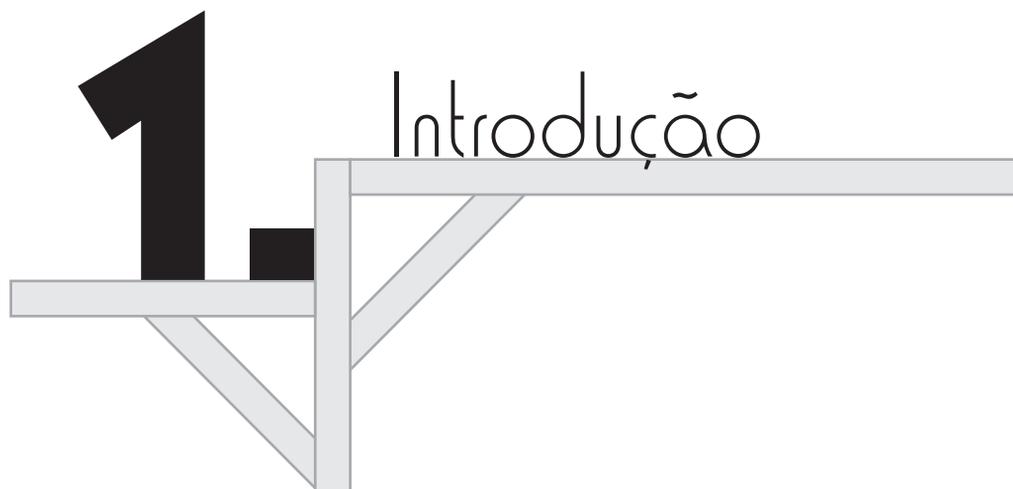


1 Introdução

A stylized graphic featuring a large black number '1' on the left. To its right is a grey structural frame representing a roof truss, with a horizontal beam extending to the right. The word 'Introdução' is written in a black, sans-serif font across the top of the horizontal beam.

O telhado destina-se a proteger o edifício contra a ação das intempéries, tais como chuva, vento, raios solares, neve e também impedir a penetração de poeiras e ruídos no seu interior.

A origem do nome *telhado* provém do uso das telhas, mas nem todo o sistema de proteção superior de um edifício, obrigatoriamente, constitui-se num telhado como, por exemplo, lajes com espelho d'água, terraços e jardins suspensos. O telhado compõe-se de duas partes principais:

Cobertura — Podendo ser de materiais diversos, desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes à ação do vento e intempéries. A cobertura pode ser de telhas cerâmicas, telhas de concreto (planas ou capa e canal) ou de chapas onduladas de fibrocimento, aço galvanizado, madeira aluminizada, PVC e fibreglass. As telhas de ardósia e chapas de cobre foram praticamente banidas da nossa arquitetura.

Armação — Corresponde ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura, tais como: ripas, caibros, terças, tesouras e contra-ventamentos.

As estruturas que compõem a armação dos telhados podem ser totalmente ou parcialmente executadas em madeira, aço, alumínio ou concreto armado. A armação dos telhados executados em madeira denomina-se também madeiramento.

Algumas coberturas podem dispensar a armação, quando empregamos perfis especiais autoportantes em fibrocimento, aço galvanizado, concreto protendido ou fiberglass.

A superfície do telhado pode ser formada por um ou mais planos (uma água, duas águas, quatro águas ou múltiplas águas) ou por uma ou mais superfícies curvas (arco, cúpula ou arcos múltiplos).

O escopo deste trabalho é apresentar as informações necessárias para a elaboração dos projetos das armações em madeira, para telhados planos em duas águas e telhados em superfície curva cilíndrica, com o sistema estrutural em arco, mais usuais na maioria das edificações.

1.1. Notação e sistema de unidades

As notações utilizadas neste livro obedecem, na medida do possível, àquelas empregadas pela Norma Brasileira – NBR 7190: 1997, definidas oportunamente durante a abordagem dos vários assuntos. Por força do Decreto n.63.233 de 12/09/1968, foram legalizadas no Brasil as unidades e notações do Sistema Internacional de Unidades, “SI”. O “SI” parte da relação fundamental: $Força = Massa \times Aceleração$. Nesse sistema, emprega-se o quilograma apenas para exprimir a *Massa*, e o Newton (N) é reservado à *Força* (1 kgf = 9,81 N). Embora as grandezas mecânicas devam obedecer ao citado decreto-lei, o meio técnico vem se mantendo relutante em aceitar o SI, não só no Brasil, como em muitos países estrangeiros, em especial os de língua inglesa.

1.2. Terminologia

A terminologia das peças que compõem os elementos de um telhado é muito diversa nas várias regiões do Brasil, isto provavelmente por herança dos primeiros carpinteiros oriundos de vários pontos de Portugal e outros países da Europa Central. Para não se fazer confusão de nomes, o que é comum na prática, achamos melhor dividir o assunto em dois itens:

- a) Terminologia dos construtores — serve para comunicação com o pessoal das obras, embora bastante diversa.
- b) Terminologia estrutural — para ser adotada na comunicação entre engenheiros.

1.2.1. Terminologia dos construtores

- 1) *Ripas* — Peças de madeira de pequena esquadria pregadas sobre os caibros, para sustentação das telhas.

- 2) *Caibros* — Peças de madeira de pequena esquadria, apoiadas sobre as terças para sustentação das ripas.
- 3) *Terça* — Viga de madeira apoiada sobre as tesouras ou sobre paredes para a sustentação dos caibros.

