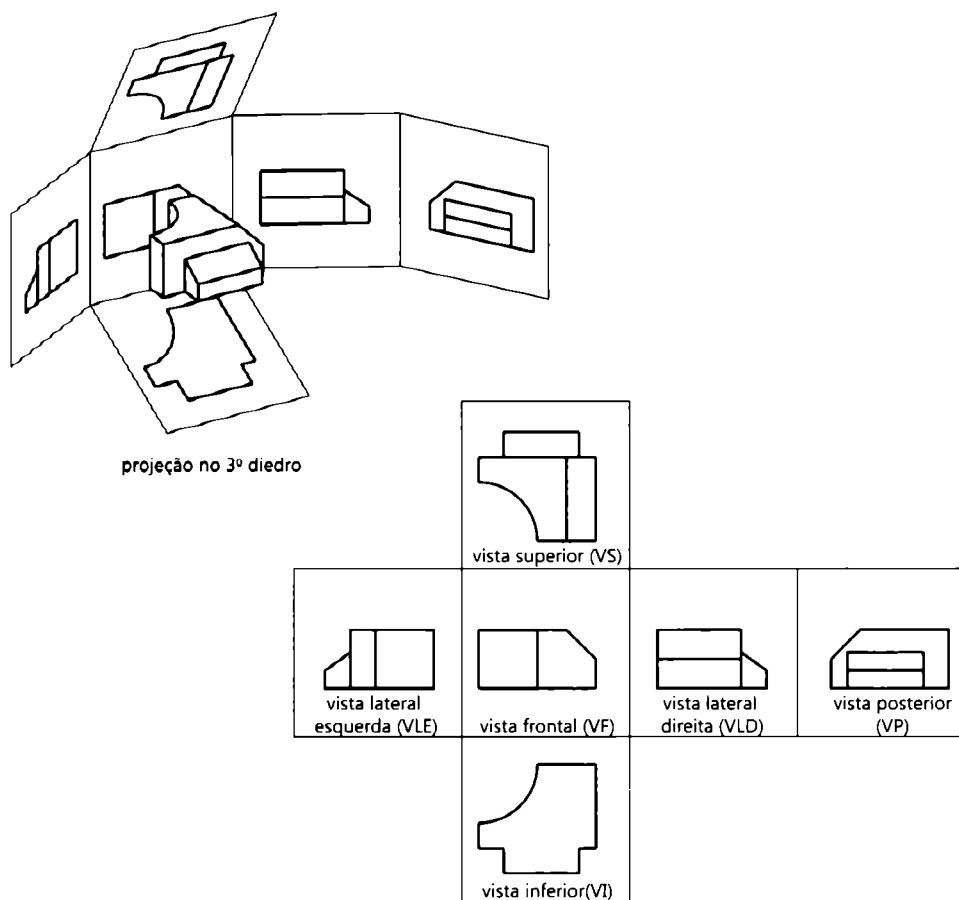


Figura 3.9 Planos de projeção e as vistas que originam. Note que, neste caso, a projeção está sendo feita no 3º diedro, ou seja, o plano de projeção está entre o objeto e observador.

À primeira vista, esta distinção entre 1º e 3º diedros, que são os mais usados porque todas as vistas são obtidas com a mesma posição relativa entre objeto e plano de projeção, pode causar alguma confusão. Uma observação entre as projeções obtidas em ambos os diedros demonstrará que elas são iguais. O que muda é a disposição entre essas projeções. Na figura 3.9, os contornos dos planos de projeção foram representados para facilitar o entendimento de como os planos de projeção que envolvem o objeto foram girados e organizados. Na prática, eles não costumam ser representados. A organização entre as diferentes projeções de maneira coerente com o diedro utilizado facilita a compreensão do objeto e vai além: facilita a construção dos desenhos, uma vez que as medidas podem ser transportadas diretamente de uma vista para outra, utilizando-se linhas horizontais e verticais.

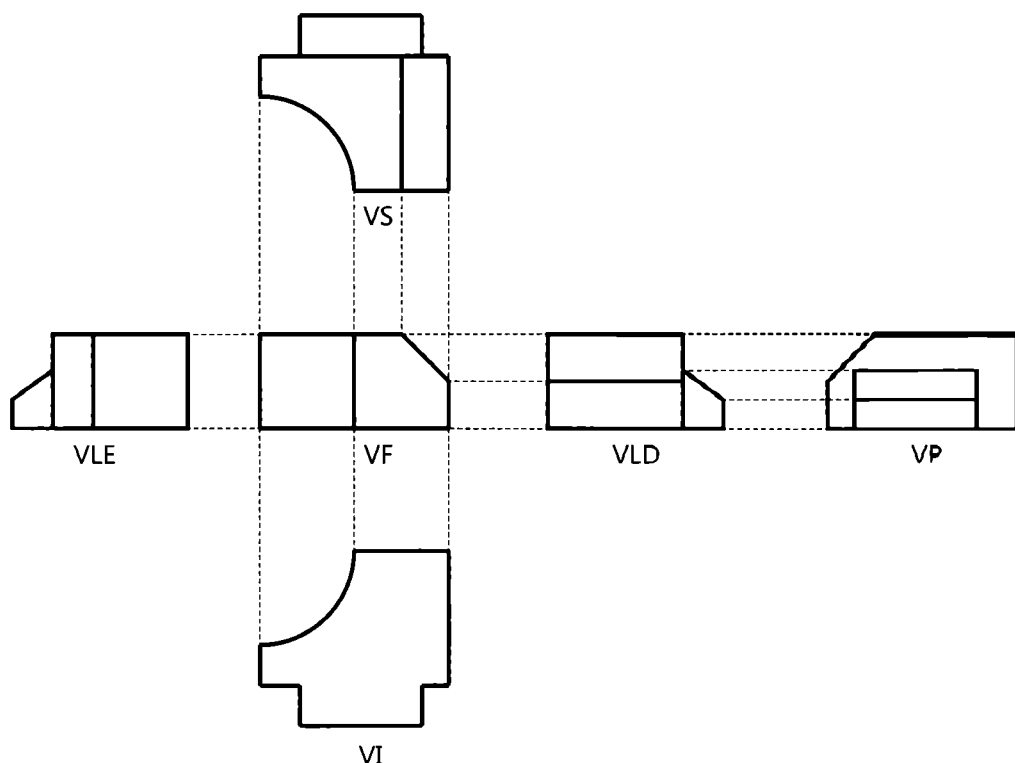


Figura 3.10 Organização das vistas produzidas pela projeção de um objeto no 3º diedro. Nessa imagem, além da remoção dos contornos dos planos de projeção, é possível ver o alinhamento entre as diferentes vistas.

3.5 Vistas seccionais

O que aconteceria se os planos de projeção não fossem posicionados apenas à frente ou atrás do objeto a ser representado? Que utilidade tal procedimento teria?

Apesar da riqueza oferecida pela criação das vistas ortográficas, quando surgem objetos côncavos ou com configurações complexas e não visíveis a partir do exterior, é necessário criar vistas adicionais. A estratégia para criá-las não é significativamente diferente. A utilização do princípio de projeção se mantém e o que muda é apenas a posição do plano de projeção, que passa a cortar o objeto, recebendo, por isso, a designação de plano de seção ou plano de corte.

Note que essa estratégia permite a produção de representações que serão acrescidas às vistas ortográficas, criando uma documentação sobre o objeto cada vez mais rica. A posição dos planos de seção pode variar significativamente de um objeto para outro e é decidida pelo projetista, sempre

procurando obter uma representação que forneça as informações mais relevantes para a compreensão do objeto.

Imaginemos, por exemplo, que o objeto representado nas figuras 3.9 e 3.10 fosse oco. O que vimos nas projeções apresentadas nestas figuras é o exterior. O interior, as eventuais variações na espessura da parede desse objeto não estão representadas. Nessas situações, a utilização de vistas seccionais — ou simplesmente seções ou cortes — é bastante útil.

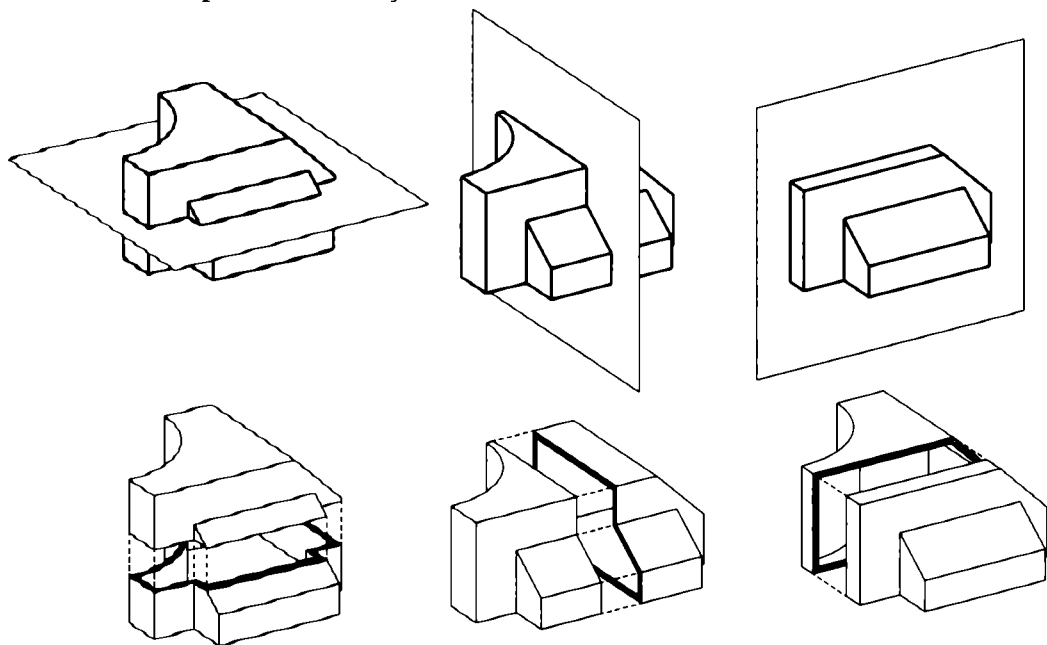


Figura 3.11 Seccionando um objeto. Um mesmo objeto pode ser seccionado por quantos planos forem necessários para a sua perfeita compreensão. Neste exemplo, um mesmo objeto é seccionado por três planos perpendiculares entre si.

Uma boa forma de compreender esse processo é imaginar que o objeto está sendo efetivamente “fatiado”, gerando sempre duas partes, uma para cada lado do plano. Devemos observar que essas duas partes, embora muito semelhantes, não são exatamente iguais. Isso acontece por dois motivos igualmente importantes. Primeiro, porque, no plano da seção, a área efetivamente cortada (representada em cinza na figura 3.11) não é exatamente igual. É simétrica ou espelhada. Segundo, porque a seção não deve exibir apenas a informação obtida no local do corte, mas também da metade do objeto que está sendo analisada. Isso significa que partes não seccionadas deverão ser projetadas, e, em muitos casos, cada metade originada da seção é bem diferente da outra. Essas diferenças podem ser melhor avaliadas observando-se a figura 3.12.

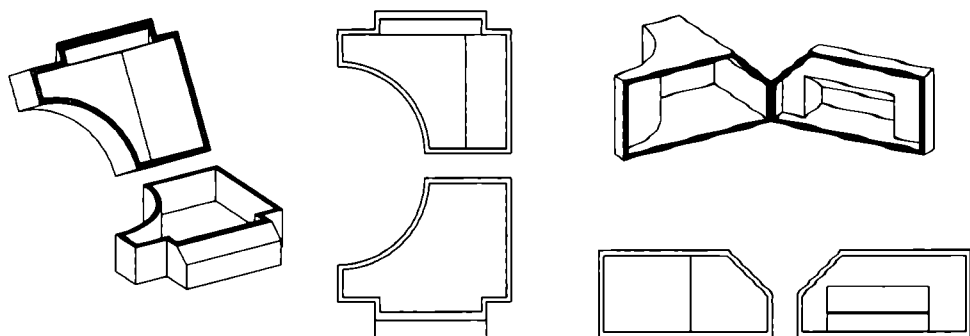


Figura 3.12 Semelhanças e diferenças entre partes seccionadas de um mesmo objeto. É possível notar uma simetria ou espelhamento das partes seccionadas. Por essa razão, toda vez que um plano de seção é utilizado, sua representação na documentação deve indicar, também, qual é a direção da projeção. É como se indicássemos "para que lado o corte está olhando".

Combinando as vistas obtidas por projeções com algumas seções é possível reunir, graficamente, um número muito elevado de informações sobre um dado objeto. É o que acontece na figura 3.13.

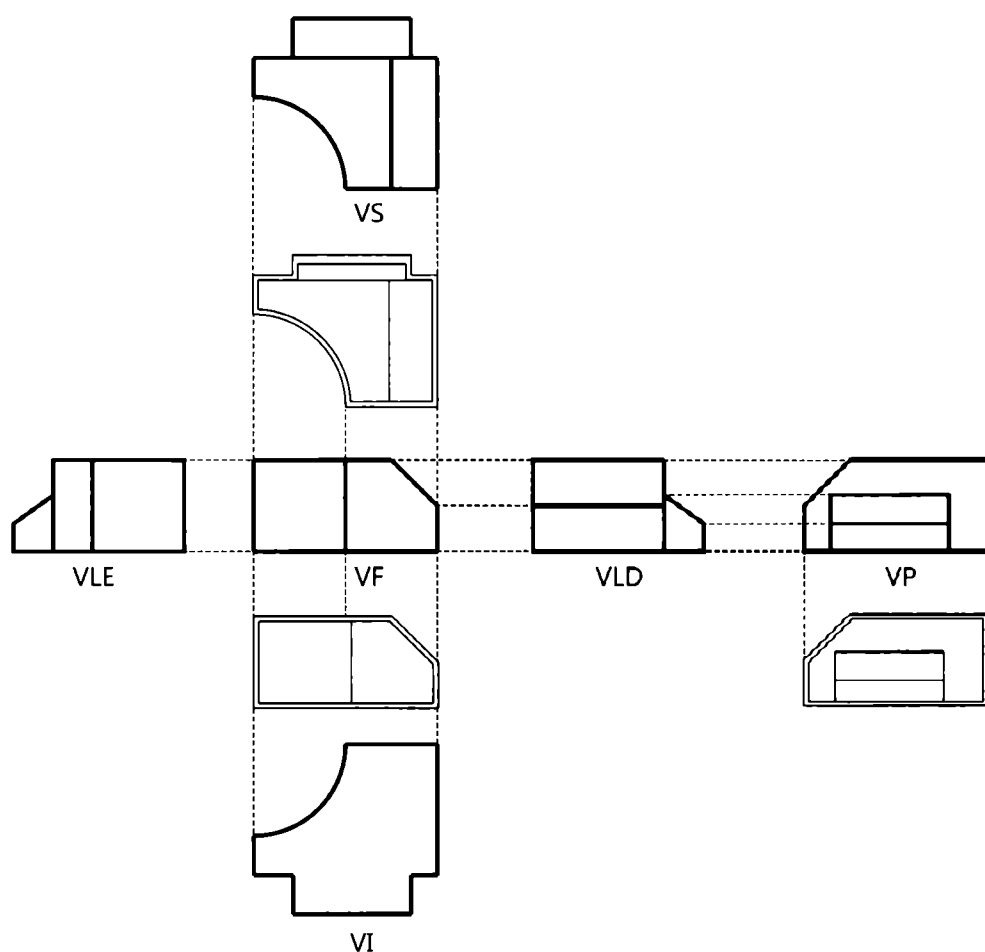


Figura 3.13 Combinando vistas ortogonais e seções. Neste exemplo, foram inseridas três seções que permitem entender como é o interior desse objeto, bem como a espessura das paredes que o constituem.

Essa liberdade de posicionamento dos planos de seção pode ser explorada de várias formas. Uma das mais interessantes resulta da combinação ou da articulação de dois ou mais planos. Assim, podemos obter, como se pode ver na figura 3.14, seções parciais e articuladas.

