

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ENGENHARIA CIVIL**

CAMILA ALINE DE BORTOLI

**ESTUDO COMPARATIVO DE TESOURAS EM MADEIRA PARA
COBERTURAS VARIANDO-SE O VÃO E O TIPO DE TELHA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2016

CAMILA ALINE DE BORTOLI

**ESTUDO COMPARATIVO DE TESOURAS EM MADEIRA PARA
COBERTURAS VARIANDO-SE O VÃO E O TIPO DE TELHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias

PATO BRANCO

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DE TESOURAS EM MADEIRA PARA COBERTURAS VARIANDO-SE O VÃO E O TIPO DE TELHA

CAMILA ALINE DE BORTOLI

No dia 22 de novembro de 2016, às 13h05min, na Sala N108 da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº29-TCC/2016.

Orientador: Prof. Dr. GUSTAVO LACERDA DIAS (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^ª. Dr^ª. PAÔLA REGINA DALCANAL (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

A Deus por fazer parte da minha vida e me dar forças para seguir o meu caminho e continuar mesmo em tempos difíceis.

Aos meus pais, Celestino e Cleide, e meu irmão Felipe, por estarem o meu lado incentivando minhas escolhas, ajudando a me tornar uma pessoa melhor a cada dia, a seus ensinamentos que me trouxeram até aqui e pelo amor e apoio incondicional.

Aos professores que de alguma maneira proporcionaram instruções para me tornar uma profissional qualificada, aos ensinamentos passados em sala de aula e fora dela. Principalmente ao orientador Prof. Dr. Gustavo Lacerda Dias que apoiou nos momentos difíceis, contribuindo em todos os aspectos deste trabalho, passando o suporte necessário durante a sua realização.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram fazendo parte desta etapa decisiva da minha vida.

RESUMO

DE BORTOLI, Camila A. **Estudo Comparativo de Tesouras em Madeira para Coberturas Variando-se o Vão e o Tipo de Telha**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

O telhado tem como principal função proteger o edifício contra intempéries e é constituído basicamente de uma estrutura e as telhas. Sua estrutura é composta geralmente por aço e madeira, esta, podendo ser, tanto madeiras nativas legalizadas como de reflorestamento, que atendem as exigências do mercado. As telhas têm uma grande variedade, dependendo do local em que é comercializada. Desta forma, o presente trabalho aborda de forma teórica e conceitual o tema e estuda soluções, variando-se os vãos das tesouras e os tipos de telhas para a cobertura de telhado em madeira, fazendo um comparativo relacionado à quantidade de material, encontrando soluções construtivas que diminuam o volume de material utilizado e, conseqüentemente, os custos do produto final. Considerando um telhado convencional de uma residência, com três modelos de telhas empregados e três tamanhos de vãos, observou-se as diferenças dos esforços atuantes na estrutura de cobertura e na quantidade de volume de madeira consumido. Analisando os modelos estudados as variações entre os sistemas interferem de forma expressiva na quantidade de madeira consumida, em que o telhado composto por telha metálica apresentou maiores diferenças nos volumes de madeira e nos esforços de cálculo, com vantagem em relação aos modelos com telha cerâmica e telha *Shingle*.

Palavras-chave: Cobertura de Telhado em Madeira. Vãos das Tesouras. Tipos de Telhas. Esforços Atuantes. Volume de Madeira.

ABSTRACT

DE BORTOLI, Camila A. **Comparative Study on Wooden Scissors for Roofing varying the Gap and the Kind of Tiles**. 2016. Final Paper (Bachelor on Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2016.

The roof's main function is to protect the building against weather and it is basically made of a structure and the tiles. Its structure is usually made of steel and wood, which can be both native legalized woods and reforestation, which meet the requirements of the market. The tiles have a wide variety, depending on the location where it is commercialized. Thus, this paper discusses theoretically and conceptually this subject and studies solutions, varying the gaps of the scissors and the kinds of tiles for wooden roofing, making a comparison related to the amount of material, finding constructive solutions that reduce the amount of material used and consequently the cost of the final product. Considering a conventional roof of a house, with three tile models and three gap sizes, it could be observed the differences on the acting forces on the roof structure and on the amount of wood consumed. Analyzing the studied models, the variations between the systems interfere significantly on the amount of wood consumed, where the roof composed of metal shingle showed higher differences on the wood volumes and on the efforts calculation, with advantage over models with ceramic tile and shingle tile.

Keywords: Wooden roofing. Gaps of scissors. Kinds of tiles. Acting efforts. Wood volume.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Madeira laminada e colada.	17
Figura 2: Consumo de madeira na construção civil.....	18
Figura 3: Espécies de madeira amazônica selecionada para cada uso na construção civil.	19
Figura 4: Destino da produção de madeira certificada da Amazônia.	20
Figura 5: Águas do telhado.	24
Figura 6: Elementos da cobertura.	25
Figura 7: Partes de uma cobertura.....	26
Figura 8: Tesoura do tipo Howe.	28
Figura 9: Tesoura do tipo Pratt.....	28
Figura 10: Espaçamento de ripas, caibros e terças.	33
Figura 11: Utilização de placas de OSB em coberturas para aplicação de telhas Shingle.	34
Figura 12: Inclinação de telhas cerâmicas do tipo Colonial.....	39
Figura 13: Inclinação de telhas cerâmicas do tipo Americana.	40
Figura 14: Perfis das telhas metálicas.....	41
Figura 15: Telhas <i>Shingle</i>	42
Figura 16: Esquema estrutural e modelamento das ripas e das terças par cargas permanentes.	52
Figura 17: Esquema estrutural e modelamento das ripas e das terças par cargas variáveis.	53
Figura 18: Esquema estrutural e modelamento dos caibros para cargas permanentes, de vento e de manutenção.	53
Figura 19: Esquema estrutural e modelamento das tesouras para cargas permanentes e de vento.....	53
Figura 20: Esquema estrutural e modelamento das tesouras para carga de manutenção.....	54
Figura 21: Comparativo entre volumes de madeira dos modelos estudados.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões madeiras serradas.....	16
Tabela 2: Área de florestas no Brasil em 2009.....	18
Tabela 3: Espécies de madeiras plantadas no Brasil em 2009.....	21
Tabela 4: Produto derivado do Pinus.....	22
Tabela 5: Vãos máximos para as terças (cm).....	30
Tabela 6: Vãos máximos para os caibros (cm).....	31
Tabela 7: Vãos máximos para as ripas (cm).....	32
Tabela 8: Espaçamento (cm) de placas de OSB em relação a sua espessura e sua resistência.....	34
Tabela 9: Características das peças de OSB.....	35
Tabela 10: Telha Colonial.....	37
Tabela 11: Telha Francesa.....	37
Tabela 12: Telha Italiana.....	38
Tabela 13: Telha Romana.....	38
Tabela 14: Telha Portuguesa.....	38
Tabela 15: Telha Americana.....	39
Tabela 16: Modelos utilizados para o dimensionamento das coberturas em telhado.....	46
Tabela 17: Carga de vento utilizada para o dimensionamento.....	47
Tabela 18: Características das telhas cerâmicas coloniais.....	49
Tabela 19: Características das telhas Shingle Prestige Traditional.....	49
Tabela 20: Características das telhas de aço TopSteel 36.....	49
Tabela 21: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 9 metros.....	55
Tabela 22: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 12 metros.....	56
Tabela 23: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 16 metros.....	57
Tabela 24: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 9 metros.....	58
Tabela 25: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 12 metros.....	59
Tabela 26: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 16 metros.....	59
Tabela 27: Especificações dos elementos de cobertura.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 MADEIRAS	14
2.1.1 Tipos de Madeira	14
2.1.2 Panorama da Madeira – Madeiras de Reflorestamento e Madeira Amazônica	17
2.2 COBERTURAS E/OU TELHADOS	23
2.2.1 Definição e Função das Coberturas.....	23
2.2.2 Elementos de Cobertura	25
2.3 ESTRUTURA DE MADEIRA.....	27
2.3.1 Tesouras do Tipo Howe	27
2.3.2 Terças.....	29
2.3.3 Caibros	30
2.3.4 Ripas.....	31
2.3.5 Placas de OSB.....	33
2.4 TELHAS	35
2.4.1 Tipos de Telhas	35
2.4.1.1 Telha Cerâmica.....	36
2.4.1.2 Telhas Metálicas	40
2.4.1.3 Telhas <i>Shingle</i>	42
3 METODOLOGIA.....	44
3.1 DEFINIÇÃO DA CARGA DO VENTO	46
3.2 DEFINIÇÃO DA CARGA DE MANUTENÇÃO	47
3.3 DEFINIÇÕES PRELIMINARES DOS MATERIAIS.....	48
3.3.1 Características e propriedades da madeira	48
3.3.2 Propriedades das telhas	49
3.3.3 Seções transversais.....	50
3.3.4 Distância entre tesouras	50
3.3.5 Verificações a serem feitas	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

As madeiras estão sendo utilizadas na construção civil há muito tempo, desde a época da pré-história o homem procura um meio de se abrigar e a madeira foi um dos materiais utilizados para tal finalidade, porém, as estruturas eram compostas, ou seja, em conjunto com outros materiais, como por exemplo as estruturas de madeiras e pedras. Após a Segunda Guerra Mundial, houve maiores estudos quanto a este tema, desenvolvendo uma nova tecnologia e métodos antes não conhecidos, pode-se estabelecer teorias para o cálculo e o emprego da madeira em diversos fins estruturais (PFEIL, 1978).

A Revolução Industrial também contribuiu de certa forma para o aprimoramento de tais processos, pois a necessidade de um melhor acabamento, o aumento da tecnologia, a necessidade da construção de casas e com a criação de ferrovias, houve uma maior demanda da população, contudo isto levou a uma devastação e desmatamento das florestas sem uma maior preocupação (SINDIMADE, 2006).

Apesar do desmatamento ocasionado em todo este tempo, há muitas florestas de reflorestamento que estão sendo utilizadas para substituir o que já foi desmatado, e com o avanço da tecnologia foi possível realizar diversos empreendimentos em madeira.

Como no cenário atual, onde a madeiras com função estrutural são empregadas principalmente nas coberturas ou telhados, tornando-se assim umas das partes importantes a serem estudadas, desde a sua estrutura até as telhas utilizadas, seguindo todas as recomendações para a sua concepção e o dimensionamento segundo a NBR 7190/1997 - Projeto de Estruturas de Madeira (ASSOCIAÇÃO..., 1997).

Com a finalidade de proteger contra qualquer intempérie como sol, chuva, vento, a cobertura precisa ser dimensionada como qualquer outra estrutura, e analisada desde a parte da sua armação, que é composta pelos elementos estruturais como terças, caibros e ripas, até a sua cobertura composta pelas telhas (MOLITERNO, 2010).

As madeiras por sua vez, apesar de serem utilizadas a tanto tempo, não possuem ainda um controle de qualidade adequado no mercado brasileiro, isto deve-se ao fato de a obtenção desta madeira ser apenas de beneficiamento, não passando

por um controle no produto final, que em geral, é de forma visual, detectando defeitos por fungos ou nós existentes, e abaulamento durante a secagem (BARROS JR; LAHR, 1992).

A madeira torna-se no cenário brasileiro, uma forma de aplicação de materiais que até então está disponível na natureza para sua retirada. Muitas vezes a madeira é utilizada em coberturas de residências de pequeno porte devido a sua facilidade de obtenção, utilizando uma madeira regional, diminuem-se custos, atendendo a população e utilizando recursos regionais, contribuindo para o fortalecimento desta tecnologia em relação aos problemas habitacionais enfrentados (NAKAMURA, 1992).

Além disso, com o avanço da tecnologia novos tipos de materiais foram elaborados e fabricados para a utilização em coberturas, como por exemplo as telhas de aço galvanizado ou as telhas *Shingle*, comumente utilizadas na região norte-americana. Com mais variedades em relação ao peso exercido na estrutura, cores, texturas, resistência e custo diferenciado.