As coberturas executadas em chapas onduladas de fibrocimento, alumínio ou PVC apresentam a vantagem econômica de dispensar o emprego de ripas e caibros, pois se apoiam diretamente sobre as terças, permitindo, ainda, maior distanciamento entre as terças.

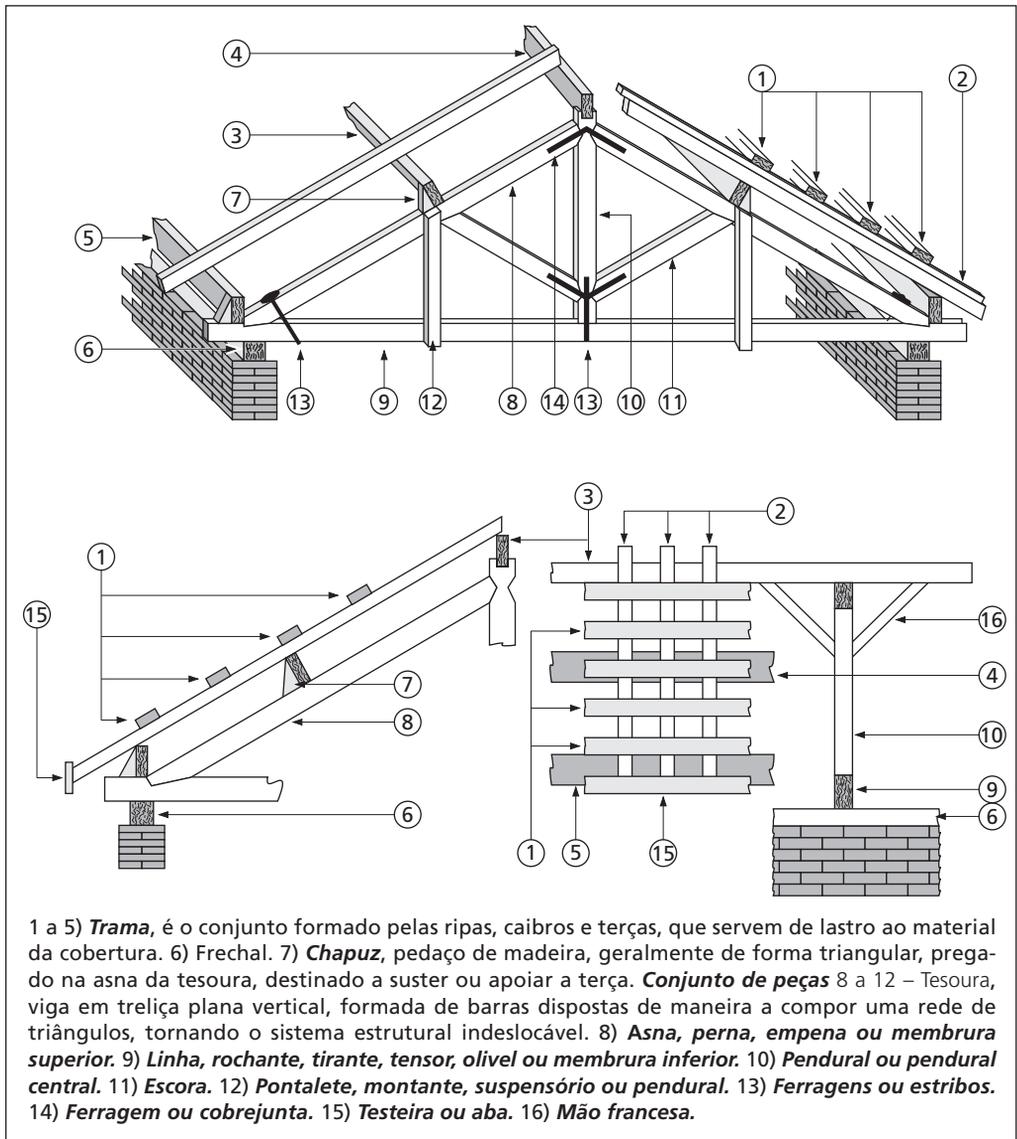


Figura 1.1 Tesoura e trama.

- 4) *Cumeeira* — Terça da parte mais alta do telhado.
- 5) *Contrafrechal* — Terça da parte inferior do telhado.
- 6) *Frechal* — Viga de madeira colocada em todo o perímetro superior da parede de alvenaria de tijolos (respaldo), para amarração e distribuição da carga concentrada da tesoura. Atualmente o contrafrechal de madeira foi substituído pelas cintas de amarração de concreto, sendo utilizado apenas um bloco de madeira para o nivelamento e distribuição da carga da tesoura sobre pilares ou paredes. Isso tem criado o hábito costumeiro de chamar a terça de extremidade simplesmente de “frechal”. Também já se tornou hábito generalizar de “terças”, sem fazer diferenciação às vigas da cumeeira e do contrafrechal, isto na comunicação entre engenheiros estruturais.