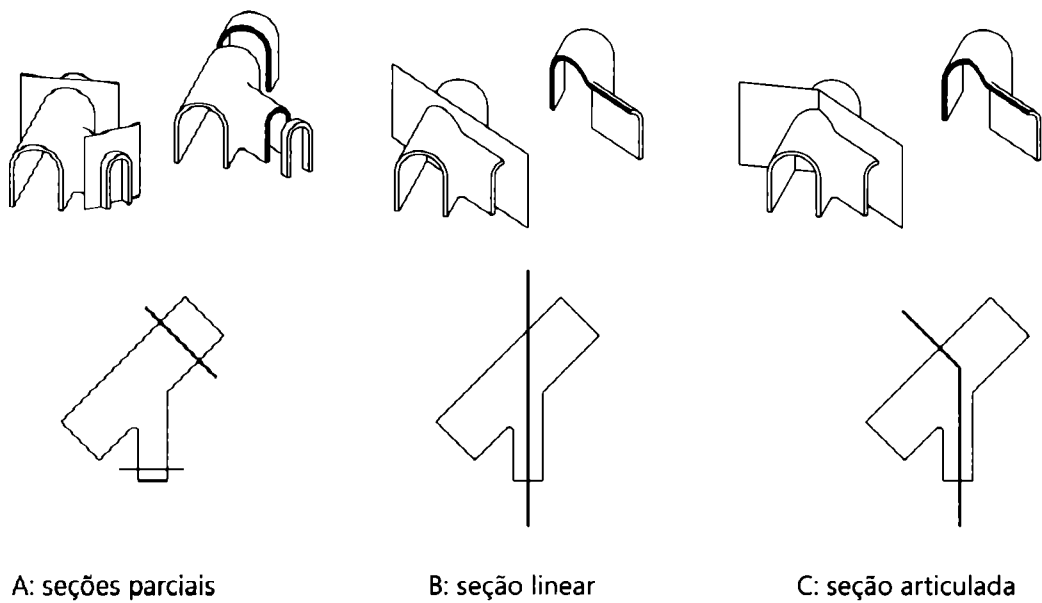


Figura 3.14 Seções parciais e articuladas. As seções parciais (A) são especialmente úteis para mostrar detalhes específicos. Neste exemplo, elas fornecerão informações sobre espessura da parede e raios de curvatura. As seções lineares (B) usualmente permitem a visualização das diferentes relações entre partes de um mesmo objeto. As seções articuladas (C) muitas vezes sintetizam em uma única vista informações de seções parciais e as relações entre partes do objeto.

3.6 Visualizando o volume

Já é possível percebermos que o posicionamento do plano de projeção (ou de seção) é de grande importância. Mais do que isso, com o objetivo de viabilizar a melhor compreensão possível do que se deseja representar graficamente, este plano pode ser inclinado de diferentes maneiras para obter-se uma melhor visualização do volume do objeto. Na verdade, essa estratégia está sendo usada desde o início deste capítulo justamente para permitir essa melhor compreensão dos processos de projeção. Todas as perspectivas apresentadas até o momento foram obtidas por meio dessa estratégia. Esse procedimento pode ser categorizado utilizando-se como critério a relação dos raios de projeção com o plano onde ela acontece. Quando os raios forem perpendiculares ao plano, temos um tipo particular de projeção ortogonal

chamada axonometria ou projeção axonométrica. Quando os raios forem oblíquos em relação ao plano, temos uma projeção que não é ortogonal, mas oblíqua.

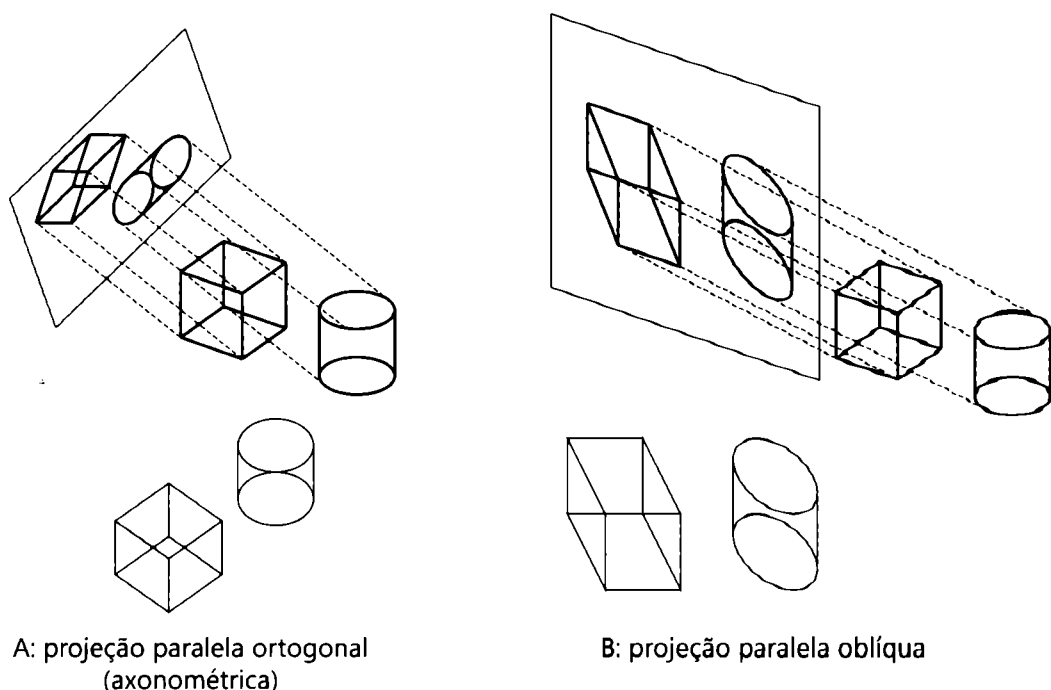


Figura 3.15 Diferença entre a projeção ortogonal e a oblíqua. Na projeção paralela ortogonal (A), os raios de projeção são perpendiculares em relação ao plano de projeção e é este que se inclina em relação ao objeto. Na projeção paralela oblíqua, a situação é oposta. O plano de projeção mantém-se paralelo a pelo menos uma face do objeto e são os raios de projeção que se inclinam.

A figura 3.15 evidencia essas diferenças. O resultado da projeção ortogonal (A) permite uma boa visualização do volume, e as deformações se propagam pelo objeto de maneira bastante uniforme. O objeto observado de um ponto de vista inclinado permite a visualização de várias faces ao mesmo tempo, o que colabora em muito para o entendimento do volume. Os ângulos formados pelas arestas são uniformemente alterados. Faces quadradas assumem a aparência de losangos. Círculos transformam-se em elipses. A projeção paralela oblíqua (B) também permite a observação de várias faces ao mesmo tempo, mas há uma diferença importante: a representação de uma das faces — aquela que for paralela ao plano de projeção — terá ângulos inalterados, assemelhando-se a uma vista frontal ou lateral do objeto. As demais têm ângulos e dimensões modificados para permitir a percepção do volume.

Estas vistas que chamamos de perspectivas paralelas ou cilíndricas, em oposição às perspectivas cônicas que foram estudadas no início deste

capítulo, podem ser geradas segundo planos posicionados com muita liberdade. O uso de sistemas de desenho e projeto auxiliado por computador permite que usuários façam isso de maneira muito livre, gerando projeções das mais variadas, como é possível ver na figura 3.16.

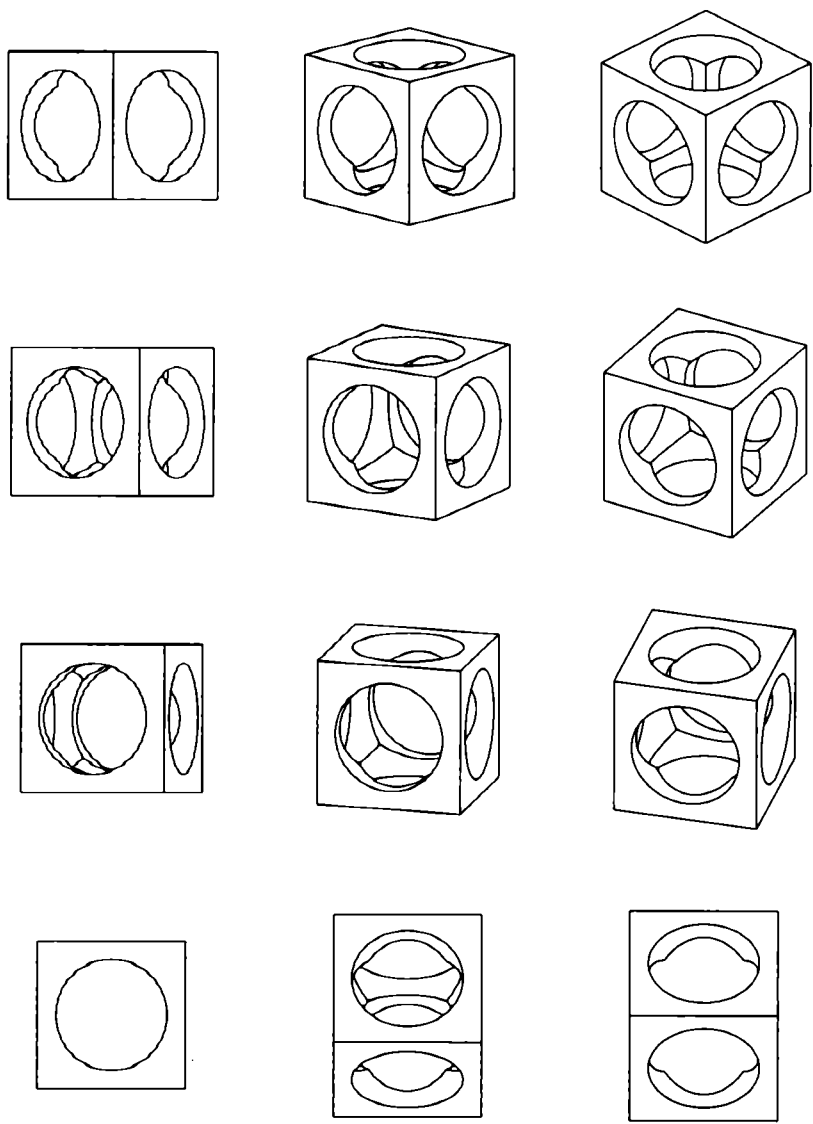


Figura 3.16 Variedade de projeções axonométricas. Girando-se o plano em pelo menos duas direções, em incrementos de 15°, podemos obter uma variedade bastante grande de projeções. Dependendo das propriedades do objeto (que neste exemplo é um cubo com perfurações circulares em todas as suas seis faces), uma dada projeção pode permitir uma compreensão mais acurada do objeto que outra.

O número de possibilidades é virtualmente incontável. Entretanto, se consideramos a execução destes desenhos utilizando tecnologia tradicional, ou seja, o desenho com instrumentos como réguas, esquadros e compassos, surgirão limitações significativas que devem ser levadas em conta. Por essa razão, existem perspectivas paralelas que são utilizadas com maior

frequência e, por isso, possuem designações particulares. Além da aparência e do tipo de informação que privilegia, o que as diferencia são os procedimentos de desenho utilizados para realizá-las.

A estratégia mais frequentemente usada para que se compreenda e execute estas diferentes formas de projeção é imaginar o objeto representado envolvido em um prisma retangular cujas arestas são perpendiculares entre si e alinhadas com os eixos x, y e z do sistema cartesiano. Todas as medidas podem ser lançadas nesses eixos com auxílio do prisma retangular, mantendo as proporções coerentes.

Perspectivas paralelas ortogonais: isométrica, dimétrica e trimétrica

A perspectiva paralela mais frequentemente utilizada pela sua facilidade de construção é um tipo particular de projeção axonométrica em que as medidas tomadas nas três direções dos eixos cartesianos estão em proporção x:y:z igual a 1:1:1. Isso significa que as medidas lançadas em qualquer uma destas direções não precisam ser ajustadas. Por essa razão ela é chamada de isométrica. Um cubo representado nessa perspectiva terá todas as suas arestas lançadas da mesma forma e poderá ser construído facilmente utilizando o esquadro de 30° e 60° como podemos ver na figura 3.17 (A).

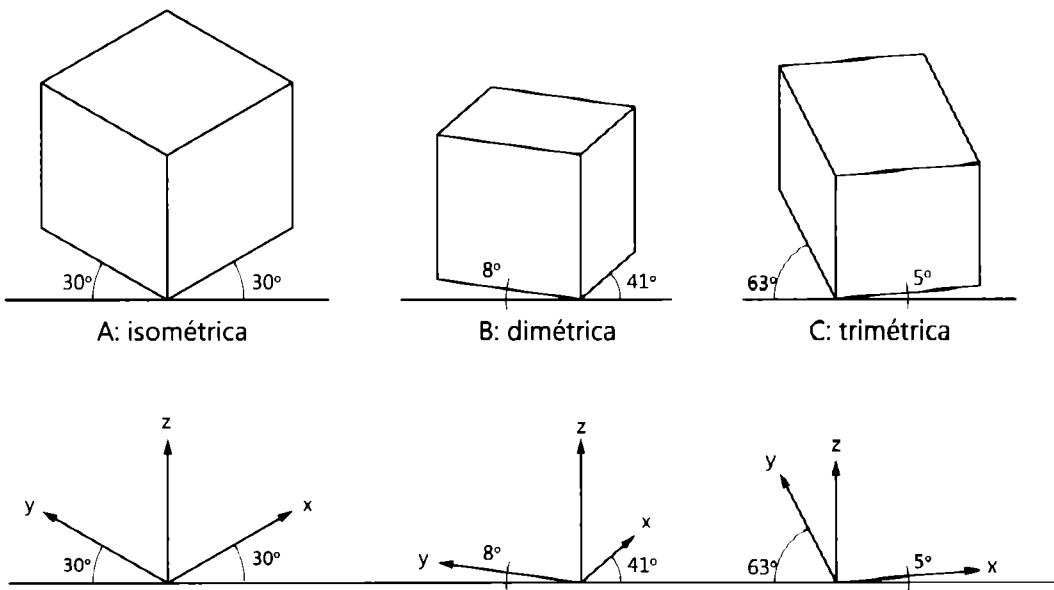


Figura 3.17 Perspectivas isométrica, dimétrica e trimétrica. De construção mais fácil, porque utiliza o esquadro 30° e 60°, e porque não demanda aplicação de fator de redução em nenhum dos eixos, a perspectiva isométrica é utilizada com mais frequência. Com a popularização de sistemas de desenho assistidos por computador, a construção de perspectivas dimétricas e trimétricas tornou-se mais simples e sua utilização tem sido mais corriqueira.

Quando a proporção entre as arestas é alterada, mantendo mesma razão em apenas duas direções, obtemos o que se designa como perspectiva dimétrica, conforme figura 3.17 (B). Neste caso, a primeira direção, correspondendo ao eixo x do sistema cartesiano, sofre uma redução cujo fator varia de $1/2$ a $1/3$. A proporção final entre os eixos $x:y:z$ passa a ser, então de $1/2:1:1$ ou $1/3:1:1$. Esse tipo particular de axonometria valoriza a vista de uma das faces e pode ser muito interessante em certas situações. Sua execução com instrumentos tradicionais, entretanto, é bastante desafiadora. Os ângulos formados pelos eixos x e y com a horizontal são respectivamente de 8° e 41° . A representação de círculos e arcos nestas situações é também bastante trabalhosa. Por outro lado, sua utilização pode ser muito interessante quando o objeto representado não possui curvas de nenhum tipo e tem características em uma das faces que precisam ser realçadas.

O terceiro tipo de axonometria ocorre quando a razão entre os eixos x , y e z não varia. O eixo x é construído formando com a horizontal ângulos que costumam variar de 5° a 11° , e o y em ângulos entre 16° e 27° . Sua execução manual é ainda mais trabalhosa que a perspectiva dimétrica, pois proporções nas três direções precisam ser ajustadas.

Perspectivas paralelas oblíquas: cavaleira, militar e de corte

As dificuldades de construção das perspectivas dimétrica e trimétrica com instrumentos tradicionais podem ser minimizadas utilizando a perspectiva de projeção oblíqua. Nela, o plano de projeção é paralelo a uma das faces do objeto, o que permite sua construção a partir de uma das vistas ortogonais que já estudamos. É comum que a vista frontal (VF) seja privilegiada nestes casos. Por essa razão, o eixo x coincide com a horizontal da mesma forma que o z coincide com a vertical. O eixo y sofre uma inclinação com a horizontal que, para facilitar o processo de representação com o uso dos esquadros mais comuns, pode ser em ângulos de 30° , 45° ou 60° . Na figura 3.18 podemos ver diferentes perspectivas paralelas oblíquas e notar que a face frontal que foi utilizada como referência para posicionamento do plano de projeção permanece inalterada. Suas dimensões lançadas nos eixos x e z não sofrem qualquer alteração, bem como ângulos e curvas. O que varia são os ângulos do eixo y e a utilização de fatores de redução que variam de $1/2$ a $3/4$.