Portando o objetivo deste trabalho é estudar as soluções possíveis para uma cobertura de telhado em madeira, definindo seus conceitos básicos, pesquisando a situação da madeira utilizada na construção civil, determinando o carregamento para diferentes tipos de telhas e dimensionando a cobertura. Assim, através desta pesquisa, pretende-se analisar as soluções para telhados em madeira, variando determinados parâmetros, como o tamanho do vão e o tipo de telha, obter uma comparação quanto ao volume de material que as cargas provocam ao se utilizar cada combinação.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar soluções para a cobertura de telhado em madeira e realizar um comparativo do volume de madeira utilizado através da variação do vão e do tipo de telha empregado.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Definir os conceitos da cobertura em madeira e sua estrutura utilizadas na construção civil;
- Realizar um panorama da situação das madeiras empregadas na região Sul e Sudeste do Brasil, ou seja, madeiras de reflorestamento e madeiras da Amazônia;
- Definir o tamanho do vão, a inclinação, o tipo da tesoura e o tipo de telhas a serem utilizadas para a análise;
- Determinar as cargas que atuam na estrutura estudada e realizar o seu dimensionamento;
- Comparar cada situação e realizar uma análise quanto às soluções encontradas em termos de diversos aspectos, tais como composição do telhado, esforços atuantes e quantitativo de materiais.

1.2 JUSTIFICATIVA

As pessoas utilizam a madeira para muitas finalidades, construir casas, barracões, postes, escoramentos, formas para concreto, pontes, coberturas de casas e até mesmo para produção de energia. Só que apesar de ser muito utilizada, a madeira no Brasil não é tão valorizada, pois há o preconceito de que a madeira não é um material com resistência suficiente como o concreto, ou ainda, a associação das casas de madeira com casas antigas ou com casebres.

Apesar das madeiras possuírem desvantagens, como a necessidade de tratamento para uma maior durabilidade, as madeiras também possuem as suas vantagens na sua utilização. Uma destas vantagens é a facilidade de aquisição, como por exemplo o eucalipto, uma das madeiras mais utilizadas na região Sul do Brasil, uma madeira de reflorestamento, ou seja, a madeira é um material que se renova. Outra vantagem da madeira é sua alta resistência mecânica, que diferentemente do pensamento popular possui resistência variando de 20 a 60 MPa, sendo maiores que a resistência característica do concreto usualmente utilizado nas obras tradicionais (GESUALDO, 2003).

A importância em estudar o comportamento da madeira perante as cargas solicitadas, é para demonstrar e dar credibilidade para a utilização da madeira com finalidade estrutural. Um exemplo disso é o sistema *Wood Frame*, já utilizado no país, mas com pouca aplicabilidade devido ao receio das pessoas utilizarem este tipo de sistema, além do preconceito e desconhecimento quanto a esta técnica.

Com este trabalho, busca-se a viabilidade em obter, em um determinado tempo, o referencial teórico e os conceitos necessários para se projetar a cobertura de telhado proposta. Juntamente com a originalidade de realizar um comparativo da quantidade de material utilizado para a fabricação de determinada cobertura de telhado, desta forma, dimensionar adequadamente a fim de não ocasionar problemas futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MADEIRAS

2.1.1 Tipos de Madeira

O emprego da madeira deve-se as vantagens que ela possui, mesmo sendo um material heterogêneo, com facilidade de ataque de fungos e por se tornar instável quanto a umidade, ela é oriunda de fontes renováveis, pode ser trabalhada com facilidade, resiste bem aos esforços solicitados e possui bom isolamento térmico e acústico (CRUZ, 2003).

Os tipos de madeiras e a finalidade em que são utilizadas são bem diversificados, podem ser empregadas na construção civil e em canteiros de obras para construção de barracões, andaimes, aviários, fabricação de papel e também como lenha (SZÜCS, 1992).

As peças de madeira possuem diferentes resistências de uma árvore em relação a outra, e entre as espécies, assim, quanto maior o número de defeitos que ela possui menor será a sua resistência. Dado isto, as madeiras são classificadas em primeira, segunda e terceira categoria. A primeira categoria é composta por árvores que não apresentam nós ou algum tipo de ataque biológico, ou seja, são as que possuem melhor qualidade. A segunda categoria possui uma menor qualidade em relação a primeira possuindo alguns nós e defeitos. A de terceira categoria são as madeiras que possuem uma qualidade muito inferior à demais, com muitos nós e defeitos diminuindo consideravelmente a sua resistência (CRUZ, 2003).

Os tipos de madeiras utilizados na construção civil são as madeiras duras e as madeiras macias; as madeiras duras possuem melhor qualidade em relação as madeiras macias, mas não necessariamente possuem resistência superior, e são aquelas provenientes de árvores dicotiledôneas ou folhosas, mais conhecidas como madeiras de lei, algumas delas são o Ipê, a Peroba e o Pau-Brasil. Já as madeiras macias são provenientes das coníferas, alguns exemplos são o Pinheiro, o Cedro e o Pinus (PFEIL, 1978).

Os tipos de madeiras coníferas mais utilizadas no Brasil são o Pinheiro do Paraná (*Araucária*) e o Pinus; já as madeiras folhosas possuem diversas espécies, dentre elas estão o Cedro, o Jatobá, o Jacarandá e o Eucalipto (SOUZA; et. al., 2007).

As madeiras empregadas são classificadas basicamente em dois grupos, as madeiras maciças e as madeiras industrializadas; as madeiras maciças são integradas pelas madeiras brutas ou roliças e as serradas; as industrializadas são compostas pelas madeiras laminadas coladas e pela compensada (PFEIL, 1978).

Basicamente as madeiras mais empregadas para fins estruturais são as madeiras serradas passando por um processo de secagem para posterior utilização, mas as madeiras brutas também são empregadas principalmente para escoramento. As madeiras serradas de seção retangular ou quadrada, são fabricadas a partir do desdobre das toras quando serradas longitudinalmente, passando pelo esquadrejamento e o pré-tratamento. As industrializadas, a qualidade e rapidez dependem da linha de produção e do nível tecnológico empregado. Esse tipo de madeira está presente no mercado da construção civil e ganharam espaço na fabricação de telhados e coberturas, algumas das bitolas de madeiras mais utilizadas estão apresentadas na Tabela 1 (PFEIL, 1978).

NOMENCLATURA	SEÇÃO TRANSVERSAL (cm)
Ripas	1,2x5,0
	1,5x5,0
Ripões	2,0x5,0
	2,5x6,0
Sarrafos	2,0x10,0
	3,0x12,0
	3,0x16,0
Caibros	5,0x6,0
	6,0x6,0
Caibrões	6,0x8,0
Pontaletes	7,5x7,5
	10,0x10,0
Vigas/Vigotas	6,0x16,0
	10,0x20,0
	10,0x24,0
	10,0x30,0
Tábuas	2,5x22,0
	2,5x30,0
Pranchas	4,0x20,0
	4,0x30,0
Pranchões	6,0x20,0
	6,0x30,0
Pilares	12,0x12,0
	15,0x15,0
	17,0x17,0
	20,0x20,0

Tabela 1: Dimensões madeiras serradas.
Fonte: Adaptado de Meirelles; Pala, 2010.

As madeiras laminadas coladas consistem em lâminas coladas formando tábuas de 2 a 4 centímetros de espessura que também estão ganhando espaço principalmente em países industrializados, onde a sua utilização em peças estruturais possui vantagens em relação a madeira serrada. A produção de peças em grandes dimensões e a possibilidade de se construir peças curvas devido o processo de colagem das lâminas por pressão que varia de 7 a 15 kg/cm², gera um produto industrializado com um controle de qualidade superior e com bitolas das peças parecidas com as já utilizadas (PFEIL, 1978; MOLITERNO, 2010). A Figura 1 ilustra a fabricação de uma peça de madeira laminada e colada.

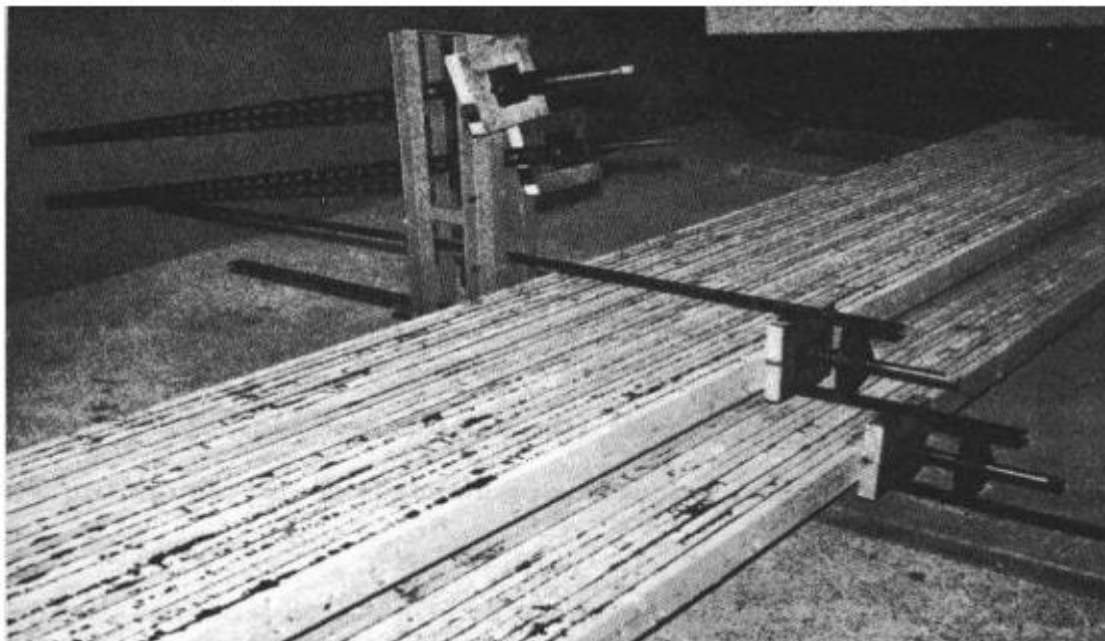


Figura 1: Madeira laminada e colada.
Fonte: Cruz, 2003.

Utilizando NBR 7190/1997 é possível dimensionar qualquer tipo de estrutura de madeira, as coberturas são um exemplo, tanto para fim residencial quanto comercial, geralmente utilizando a madeira serrada (sistema treliçado) para a sua construção (CALIL JR; MOLINA, 2010).

2.1.2 Panorama da Madeira – Madeiras de Reflorestamento e Madeira Amazônica

As florestas nativas são aquelas que nasceram no local por ação da natureza permitindo um manejo adequado e planejado através da sustentabilidade, permitindo a recomposição das áreas, ou de forma ilegal e com a intenção apenas de extrativismo, retirando madeiras com uso comercial favorável. As florestas plantadas por sua vez, são aquelas oriundas da necessidade de matéria-prima devido a retirada intensa das florestas nativas, são produzidas com a finalidade da utilização como madeira serrada na construção civil, fabricação de móveis e painéis. Na Tabela 2 e Figura 2 são apresentadas as áreas de cultivo de florestas nativas e de reflorestamento e a sua relação de consumo (ZENID, 2009).

Tipo de Floresta	Área Total (ha)	% das Florestas	% Área do Brasil
Floresta Natural	509.803.545	98,7	59,9
Floresta Plantada	6.782.500	1,3	0,8
Total	516.586.045	100	60,7

Tabela 2: Área de florestas no Brasil em 2009.
Fonte: Adaptado de Serviço Florestal Brasileiro, 2010 apud Carmo, 2015.



Figura 2: Consumo de madeira na construção civil.
Fonte: Aquisição responsável da madeira na construção civil, 20-- apud Sebrae 2014.

Algumas das madeiras nativas mais utilizadas no Sul e Sudeste do Brasil foram o Pinho-do-Paraná e a Peroba-Rosa, mas com a pouca disponibilidade destas madeiras devido ao alto consumo, procurou-se madeiras vindas do Paraguai e da Amazônia como substituição (ZENID, 2009).

A Amazônia possui o maior estoque de madeira tropical do mundo, explorada há muito tempo, aproximadamente três séculos, hoje é a floresta mais explorada e com maior volume de madeira produzida no Brasil, com cerca de 25 milhões de metros cúbicos de madeira em tora, o que corresponde a aproximadamente 80% da madeira produzida no país (REMADE, 2001).

A madeira retirada na Amazônia é exportada para diversos estados do Brasil podendo ser de origem legal e ilegal. A madeira de origem legal tem além da documentação necessária, o aval dos órgãos ambientais para o corte da madeira nativa, é retirada também com um intuito de sustentabilidade, realizando um manejo e desmate de forma que não prejudique as florestas e ocorrendo menores desperdícios podendo assim lucrar com a sua retirada por um tempo mais longo. Por sua vez, o corte ilegal é o que mais ocorre, com a finalidade de vender a madeira e investir em terras para cultivo de grãos e para a pecuária, ocasiona diversos problemas já que o desmatamento e as queimadas prejudicam o meio ambiente pela emissão de gases, perda da biodiversidade, mudança no clima e também facilita o emprego de mão de obra escrava e infantil (ICLEI, 2009).