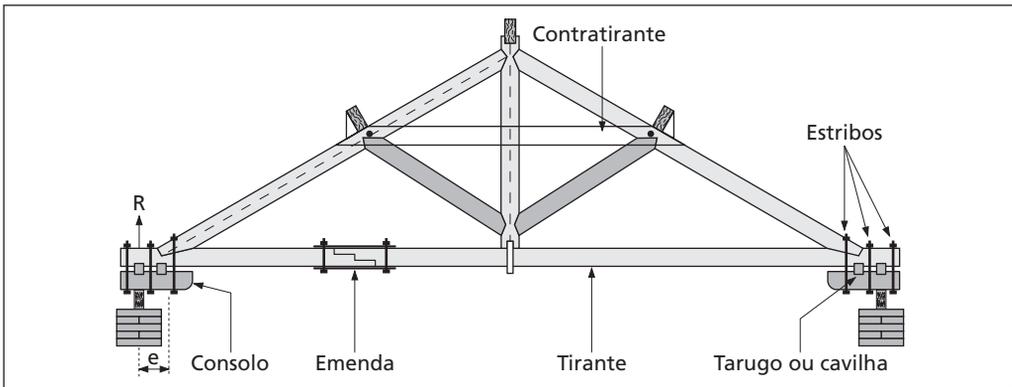


Figura 1.2

Observação: Empregam-se consolos para aumentar a resistência do tirante no apoio devido ao efeito do momento $M = Re$.

Guarda-pó — Forro pregado sobre os caibros, numa largura de 30 a 60 cm, junto à platibanda, destinado ao apoio da calha.

Platibanda — Prolongamento do alinhamento da parede externa, acima dos frechais, para camuflagem do telhado. A platibanda é sempre contornada por calha e rufo.

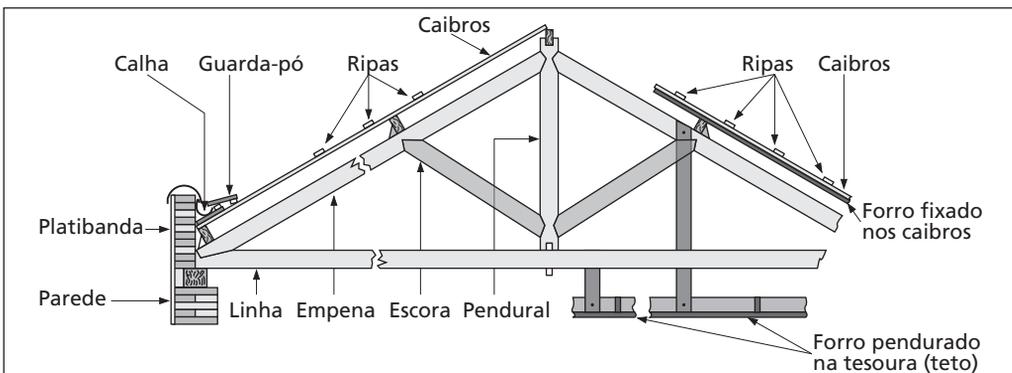


Figura 1.3

Lanternim — Empregado em edifícios industriais, quando a iluminação e ventilação trazidas pelas janelas forem consideradas insuficientes. Podem estar munidos com caixilhos, venezianas ou com ambos.

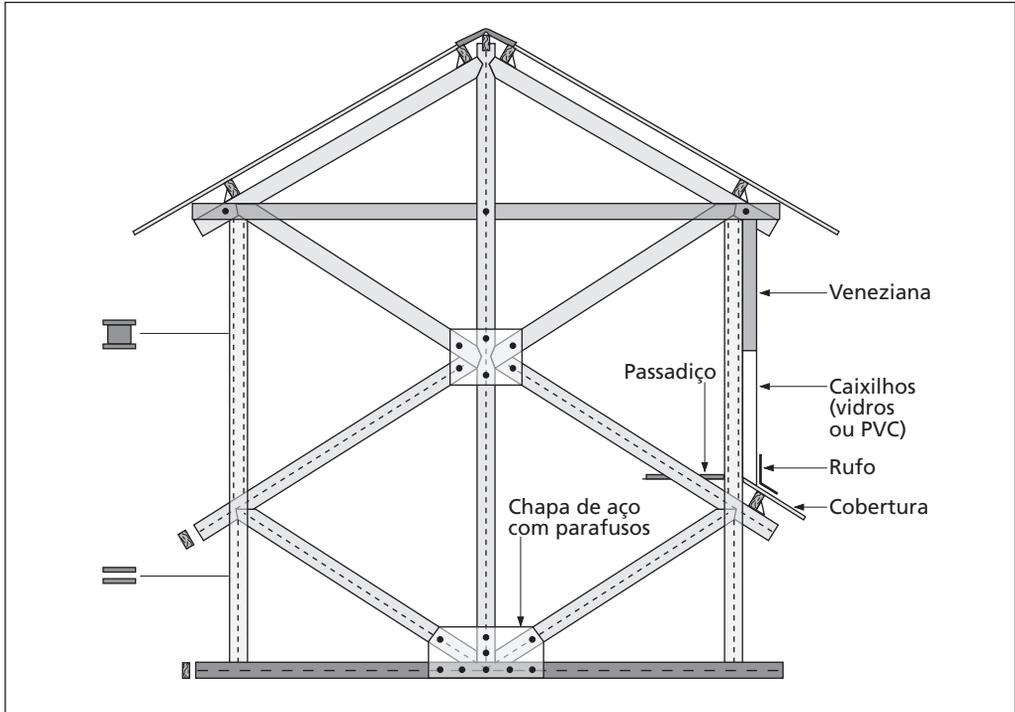


Figura 1.4

Beiral — Prolongamento da cobertura, fora do alinhamento da parede.