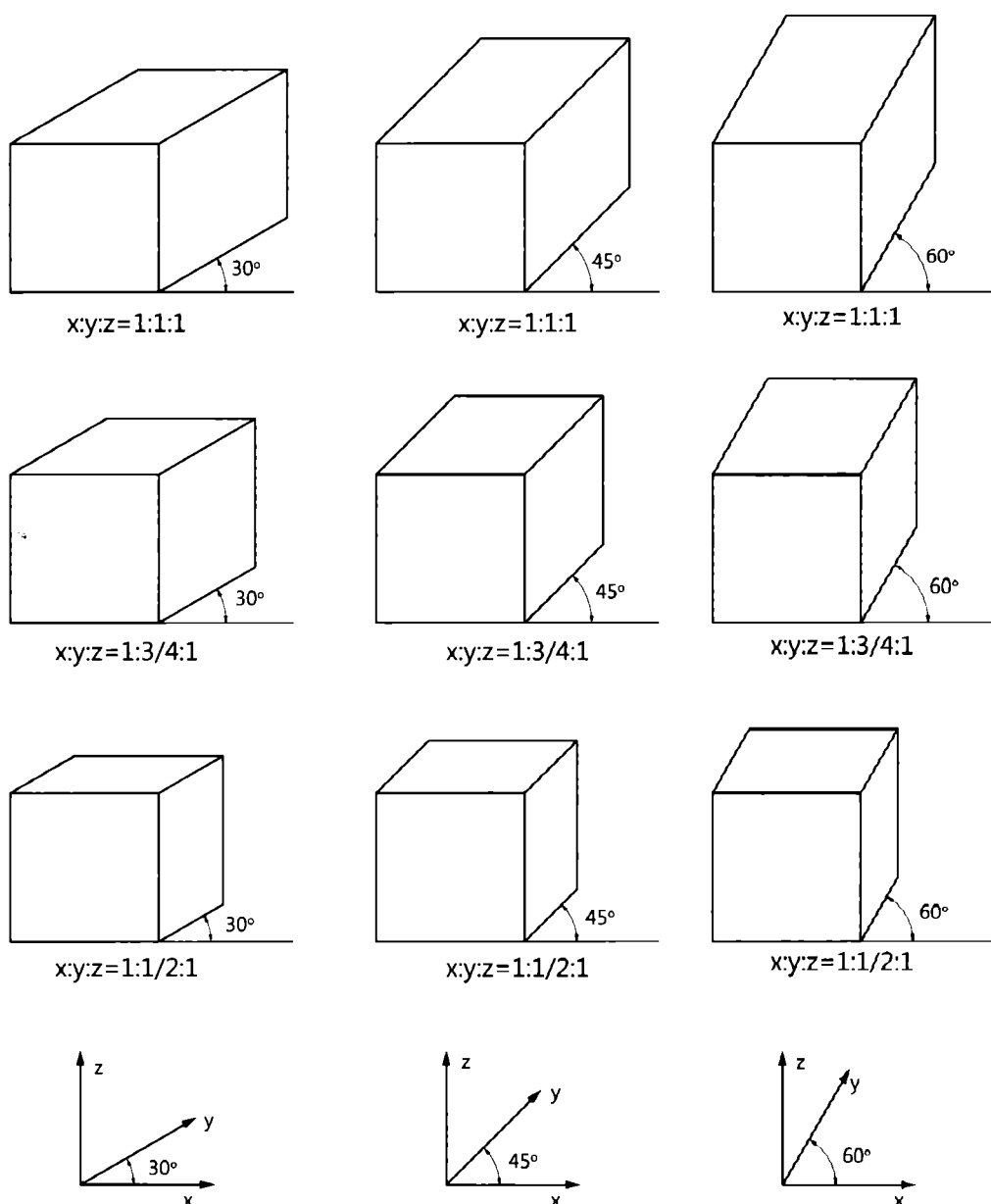


Figura 3.18 Projeções paralelas oblíquas obtidas em relação ao plano frontal. Embora as projeções com $x:y:z=1:1:1$ permitam um lançamento direto das dimensões nos três eixos, elas conferem ao objeto uma aparência um tanto deformada, como se eles estivessem deformados. Quando a proporção no eixo y cai para $3/4$ ou para $1/2$ dos valores lançados em x e z , esse problema é minimizado.

As direções relativas entre os eixos assume pode variar significativamente de acordo com a necessidade, conforme podemos ver na figura 3.19. O eixo y , por exemplo, pode ser direcionado para baixo, quando se deseja oferecer uma visualização da parte inferior do objeto. Ou para a esquerda, quando a face lateral correspondente precisa ser vista. Esta escolha independe do fator de correção.

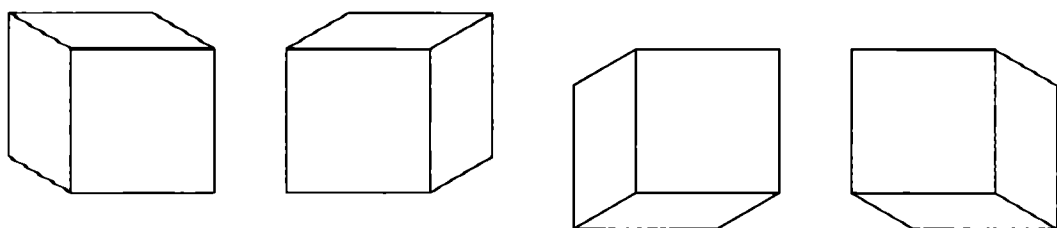


Figura 3.19 Projeção paralela oblíqua com diferentes direções. Podemos notar aqui que o plano de projeção está paralelo ao plano frontal. O que muda é a direção da projeção, permitindo exibir as laterais do objeto, as quais o projetista julgar mais relevantes.

Finalmente, é possível considerar o plano de projeção paralelo a outras faces além da frontal. Nesses casos, para facilitar a visualização, pode-se girar o objeto para uma melhor interpretação do seu volume. Tendo sempre em mente a utilização de instrumentos de desenho, o uso dos ângulos 30° , 45° e 60° é o preferido.

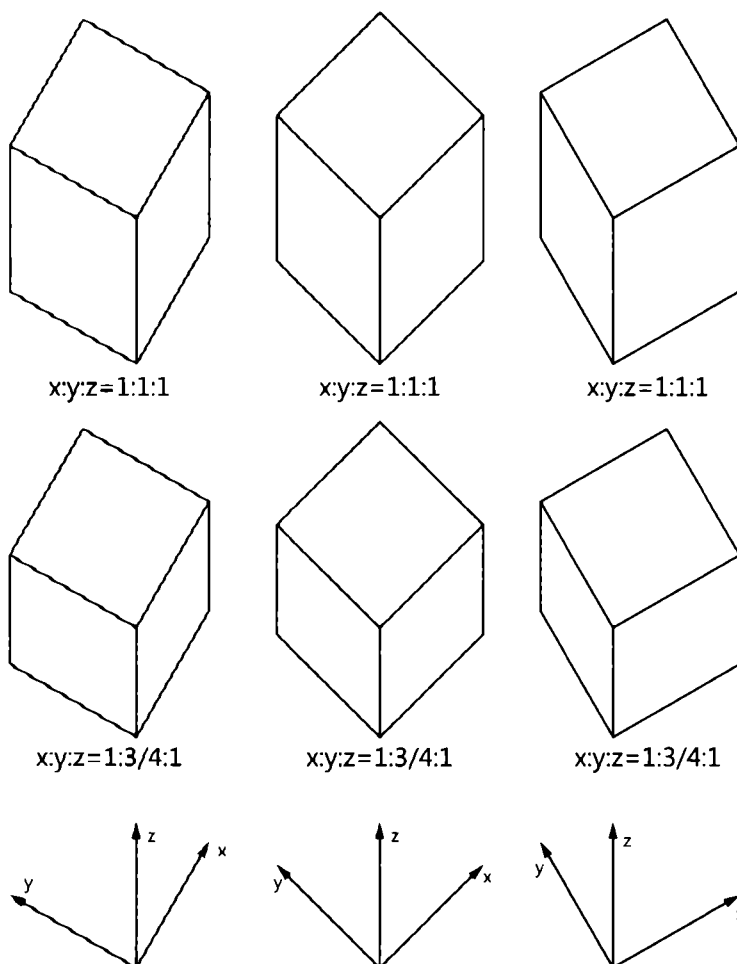


Figura 3.20 Projeções paralelas oblíquas obtidas com plano de projeção posicionado em relação à face superior. Nessa perspectiva, o plano em que todos os ângulos e dimensões são desenhados em verdadeira grandeza é o superior. Quando não há aplicação de fator de correção no eixo y, o objeto é de construção mais imediata, mas ele pode parecer um tanto esticado.

Como já podemos observar, aqui também a variação é significativa e, da mesma forma das projeções paralelas ortogonais — as axonometrias —, alguns arranjos possuem nomes que os individualizam em razão da sua utilização mais frequente. Assim sendo, as perspectivas paralelas oblíquas notáveis são as seguintes:

- Perspectiva caveleira ou militar¹: obtida quando o plano de projeção está paralelo à face superior do objeto representado. Nestes casos é comum haver uma redução no eixo y com fator $\frac{3}{4}$ ou $\frac{1}{2}$.
- Perspectiva de gabinete²: obtida quando o plano de projeção está paralelo à face frontal do objeto representado.

3.7 Síntese do capítulo

Neste capítulo, procuramos estudar os princípios da projeção com ênfase na projeção paralela. Essa forma de projeção, também conhecida como projeção cilíndrica, é amplamente utilizada no mundo do projeto, seja ele de engenharia ou de arquitetura. Entretanto, diferentes áreas utilizam esses mesmos princípios para produzir desenhos técnicos que são um pouco diferentes.

Palavras-chave: projeção; plano de projeção; projeção cônica; projeção paralela; projeção cilíndrica; projeção axonométrica; projeção paralela ortogonal; projeção paralela oblíqua; perspectiva cavaleira; perspectiva militar; perspectiva de gabinete; corte; seção.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

Para entender melhor as particularidades das diferentes formas de representação estudadas neste capítulo, propomos as seguintes atividades:

- 1) Escolha três áreas diferentes de projeto. Por exemplo: um projeto de edificação, um projeto de mecânica e um projeto de instalação hidráulica. Obtenha os desenhos técnicos de algum objeto ou obra executada em cada uma destas áreas.
- 2) Observe os desenhos produzidos e confronte-os com os conhecimentos que você acaba de adquirir e tente identificar:
 - a) A presença e a utilização de projeções cônicas e paralelas.
 - b) A utilização de perspectivas axonométricas e oblíquas.
 - c) O número de vistas ortogonais utilizadas e o tipo de informação que cada uma delas apresenta.
 - d) O número de seções utilizadas e o tipo de informação que cada uma delas apresenta.
 - e) A maneira como todas as vistas e perspectivas são organizadas nas folhas de desenho.
- 3) Faça um relatório apontando semelhanças e diferenças que identificou.
- 4) Verifique, também, seu aprendizado, respondendo às questões seguintes:
 - a) O que diferencia as projeções ortográficas das projeções paralelas ou cilíndricas considerando sua forma de construção e a utilização das vistas que resultam de cada uma delas?
 - b) O que diferencia as projeções ortográficas realizadas no 1º e no 3º diedros? Por que esta distinção é importante?
 - c) As vistas seccionais são importantes como auxiliares na compreensão de objetos de maior complexidade. Que critérios devem ser utilizados para escolher o ponto de seção?
 - d) As perspectivas axonométricas podem ser categorizadas em três tipos básicos. Quais são eles e o que os diferenciam?
 - e) O que diferencia as perspectivas paralelas oblíquas (a cavaleira e a de cabinet) das perspectivas axonométricas do ponto de vista da complexidade de sua execução?



IMAGENS DO CAPÍTULO

- © Desenho egípcio | Sonia Hey (foto).
- © Gaspard Monge | H. Rousseau (graphic designer) | Álbum do Centenário, Paris – 1889.
- © Igreja Santa Maria Novella | Tupungato | Dreamstime.com
- © Loria | Denis Mandarino | denismandarino.com
- Desenhos, gráficos e tabelas cedidos pelo autor do capítulo.

Prática do desenho técnico

ANDERSON MANZOLI

Prática do desenho técnico

4.1 Visão geral do capítulo

Como vimos em 3.2, a visão humana envolve uma projeção retiniana que é bidimensional. A sensação de profundidade resulta, dessa forma, de dois processos simultâneos: primeiro, resulta da percepção da diferença entre os tamanhos aparentes que objetos sabidamente iguais, possuem quando estão próximos ou distantes do observador. Segundo, das pequenas diferenças de projeção retiniana de ambos os olhos, que são processadas pelo cérebro e geram o que chamamos de visão estereoscópica.

Vimos também que a projeção permite uma conversão das dimensões do mundo concreto e tridimensional para um plano de representação que é bidimensional.

A figura abaixo sintetiza os tipos de projeção, separando-os em dois grupos. A projeção cônica de um lado e a paralela ou cilíndrica de outro.

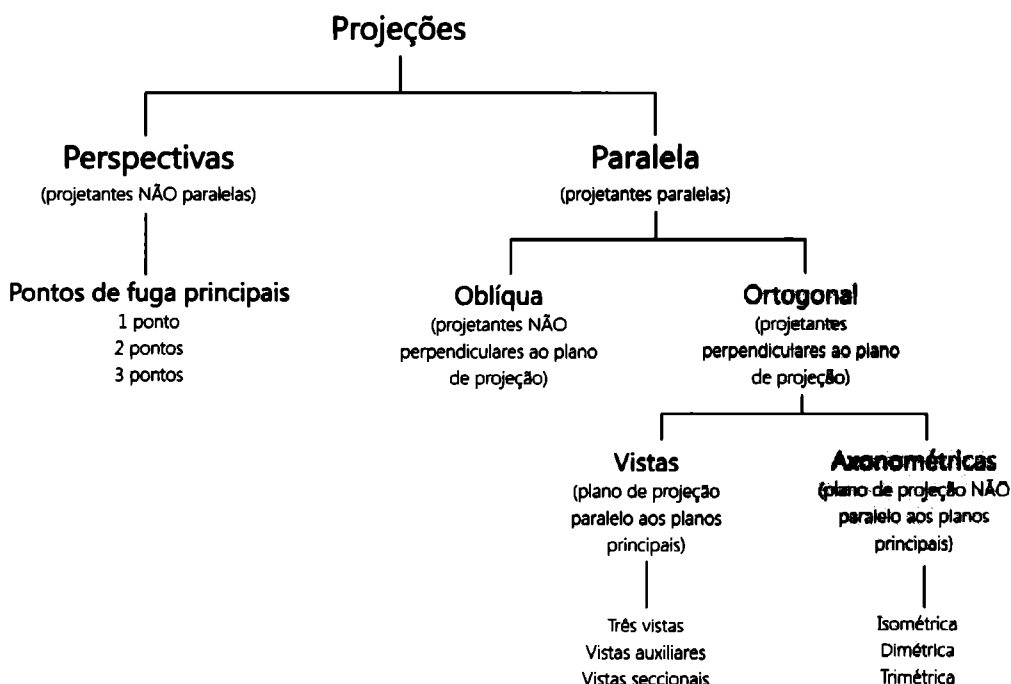


Figura 4.1 Esquemas de divisões das projeções

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, além de rever rapidamente alguns dos princípios de projeção estudados, vamos prosseguir com representações gráficas, técnicas de objetos sólidos de complexidade crescente. Pretendemos, com isso, desenvolver as habilidades necessárias e criar um repertório básico de formas análogas às presentes no contexto da engenharia.

Estratégia de trabalho

Como revimos há pouco, as projeções podem ser cônicas ou paralelas. Nas projeções cônicas, os raios de projeção convergem no ponto em que se situa o observador. Nas projeções paralelas ou cilíndricas, os raios de projeção não convergem e se mantêm como se o observador estivesse situado no infinito.

Nossa estratégia neste capítulo é essencialmente prática. Inicialmente vamos propor apenas alguns princípios ou regras que aumentam a produtividade bem como garantem uma compreensão mais rápida e eficiente das representações. Em seguida, realizaremos uma série de exercícios com o objetivo de desenvolver a prática do desenho técnico.

O tema seguinte retoma os processos projetivos que estudamos sob a perspectiva de sua evolução histórica, procurando entender a lógica que lhes deu origem para descrevê-los segundo uma abordagem mais estritamente geométrica. Uma vez que os procedimentos forem enunciados, poderemos ver alguns exemplos de aplicação prática em áreas da engenharia.

4.2 Três regras básicas

A leitura das vistas ortográficas é grandemente auxiliada pela aplicação das três regras fundamentais:

- Regra do alinhamento
- Regra das figuras contíguas
- Regra da configuração

Regra do alinhamento

As projeções de um mesmo elemento do objeto nas vistas adjacentes devem ser representadas sobre o mesmo alinhamento, permitindo que as vistas sejam construídas com o que denominamos *linhas de chamada*.

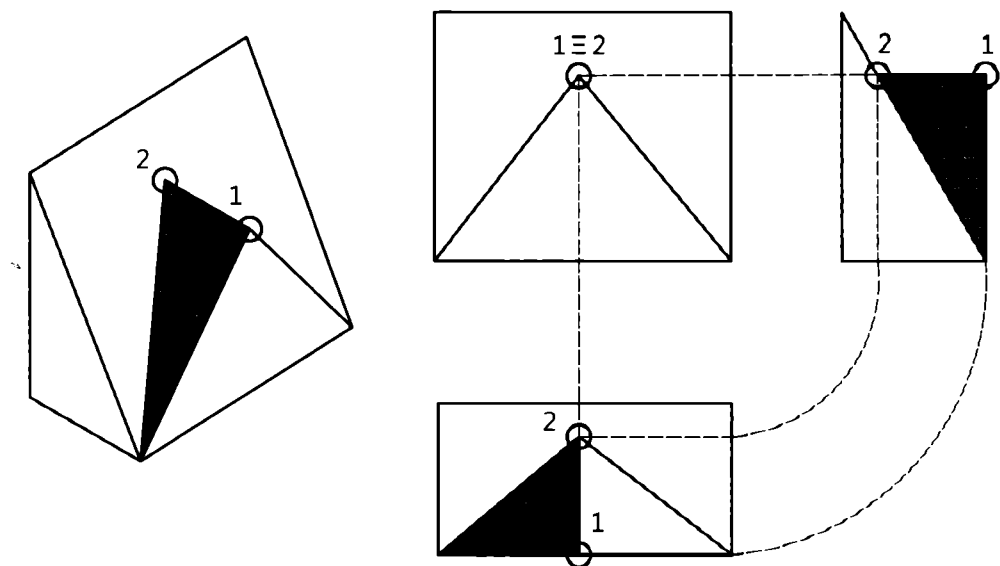


Figura 4.2 Regra do alinhamento

Regra das figuras contíguas

A linha que separa duas áreas contíguas de uma vista ortográfica indica que essas duas áreas não estão contidas no mesmo plano. A presença dessas linhas é fundamental para a compreensão tanto de objetos simples quanto complexos.