A construção civil é um dos ramos que mais consomem madeira que estão ameaçadas de extinção. A partir disso foram realizados estudos e pesquisas que mostram diversas espécies que podem substituir as madeiras ameaçadas, como a Peroba-Rosa que pode ser substituída pelo Angelim-Pedra (ICLEI, 2009).

Assim a NBR 7190/1997 (ASSOCIAÇÃO, 1997), auxilia os engenheiros quanto às classes de resistência de madeiras desconhecidas até então, adotando três classes de resistência para as coníferas, C20, C25 e C30, e quatro classes para as dicotiledôneas, C20, C30, C40 e C60; as principais madeiras selecionadas estão mostradas na Figura 3 (ZENID, 2009).

USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL										
Espécie	Nome botânico	Pesada		Leve				Uso temporário	Assolho	
		Externa	Interna	Externa	Interna					
					Decorativa	Estrutural	Esquadrias			Utilidade geral
angelim-amargoso	<i>Vatairea sp</i>	•	•						•	
angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>		•	•	•	•	•		•	
angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>					•	•	•	•	
cedrorana	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	•	•	•	•		•			•
cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•
cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	•	•	•		•				
curupixá	<i>Micropholis venulosa</i>				•	•	•		•	
garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	•	•	•	•		•			•
jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	•	•	•	•		•			•
mandioqueira	<i>Ruizterania albiflora</i>					•		•	•	
muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>		•	•	•		•			•
oiticica-amarela	<i>Clarisia racemosa</i>				•	•	•		•	
pau-roxo	<i>Peltogyne spp</i>	•	•	•	•		•			•
piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	•	•							
quaruba	<i>Vochysia maxima</i>			•		•		•	•	
tachi	<i>Tachigali myrmecophilla</i>					•		•		
tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	•	•		•		•			•
tauari	<i>Couratari oblongifolia</i>					•	•	•		
tauari-vermelho	<i>Cariniana micrantha</i>			•		•		•		
uxi	<i>Endopleura uchi</i>	•	•							

Figura 3: Espécies de madeira amazônica selecionada para cada uso na construção civil. Fonte: Nahuz, 2013.

Nas regiões Sul e Sudeste, com a escassez da madeira nativa devido a retirada intensa, passou-se a utilizar a madeira amazônica, onde o estado de São Paulo destaca-se como sendo o maior consumidor com 14% de toda a madeira certificada proveniente do local, conforme Figura 4. Mas muitas vezes por falta de

conhecimento acaba-se empregando madeiras com especificações inadequadas para determinada finalidade, como o seu desempenho, resistência, dimensões, defeitos e até mesmo espécies da madeira. Os principais locais em que são empregadas as madeiras no setor da construção civil é nas estruturas de cobertura, estacas, escoras, esquadrias, assoalho e partes decorativas como os lambris e rodapés (NAHUZ, 2013).

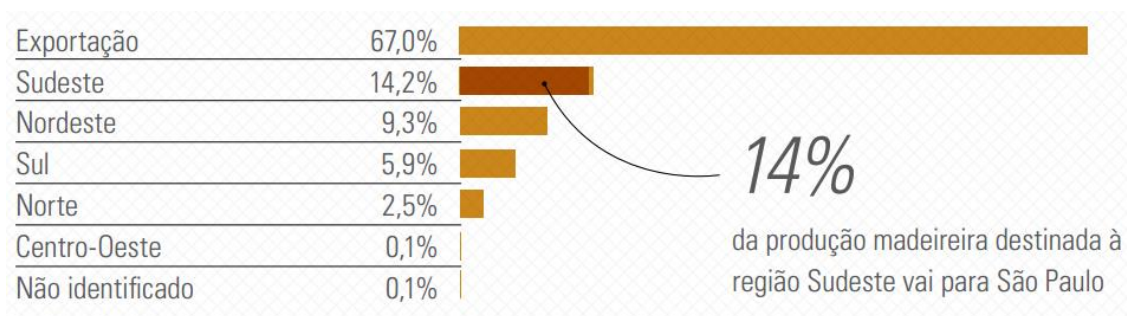


Figura 4: Destino da produção de madeira certificada da Amazônia.
Fonte: Comércio da Madeira, 2013 apud Sebrae 2014.

De acordo com os órgãos ambientais responsáveis, o cobrimento vegetal original de determinada propriedade na Amazônia deve ser de 80%, a Reserva Legal. Entretanto, cerca de 720.000 km² foram desmatados na Amazônia em um intervalo de 50 anos, isso corresponde cerca de 20% da floresta. Além disso o desmatamento e a retirada ilegal é de aproximadamente 80% da madeira produzida a cada ano principalmente para a construção civil e 75% atende o mercado interno, já que nem todos os consumidores possuem conhecimento da procedência da madeira que adquirem (ZENID, 2009).

Foram criadas legislações para controlar e não ocorrer o corte ilegal e prejudicial. Um exemplo é a documentação que deve ser exigida por proprietários de serraria e de locais que comercializam a madeira. Outra forma de controle é a autorização que o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis), órgão de controle ambiental, que exige que a retirada para desmatamento deve ser no máximo 20% da área total das propriedades (ICLEI, 2009).

A comercialização da madeira, apesar de exploratória através de desmatamentos e incêndios que muitas vezes impedem que as florestas sejam recuperadas, tornou-se fonte de riqueza e papel importante na economia do país. Por exemplo, em 2001 o Pará contribuía com 13% do PIB do estado no setor madeireiro,

sendo que em âmbito nacional, este setor contribuía com cerca de 2% no PIB, podendo se tornar a principal atividade econômica da Amazônia (REMADE, 2001).

As madeiras eram empregadas principalmente no estado do Paraná e Santa Catarina pela vasta área de florestas existentes na região, mas a madeira de reflorestamento acabou substituindo estas florestas. Por exemplo o Eucalipto, cuja dureza e peso específico é adequado para a utilização em estruturas de telhado. (MOLITERNO, 2010)

A partir de 1966, ano em que o governo aprovou projetos de plantação de madeiras para reflorestamento e com incentivos, em alguns anos as áreas plantadas passaram de 400 mil a 3 milhões de hectares, principalmente por utilizar madeiras roliças e serradas na construção civil (CALIL JR et. al., 2006).

O estado do Paraná possui a maior área de madeiras de reflorestamento plantada em relação aos outros estados do Brasil, em torno de 605.132 hectares são apenas de Pinus. Em geral, nacionalmente a área é de 6,29 milhões de hectares plantadas de Pinus, o Eucalipto e outras espécies. Algumas espécies de madeira plantadas são mostradas na Tabela 3 (SIQUEIRA, 1995 apud CALIL JR et. al., 2002).

Espécie	Área Total de Florestas Plantadas (ha)	% Florestas Plantadas
Eucalipto	4.515.730	66,58
Pinus	1.794.720	26,46
Acácia	174.150	2,57
Seringueira	128.460	1,89
Paricá	85.320	1,26
Teça	65.240	0,96
Araucária	12.110	0,18
Populus	4.030	0,06
Outras	2.740	0,04
Total	6.782.500	100

Tabela 3: Espécies de madeiras plantadas no Brasil em 2009.
Fonte: Adaptado de Serviço Florestal Brasileiro, 2010 apud Carmo, 2015.

O Pinus e o Eucalipto são duas espécies de madeira que compõem as grandes áreas de reflorestamento, utilizadas em sistemas estruturais, na produção de madeira aglomerada e também na produção de carvão e de papel, essas madeiras motivaram o investimento no beneficiamento deste tipo de material, promovendo um maior aproveitamento, produtividade e qualidade. Para atingir tais objetivos é

necessário promover alguns aspectos, como a madeira possui um grau elevado de umidade a sua secagem é necessária, contribuindo no diferencial de custos de transporte devido a diminuição do peso, aumento de resistência mecânica e de isolamento termoacústico, favorecendo o emprego de juntas e ligações, contribuindo na aplicação de produtos de revestimento e diminuindo o ataque de agentes biológicos (GONÇALVEZ; VALARELLI, 1992).

Como elas são madeiras que possuem crescimento rápido, também foi um dos aspectos para a sua adoção ser bem-sucedida. Mas o Eucalipto em que o desenvolvimento de seus tecidos fazia com que empenasse facilmente, é melhor utilizado em peças de seção quadrada e em peças inteiras como os postes e as escoras, não podendo ser utilizado como tábuas. O Pinus adaptou-se bem ao clima da região Sul e Sudeste, utilizados primeiramente como substituição de caixarias, com a utilização de tratamento preventivo químico o seu uso na construção civil tornou-se maior, conforme a Tabela 4 (GONZAGA, 2006).

Produto Derivado do Pinus	Quantidade (ton.)
Madeira Serrada	8.597.650
Celulose Fibra Longa	6.910.750
Compensado	2.790.750
Pasta de Alto Rendimento	852.620
MDF	1.050.190
Outros	968.352

Tabela 4: Produto derivado do Pinus.

Fonte: Adaptado de Serviço Florestal Brasileiro, 2010 apud Carmo, 2015.

O Pinus apesar do preconceito quanto a sua utilização em relação à sua baixa resistência, foi utilizado devido a sua facilidade de tratamento e por ser um material abundante na região Sul. Alguns dos cuidados devem ser tomados quanto à preservação do Pinus, dentre eles, desde a sua retirada levando em consideração a idade da árvore e o processo de secagem que deve ser lento a fim de não originar fissuras e comprometer a madeira (SZÜCS, 1992).

2.2 COBERTURAS E/OU TELHADOS

2.2.1 Definição e Função das Coberturas

Ao se falar em cobertura, logo se pensa em madeira ou telhas. Isso deve-se ao fato de a madeira ser um dos principais materiais utilizados na construção civil para a fabricação de estruturas para cobertura e as telhas para o acabamento.

A cobertura é a parte da edificação cuja função é vedar e proteger a construção de qualquer tipo de intempéries, sejam elas o sol, o vento ou a chuva (MOLITERNO, 2010).

No decorrer do tempo, o termo utilizado para a sua definição, confundiu-se entre cobertura e telhado. Assim os autores possuem definições distintas em relação ao outro termo. Enquanto alguns definem cobertura como aquelas utilizadas em construções industriais ou ginásios esportivos, o termo telhado é designado para as construções residenciais. Outros conceituam cobertura como a parte superior da construção, composta pelas tesouras, terças, caibros e ripas como um todo (CALIL JR; MOLINA, 2010).

O telhado também pode ser definido como um tipo de cobertura, possuindo superfícies com inclinações mínimas capazes de escoar a água da chuva – planos de escoamento. Estas superfícies também podem ser chamadas de águas do telhado, conforme a Figura 5. Estes planos possuem inclinação referente às especificações de cada tipo de telhas utilizadas ou ao clima de cada região, ou seja, quanto mais frio maior a inclinação do telhado para se obter um maior escoamento (CARMO, 2006).

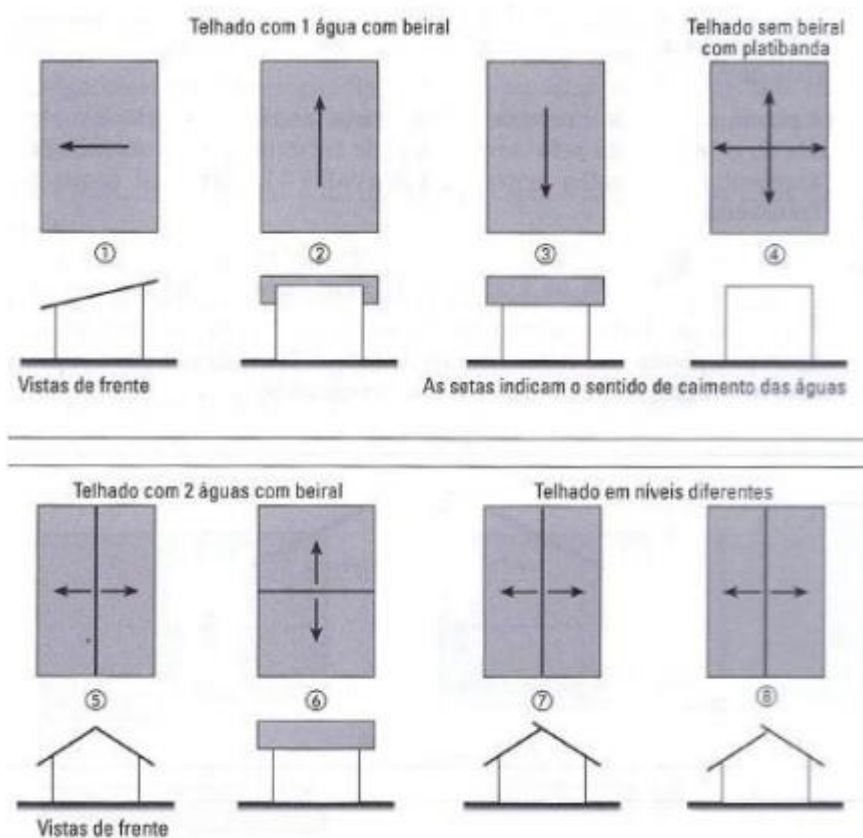


Figura 5: Águas do telhado.
Fonte: Borges, 2009 apud Flach 2012.