Tipos de beirais:

- a) *Caibros aparentes* (inconveniente por possibilitar levantamento das telhas pela ação do vento).
- b, c, d, e) *Beirais revestidos*
 - b) Revestimento fixado nos caibros.
 - c) Revestimento fixado numa trama de caibros e sarrafos.
 - d) Revestimento com elemento decorativo (cachorro).
 - e) Beiral em laje de concreto armado.

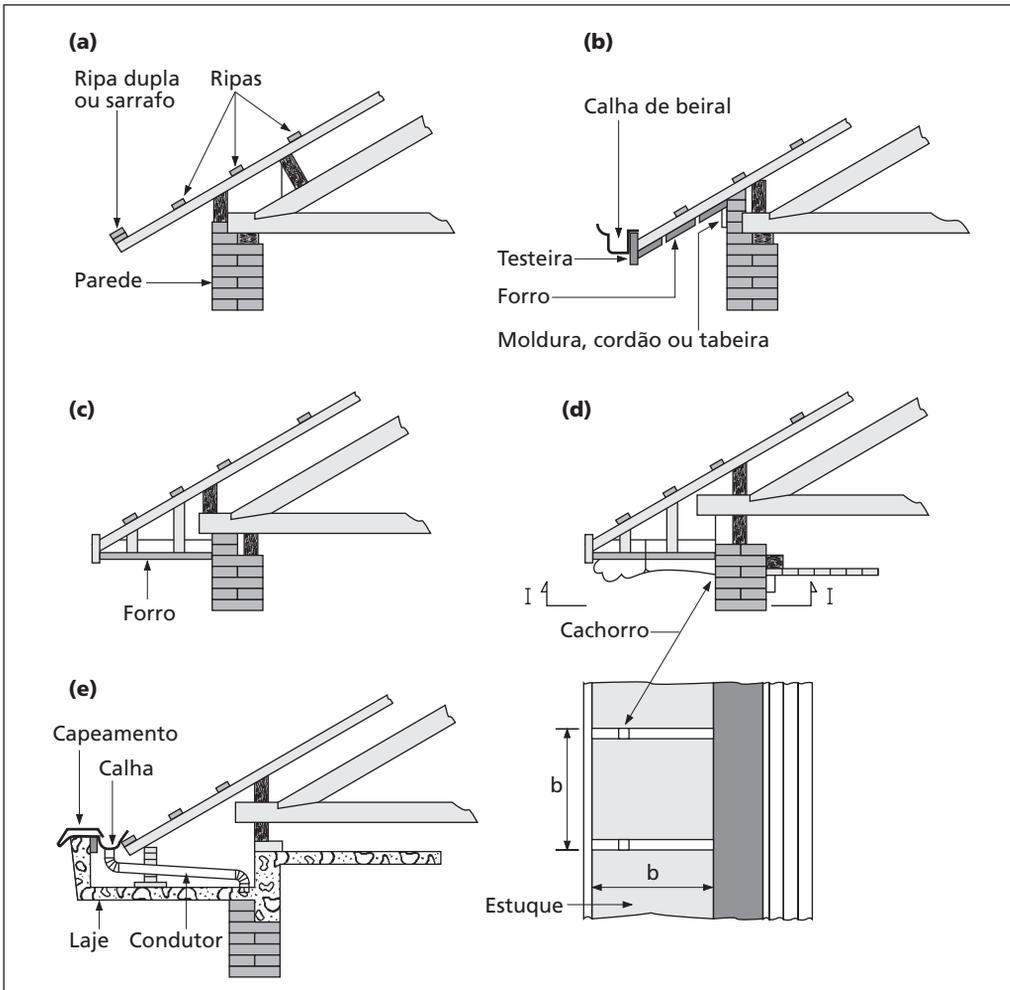


Figura 1.5

Mansarda — tipo de tesoura que permite o aproveitamento do desvão do telhado, constituindo um cômodo denominado sótão. O nome mansarda deve-se a Mansard, arquiteto de Luís XIV.

Os telhados tipo Mansard eram geralmente cobertos com telhas de ardósia, e dispunham de janelas denominadas trapeira, para iluminação, ventilação e acesso ao telhado.

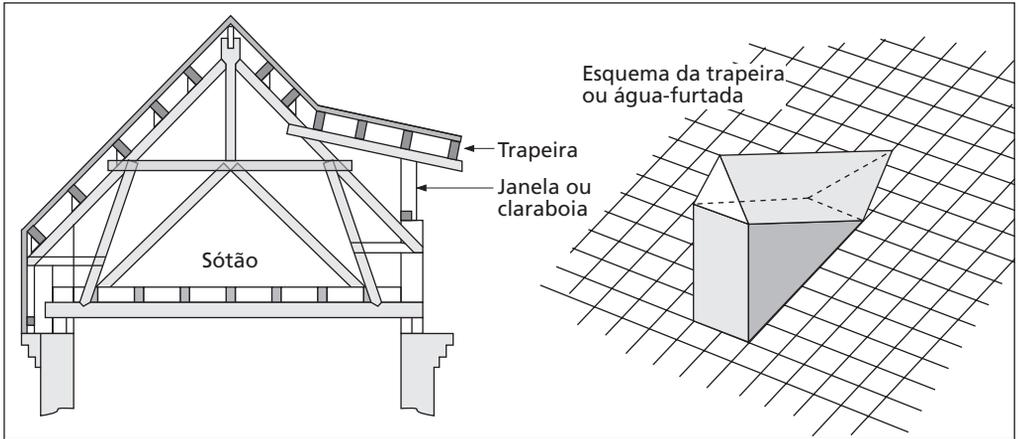


Figura 1.6

Ponto do telhado — é a relação entre sua altura e a largura ou vão. O ponto varia, em geral, entre os limites de 1 : 2 a 1 : 8.