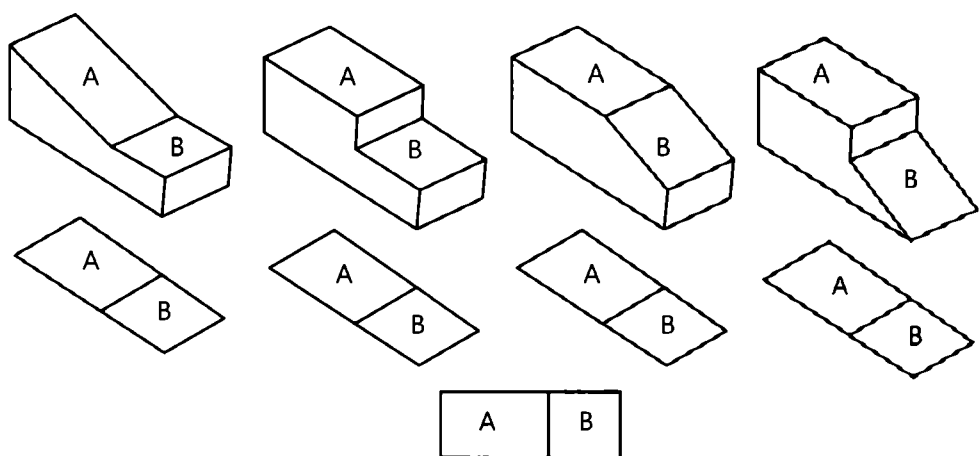


Figura 4.3 Regra das figuras contíguas

Regra da configuração

Como decorrência do posicionamento dos planos e da projeção ortogonal em relação ao objeto, planos, arestas e pontos podem ser projetados de formas diferentes conforme sua relação com os planos de projeção. Assim, as seguintes situações podem ocorrer:

- Um plano pode ser projetado como um polígono.
- Um plano pode ser projetado como uma linha.
- Uma aresta pode ser projetada como um segmento de reta.
- Uma aresta pode ser projetada como um ponto.
- Um ponto sempre será projetado com um outro ponto.

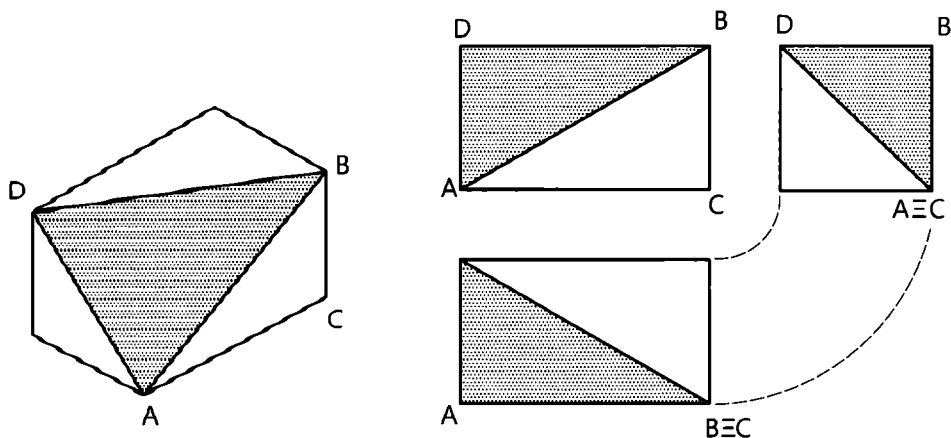


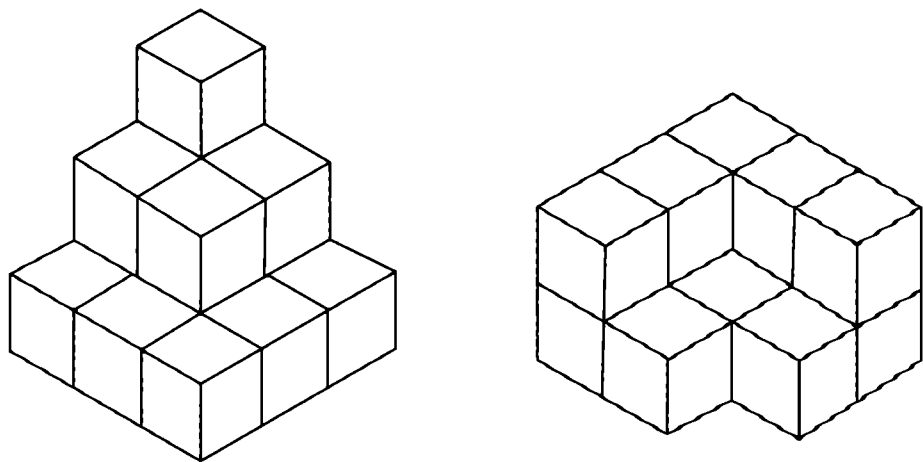
Figura 4.4 Exemplos da regra da configuração



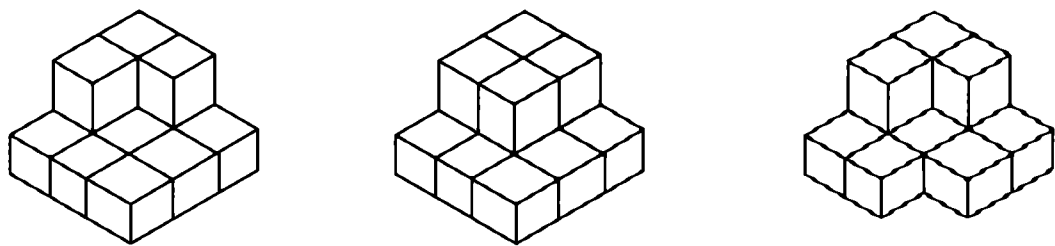
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Vamos, agora, realizar uma série de exercícios. A ideia é começar desenvolvendo habilidades básicas de interpretação, raciocínio tridimensional e visualização de objetos tridimensionais.

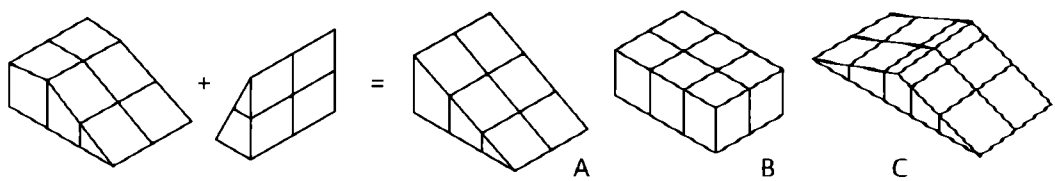
1) Descubra a parte que falta para completar os cubos. Tente desenhá-las.



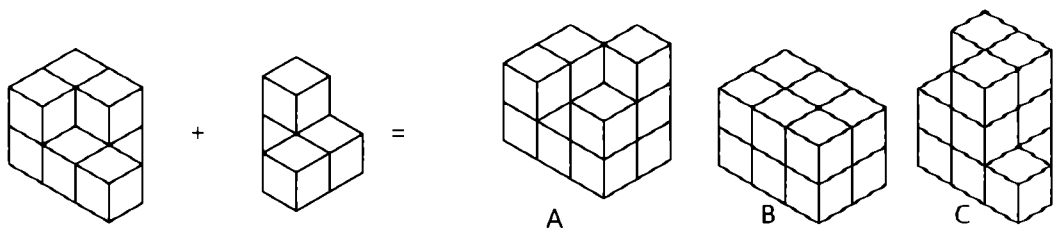
2) Descubra a parte que falta para completar os cubos. Tente desenhá-las.



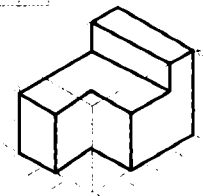
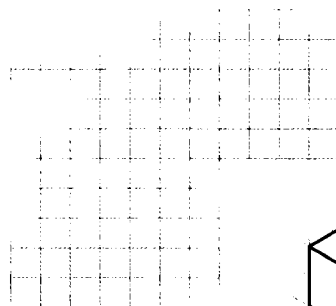
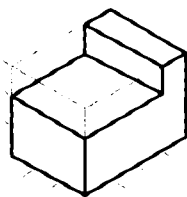
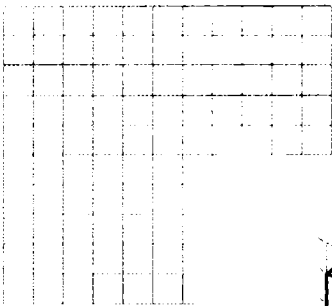
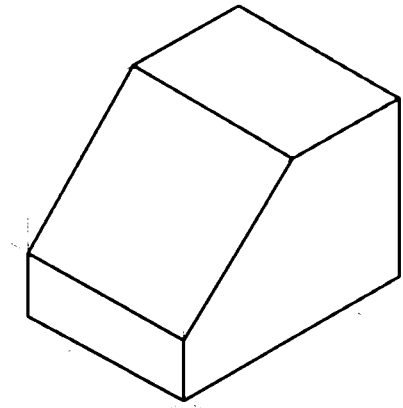
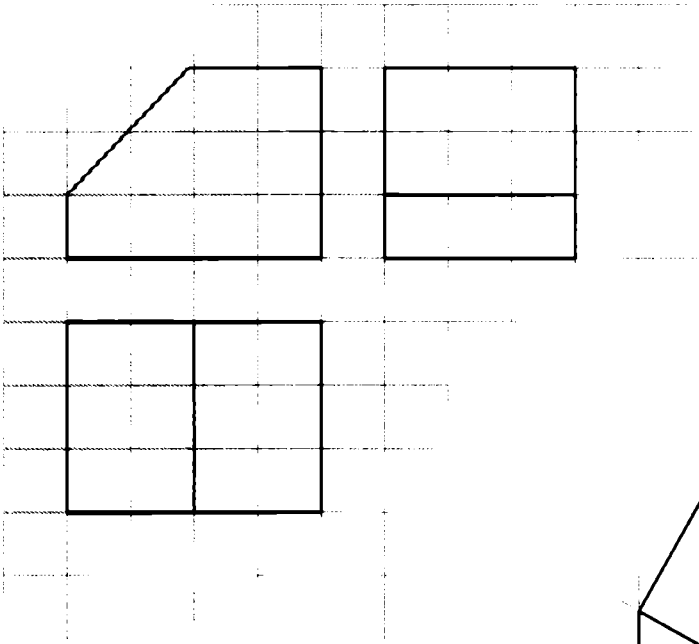
3) Somando-se os dois sólidos, qual o sólido resultante?



4) Somando-se os dois sólidos, qual o sólido resultante?



5) Observe a perspectiva isométrica da peça, faça, à mão livre, a respectiva representação ao lado em forma de vistas: frontal, superior e lateral esquerda. Respeite as proporções de cada peça de acordo com o exemplo.



Uma projeção plana, como a figura seguinte, permite visualizar a seção gerada pelo plano de corte.

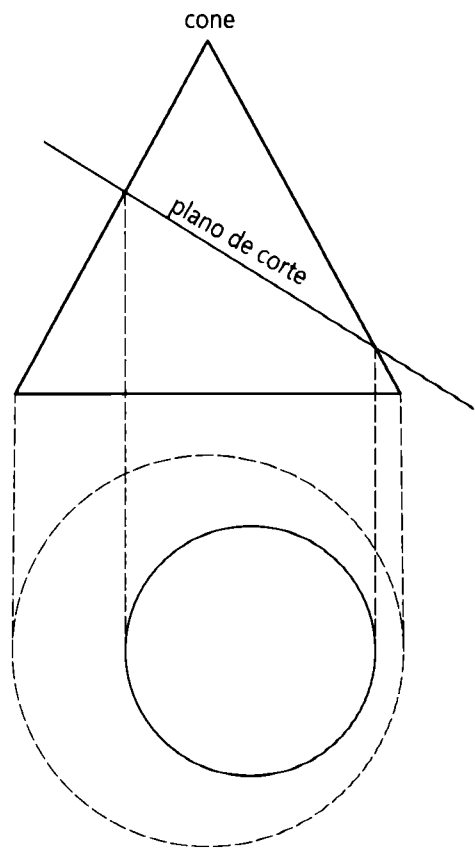


Figura 4.5 Cone seccionado

Programas computacionais gráficos que permitem modelar sólidos estão sendo utilizados como ferramentas para facilitar a visualização e compreensão das projeções.

Veja, no exemplo, um cone sendo seccionado usando-se um programa:



Figura 4.6 Programa computacional auxiliando a visualização de modelagem digital

Como a representação de objetos tridimensionais 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.

Nesses 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.

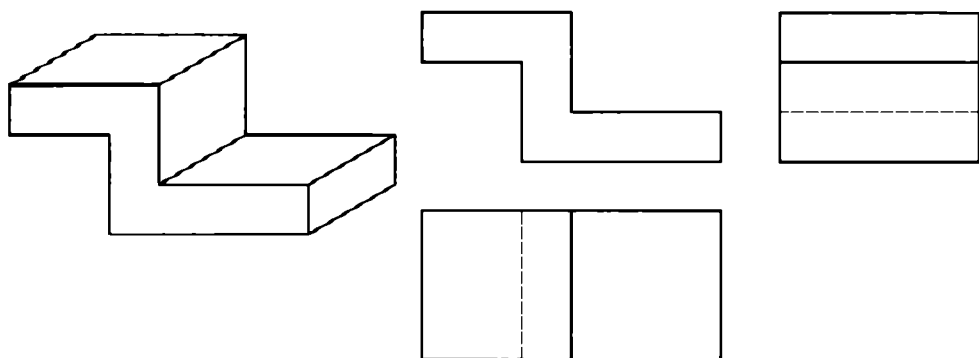
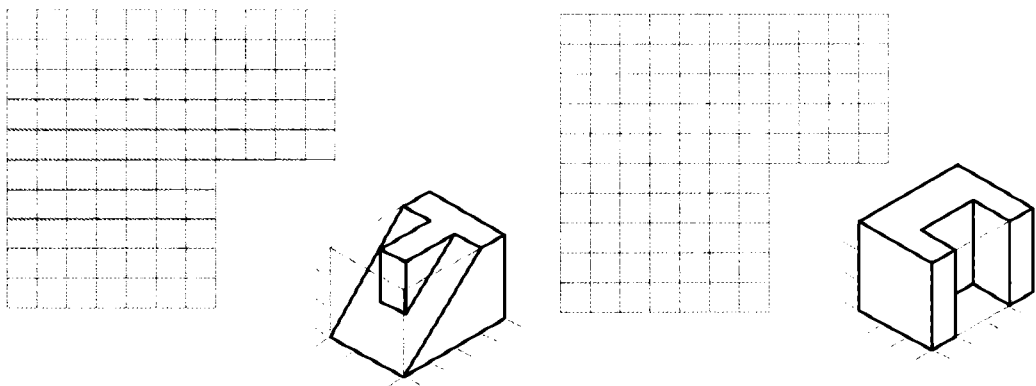


Figura 4.7 Linhas tracejadas para o entendimento tridimensional



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 6) Observe a perspectiva isométrica da peça, faça, à mão livre, a respectiva projeção ortogonal, criando as vistas frontal, superior e lateral esquerda. Respeite as proporções de cada peça e represente as superfícies ocultas com linhas tracejadas.



Assim como a linguagem verbal escrita exige alfabetização, a execução e a interpretação da linguagem gráfica do desenho técnico exige treinamento específico, porque são utilizadas figuras planas (bidimensionais) para representar formas espaciais.

Conhecendo-se a metodologia utilizada para a elaboração do desenho bidimensional é possível entender e conceber mentalmente a forma espacial representada na figura plana. Na prática, pode-se dizer que, para interpretar um desenho técnico, é necessário enxergar o que não é visível e ter a capacidade de entender uma forma espacial a partir de uma figura plana, chamada visão espacial. Essa visão desenvolve-se com a prática e é essencial a qualquer profissional de projeto que trabalhe com realidades concretas e tridimensionais.

4.3 Prática do desenho técnico: projeções e seções ortográficas e oblíquas

Projeção cônica

Como vimos na seção 3.3, uma das formas mais básicas de projeção é a chamada projeção cônica. Nessas projeções, os raios de projeção convergem em um único ponto. Se abstraímos os paralelos com a realidade concreta e a evolução histórica destes procedimentos e nos concentramos nos termos puramente geométricos, observamos que, nas projeções cônicas, as retas projetantes partem de um único ponto, o centro da projeção, conforme a figura 4.8.