A utilização da madeira para coberturas tornou-se, com o passar do tempo, constante, mesmo com o avanço da tecnologia para as estruturas metálicas, que também estão em grande uso. Deste modo, as coberturas podem ser constituídas de um único material, como a madeira, o aço, o concreto, e também podem ser compostas por dois materiais, neste caso chamadas de telhado misto (MOLITERNO, 2010).

Um dos primeiros pontos a serem analisados ao construir uma cobertura é a sua parte estrutural e de desempenho, mas além disso, o seu aspecto visual e estético possui determinada importância. Atualmente no mercado existem diferentes materiais utilizados na fabricação das telhas, com diferentes texturas, cores e custos, e ao juntar estes aspectos com as diferentes geometrias dos telhados, há a possibilidade de criar uma cobertura de beleza única (CALIL JR; MOLINA, 2010).

2.2.2 Elementos de Cobertura

As coberturas são compostas pelas telhas, pelo madeiramento ou trama e pelas tesouras.

O telhado é dividido basicamente em duas partes: a cobertura, que confere proteção constituída de telhas; e a armação, que confere estabilidade estrutural, constituída por tesouras, terças, caibros e ripas, conforme a Figura 6 (MOLITERNO, 2010).

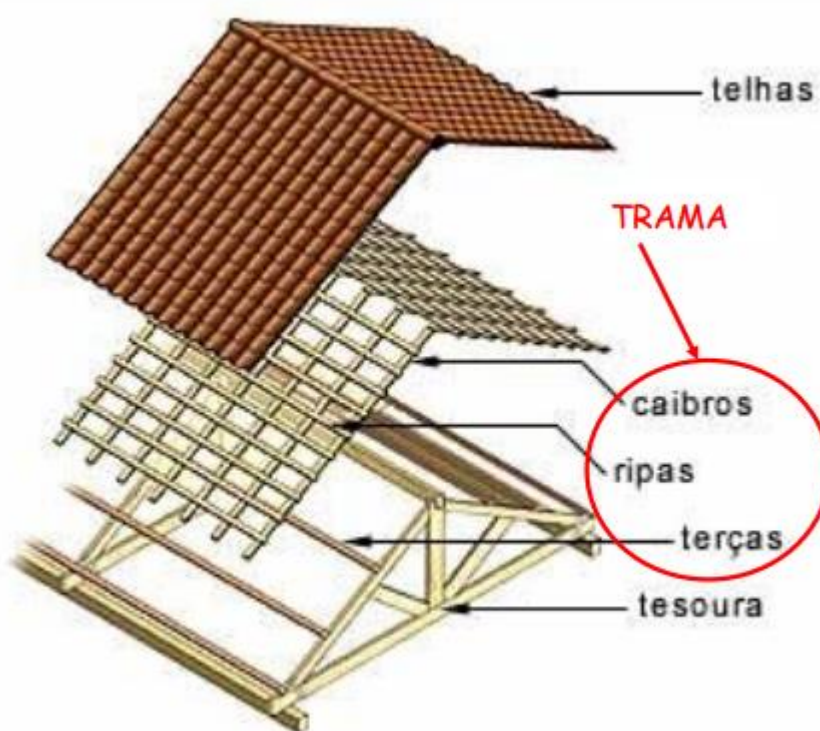


Figura 6: Elementos da cobertura.

Fonte: Ballarin, 2006.

Subdividindo as partes constituintes do telhado ou cobertura, tem-se: as telhas responsáveis pela vedação; as estruturas secundárias de apoio, constituídas pelas tramas; a estrutura principal, que são as tesouras e o contraventamento, que confere estabilidade e absorve os efeitos horizontais aplicados devido ao vento entre outros (LOGSDON, 2002).

Segundo Reis e Souza (2007), as partes da cobertura são divididas em estruturas de apoio, trama, telhado e sistemas de captação de água. As estruturas de

apoio são as compostas pelas tesouras, pontaletes (em casos que possui laje) ou vigas; a trama é aquela em que sustenta as telhas, composta pelas terças, caibros e ripas; o telhado são as telhas com função de proteção; e por fim o sistema de captação de água constituído pelas calhas e rufos. Os componentes do telhado estão representados na Figura 7.

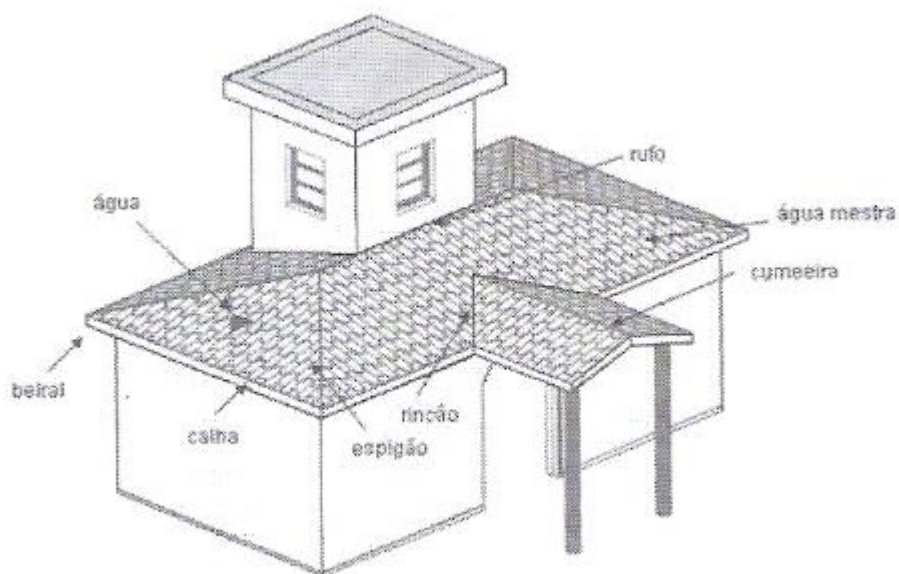


Figura 7: Partes de uma cobertura.
Fonte: Calil Jr; Molina, 2010.

De acordo com Calil Jr e Molina (2010) e Moliterno (2010), beiral é a projeção da cobertura para fora do telhado; água é a superfície da cobertura; espigão é o divisor e mudança de duas águas, ou seja, intercessão de dois planos do telhado; rincão é encontro de duas águas; cumeeira é encontro de duas águas na parte mais alta do telhado; calha é o sistema de captação de água; e o rufo é a peça colocada entre o telhado e a parede com finalidade de não deixar a água infiltrar.

2.3 ESTRUTURA DE MADEIRA

2.3.1 Tesouras do Tipo Howe

A tesoura nada mais é do que uma treliça com a função de transferir todos os carregamentos, tanto permanentes quanto variáveis, para as paredes e pilares da construção (MOLITERNO, 2010).

As treliças assim como as tesouras possuem a função de transferir esforços, são compostas por barras e nós que formam triângulos e conferem estabilidade ao elemento; elas estão submetidas apenas a esforços de tração e compressão simples, desde que as forças e cargas aplicadas estejam sobre os nós, caso as cargas estiverem deslocadas dos nós, a peça estará sujeita também a uma flexão (REBELLO, 2005).

As tesouras têm como finalidade sustentar as terças, os caibros, as ripas, as telhas, as forças do vento, ou seja, sustentar as cargas permanentes e variáveis atuantes. Com o tempo, a utilização da madeira tornou-se comum em coberturas em telhado com a influência arquitetônica, tipos de telhas e vão, resultando no emprego de estruturas treliçadas para a concepção das tesouras, as planas e de banzo inclinado principalmente. A utilização deste tipo de estrutura possibilita que se explore de uma melhor forma as vantagens que o material oferece além de propiciar facilidade na sua execução e montagem (CALIL JR; MOLINA, 2010).

A tesoura do tipo Howe é a mais utilizada na construção de telhados por proporcionar uma maior facilidade na execução, permitindo realizar ligações das diagonais com os banzos de forma mais apropriada. Suas ligações normalmente pregadas e através de entalhes conferem estabilidade a estrutura e é o método que mais se adequa ao se utilizar a madeira como material. Em relação ao consumo de material, a tesoura do tipo Howe não é a mais econômica, quando comparada com a tesoura do tipo Pratt, que possui as diagonais invertidas. Entretanto, como as ligações na madeira na tesoura Pratt são mais difíceis de executar, normalmente são empregadas apenas em estruturas metálicas (MOLITERNO, 2010).

As tesouras são compostas pelo banzo superior (I) e inferior (II), barras verticais ou montantes (III), diagonais (IV) e nós. Os banzos superiores e as diagonais

são comprimidas e os montantes e banzos inferiores são tracionados. Conforme Figura 8 e 9 (CALIL JR e MOLINA, 2010; MOLITERNO, 2010).

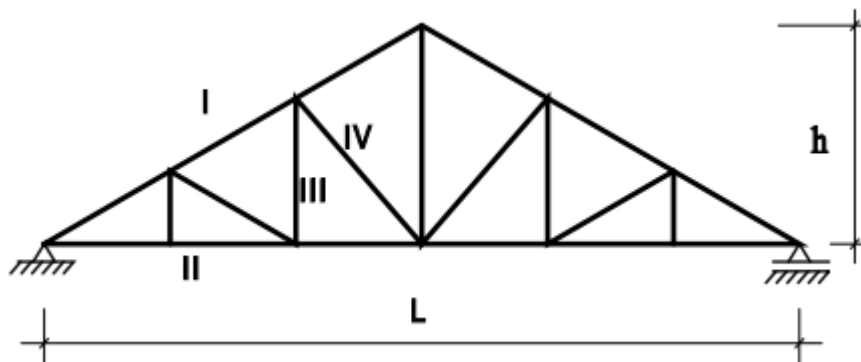


Figura 8: Tesoura do tipo Howe.
Fonte: Gesualdo, 2003.

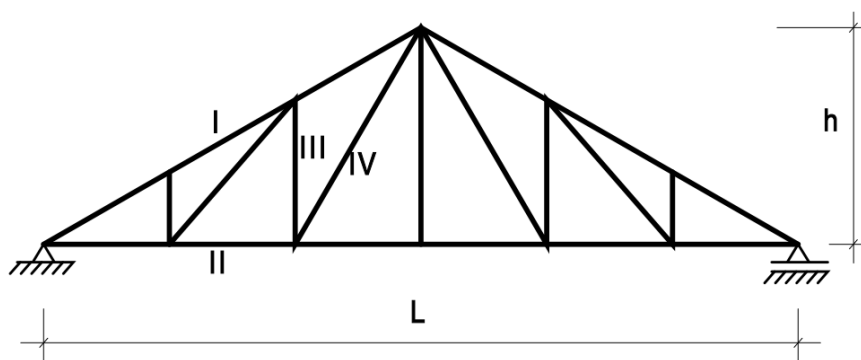


Figura 9: Tesoura do tipo Pratt.
Fonte: Gesualdo, 2003.

Analisando as construções de residências e a cultura, percebe-se que a maior parte das coberturas são construídas em treliças ou tesouras com banzos inclinados. Contudo, há uma restrição quanto ao vão que pode ser aplicado, por exemplo, em telhados com apenas uma água é recomendado que o vão possua no máximo 9 metros, enquanto em telhados de duas águas este vão pode ser de 12 a 15 metros (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Na construção de barracões ou ginásios, o vão a ser vencido geralmente é maior que em uma residência comum. Devido a este fato as tesouras de madeira do tipo Howe não são recomendadas, pois elas podem chegar a vãos de até 18 metros de comprimento. Após este valor opta-se por estruturas de outros materiais porque seu custo se torna elevado (MOLITERNO, 2010).