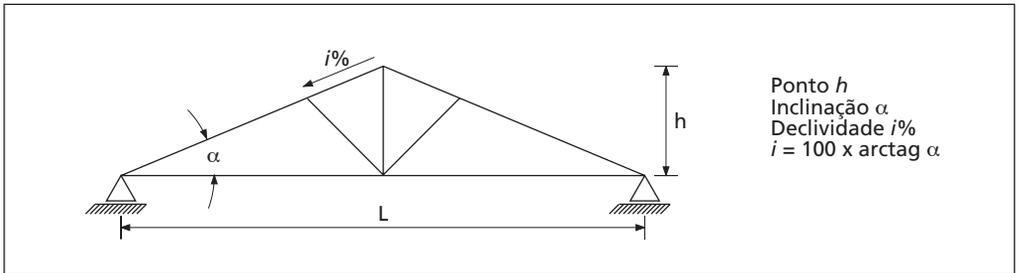


Figura 1.7

<i>Ponto</i> $\frac{h}{L}$	<i>Designação</i>	<i>Inclinação</i> α°	<i>Declividade</i> $i\%$
1/2	Ponto meio	45°	100%
1/3	Ponto terço	33° 40'	66%
1/4	Ponto quarto	26° 50'	49%
1/5	—	21° 50'	40%
1/6	—	18° 30'	33%
1/7	—	15° 50'	28%
1/8	—	14°	25%

1.2.2. Terminologia estrutural

1.2.2.1. Telhado de duas águas (Figura 1.8)

Considerando-se as telhas, ripas e caibros como elementos componentes da cobertura, visto que em algumas coberturas estes dois últimos elementos podem ser dispensados, a sustentação da cobertura depende dos seguintes elementos estruturais:

- 1) *Terças* – Vigas apoiadas sobre as tesouras.
- 2) *Mãos-francesas* – Para aliviar a flexão das terças, empregamos escoras, denominadas mãos-francesas. As mãos-francesas servem também como elemento de travejamento dos nós inferiores da tesoura.
- 3) *Tesoura* – Viga principal em treliça ou viga-mestra, que serve para transferir o carregamento do telhado aos pilares ou paredes da edificação. Elementos que compõem uma tesoura, segundo a terminologia de projeto estrutural:

S – Banzo superior

I – Banzo inferior

V – Barras verticais ou simplesmente verticais

D – Barras diagonais ou simplesmente diagonais

N – *Nó ou junta* – ponto de interseção de barras

ρ – *Painel* – distância entre dois nós

h – Altura da tesoura

L – Vão da tesoura – distância entre os apoios extremos

α – Inclinação da tesoura

- 4) *Contraventamento vertical* – Estrutura plana vertical formada por barras cruzadas, dispostas perpendicularmente ao plano das tesouras. Essas barras servem de sustentação para a ação das forças que atuam no seu plano, travando as tesouras, de maneira a impedir sua rotação e deslocamento, principalmente contra a ação do vento, como também sendo elemento de vinculação do banzo inferior *I* contra a flambagem lateral.
- 5) *Contraventamento horizontal* – Estrutura formada por barras cruzadas colocadas no plano abaixo da cobertura, para amarração do conjunto formado pelas tesouras e terças. Essas barras servem para transferir a ação do vento, atuando na direção esconsa ao edifício para as tesouras e ao contraventamento vertical.

Oitões – Paredes extremas paralelas às tesouras, que muitas vezes servem de apoio para as terças (pelo conceito antigo, eram as paredes laterais da casa situadas na divisa do lote).