Projeção de um ponto

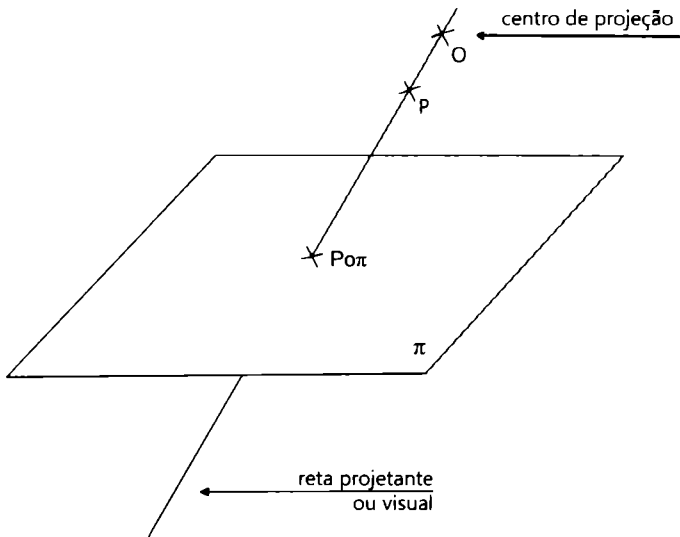


Figura 4.8 Projeção de um ponto e o centro de projeção

Assim sendo, dizemos que qualquer ponto no espaço ($P \neq O$) tem sua projeção $P^\circ\pi$ feita de O em π . Se P for pertencente ao plano, ele irá coincidir com sua projeção ($P = P^\circ\pi$).

Observe a nomenclatura que utilizamos:

- π – Plano de projeção
- O – Centro de projeção
- P – Ponto a ser projetado
- OP – Reta projetante ou visual
- $P^\circ\pi$ – Projeção de P feita de O em π

Projeção de uma reta

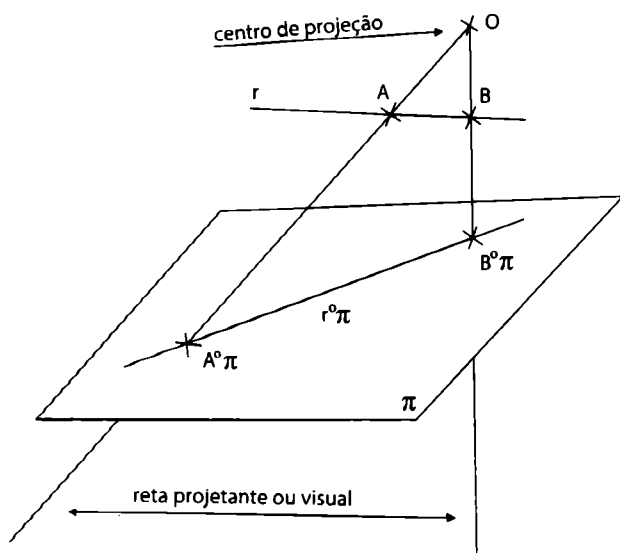


Figura 4.9 Projeção de uma reta

A reta é formada por pontos infinitos alinhados, e sua projeção é o lugar geométrico das projeções de seus pontos infinitos. Para encontrar a projeção de uma reta basta projetar dois de seus pontos no plano e ligar essas projeções.

Observe a nomenclatura:

- π – Plano de projeção
- O – Centro de projeção
- r – Reta a ser projetada
- A e B – Pontos da reta que serão projetados
- $A^o\pi$ e $B^o\pi$ – Projeção dos pontos
- $r^o\pi$ – Projeção da reta

Projeção paralela ou cilíndrica

Para obter uma projeção paralela, devemos afastar o centro de projeção O do plano π até que se obtenha um ponto no infinito o “ponto impróprio” (representa a direção de uma reta que se intercepta no plano projetivo no infinito). Esse raciocínio foi explorado na seção 3.3, e devemos lembrar que o ponto impróprio deve afastar-se do plano de projeção de forma a nunca coincidir com ele. Dessa maneira os raios de projeção — retas projetantes quando pensamos de forma exclusivamente geométrica — tornam-se paralelos como se convergissem nesse ponto impróprio.

Projeção de um ponto

Um ponto P qualquer tem projeção $P^o\pi$ na direção de O em π . Se o ponto P pertencer ao plano π , ele irá coincidir com sua projeção ($P = P^o\pi$).

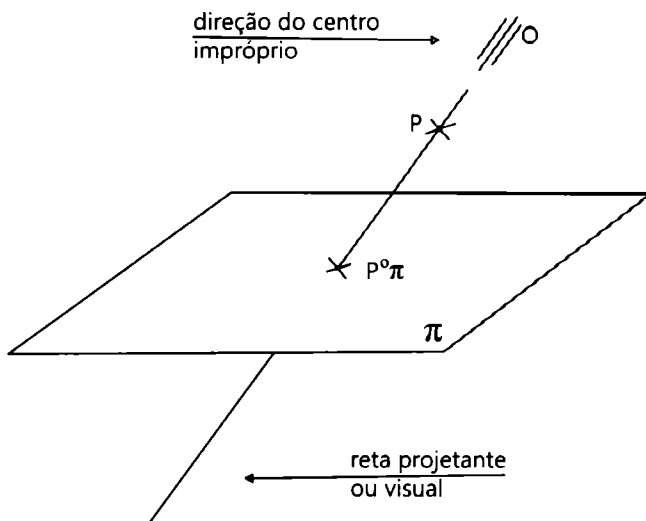


Figura 4.10 Projeção de um ponto – Centro impróprio

Observe a nomenclatura:

- π – Plano de projeção
- o – Direção de projeção
- P – Ponto a ser projetado
- OP – Reta projetante
- $P^{\circ}\pi$ – Projeção do ponto

Projeção de uma reta

A projeção de uma reta também é uma reta. Sendo assim, pode-se projetar apenas dois de seus pontos, ligando suas projeções e obtendo a projeção da reta.

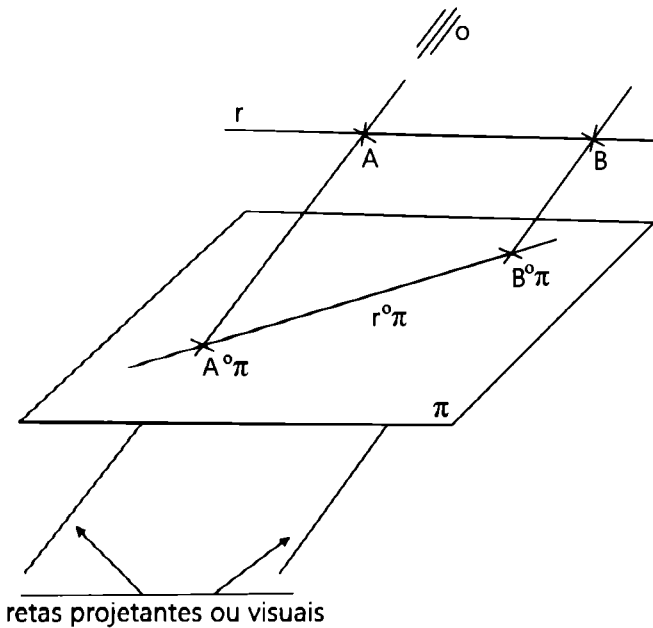


Figura 4.11 Projeção de uma reta e a representação do centro impróprio

Observe a nomenclatura:

- π – Plano de projeção
- o – Direção de projeção
- r – Reta a ser projetada
- A e B – Pontos da reta a serem projetados
- $A^{\circ}\pi$ e $B^{\circ}\pi$ – Projeção desses pontos
- $r^{\circ}\pi$ – Projeção da reta

Prática do desenho técnico: Sistemas com uma única projeção

Levando em consideração a finalidade do desenho técnico, que é a de representar graficamente, em duas dimensões, objetos tridimensionais, podemos dizer que a linguagem gráfica se utiliza de processos de *codificação* e *decodificação*, sendo a primeira a representação plana do objeto, e a segunda sua reconstituição a partir desta representação. Temos então um sistema descritivo de representação.

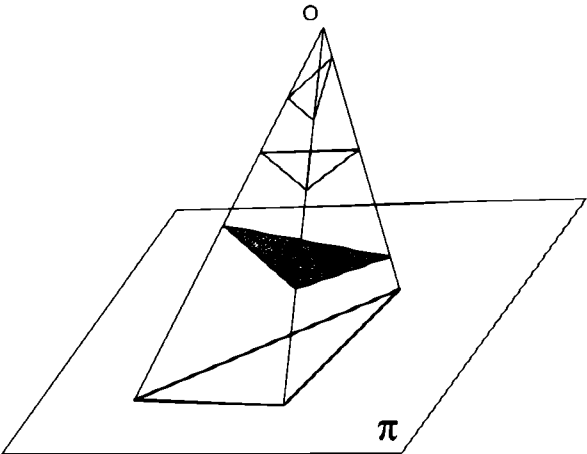


Figura 4.12 Sistema de representação

Como vimos na seção 3.4, um sistema único de projeção não é suficiente para compreender amplamente um objeto tridimensional. Em outras palavras, ele pode não ser um sistema descritivo, necessitando de informações a respeito da terceira dimensão do objeto para determinar sua posição no espaço e, assim, tornar-se um sistema mais eficiente.

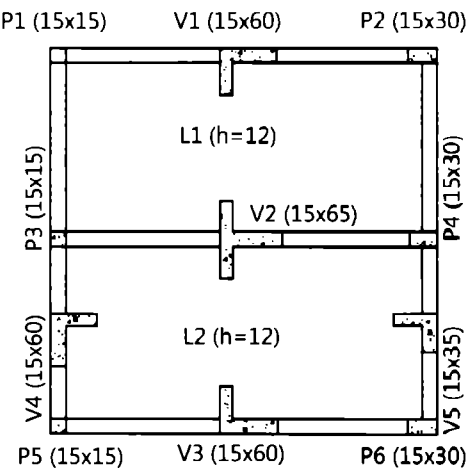


Figura 4.13 Sistema de única projeção

A figura 4.14 representa uma planta de forma em estruturas de concreto armado – Vista superior da estrutura gerada a partir de projeção ortogonal. Apresenta seções e cotas de vigas e pilares. Podemos observar que ele não informa adequadamente sobre o aspecto real desta estrutura que aparece na projeção cônica da figura abaixo. Por essa razão, uma série de informações (as dimensões das vigas) precisa ser acrescida de forma textual.

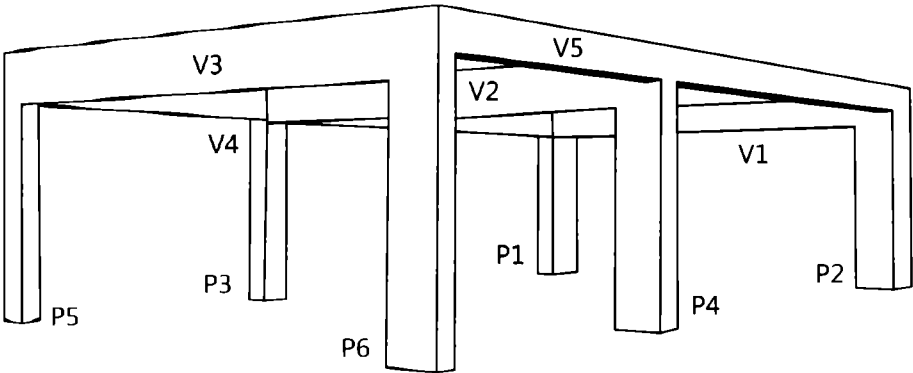


Figura 4.14 Perspectiva cônica de uma estrutura de concreto

Outra situação em que uma única forma de projeção é utilizada é a *planta de topografia*. Ela representa a superfície irregular do solo pelas *curvas de nível*, que são obtidas pela interseção de planos de seção paralelos e equidistantes. As curvas de nível são representadas pelas respectivas projeções ortogonais no plano de projeção com a indicação textual de suas cotas conforme figura 4.15.

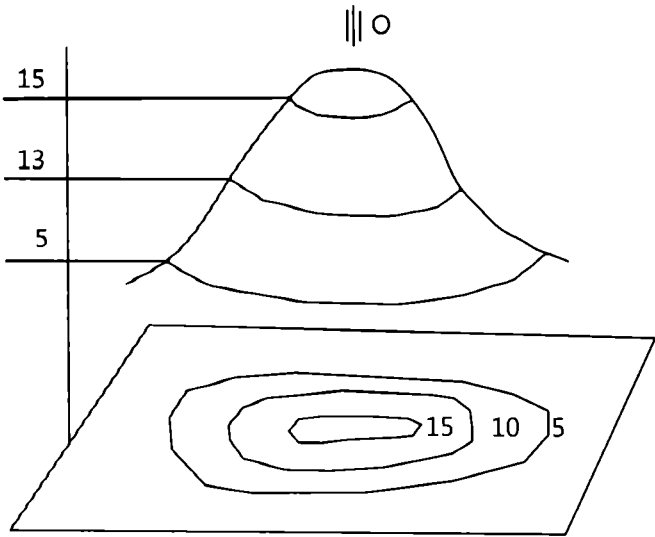


Figura 4.15 Planta topográfica com curvas de nível

Prática do desenho técnico: sistemas com duas ou mais projeções

Com o sistema de dupla projeção, onde há a correspondência biunívoca, evita-se a indeterminação na representação de um sólido.

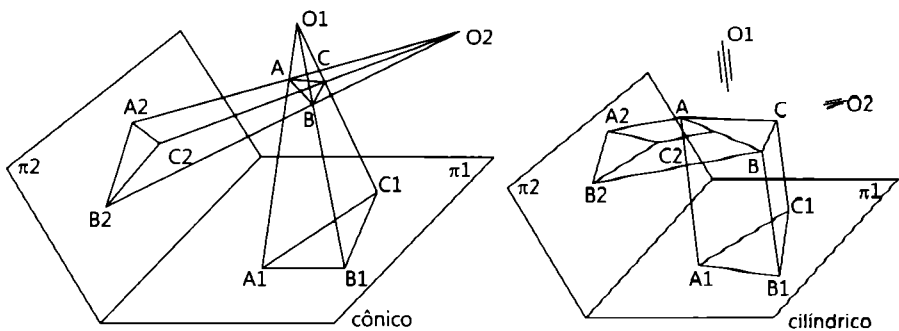


Figura 4.16 Sistema de dupla projeção

Como vimos na seção 3.4, o pensamento de Gaspar Monge deu origem ao que chamamos de sistema mongeano, que também é básico para a compreensão das projeções paralelas ortográficas. Esse sistema de representação é característico da geometria descritiva, fundamental para o desenho técnico. Emprega dois planos π_1 e π_2 , perpendiculares entre si, onde são feitas as projeções ortogonais a partir de dois centros impróprios $O1_\infty$ e $O2_\infty$ (figura 4.17).

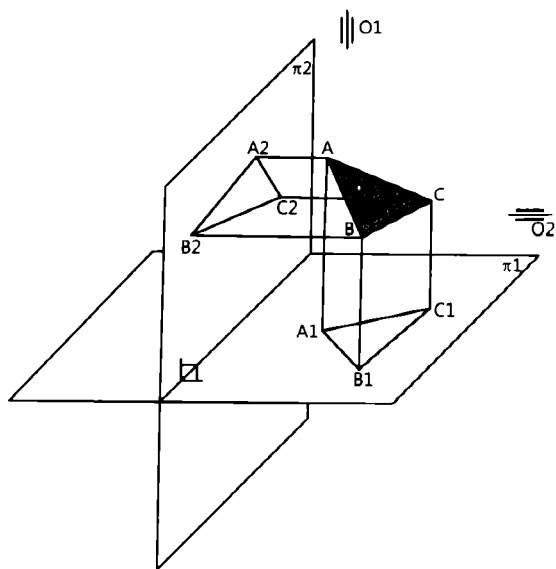


Figura 4.17 Sistema mongeano na projeção de um polígono

Caso a direção das retas projetantes seja perpendicular ao plano, a projeção é ortogonal. As propriedades dessa projeção são as mesmas da cilíndrica, preservando a perpendicularidade entre π_1 e π_2 . A projeção ortogonal, desta forma, é um caso particular do sistema mongeano.