A razão por se utilizar tesouras inclinadas é por elas se comportarem bem quanto aos carregamentos impostos, acompanhando os diagramas de momentos fletores podendo assim transferir as cargas com pouca dificuldade (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Outro elemento importante, é o levantamento dos carregamentos. Para determinar as cargas atuantes nas tesouras, leva-se em consideração o peso próprio de cada elemento, das tesouras, das terças, dos caibros e das ripas, sendo estas as cargas permanentes e determinadas através da área de influência. Já o efeito do vento e as sobrecargas de manutenção são nomeadas como cargas acidentais (REBELLO, 2005).

2.3.2 Terças

A terça é um tipo de viga de madeira utilizada para apoiar os caibros, posta sobre a parede ou sobre as tesouras (MOLITERNO, 2010).

Dimensionadas à flexão oblíqua, as terças são peças de madeira que podem ser empregadas de duas formas: a primeira, em que ela sustenta os caibros, ripas e telhas, quando as telhas são de pequenas dimensões como no caso das telhas cerâmicas e de concreto; ou a segunda possibilidade, quando é dispensável a utilização dos caibros e ripas, ou seja, quando utilizar telhas de dimensões maiores como as telhas de fibrocimento e metálicas, posicionando e apoiando sobre as próprias terças (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Com o intuito de evitar flechas indesejáveis, que afetam o aspecto visual, as terças devem ser espaçadas de no máximo 1,50 metros entre elas. No caso de telhas cerâmicas, para as telhas de fibrocimento os espaçamentos variam de 0,90 a 2,20 metros dependendo do seu comprimento (MOLITERNO, 2010).

O tamanho do vão das terças influencia diretamente na quantidade de tesouras que serão utilizadas para a concepção do telhado. Com a aplicação de um vão maior, a faixa de carregamento para cada tesoura terá um valor maior, e vice-versa. Quando aplicado um vão menor entre as terças o carregamento em cada tesoura se tornará menor devido a faixa de carregamento ser menor. O valor do vão utilizado também dependerá da seção transversal da madeira, como mostrado na Tabela 5 (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Classe de Resistência da Madeira	Seção da Terça (6x12)	Seção da Terça (6x16)
C20	240	300
C30	250	310
C40	255	320
C60	265	330

Tabela 5: Vãos máximos para as terças (cm).
Fonte: Adaptado de Calil Jr; Molina, 2010.

Com bitolas de 6x12 cm, 6x16 cm, 10x20 cm as terças transferem os esforços para as tesouras e trabalham como travamento na parte superior das tesouras onde sua ligação deve ser resistente. A distância entre as terças depende do tipo de telha e da classe de madeira dos caibros geralmente aplicando 1,50 m para telhas cerâmicas (LOGSDON, 2002).

De acordo com o espaçamento das estruturas do telhado é definido a dimensão da terça. Esta podendo ser de 6x12 centímetros quando o vão entre as tesouras não passar de 2,50 metros, ou de 6x16 centímetros quando o vão for entre 2,50 e 4 metros de comprimento. O espaçamento das terças é definido de acordo com a dimensão do caibro: quando for de 5x6 centímetros, a distância entre as terças deve ser no máximo de 2 metros de comprimento; para caibros de 5x7 centímetros, esta distância pode aumentar para no máximo 2,50 metros (BORGES, 1972 apud REIS; SOUZA, 2007).

Caso haja a necessidade de emendas, elas devem ser realizadas através de chanfros de 45° com talas pregadas para reforço, devem também estar localizadas onde o momento fletor é nulo (CALIL JR; MOLINA, 2010).

2.3.3 Caibros

Os caibros são peças de madeira pregadas sobre as terças, com a função de apoiar as ripas. Com a bitola menor em relação as terças, seu espaçamento varia entre 40 e 60 centímetros, quando utilizadas telhas cerâmicas (MOLITERNO, 2010).

Com seções aproximadamente quadradas dependendo do seu carregamento e dimensionamento a flexocompressão, os caibros são apoiados nas terças e sustentam as ripas e as telhas. Seu vão depende praticamente do tipo de telha que

definirá o peso para o dimensionamento, do tipo de madeira definindo a sua resistência mecânica e da sua seção transversal definido pelo carregamento, de acordo com a Tabela 6 (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Seção Caibros	Classe de Resistência (Mpa)	Telhas de Peso Médio de 50 kgf/m²	Telhas de Peso Médio de 70 kgf/m²
1,5x5,0	20	67	60
	30	94	87
	40	120	110
	60	165	155
2,5x5,0	20	65	59
	30	85	85
	40	110	110
	60	155	155
5,0x5,0	20	65	59
	30	85	75
	40	108	108
	60	140	141

Tabela 6: Vãos máximos para os caibros (cm).
Fonte: Adaptado de Calil Jr; Molina, 2010.

Como dito anteriormente, dependendo do seu carregamento e do tipo da madeira, as dimensões e o espaçamento dos caibros são usados geralmente com bitolas de 5x6 centímetros ou de seção quadrada de 6x6 centímetros e espaçados entre 40 e 60 centímetros de acordo com a necessidade (LOGSDON, 2002).

Ao se utilizar os caibros perpendiculares às terças e com uma distância entre eles de aproximadamente 50 centímetros, pode-se utilizar peças de madeira para as ripas em uma dimensão de 2,5x5,0 centímetros (BORGES, 1972 apud REIS; SOUZA, 2007).

Para a necessidade da realização de emendas, devem ser colocadas sobre algum apoio, neste caso sobre as terças e podem ser constituídas por transpasse ou de topo de acordo com decisão do projetista (CALIL JR; MOLINA, 2010).

2.3.4 Ripas

As ripas consistem em peças de madeira com a finalidade de apoiar as telhas, são pregadas sobre os caibros e geralmente possuem bitolas pequenas (MOLITERNO, 2010).

Segundo Calil Jr e Molina (2010), as ripas são peças de madeira dimensionadas à flexão oblíqua, apoiadas sobre os caibros onde sua seção transversal possui largura superior à sua altura. Caso haja a necessidade de emendas, assim como nos caibros, são empregadas emendas de topo e sobre um apoio, neste caso sobre os caibros. As ripas são espaçadas de acordo com o tipo de telha que será utilizada, ou seja, depende do valor da galga, a distância entre as faces superiores de duas ripas, recomendada pelo fabricante. Para definir o comprimento do vão entre as ripas, depende da classe de resistência da madeira, do tipo da telha, da seção transversal da peça e da inclinação do telhado, sendo que quanto maior a inclinação maior poderá ser o seu vão. Conforme a Tabela 7.

Seção da Ripa (cm²)	Classe de Resistência da Madeira (Mpa)	Telhas de Peso Médio de 50 kgf/m²	Telhas de Peso Médio de 70 kgf/m²
1,5x5,0	20	41	45
	30	50	56
	40	57	60
	60	60	60
2,5x5,0	20	60	60
	30	60	60
	40	60	60
	60	60	60
5,0x5,0	20	60	60
	30	60	60
	40	68	69
	60	98	100

**Tabela 7: Vãos máximos para as ripas (cm).
Fonte: Adaptado de Calil Jr; Molina, 2010.**

No caso de utilizar telhas cerâmicas, é recomendado um espaçamento entre ripas de aproximadamente 35 centímetros, mas deve-se respeitar as especificações da telha. Conforme Figura 10 (MOLITERNO, 2010).

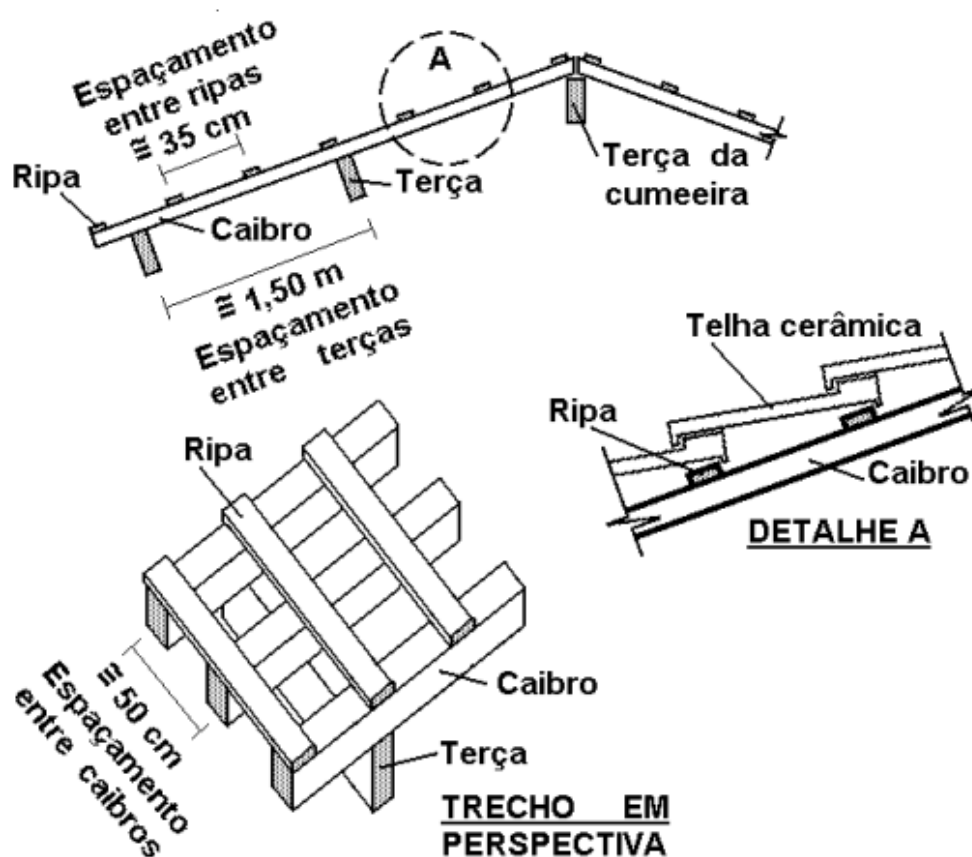


Figura 10: Espaçamento de ripas, caibros e terças.
Fonte: Longsdon, 2002.

Mesmo sendo convenção utilizar 35 centímetros como a distância entre ripas, este valor deve levar em consideração a galga recomendada; as peças comerciais são encontradas nas dimensões de 2,5x5,0 centímetros (LOGSDON, 2002).

2.3.5 Placas de OSB

As placas de OSB (Oriented Strand Board – painel de madeira de tiras orientadas) podem ser utilizadas com diversas finalidades, tanto em ambientes secos e ambientes molhados. Proporciona estanqueidade em telhados, por isso são empregados em coberturas ou paredes, em pisos, como contraventamento e também na fabricação de móveis, um exemplo de aplicação em cobertura é mostrado na Figura 11. Sua fixação pode ser realizada através da colagem ou por meio de pregos. Os espaçamentos variam em relação a espessura da peça e da carga que resiste conforme mostrado na Tabela 8 a seguir (KRONN FRANCE, 2002).



Figura 11: Utilização de placas de OSB em coberturas para aplicação de telhas Shingle.
Fonte: TC Shingle, 2004.

Espessura (mm)		12	15	18	22	25
Carga Uniformemente Repartida (daN/m ²)	100	60	76	88	108	122
	150	54	68	79	97	110
	200	50	62	73	90	102
	250	46	58	69	84	96
	300	44	55	65	80	91
	350	42	52	62	76	86
	400	40	50	60	73	83
	450	39	48	58	70	80
	500	37	47	56	68	78
Esforço em Flexão daN/cm ²		80,6			75,2	
Módulo de Elasticidade daN/cm ²		75000				
Massa Volumétrica kg/m ³		640			630	

Tabela 8: Espaçamento (cm) de placas de OSB em relação a sua espessura e sua resistência.
Fonte: Adaptado de Kronn France, 2002.

As placas OSB são resistentes a impactos, possui conforto acústico elevado, pode-se aplicar diversos tipos de acabamentos e destaca-se pela rapidez de execução e por ser ecologicamente favorável (LP BUILDING PRODUCTS, 2012).