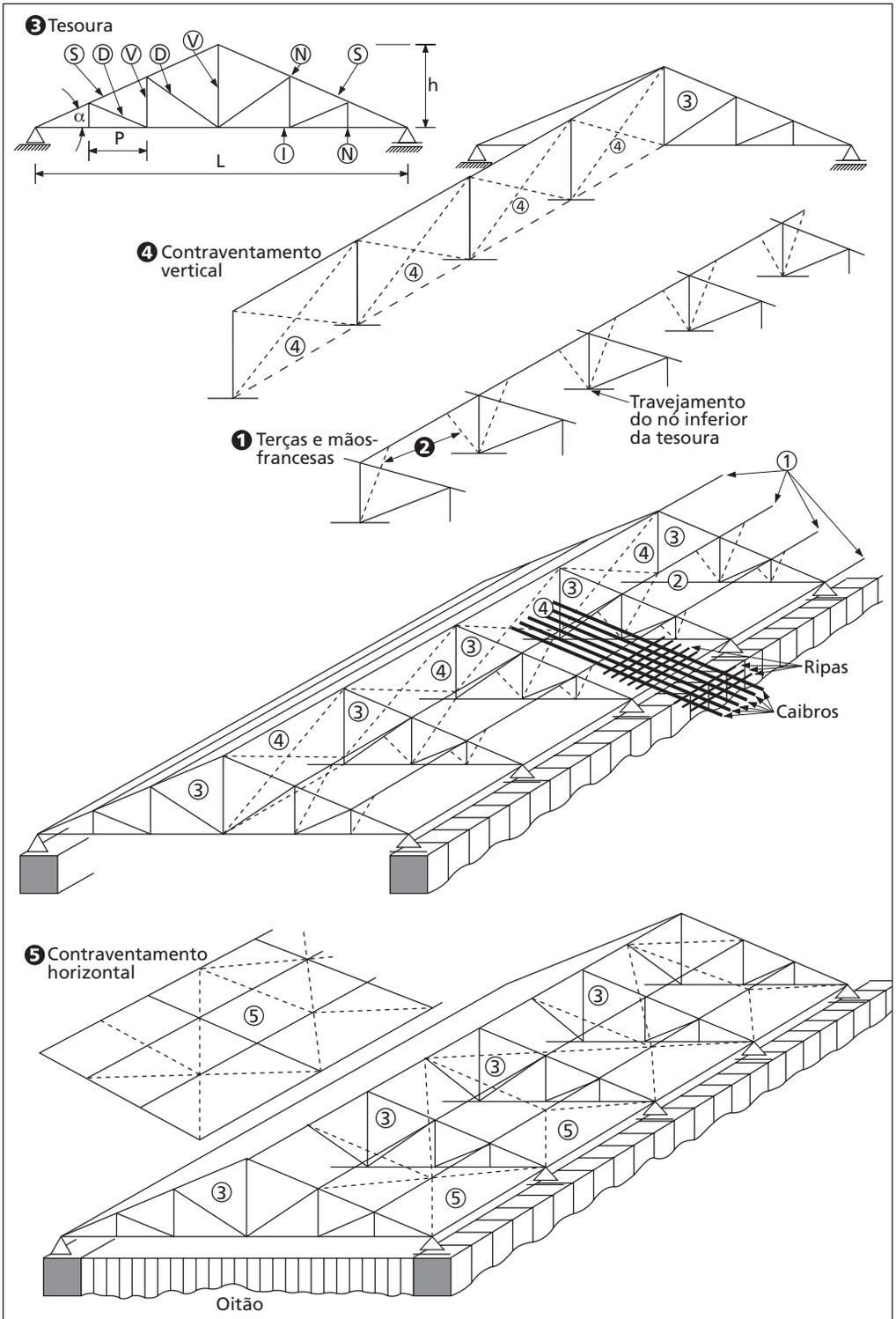


Figura 1.8 Telhado de duas águas.