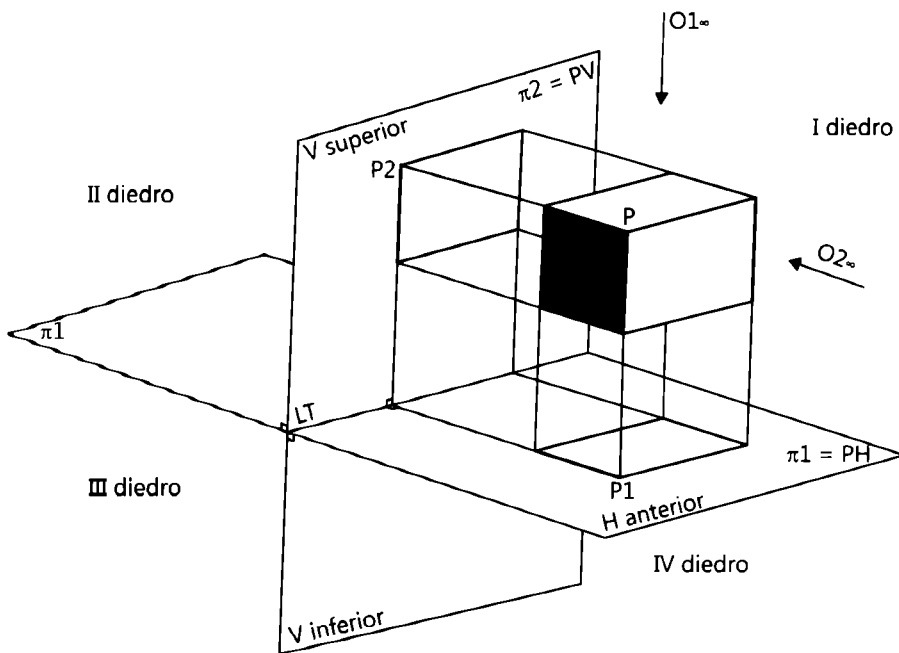


Figura 4.18 Sistema mongeano na projeção de um sólido

P_1 é a projeção horizontal do ponto P sobre π_1 a partir do centro $O_1\infty$.

P_2 é a projeção vertical do ponto P sobre π_2 a partir do centro $O_2\infty$.

Os planos perpendiculares entre si recebem o nome de PH — plano horizontal de projeção (π_1) —, e PV — plano vertical de projeção (π_2). Sua interseção chama-se LT — linha de terra.

A é pura

A é pura é, como vimos na seção 3.4, a representação de um objeto por meio de suas projeções em um único plano. A prática da leitura da é pura é muito útil aos profissionais de projeto, pois desenvolve a habilidade de reconstituir mentalmente, ou visualizar, o objeto no espaço tridimensional. Uma vez que já entendemos o funcionamento da é pura, é importante fixar, também, a terminologia utilizada, conforme podemos ver na figura 4.19:

Linha de chamada é a reta perpendicular à linha de terra (LT) unindo as duas projeções.

Cota é a distância (PP1) do ponto ao π_1 ; em écura a cota é dada pela distância entre a projeção vertical do ponto (P2) e a linha de terra (LT).

Afastamento é a distância (PP2) do ponto ao π_2 ; em écura, o afastamento é a distância da projeção horizontal (P1) à linha de terra (LT).

Abcissa – fornece o posicionamento do ponto em relação à linha de terra. Sendo assim, um ponto qualquer (P) é definido pela abcissa, pelo afastamento e pela cota.

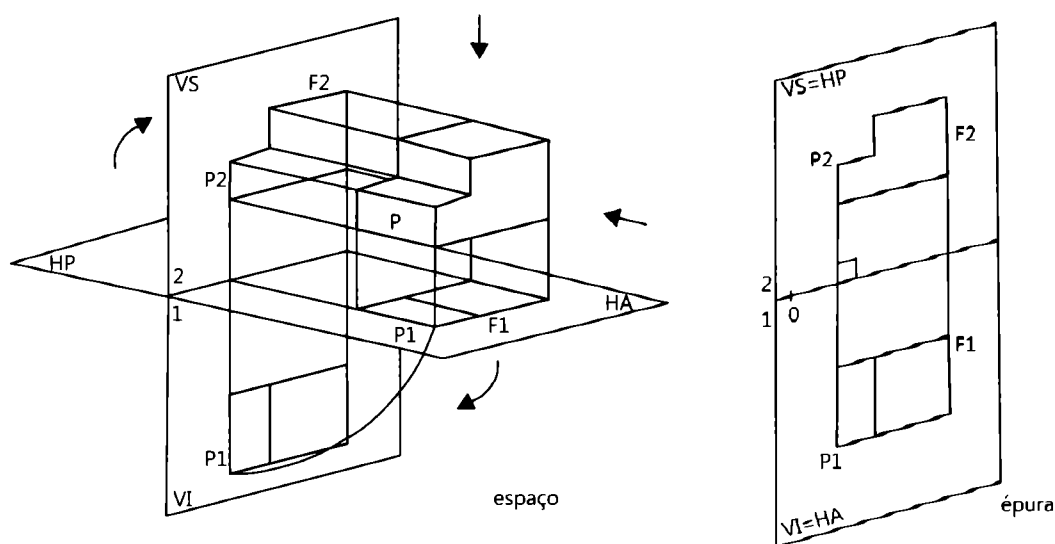


Figura 4.19 Écura

A convenção em écura é uma consequência da convenção no espaço. A cota positiva está acima da LT, e a negativa está abaixo. O mesmo se dá para o afastamento.

4.4 Síntese do capítulo

Neste capítulo fizemos uma revisão dos sistemas de projeção, procurando aprofundá-los e entendê-los em termos matemáticos. Na prática do desenho técnico, é importante que o desenhista-projetista esteja atento não ape-

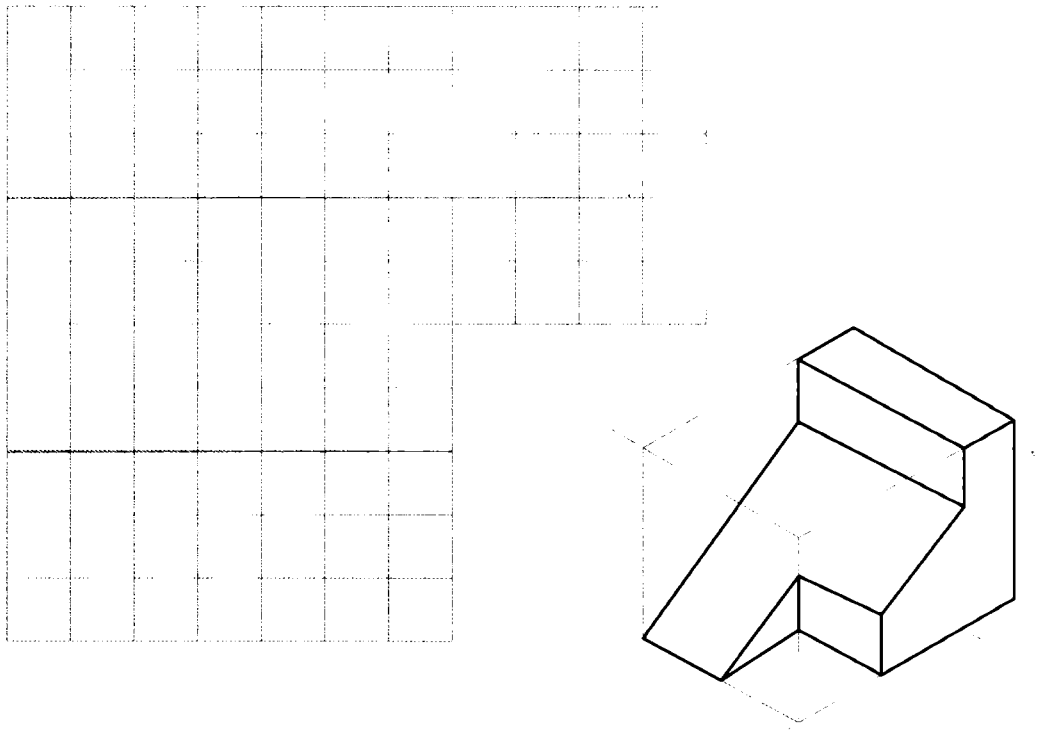
nas às convenções e técnicas utilizadas habitualmente, mas também aos fundamentos lógico-matemáticos que as definem. No universo do projeto, situações novas surgem a todo momento e, sem uma boa compreensão destes fundamentos, muitas dificuldades poderão surgir. Por outro lado, nas ocasiões em que um objeto diferente dos habituais é apresentado, recorrer a estes fundamentos é um caminho mais seguro para a resolução dos desafios da representação.

Palavras-chave

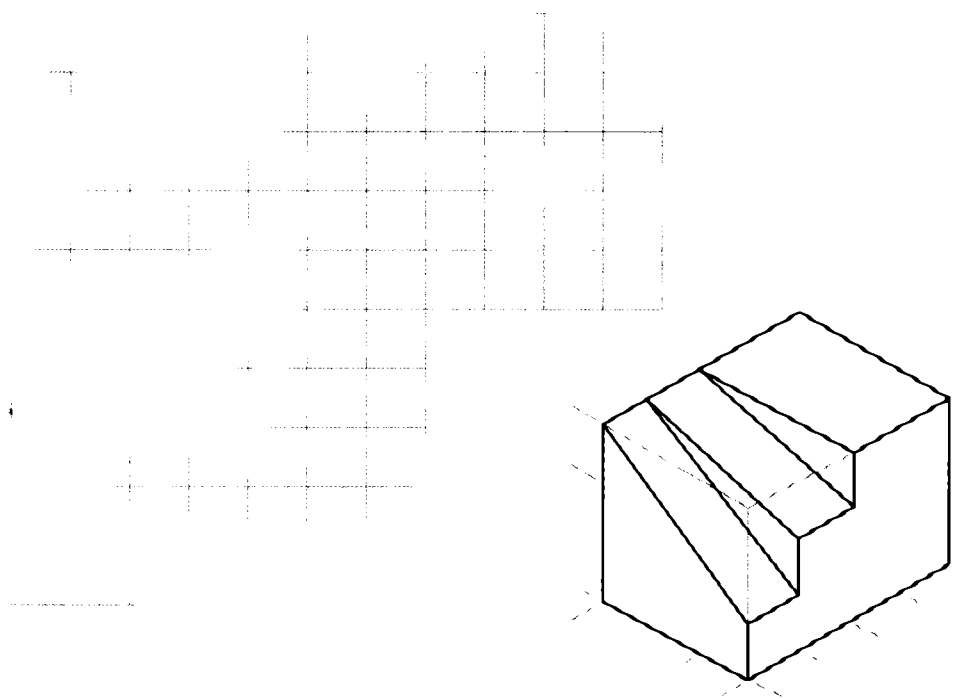
Projeções, seções ortográficas, seções oblíquas.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

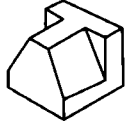
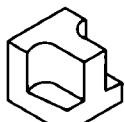
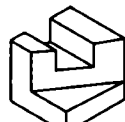
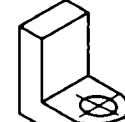
- 7) Observe a perspectiva isométrica da peça, faça, à mão livre, a respectiva representação ao lado em forma das vistas frontal, superior e lateral esquerda. Respeite as proporções da peça:



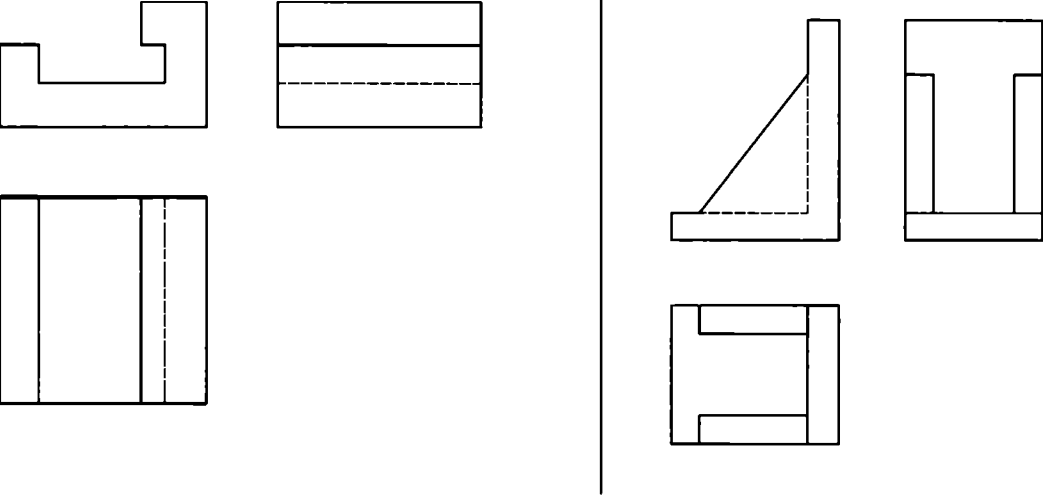
8) Analise a perspectiva isométrica da peça, faça, à mão livre, a respectiva representação ao lado em forma de vistas: frontal; superior e lateral esquerda. Respeite as proporções de cada peça e represente as superfícies ocultas com linhas tracejadas.



9) Identifique e numere as projeções correspondentes a cada peça apresentada em perspectiva.

	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

10) Para verificar o aprendizado, a partir de três vistas ortográficas, construa a perspectiva isométrica ao lado.



IMAGENS DO CAPÍTULO

Desenhos, gráficos e tabelas cedidos pelo autor do capítulo.

Organização da documentação técnica do projeto

CÉSAR MUNIZ

Organização da documentação técnica do projeto

5.1 Visão geral do capítulo

Um projeto é bem mais do que um simples conjunto de vistas desenhadas. No dia a dia do profissional de projeto, um número por vezes bastante elevado de informações gráficas, textuais e diagramáticas deve ser manipulado e organizado. Para facilitar esse processo e, sobretudo, para permitir que informações específicas sobre qualquer elemento particular do projeto possam ser localizadas rapidamente, é necessário seguir um conjunto de diretrizes e padrões.

Objetivos do capítulo

Neste capítulo, vamos examinar um conjunto importante de práticas e normas cujo objetivo é justamente esse: facilitar o manuseio, a organização e a recuperação de um grande número de documentos que compõem um projeto. Em outras palavras, facilitar a comunicação entre os diferentes atores do processo de projeto e produção de qualquer intervenção humana no mundo concreto.

Estratégia de trabalho

Num primeiro momento, vamos retomar a ideia do projeto apresentada no capítulo inicial deste trabalho, procurando entender a multiplicidade de formas que a informação relevante pode assumir e os desafios de sua organização. Em seguida, vamos analisar elemento por elemento que compõe o conjunto de normas que regulamentam, no Brasil, a prática do desenho técnico e procurar entender seus objetivos, sua lógica de funcionamento.

5.2 O projeto e seus documentos

No início desta obra, tentamos criar um entendimento um pouco mais abrangente do que é o *projeto*. Essa palavra, que está no centro da atividade de tantos profissionais — engenheiros, arquitetos, administradores, entre vários outros —, é de uso corriqueiro e pode assumir muitos significados.

No entanto, enquanto o público em geral pode confundir o projeto com um tipo particular de desenho, nós devemos ter sempre em mente que ele é bem mais que isso.

Como vimos em 1.2, todo projeto tenta antever uma situação. Ele é o instrumento central para a intervenção em uma realidade dada, seja ela pequena, como um componente de uma máquina, ou grande, como uma cidade inteira. Mesmo em caso de intervenções pouco complexas, é preciso antecipar, com a maior precisão possível, todos os recursos que serão necessários, sejam eles técnicos, materiais ou humanos, bem como escolher uma de muitas configurações possíveis. Por essa razão, um projeto é sempre mais do que um conjunto de desenhos.

E para manter essa ideia sempre em mente, é importante utilizarmos a expressão *documentos*, para que a distinção entre desenhos e projetos fique bem evidenciada. Um projeto pode ser entendido, assim, como um conjunto de documentos de vários tipos. Desenhos técnicos (que são o objeto desta obra), desenhos ilustrativos, listas, orçamentos, cronogramas, descrições de como fazer são diferentes tipos de documentos que podem compor um projeto em seu sentido mais amplo.

Essa multiplicidade de documentos e o incontável número de tipos de projetos que é possível desenvolver em cada uma das atividades humanas criam um desafio: a construção de uma linguagem que seja precisa e compreensível para os profissionais envolvidos na execução da realidade projetada. Para vencer este desafio, já observamos que um número significativo de procedimentos e padrões vai sendo estabelecido durante a construção de cada um dos documentos. No caso particular dos desenhos técnicos, vimos a padronização das formas de projeção, dos diedros utilizados, da nomenclatura das vistas, da representação de elementos visíveis e ocultos. Além dos desenhos propriamente ditos, muitos aspectos precisam ser padronizados com o objetivo de facilitar o entendimento, permitir uma rápida localização de informações específicas do projeto e garantir a precisão na execução. Estamos falando de:

- Papéis utilizados
- Formas e organização das folhas de desenho

- Elementos numéricos e textuais
- Sistemas de notação para articulação entre desenhos

À primeira vista, estes temas podem parecer aborrecidos, pois se resumem, na maioria dos casos, a regras que devemos seguir. No entanto, se tentarmos entender a razão de ser destas normas, em lugar de tentar decorá-las cegamente, o processo será diferente. Não devemos esquecer que por trás de todo projeto há uma concepção, um pensamento que incorpora engenhosidade, inovação e rigor técnico. E todo projetista deseja que a execução deste projeto, ou seja, sua transformação em uma realidade nova, seja conduzida como ele pensou. As estratégias utilizadas para organizar toda a documentação de um projeto são, portanto, fundamentais para realizar este desejo. Assim sendo, organizar a documentação do projeto vai muito além de simplesmente seguir normas técnicas de desenho.

5.3 Folhas de desenho e suas dimensões

Algumas expressões que são utilizadas como sinônimos podem criar alguma confusão quando falamos de desenho técnico, e, para evitar que isso aconteça, convém estabelecer algumas distinções já baseadas nos padrões que estamos discutindo.