A Tabela 9 destaca algumas das aplicações das placas OSB e de suas características.

Espessura (mm)	Dimensão (m)	Peso por Painel (kg)	Aplicação
9,5	1,20x2,40	17,5	Paredes e telhados com perfis espaçados no máximo 40 cm
	1,20x3,00	21,9	
11,1	1,20x2,40	20,4	Paredes e telhados com perfis espaçados no máximo 60 cm
	1,20x3,00	25,6	
15,1	1,20x2,40	27,8	Paredes com perfis espaçados no máximo 60cm. Telhados no máximo 80cm. Pisos e lajes secas no máximo 40cm.
18,3	1,20x2,40	33,7	Pisos e lajes secas com perfis espaçados no máximo 60cm

Tabela 9: Características das peças de OSB.
Fonte: Adaptado de LP Building Products, 2012.

De acordo com Leo Madeiras (2011) as placas de OSB dependendo de suas características como espessura, definem a sua resistência e finalidade, podendo ser utilizadas desde a fabricação de móveis, até construção de barracões em que há incidência de chuvas e outras intempéries. As dimensões encontradas comercialmente possuem altura de 2,44 metros e largura de 1,22 metros com variação da sua espessura.

2.4 TELHAS

2.4.1 Tipos de Telhas

A escolha da telha a ser utilizada é de extrema importância, pois é a telha que confere a vedação da cobertura proporcionando o desempenho termoacústico desejado. Além disso a inclinação da cobertura segue referências dos manuais e recomendações dos fabricantes de cada tipo de telha (CALIL JR; MOLINA, 2010).

No mercado são encontrados diversos tipos de telhas, dentre elas, as mais comuns e utilizadas em residências são: as cerâmicas e de fibrocimento; as telhas metálicas geralmente são utilizadas em coberturas de barracões industriais pois possui a capacidade de vencer maiores vãos; as telhas em madeira parecidas com escamas utilizadas nos países europeus; e também telhas em zinco, mas eram muitas vezes associadas a obras rústicas (LOGSDON, 2002).

Algumas das telhas comercializadas são as telhas cerâmicas, metálicas, de PVC, de concreto, de polipropileno, de aço galvanizado, de alumínio, de zinco, de aluzinco, de fibrocimento, telhas *shingle*, entre outras.

As telhas do tipo de fibrocimento, alumínio ou de PVC podem dispensar a utilização de caibros e ripas de acordo com a vontade do projetista. Isto deve-se ao fato de elas possuírem um menor peso em relação as telhas de concreto ou cerâmicas, e ao fato também de possuírem um tamanho/comprimento maior, desta forma podem ser apoiadas diretamente sobre as terças (MOLITERNO, 2010).

Será apresentado neste trabalho basicamente três tipos de telhas para cumprir com os objetivos de comparar o volume de material para cada variedade de telhas. Dentre todos os tipos de telha existentes no mercado, será realizado um estudo embasado nas telhas cerâmicas, telhas de aço galvanizado, conhecidas como telhas em aluzinco, e as telhas *Shingle*, comumente utilizadas nos países norte americanos. A seguir aborda-se especificamente estes três tipos de telhas, com informações mais detalhadas sobre estes produtos.

2.4.1.1 Telha Cerâmica

As telhas cerâmicas são as mais utilizadas nas construções residenciais, isso deve-se ao fato de serem mais antigas e comuns, além de possuírem diversos modelos que atendem a qualquer gosto.

Produzidas através do barro cozido, as telhas cerâmicas possuem suas vantagens e desvantagens. Como vantagem possuem isolamento térmico e acústico bom, boa resistência, possuem diversos modelos e uma durabilidade alta. Contudo suas desvantagens consistem em um peso elevado em relação a alguns outros modelos de telhas, há a necessidade de grandes inclinações, por ser feita de barro possui maior permeabilidade e seu custo em relação na execução do telhado é maior (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Em locais onde a ação do vento é relativamente alta ou a inclinação do telhado é grande, recomenda-se a amarração das telhas com um arame galvanizado resistente à ferrugem e corrosão, este fato faz-se necessário devido as telhas serem apenas colocadas sobre o madeiramento do telhado, sendo suscetíveis a serem arrancadas em situações em que haja muito vento (CALIL JR; MOLINA, 2010).

Os principais tipos de telhas cerâmicas encontradas para venda são as telhas coloniais, plan, paulistas, romana, francesa e portuguesa; a montagem destas telhas ocorre por encaixe, oferece um conforto térmico melhor que as outras, apresenta

diversidade e facilidade para serem encontradas. O sentido de colocação das telhas cerâmicas são realizadas do beiral para a cumeeira pois como são telhas de encaixe ficam sobrepostas sobre as outras. Algumas são apresentadas nas Tabelas 10 a 15 (LOGSDON, 2002).


<p>Inclinação mínima: 30% Tamanho: 48 cm Consumo médio: 24 un/m² Peso: 57,6 kg/m²</p>	
---	--

Tabela 10: Telha Colonial.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.


<p>Inclinação mínima: 36% Tamanho: 41 cm Consumo médio: 16 un/m² Peso: 43,20 kg/m²</p>	
--	--

Tabela 11: Telha Francesa.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.


<p>Inclinação mínima: 30% Tamanho: 41 cm Consumo médio: 14 un/m² Peso: 38,50 kg/m²</p>	
--	--

Tabela 12: Telha Italiana.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.


<p>Inclinação mínima: 30% Tamanho: 40 cm Consumo médio: 16 un/m² Peso: 38,40 kg/m²</p>	
--	---

Tabela 13: Telha Romana.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.


<p>Inclinação mínima: 30% Tamanho: 41 cm Consumo médio: 17 un/m² Peso: 40,80 kg/m²</p>	
--	--

Tabela 14: Telha Portuguesa.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.


<p>Inclinação mínima: 30%</p> <p>Tamanho: 43 cm</p> <p>Consumo médio: 16 un/m²</p> <p>Peso: 36 kg/m²</p>	
--	--

Tabela 15: Telha Americana.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.

Em relação a inclinação das telhas, quanto maior for o plano de escoamento do telhado, maior deverá ser a sua inclinação pois maior será o volume de água escoado. Caso esta inclinação seja elevada, precisa-se realizar a amarração das telhas para conferir estabilidade (CALIL JR; MOLINA, 2010).

A inclinação do telhado depende diretamente do tipo da telha utilizada e do comprimento do próprio telhado. Para as telhas cerâmicas as inclinações mínimas serão apresentadas nas Figuras 12 e 13 (TOPTELHA, 2014).

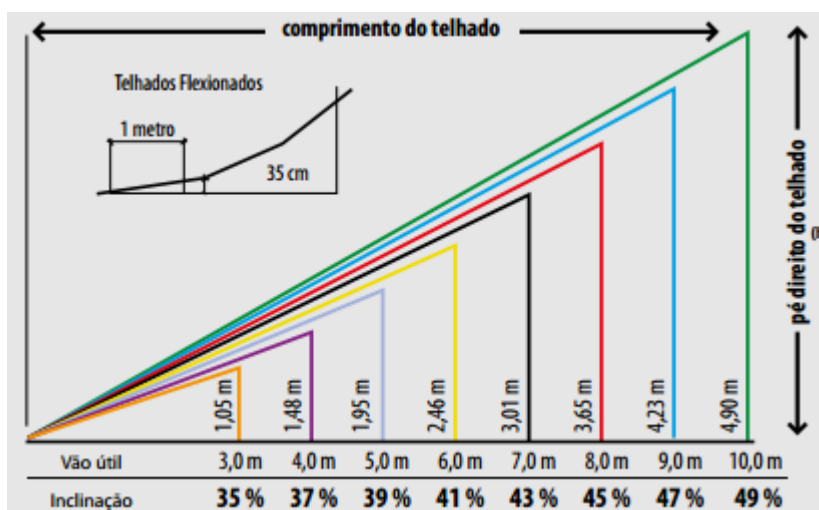


Figura 12: Inclinação de telhas cerâmicas do tipo Colonial.
Fonte: TopTelha, 2014.

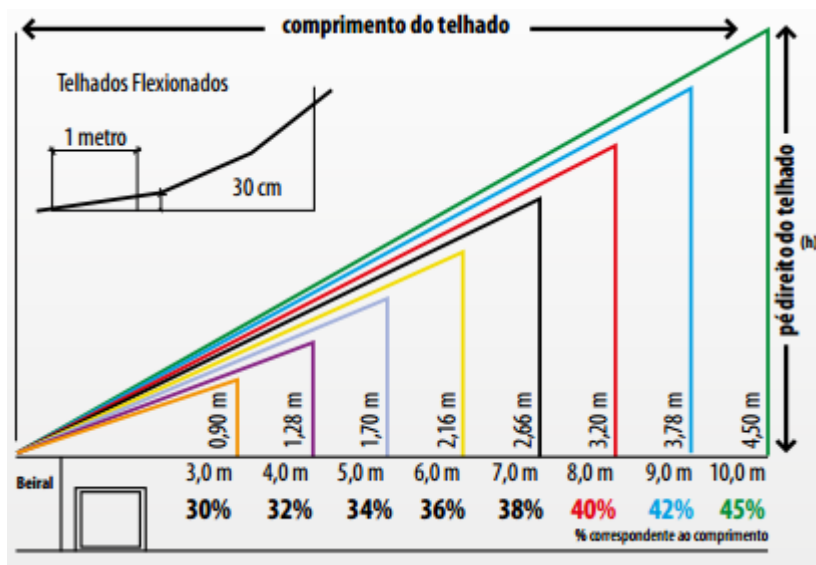


Figura 13: Inclinação de telhas cerâmicas do tipo Americana.
Fonte: TopTelha, 2014.

Assim para garantir estanqueidade, escoamento e para que não ocasione acúmulo de material, é utilizada uma inclinação mínima de 30% para vãos de até 3 metros, ao passar este valor, acrescenta-se 2% na inclinação para cada metro avançado; para telhados em que a inclinação passe de 45% há a necessidade da amarração das telhas com arame com o intuito de em dias com muito vento não cause o destelhamento; em relação a galga inicial que consiste na distância da extremidade inferior da ripa até a superior da próxima ripa, e a galga intermediária que é a distância entre as partes superiores de cada ripa, recomenda-se a utilização da galga inicial de 28-39 centímetros, e galga intermediária conforme o tipo de telha (TOPTTELHA, 2014).

2.4.1.2 Telhas Metálicas

As telhas metálicas são encontradas em diversos materiais, como o zinco, alumínio e aço galvanizado, às vezes composta por dois materiais como as telhas de aluzinco, feitas pela junção do zinco e do alumínio. Encontradas comercialmente em dois tipos de perfis os ondulados e trapezoidais, conforme a Figura 14 (ARAÚJO, 2003).

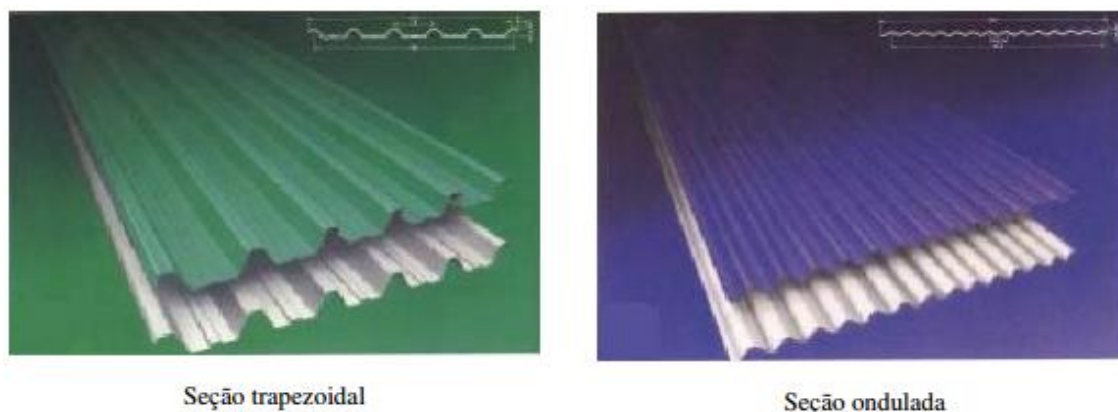


Figura 14: Perfis das telhas metálicas.
Fonte: Araújo, 2003.