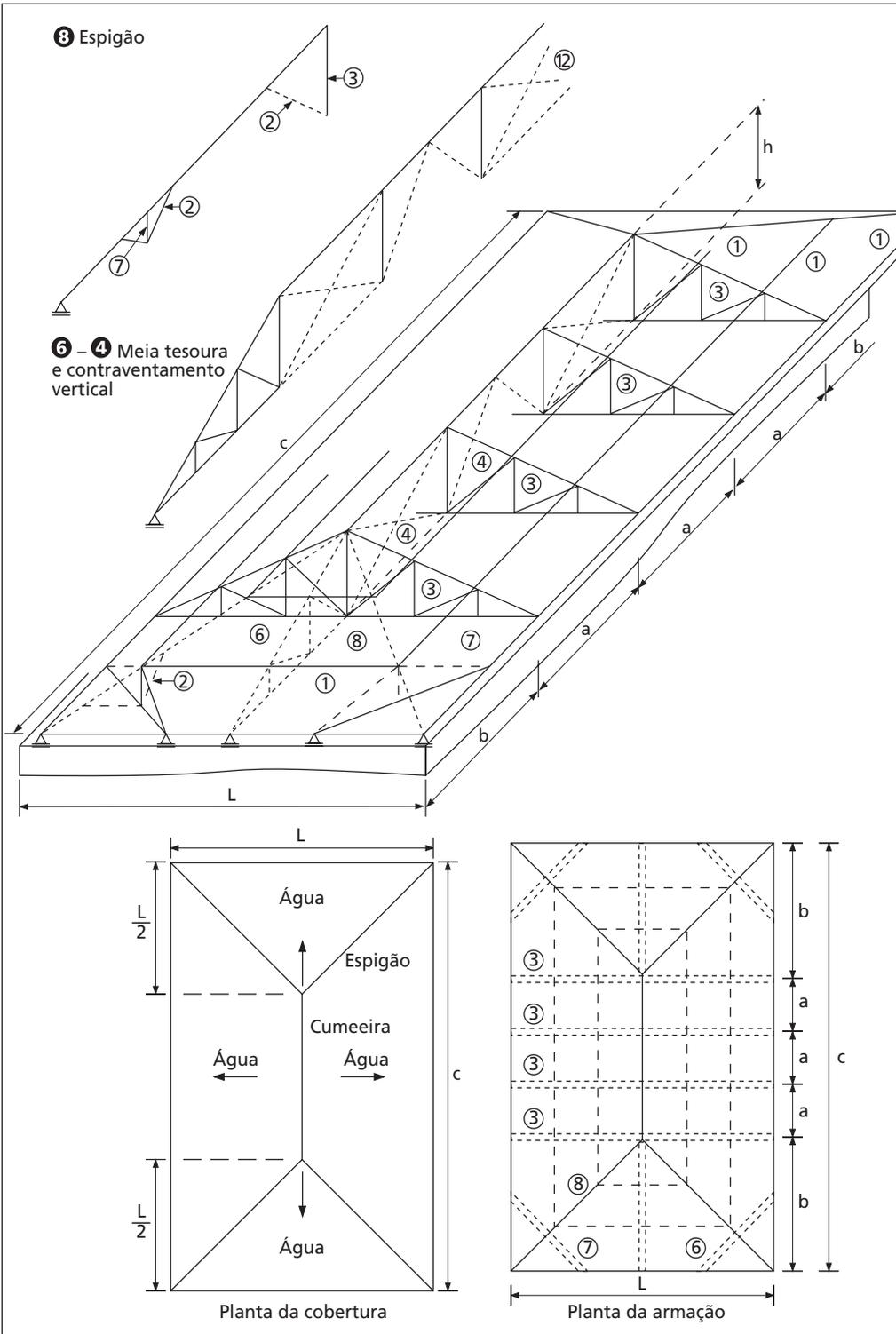


Figura 1.9 Telhado de quatro águas.

1.2.2.2. Telhado de quatro águas (Figura 1.9)

- 6) *Meia tesoura*
- 7) *Tesoura de canto*
- 8) *Espigão* — Aresta saliente inclinada do telhado; quando horizontal é cumeeira.

1.2.2.3. Telhado de várias águas (Figura 1.10)

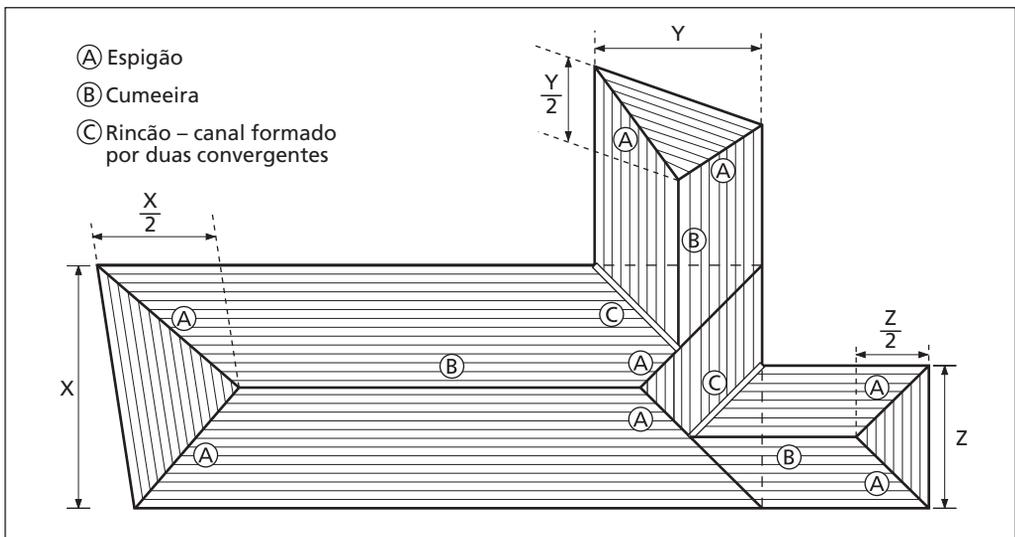


Figura 1.10 Telhado de várias águas.

1.3. Madeiras empregadas

1.3.1. Madeira serrada

No centro-sul do País, o madeiramento dos telhados tem sido executado com muita frequência, empregando-se a peroba, como também o pinho brasileiro, principalmente nos Estados do Paraná e Santa Catarina, possuidores que foram de extensas florestas nativas desta espécie de coníferas. O custo cada vez mais elevado dessas espécies botânicas tem propiciado o emprego dos produtos de reflorestamento, com a opção pelo Eucalipto Citriodora em substituição à peroba.

Entre as numerosas árvores nativas, ainda existentes na nossa flora, muitas delas são adequadas à carpintaria dos telhados, cujos parâmetros de trabalho podem ser medidos pela sua dureza e peso específico (entre 0,5 e 1,2 g/cm³).