A Norma Brasileira de Desenho Técnico NBR 10.647 estabelece uma primeira distinção importante: a de desenhos projetivos e desenhos não projetivos. Segundo ela, desenhos projetivos são justamente aqueles dos quais nos ocupamos mais detidamente nesta obra. As vistas ortográficas que estudamos no capítulo sobre projeções são, segundo essa norma, “figuras resultantes de projeções cilíndricas ortogonais do objeto, sobre planos convenientemente escolhidos, de modo a representar, com exatidão, a forma do mesmo com seus detalhes” (ABNT, 1989, p. 1). Note que essa norma usa o termo projeção cilíndrica, que é o outro nome para projeção paralela. A mesma norma define perspectiva como “figuras resultantes de projeção cilíndrica ou cônica, sobre um único plano, com a finalidade de permitir uma percepção mais fácil da forma do objeto” (ABNT, 1989, p. 1).

Embora eles não sejam objeto de nosso interesse aqui, projetos podem conter, também, desenhos não projetivos, tais como diagramas, esquemas, ábacos ou nomogramas, fluxogramas, organogramas e gráficos ilustrativos. A norma estabelece, também, uma diferenciação segundo o grau de elaboração. Essa distinção é importante, pois vários elementos normativos, sobretudo acerca dos sistemas de notação e dimensionamento, aplicam-se mais rigidamente a um tipo do que a outro. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) propõe quatro tipos:

- **Esboço:** representação do estágio inicial do projeto. Contém as primeiras ideias e pode também, indicar elementos pre-existentes do qual o projeto se insere. É comum que não seja em escala.
- **Desenho preliminar:** representação dos estágios intermediários. Já é construída em escala, mas é sujeita a alterações. Um conjunto de desenhos preliminares pode, também, ser entendido como um anteprojeto.
- **Croqui:** representação frequentemente feita sem auxílio de instrumentos. Explora um ou mais aspectos do projeto que está sendo desenvolvido. É comum que sejam feitos vários croquis para expressar diferentes opções.
- **Desenho definitivo:** Desenho com a solução final que faz parte de um projeto.

Devemos notar que nenhuma destas expressões refere-se à superfície sobre a qual o desenho foi feito. Para evitar confusão, é sempre importante distinguir uma coisa da outra. O termo adotado pela ABNT nesse caso é *folha de desenho*. Essa expressão pode, entretanto, variar de um campo a outro. No âmbito da arquitetura e do urbanismo, por exemplo, é comum utilizarmos a expressão *prancha de desenho*.

Para facilitar a organização das folhas de desenho com outros materiais impressos como relatórios e diagramas, a primeira providência importante, é padronizar duas coisas:

- As dimensões da folha de desenho.
- A forma como as folhas de desenho devem ser dobradas.

Esses padrões são estabelecidos pela NBR 10.068 (ABNT, 1987).

O Brasil adota um conjunto de dimensões — que doravante chamaremos *formatos* — conhecido como série A. Esses formatos amplamente adotados no mundo foram incorporados pela *International Organization for Standardization*¹ (ISO), e, tiveram origem em uma norma alemã, de 1922, estabelecida pela *Deutsches Institut für Normung*² (DIN).

Os tamanhos foram fixados a partir de um formato básico denominado A0 que deve ter duas propriedades:

- Área igual a 1 m².
- Largura (L) e altura (A) mantendo entre si a mesma relação que existe entre o lado de um quadrado e sua diagonal ($L = A\sqrt{2}$) (figura 5.1).

Essas propriedades resultam numa folha cujas dimensões são, respectivamente, 841 mm x 1.189 mm.

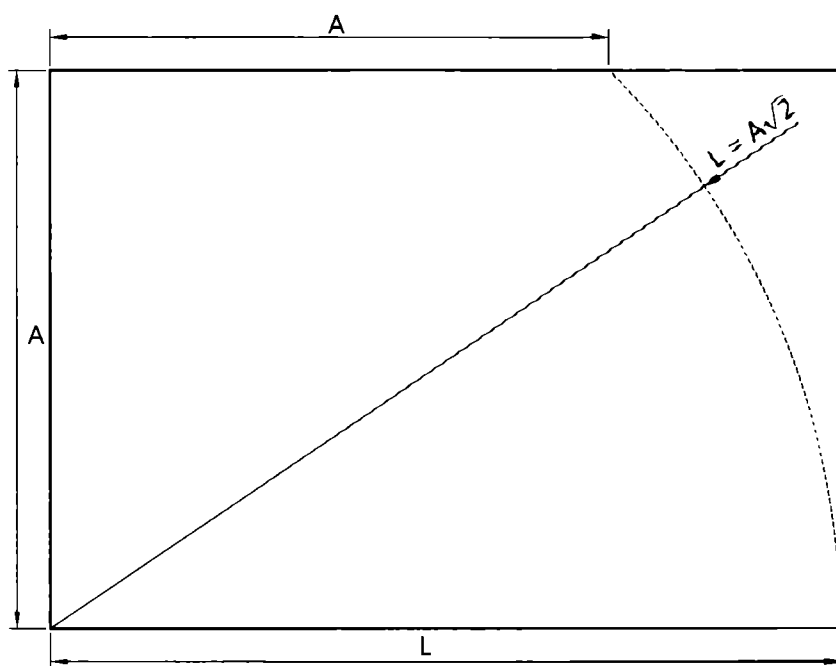


Figura 5.1 A montagem do formato-base da série A

A partir deste formato-base, formatos derivados podem ser definidos utilizando-se sempre o mesmo procedimento: a divisão pela metade ao longo do lado maior, de tal forma que a área de um formato é sempre a metade daquele que lhe deu origem. Em outras palavras, o formato A1 é derivado do formato A0, o formato A2 é derivado do formato A1 e assim sucessivamente. A divisão deve ocorrer sempre ao longo do lado maior, de tal forma que a proporção entre o lado maior e o menor seja constante, como é possível ver na figura 5.2 e na tabela 5.1. Note que esse é o tamanho mais utilizado das folhas de papel usadas no dia a dia de qualquer pessoa que produza documentos.

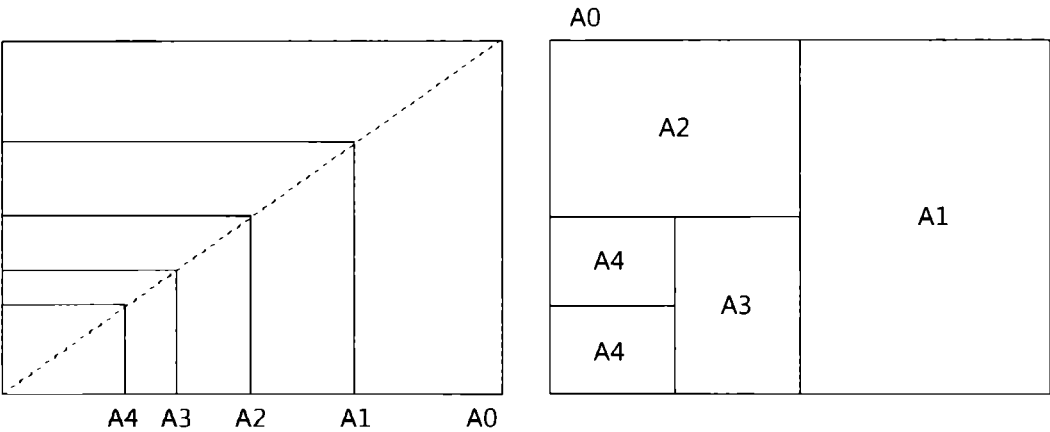


Figura 5.2 Série A: Formatos derivados do formato A0

TABELA 5.1 FORMATOS-PADRÃO DA SÉRIE A COM DIMENSÕES EM MILÍMETROS		
FORMATO	LARGURA (L)	ALTURA (A)
A0	1.189	841
A1	841	594
A2	594	420
A3	420	295
A4	297	210

Esta divisão aparentemente arbitrária é, na verdade, bastante engenhosa. Imagine um projeto que possui várias folhas de desenho de formatos variados e não padronizados. Se desejássemos armazená-las em um fichário, um envelope ou uma pasta, seria interessante dobrarmos as folhas de tal forma que todas ficassem de um tamanho compatível com o recipiente. Folhas tão diferentes certamente dificultariam o trabalho. Em situação mais racional, usando tamanhos que são múltiplos uns dos outros, bastaria fazer sucessivas dobras das folhas maiores, para que, em um dado momento, todas elas tivessem o mesmo tamanho e pudessem ser acondicionadas de maneira bem organizada. Esse procedimento é mais eficiente e visa facilitar o dobramento de cada folha da série A até que ela atinja o tamanho A4. A importância da forma com que as folhas são dobradas é tanta que há uma norma específica para ela: a NBR 13.142 (ABNT, 1999). Essa norma segue um princípio geral: orientar o processo de dobragem de todos os tamanhos padronizados de modo que o resultado seja sempre uma folha dobrada nas dimensões do tamanho A4. A norma determina, inclusive, a forma correta de perfurar as folhas para o caso de o projeto ser acondicionado em um fichário.

A figura 5.3 apresenta as linhas de dobra que devem ser utilizadas respectivamente para os tamanhos A0, A1, A2 e A3. É possível encontrar no mercado folhas já impressas com pequenas marcas verticais ao longo da margem indicando o ponto de dobragem. As marcas em cinza no canto inferior direito de cada folha mostram a área para a legenda. Embora a largura seja padronizada, a altura pode variar significativamente. Observando essa figura, percebemos que quando dobradas, além de todas as folhas de desenho poderem ser reduzidas ao formato A4, a legenda ocupará toda a sua largura deixando uma aba livre para perfuração. Quando esta perfuração for necessária para o arquivamento em fichários, uma dobra em diagonal (representada com linhas tracejadas no canto superior direito de cada uma das ilustrações) deverá ser feita.

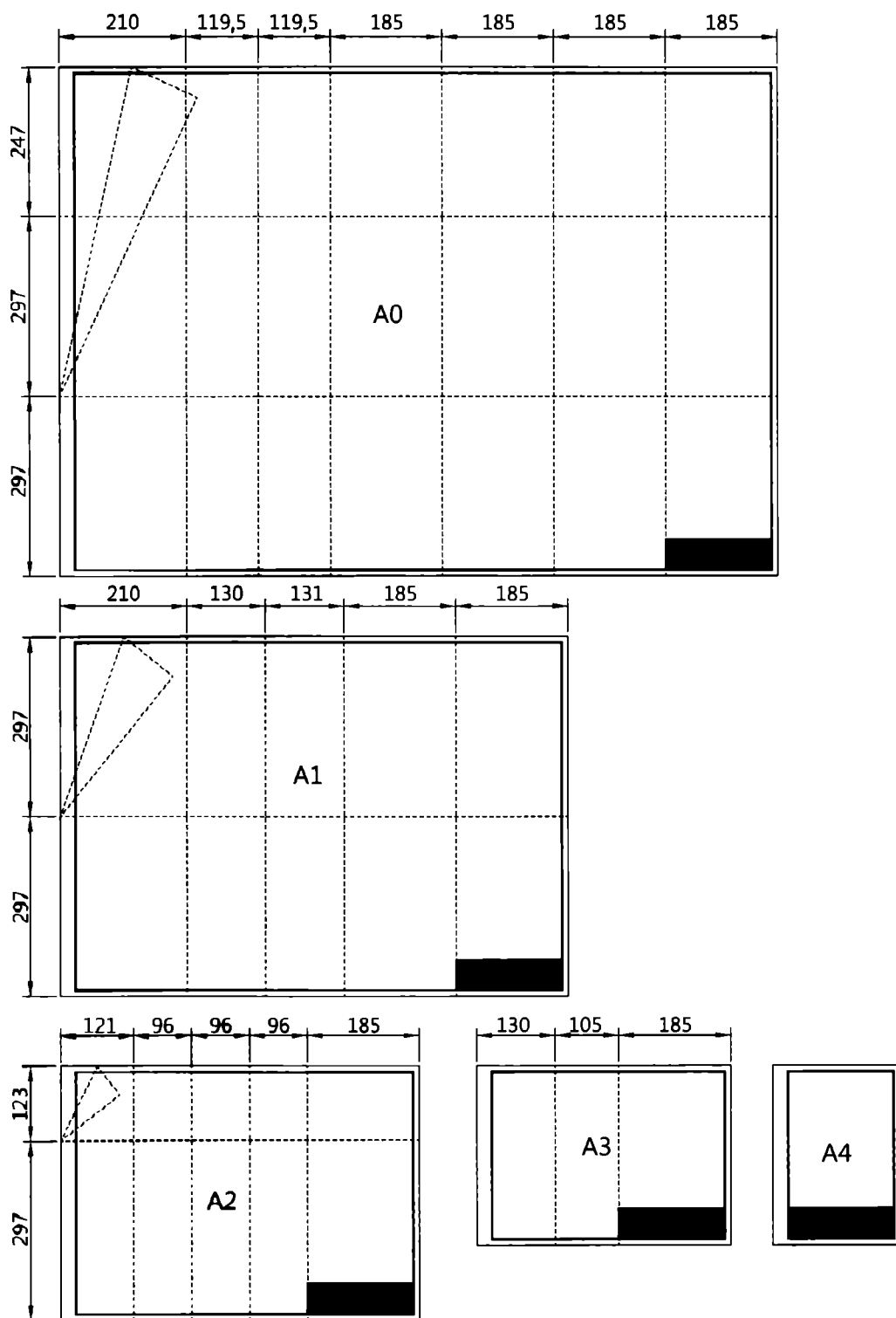


Figura 5.3 Dobragem dos formatos A0, A1, A2 e A3

5.4 Leiaute: a organização das informações

A padronização dos tamanhos de seus múltiplos e processos de dobragem das folhas de desenho, é fundamental para a organização de projetos com vários documentos. Seguindo este mesmo princípio, a maneira como as informações são dispostas em uma folha de desenho também pode ser racionalizada. Isso, que chamamos leiaute³, é determinado pela mesma norma que regula as dimensões da folha de desenho, a NBR 10.068 (ABNT, 1987). Ela determina como devem ser executados os seguintes elementos ilustrados na figura 5.4:

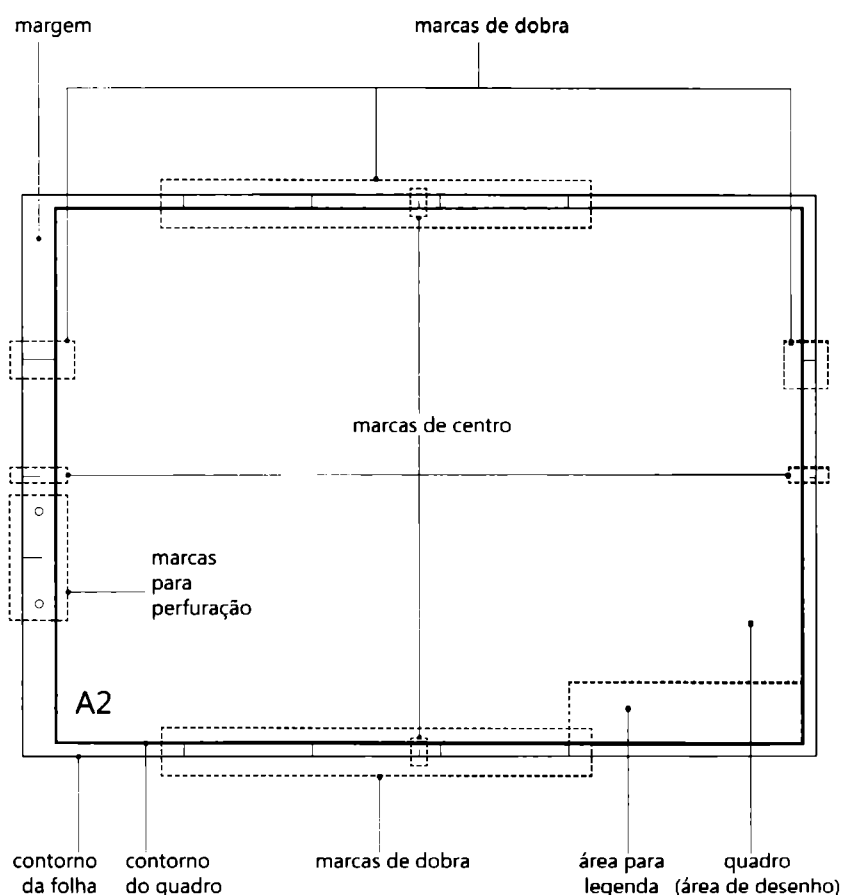


Figura 5.4 Anatomia e leiaute de uma folha de desenho

Posição e dimensão da legenda: área em que as informações textuais sobre o projeto e os desenhos contidos na

folha de desenho devem ser colocadas. A norma prescreve que a legenda deve ficar sempre no canto inferior direito e com largura de 178 mm e altura variável conforme a necessidade. Dessa forma, ela estará sempre visível quando a folha estiver dobrada e arquivada, facilitando a localização de um determinado desenho no conjunto de documentos que formam um projeto.