As telhas metálicas são empregadas principalmente em barracões industriais e ginásios devido ao seu peso inferior, facilidade de manuseio, de montagem e velocidade na sua execução, além de garantir resistência a corrosão garantindo alta durabilidade. Por possuir uma inclinação mínima exigida consideravelmente pequena, em torno de 0,5%, levando a um custo menor de material para a estrutura do telhado em relação a inclinações maiores, torna-se vantajoso a sua utilização para tal finalidade. Por seu peso ser leve, também, influencia de forma positiva no seu transporte e no dimensionamento da estrutura podendo vencer grandes vãos. São disponibilizadas no comércio através de bobinas e rolos de até 12 metros de largura, este tamanho refere-se à capacidade de transporte, sendo cortadas in loco conforme projeto; podem ser na cor natural ou pintadas posteriormente (CALIL JR; MOLINA, 2010).

O peso, a facilidade de transporte e a economia no custo da estrutura são os seus principais diferenciais. Por mais que não possua um isolamento térmocoacústico bom, existem modelos comerciais que prometem que este problema seja assegurado. Como, por exemplo, as telhas de aço termoacústica TopSteel da Brasilit, fabricado de maneira com que a reflexão solar seja de até 75% e o som de impacto como o da chuva seja amortecido em até 85% (BRASILIT, 2013).

As razões para as telhas metálicas serem utilizadas somente em construções industriais é devido o desconforto auditivo que provoca, por possuir um isolamento termoacústico baixo e suas lâminas possuírem baixa resistência mecânica. Contudo, existem algumas que possuem duas lâminas e material de preenchimento com a

finalidade de desempenhar um conforto maior em relação ao isolamento térmico e acústico, conhecidas como telhas sanduíche (CALIL JR; MOLINA, 2010).

2.4.1.3 Telhas *Shingle*

As telhas *Shingle* são comumente utilizadas na Europa e Estados Unidos, por aliar uma tecnologia mais avançada e promover uma boa estanqueidade. As telhas *Shingle* são fabricadas a base de manta asfáltica com grãos minerais. Podem ser utilizadas para várias finalidades como a sua utilização em fachadas além de diversos tipos de telhados. Disponíveis em diversas cores e feitas de um material flexível torna-se uma solução eficiente e bela por possuir alta durabilidade e ser resistente a ação de vento e a quebra. Conforme Figura 15 (BRASILIT, 2013).

Uma das vantagens de se utilizar as telhas *Shingle* é em relação ao peso próprio, por ser extremamente leve facilita desde a sua instalação até o consumo de materiais.



Figura 15: Telhas *Shingle*.
Fonte: Brasilit, 2013.

As telhas *Shingle* são compostas por camadas de asfalto, fibra de vidro e grãos compostos por material cerâmico que define a sua cor, fabricada para garantir nenhuma emenda mesmo ao aplicá-las em telhados com diversos planos de

escoamento. Pode ser colocada sobre um telhado convencional composto de tesouras ou pontaletes, terças e caibros, seu diferencial é que precisa de uma base de madeira, geralmente feita de compensado seco para evitar o empenamento onde será aplicado diretamente a telha e fixado através de pregos. Há a necessidade da aplicação de uma manta impermeabilizante para proporcionar uma melhor vedação. Geralmente encontradas nas dimensões de 30,48x91,40 centímetros (CARDOSO, 2000).

Para as telhas *Shingle* as inclinações podem variar de 15° a 90°, seu peso é em torno de 6 vezes menor em relação às telhas convencionais, adapta-se a qualquer forma podendo compor telhados curvos ou em diversos sentidos, os acabamentos podem ser realizados apenas com o seu corte dispensando a utilização dos rufos ou calhas, possui pouca dificuldade para sua instalação podendo ser realizado por qualquer profissional em colocação de telhados, não há desperdício de material por serem inquebráveis e possuírem alta durabilidade, sua instalação deve ser realizada em local plano, este podendo ser em laje de concreto ou geralmente utilizadas placas de compensado ou OSB dispensando a utilização de terças, caibros e ripas para a sua estrutura, de peso relativamente baixo em torno de 8,5 a 17 kgf/m², o espaçamento da estrutura deve ser no máximo de 60 centímetros (TC SHINGLE, 2004).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho aborda soluções para a cobertura de telhados em madeira. Desta maneira, foi realizado um estudo bibliográfico auxiliado por trabalhos de diversos autores, no qual foi possível estudar e conhecer os conceitos utilizados em estruturas de telhados em madeira, os elementos que o constituem, os tipos de telhas e de madeiras disponibilizadas para sua execução. Posteriormente, aplicou-se métodos e formulações matemáticas para obtenção de esforços provenientes da estrutura e de cargas acidentais, para determinar o comportamento da cobertura e analisar o volume de material a ser utilizado e se obter os resultados desejados.

Com a ajuda de programas computacionais como o Microsoft Excel® e o Ftool©, desenvolvido por Martha (2002), pôde-se obter os esforços atuantes e realizou-se os cálculos necessários para o dimensionamento da estrutura.

Com isto, foi necessária a classificação dos métodos de pesquisa para a elaboração deste trabalho.

A pesquisa descreve a análise de métodos e materiais correlacionados entre o referencial teórico e a análise numérica, o que torna possível realizar o dimensionamento da estrutura e o comparativo objetivado para cada exemplo estudado. Assim, a pesquisa foi caracterizada como qualitativa e quantitativa, que segundo Fachin (2001), consiste em um método que através da análise qualitativa utiliza-se de meios que mostrem a relação entre aspectos mensuráveis e descritivos, estes por sua vez, através de uma análise quantitativa, sejam representados por números deixando a amostra com resultados mais válidos, tornando assim o estudo com uma maior exatidão.

Para a realização deste trabalho escolheu-se o telhado convencional de duas águas composto de tesouras, terças, caibros e ripas. Utilizou-se a tesoura do tipo Howe, justificado por ser a mais empregada nas construções devido a sua facilidade de execução e por ser a que mais se adequa em relação as suas ligações para o material especificado, neste caso a madeira, tornando assim um estudo aplicável a situações correntes de coberturas de telhados em madeira.

Para servir de base para o estudo, foi tomada uma edificação, de formato retangular e comprimento de 22 metros, para a qual variou-se a largura, ou seja, o vão a ser vencido pelas tesouras. Foram estabelecidos os vãos de 9, 12 e 16 metros,

de forma a não extrapolar o valor de 18 metros, pois de acordo com a pesquisa bibliográfica, adotar valores acima deste, acaba tornando desfavorável a utilização de tesouras do tipo Howe, devido seu emprego ser economicamente elevado.

A inclinação do telhado variou de acordo com o tipo de telhas, contudo, para a obtenção de resultados comparativos utilizou-se o mesmo grau de inclinação para as coberturas com telhas cerâmicas e telhas *Shingle*, especificado em 35% sua inclinação e para as telhas metálicas, que de acordo com o fabricante, possui inclinação mínima menor, especificou-se em 10% a sua inclinação. Os procedimentos de cálculo foram realizados de acordo com a NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO..., 1997) – Projetos de Estruturas de Madeira, com ação variável de vento de acordo com a norma NBR 6123 (ASSOCIAÇÃO..., 1988) – Forças Devido ao Vento em Edificações e sobrecarga de manutenção de acordo com o prescrito na norma NBR 6120 (1980) - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações (ASSOCIAÇÃO, 1980).

A Tabela 16 apresenta uma síntese das características consideradas para o dimensionamento das coberturas em telhado.




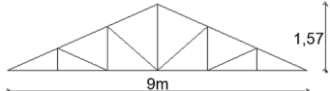
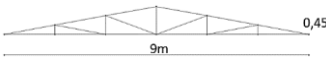
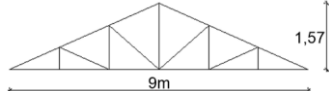
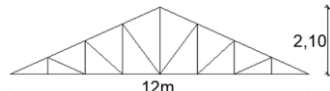
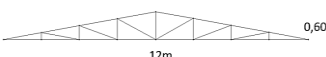
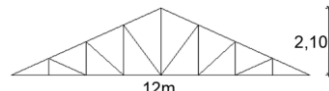
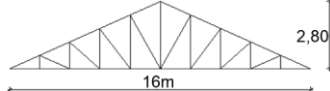

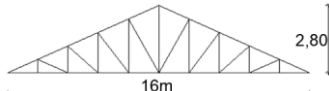
Tipo de Telha	Telha Cerâmica 	Telha de Aço Galvanizado 	Telha Shingle 
Inclinação	$i=35\%$	$i=10\%$	$i=35\%$
Tesouras	8 tesouras com espaçamento de 2,75 m	8 tesouras com espaçamento de 2,75 m	8 tesouras com espaçamento de 2,75 m
Trama secundária	Composta de terças, caibros e ripas	Ausência de caibros e ripas	Ausência de ripas, trama com placas de compensado
Vão de 9 metros	TR9-CERÂMICA 	TR9-METÁLICA 	TR9-SHINGLE 
Vão de 12 metros	TR12-CERÂMICA 	TR12-METÁLICA 	TR12-SHINGLE 
Vão de 16 metros	TR16-CERÂMICA 	TR16-METÁLICA 	TR16-SHINGLE 

Tabela 16: Modelos utilizados para o dimensionamento das coberturas em telhado.
Fonte: Autoria própria

3.1 DEFINIÇÃO DA CARGA DO VENTO

De acordo com a NBR 6123 (ASSOCIAÇÃO..., 1988), para a definição da pressão dinâmica do vento são relacionados vários fatores. Dentre eles, a velocidade básica do vento (V_0), o fator topográfico do terreno (S_1) e sua rugosidade (S_2), e a vida útil da edificação (S_3), para posteriormente determinar os coeficientes de pressão e a pressão dinâmica do vento. Para o estudo foi adotado, de acordo com o gráfico das isopletras, a velocidade de 45 m/s, valor expresso da velocidade básica do vento em uma rajada de 3 segundos com ocorrência a cada 50 anos na cidade de Pato Branco – PR. Classificou-se o relevo do terreno como plano ou pouco acidentado, e a rugosidade como categoria IV, constituída por áreas urbanizadas. A edificação fica caracterizada também como classe A e classe B, estes, definidos de acordo com a

superfície frontal da edificação considerando os ventos a 0 e 90 graus isoladamente. Como no vento a 90 graus a edificação possui dimensão de 22 metros, estando entre 20 e 50 metros, considerou-se classe B. E, para o vento a 0 graus, como a superfície frontal possui dimensões de 9, 12 e 16 metros, todas abaixo dos 20 metros, considerou-se classe A, diferenciando os fatores para os ventos de 0 e 90 graus. Considerou-se a edificação como residencial enquadrando-se no grupo 2, determinando o grau de segurança e vida útil da mesma. Utilizando as equações 1 e 2, chegou-se a pressão dinâmica do vento representado na Tabela 17.

$$V_k = V_0 * S_1 * S_2 * S_3 \quad \text{Eq. 1}$$

$$q = 0,613 * V_k^2 \quad \text{Eq. 2}$$

Modelos	Velocidade Básica do Vento (m/s)	Fator Topográfico	Fator Rugosidade do terreno		Fator Estatístico	Pressão Dinâmica do Vento (kgf/m ²)	
			Vento 0°	Vento 90°		Vento 0°	Vento 90°
TR9-CERÂMICA	45,0	1,0	0,798	0,768	1,0	790,44	732,13
TR9-METÁLICA			0,790	0,760		774,71	716,99
TR9-SHINGLE			0,798	0,768		790,44	732,13
TR12-CERÂMICA			0,805	0,775		805,21	746,34
TR12-METÁLICA			0,790	0,760		774,71	716,99
TR12-SHINGLE			0,805	0,775		805,21	746,34
TR16-CERÂMICA			0,815	0,785		824,92	765,33
TR16-METÁLICA			0,790	0,760		774,71	716,99
TR16-SHINGLE			0,815	0,785		824,92	765,33

Tabela 17: Carga de vento utilizada para o dimensionamento.
Fonte: Autoria própria.

3.2 DEFINIÇÃO DA CARGA DE MANUTENÇÃO

De acordo com a NBR 6120 (ASSOCIAÇÃO..., 1980), a carga de manutenção para caibros, terças e tesouras deve-se considerar uma carga concentrada de 100 kgf no local mais desfavorável do elemento. Porém, de acordo com Moliterno (2010), esta carga pode ser transformada em uma carga distribuída para aplicação nos elementos secundários, este fato deve-se a consideração de que para estes elementos a carga de 100 Kgf seria demasiada, e, dividindo este valor pela área de abrangência de uma terça, chegaria a um valor aproximado equivalente a 30 kgf/m².