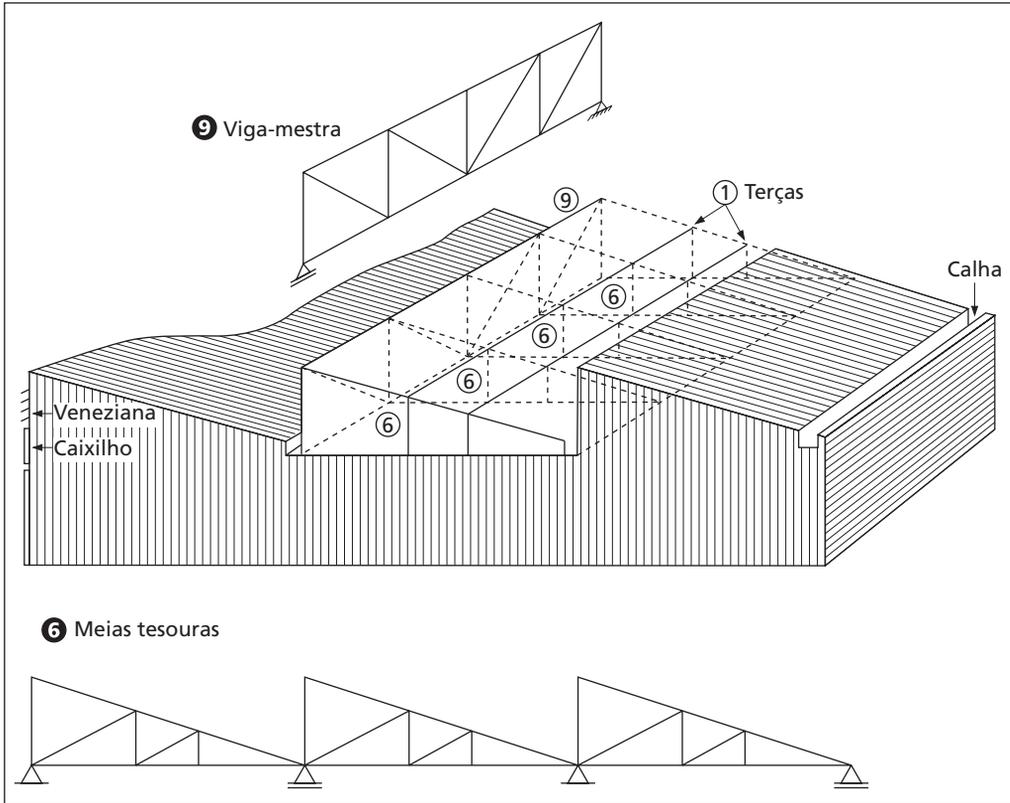


Figura 1.11 Telhado Shed.

Os inúmeros ensaios, realizados com várias espécies botânicas pelos nossos institutos de pesquisas, procuraram atender as recomendações do Anexo B da NBR 7190: 1997, cujo escopo é a determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira para o projeto estrutural.

O anexo E da mesma Norma fornece valores usuais de resistência e rigidez de algumas madeiras nativas e de reflorestamento, que citaremos em local apropriado no Capítulo 4 deste livro.

Dimensões mínimas das seções transversais

A área mínima das seções transversais das vigas ou barras longitudinais de treliças principais será de 50 cm^2 e a espessura mínima de 5 cm. Nas peças secundárias os limites reduzem-se a, respectivamente 2,5 cm, podendo cair a 1,8 cm para peças secundárias múltiplas.

Bitolas comerciais usuais de madeira serrada

Padrão métrico		
Tipo de madeira	Medida transversal (cm)	Comprimento (m)
Ripas	1,5 3 5	básico: 4,40
Caibros	5 3 6	médio de 2,00 a 4,00
Vigas	6 3 12	médio: 5,00
	6 3 16	médio: 5,00
Tábuas	2,6 3 16	básico: 4,00
	2,6 3 23	básico: 4,00
	1,3 3 31	básico: 4,00

Padrão americano		
Bitola (pol)	Medida transversal (cm)	Comprimento básico
3 3 1 ½	7,5 3 3,80	14 pés (4,27 m)
3 3 2	7,5 3 5,10	14 pés (4,27 m)
3 3 4 ½	7,5 3 11,3	14 pés (4,27 m)
3 3 6	7,5 3 15,2	14 pés (4,27 m)
3 3 9	7,5 3 23,0	14 pés (4,27 m)

1.3.2. Madeira laminada e colada

Peças laminadas em tábuas de 2 e 4 cm de espessura, coladas de modo a formar perfis, em que todas as fibras sejam paralelas, sem dúvida representam a tendência futura das estruturas de madeira, onde a matéria-prima proveniente das árvores nativas passará a ser substituída pelos produtos de reflorestamento. Temos com isso um produto industrializado, com melhor controle de qualidade, a exemplo de outros materiais fabricados em usinas, caso do concreto.

Além da pré-fabricação de peças retas ou curvas, poderemos contar com uma série de bitolas, semelhantes às das peças serradas (Figura 1.12) — Seção mínima de 6 × 10 cm até a máxima de 35 × 90 cm (conforme o *Timber Construction Manual* da AITC – American Institute of Timber Construction).

No Brasil já contamos com esses produtos, fabricados para vigas e arcos, objetivando satisfazer projetos arquitetônicos especiais, mas na Europa e nos EUA, por necessidade, existe um amplo comércio de bitolas padronizadas de peças de seção retangular de madeira laminada e colada, assim como entre nós os contraplacados para fôrmas de concreto, em substituição às tradicionais tábuas de pinho. Disso conclui-se que o emprego das peças coladas nada mais representa senão a disponibilidade da matéria-prima e o seu custo no mercado de consumo.

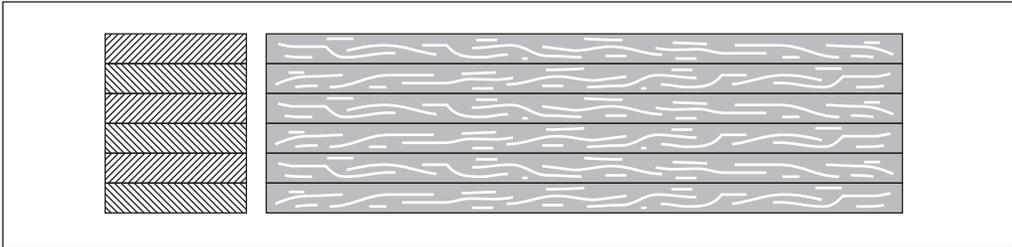


Figura 1.12