Margem e quadro: áreas delimitadas por contornos que determinam respectivamente o tamanho de corte da folha de desenho para que ela fique em tamanho compatível com a série A e a área em que os desenhos devem ser posicionados. Esses elementos do leiaute criam uma zona de segurança que permite que as informações relevantes fiquem distantes da borda da folha, que é uma área sempre sujeita a maior desgaste ou dano com o manuseio. A margem esquerda é mais larga do que a direita para permitir a perfuração da folha para arquivamento em fichários.

Marcas de centro: marcas que determinam os dois eixos de simetria nos sentidos longitudinal e transversal. Essas marcas fornecem orientação para a disposição de vários desenhos projetivos em uma mesma folha de desenho.

Escala métrica de referência: série de linhas em intervalos de 10 mm sem números. Além da indicação da escala do desenho e da utilização de escalas gráficas, essa escala métrica de referência pode ser utilizada para fornecer um auxílio adicional na compreensão de desenhos.

Sistema de referência por malhas: sistema de coordenadas alfanumérico que permite a referência e localização de desenhos auxiliares, como detalhes ou vistas específicas, criando, muitas vezes, uma vinculação entre diferentes folhas de desenho. O número de subdivisões pode variar conforme a complexidade do desenho e o número de referências que são necessárias. Funciona como uma grande tabela na qual cada par alfanumérico identifica uma determinada área da folha de desenho. Dessa forma, em uma folha de desenho, podemos indicar que uma informação está detalhada em outra folha, escrevendo o seu número, que estará na legenda, e o par alfanumérico do sistema de referência por malhas, conforme exemplo ilustrado na figura 5.5.

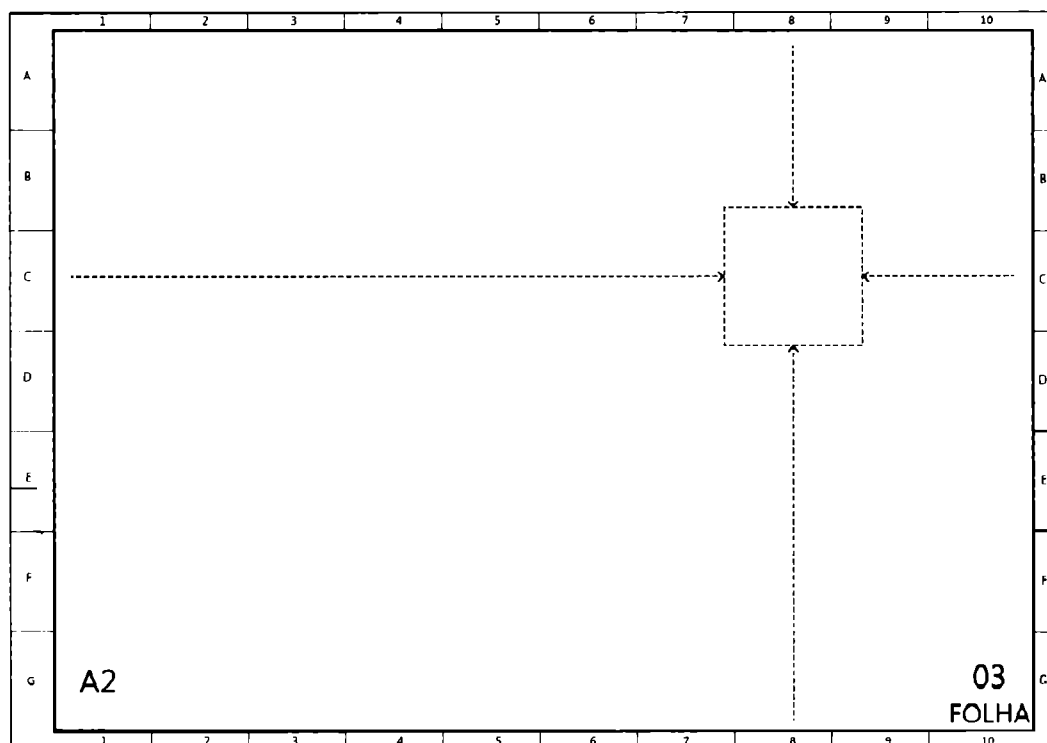


Figura 5.5 Exemplo de sistema de referência por malha. Neste exemplo, uma referência FI 03, C8 indicaria que a informação necessária pode ser encontrada. Frequentemente, esse sistema é utilizado para indicar onde se encontra uma vista mais detalhada de um projeto complexo e que aparece em outra folha.

Marcas de corte: pequenas marcas em L ou triangulares que facilitam o posicionamento de instrumentos de corte que irão aparar a folha até seu tamanho padronizado.

Devemos notar que alguns destes elementos não estão presentes obrigatoriamente em todas as folhas de desenho. Margens, quadros e legendas, marcas de centro, por exemplo, sempre estão presentes. O uso das marcas de corte, escala métrica de referência ou sistema de referência por malhas, por outro lado, não é obrigatório e sua utilização varia bastante conforme o tipo e a complexidade do projeto. Outro elemento nem sempre presente são as marcas de dobra. Um número significativo de folhas de desenho que são adquiridas já impressas não as apresenta para evitar confusões com outras marcas que são executadas ao longo das margens. À medida que os sistemas de desenho e projeto assistido por computador se disseminam, o uso de folhas de desenho com elementos de leiaute pré-impressões torna-se menos necessário. Eles podem ser incorporados nos arquivos digitais com os ajustes que melhor se adaptam à realidade do escritório de projetos.

5.5 Cotagem

Na **grande maioria** dos casos, **desenhos projetivos** são realizados em escala, ou seja, **são desenhados com medidas** que são correspondentes aos objetos reais e que **sofreram alguma operação matemática** de redução ou ampliação para **melhor exibir as informações necessárias** e, ao mesmo tempo, **caber nas folhas de desenho que constituem o projeto**. Por essa razão, a princípio, **basta ter um escalímetro em mãos** para que se leia todas as medidas diretamente no desenho. Esse procedimento, no entanto, apresenta um problema importante: a **leitura feita desta forma** pode gerar imprecisões significativas. Por essa razão, os **desenhos projetivos** em suas versões preliminares e definitivas costumam **ser acompanhados de indicações numéricas** de suas medidas relevantes. Essas indicações são chamadas *cotas*. A norma brasileira que regulamenta esse tema é a NBR 10.067 (ABNT, 1995) e é uma das mais complexas no campo do desenho técnico.

Essa norma regulamenta uma série de elementos que são fundamentais para transformar um conjunto de desenhos em um projeto cuja interpretação seja coerente, constante e eficiente para a sua concretização.

Ainda com objetivo de organizar os desenhos na folha de desenho, a NBR 10.067 estabelece a posição relativa dos vários desenhos conforme o diedro utilizado no processo de projeção. Dessa forma, pela repetição de um padrão constante, quem lida com projetos no dia a dia poderá, numa rápida olhada, identificar cada uma das vistas, praticamente sem precisar consultar o título de cada desenho em particular. Esse processo aumenta a produtividade, a segurança e diminui a ocorrência de erros. Observando a figura 5.6 podemos notar que a diferença é sutil, mas relevante.

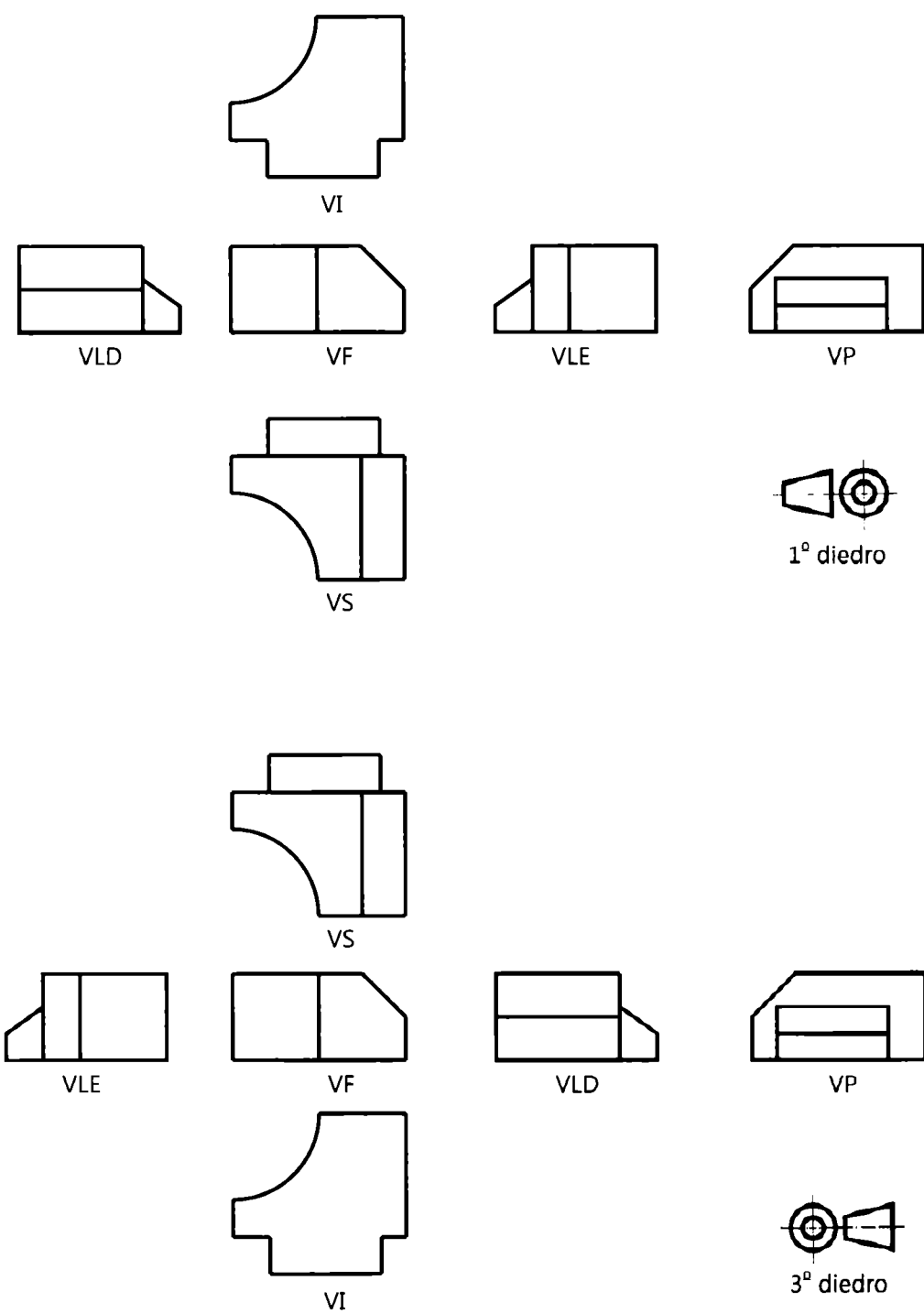


Figura 5.6 Posição relativa das vistas conforme diedro utilizado na projeção. Podemos observar que há uma inversão da posição relativa entre as vistas superior, inferior, direita e esquerda. O símbolo que aparece no canto inferior direito é frequentemente utilizado para indicar qual diedro foi usado.

A NBR 10.067 estabelece uma classificação das cotas conforme a função e a relevância de medida indicada. Do ponto de vista prático, essa classificação não altera a aparência da cota, mas indica sua necessidade e a aplicação

- Toda cota **necessária** para a compreensão e concretização daquilo que está

- A cota **deve** ser indicada na projeção que esteja mais clara e que permita a melhor compreensão.
- Todos os **desenhos** devem utilizar a mesma unidade, mas o símbolo não deve ser indicado. Caso seja necessário, o símbolo ou a unidade poderá ser apontada na legenda.

A norma estabelece, também, a forma adequada para a representação das cotas e sua aplicação nas projeções. Para entendê-la, é preciso que conheçamos cada um dos elementos de cotação dispostos na figura 5.7. Neste exemplo, podemos ver os principais elementos de cotação em duas configurações distintas admitidas pela NBR 10 067

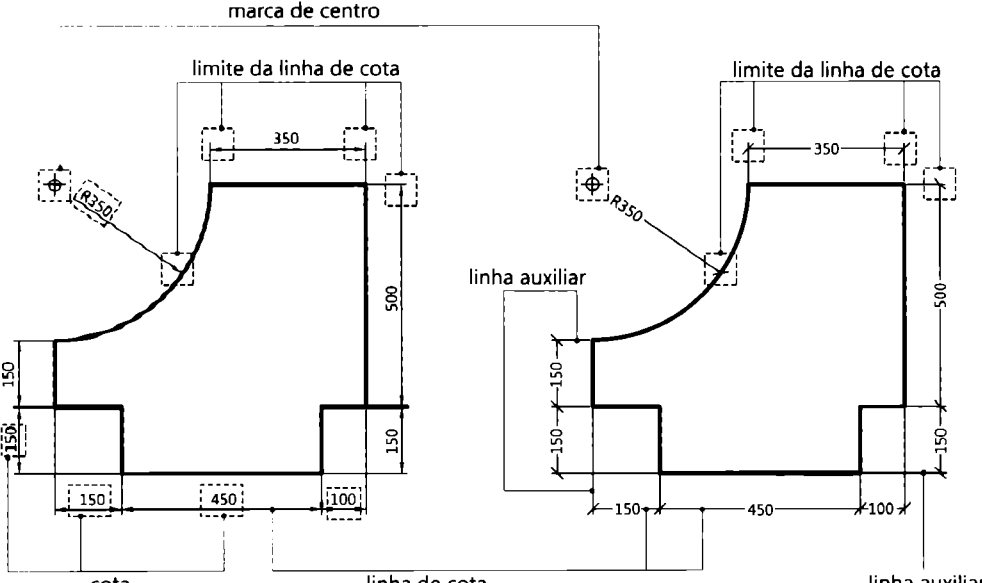


Figura 5.7 Elementos de cotagem

O conhecimento da NBR 10.067 também é fundamental para quem desenvolve projetos, pois estabelece uma série de configurações possíveis

para cada um destes elementos. Ela dá, sim, um nível de liberdade bastante significativo para o desenhista técnico, mas há, aqui, uma observação relevante: é muito importante manter a coerência em todos os documentos do projeto. Em outras palavras, uma vez que uma dada configuração dos elementos de cota — linhas auxiliares, de cota, cotas, limites etc. — é escolhida para um desenho, ela deverá ser mantida de forma homogênea e consistente em todo o projeto. O objetivo é sempre o mesmo: reduzir o tempo gasto no entendimento, reduzir erros de interpretação.

5.6 Síntese do capítulo

Neste capítulo estudamos como os elementos normativos que regulam, no Brasil, a prática do desenho técnico estão estruturados para organizar a documentação técnica do projeto. Procuramos explorar os aspectos que vão desde a finalização dos desenhos com acréscimo de cotas até sua organização na folha de desenho, seguindo um leiaute cujo principal objetivo é facilitar a interpretação dos desenhos, minimizando o tempo para encontrar informações específicas e aumentando sua precisão.

Palavras-chave

Norma Brasileira de Desenho Técnico; folha de desenho; dobragem; formatos; série A; cotagem.



EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1) Escolha três áreas diferentes de projeto. Por exemplo: um projeto de edificação; um projeto de mecânica e um projeto de instalação hidráulica. Obtenha os desenhos técnicos de algum objeto ou obra executada em cada uma dessas áreas.
- 2) Confronte os desenhos produzidos com os conhecimentos que você acaba de adquirir e observe:
 - a) Elementos que permite identificar em que diedros os componentes foram projetados para elaboração dos desenhos.
 - b) O leiaute das folhas de desenho, com atenção especial ao seu posicionamento e às informações presentes.
 - c) A forma como os desenhos foram cotados.
 - d) As informações textuais e quantitativas que acompanham os desenhos.

- 3) Leia as Normas Técnicas citadas neste capítulo (NBR 10.647, NBR 13.142, NBR 10.126, NBR 8.403, NBR 10.068, NBR 10.067) e faça um relatório apontando conformidades e inconformidades que você encontrou.
- 4) Verifique seu aprendizado, respondendo as questões seguintes:
- a) Sabemos que um projeto não é composto apenas por desenhos. Que outros tipos de documentos são comuns em projetos e quais são os desafios de organizá-los?
 - b) Quais são as principais vantagens em estabelecer formatos de folha de desenho que sejam múltiplos de um formato básico?
 - c) Por que a legenda tem sua posição na folha de desenho e sua largura estabelecida em uma norma técnica?
 - d) Existe uma única forma de cotar desenhos?



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. *NBR 10.068 "Folha de desenho. Leiaute e dimensões"*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT. *NBR 10.647 "Desenho técnico"*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1989, p. 2.

ABNT. *NBR 10.067 "Princípios gerais de representação em desenho técnico"*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT. *NBR 13.142 "Desenho técnico – Dobramento de cópia"*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1999.

PIGNATARI, D. *Informação, linguagem, comunicação*. São Paulo: Cultrix – Atelier Editorial, 1980.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.



IMAGENS DO CAPÍTULO

Desenhos, gráficos e tabelas cedidos pelo autor do capítulo.