Desta forma, para a definição de cargas de manutenção foram consideradas cargas uniformemente distribuídas, utilizando valores de 30 kgf/m² para as ripas e caibros, e o valor de 100 kgf para aplicação nas terças e nas tesouras.

3.3 DEFINIÇÕES PRELIMINARES DOS MATERIAIS

3.3.1 Características e propriedades da madeira

Baseando-se nas madeiras comercializadas nas regiões Sul e Sudeste e no estudo em relação ao tipo de madeira disponível tanto de reflorestamento quanto madeiras nativas oriundas da Amazônia, optou-se por uma classe de madeira com maior durabilidade e resistência da espécie dicotiledônea, como o Angelim-Pedra, para as peças aplicadas nas tesouras, terças e caibros que possuem os maiores esforços e necessitam de madeiras de melhor qualidade e resistência. Para as ripas utilizou-se uma classe de madeira obtida de madeiras de reflorestamento conífera, como o Pinus.

De acordo com IPT (1983), adotou-se como referência valores relacionados a madeira verde, para a madeira Angelim-Pedra densidade aparente de 1190 kgf/m³, com propriedades de resistência em relação a compressão paralelas às fibras de 38,0 MPa e de cisalhamento de 10 MPa.

Para as dicotiledôneas, de acordo com o IPT (1989), foi adotado para a madeira Pinus Elliotti densidade aparente de classe de madeira 560 kgf/m³, com propriedades de resistência em relação a compressão paralelas às fibras de 18,5 MPa e de cisalhamento de 5,8 MPa.

Baseando-se em LP Building Products (2012), foram utilizadas placas OSB para a confecção da cobertura com telhas *Shingle*, utilizando placas de 2,40 m x 1,20 m x 11,1 mm de altura, largura e espessura respectivamente, com peso próprio do painel de 20,4 kg (o que corresponde à densidade aparente de 639,14 kg/m³).

3.3.2 Propriedades das telhas

As características físicas das telhas foram adquiridas de acordo com os dados fornecidos por fabricantes dos materiais.

Para as telhas cerâmicas, foi escolhido o tipo colonial que, segundo consta na página eletrônica do fabricante Pedreira, possui as seguintes características: (PEDREIRÃO, 2016)

Tipo de telha	Tamanho aproximado	Inclinação mínima	Consumo médio	Peso
Cerâmica - Colonial	48 cm	30%	24 un/m ²	57,6 Kg/m ²

Tabela 18: Características das telhas cerâmicas coloniais.
Fonte: Adaptado de Pedreira, 2016.

Para as telhas *Shingle*, foi escolhido o tipo Prestige Traditional que, de acordo como consta na página eletrônica do fabricante TC Shingle do Brasil, possui as seguintes características: (TC SHINGLE, 2004)

Tipo de telha	Espessura	Dimensões	Inclinação mínima	Consumo médio	Peso
Shingle - Prestige Traditional	3,3 mm	100x34 cm	30%	6,9 un/m ²	11 Kg/m ²

Tabela 19: Características das telhas Shingle Prestige Traditional.
Fonte: Adaptado de TC Shingle, 2004.

Para as telhas metálicas, foi escolhido a telha de aço do tipo TopSteel 36, que de acordo como consta na página eletrônica do fabricante Brasilit, possui as seguintes características: (BRASILIT, 2013)

Tipo de telha	Espessura	Dimensões	Inclinação mínima	Beiral máximo	Distância máxima entre apoios	Peso
Metálica - TopSteel 36	2 mm	82x350 cm	10%	30 cm	1,80 m	4,20 Kg/m ²

Tabela 20: Características das telhas de aço TopSteel 36.
Fonte: Adaptado de Brasilit, 2013.

3.3.3 Seções transversais

Segundo Longsdon (2002), há diversas bitolas usuais para a utilização nas terças, caibros e ripas. Baseando-se nos seus estudos, para este trabalho optou-se por bitolas referentes às ripas de 2,5x5 centímetros com espaçamento variando de 32 centímetros de acordo com a galga utilizada, para os caibros seção de 5x6 centímetros com espaçamento variando de 40 a 60 centímetros e para as terças de 6x12 centímetros com espaçamento máximo de 1,50 metros, porém este valor foi adotado devido ao comparativo realizado, uma vez que os valores de espaçamento podem variar até 2,20 metros para telhas metálicas ou de fibrocimento devido seu comprimento, levando em consideração um vão que evite a ocorrência de flechas.

3.3.4 Distância entre tesouras

As distâncias entre as tesouras podem variar de acordo com o projeto proposto, na literatura recomenda-se utilizar este vão de no máximo 3 metros quando utilizadas tesouras simples para sua composição, pois desta forma não há a necessidade de escoras, para um comparativo, utilizou-se esta recomendação, porém em casos aplicados este valor pode ser modificado, como por exemplo na utilização de telhas de aço galvanizado, este espaçamento pode ser maior que 3 metros (FAZ FÁCIL, 2016).

3.3.5 Verificações a serem feitas

De acordo com NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO..., 1997), cada elemento de telhado sofre um tipo de solicitação e são expressas as verificações que devem ser realizadas.

No caso das ripas foram consideradas vigas biapoiadas com solicitação de flexão simples oblíqua, em que deve ser verificado o momento fletor no meio do vão e ao cisalhamento nos apoios.

Para os caibros é necessário realizar a verificação quanto a condição estrutural de viga inclinada com solicitação de flexocompressão na maior inércia e compressão simples na menor inércia. Porém a compressão simples na menor inércia não é considerada, pois ela fica impedida pelas ripas, que travam o caibro a cada 32

centímetros evitando que ocasione a flambagem. Portanto, realizou-se apenas a verificação quanto a estabilidade da peça, cisalhamento e momento fletor no meio do vão e nos apoios devido a flexocompressão na maior inércia.

Para as terças considerou-se a condição estrutural de viga biapoiada com solicitação de flexão simples oblíqua, efetuando o mesmo procedimento realizado para as ripas.

Para as tesouras a condição estrutural definida foi de tesoura tipo Howe biapoiada, em que o banzo superior e as diagonais sofrem compressão simples, sendo verificado quanto a estabilidade da peça e resistência da seção e o banzo inferior e os pendurais ou montantes sofrem tração simples. Porém, este procedimento somente é válido se as terças estiverem descarregando as nos nós das tesouras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os esforços encontrados para cada elemento da cobertura são decorrentes das combinações de ações, no qual, foram considerados os esforços oriundos de cargas permanentes e cargas variáveis, estas definidas pela carga de manutenção e pela carga de vento.

As cargas permanentes consideradas foram de grande variabilidade normais de acordo com a tabela 4 do item 5.6.4 da NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO..., 1997).

As cargas variáveis de vento foram consideradas de acordo com o estudo na cidade de Pato Branco seguindo a NBR 6123 (ASSOCIAÇÃO..., 1988). Para o trabalho foram consideradas cargas de vento para os elementos caibros e tesouras. Para as ripas e as terças não foram considerados os efeitos do vento.

Para sobrecarga de manutenção, segundo a NBR 6120 (ASSOCIAÇÃO..., 1980), item 2.2.1.4, solicita que para os elementos de cobertura seja considerada uma carga vertical de 100 kgf. Entretanto, Moliterno (2010) considera que para elementos secundários esta carga pode ser utilizada como carga equivalente, relacionada com a área de influência sobre um nó da tesoura, obtendo um valor de 30 kgf/m². Portanto, para este trabalho para os elementos ripas, caibros e terças foram utilizados a carga de 30 kgf/m² correspondente a sua área de abrangência e para os elementos da tesoura foram utilizados a carga de 100kgf.

Para critério de projeto, as cargas de manutenção não foram consideradas atuando concomitantemente com as cargas de vento.

Os esquemas estruturais e o modelamento dos elementos são mostrados nas Figuras 16, 17, 18, 19 e 20.

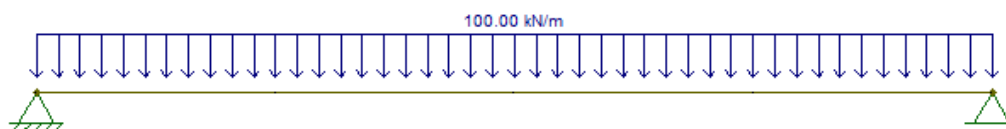


Figura 16: Esquema estrutural e modelamento das ripas e das terças par cargas permanentes.
Fonte: Autoria própria.

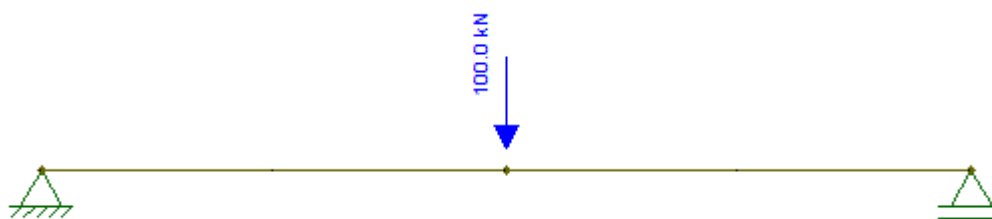


Figura 17: Esquema estrutural e modelamento das ripas e das terças par cargas variáveis.
Fonte: Autoria própria.

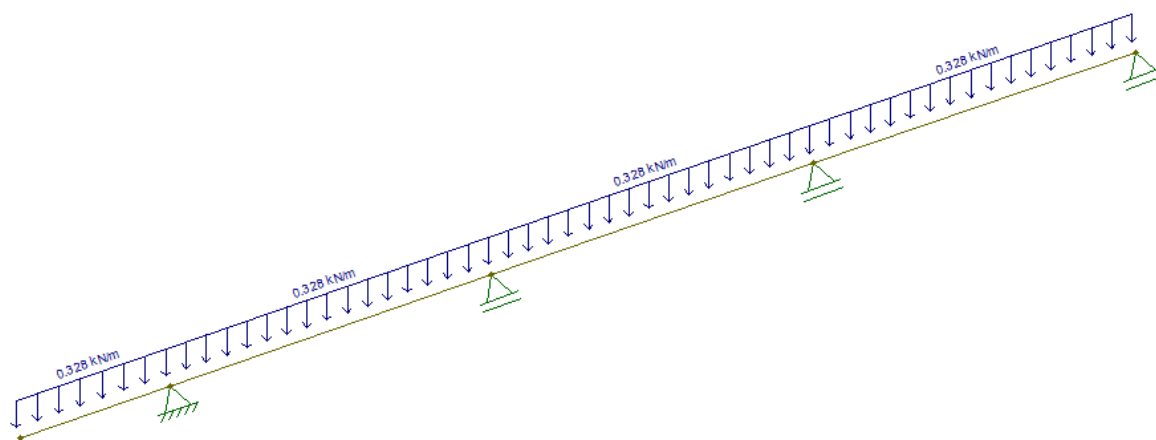


Figura 18: Esquema estrutural e modelamento dos caibros para cargas permanentes, de vento e de manutenção.
Fonte: Autoria própria.

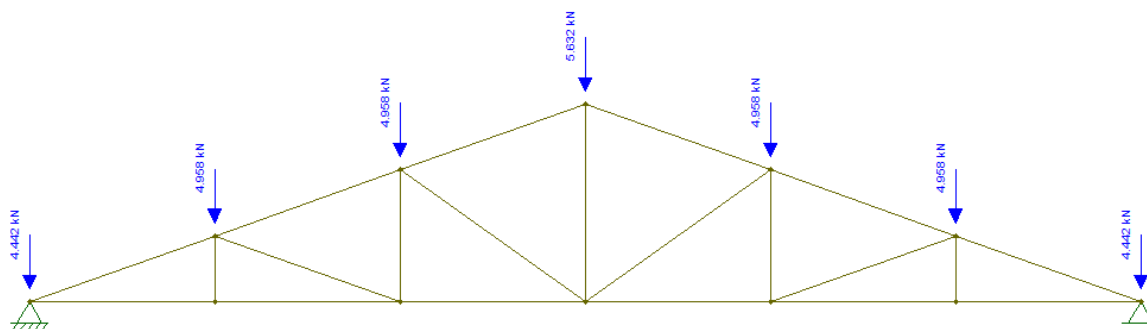
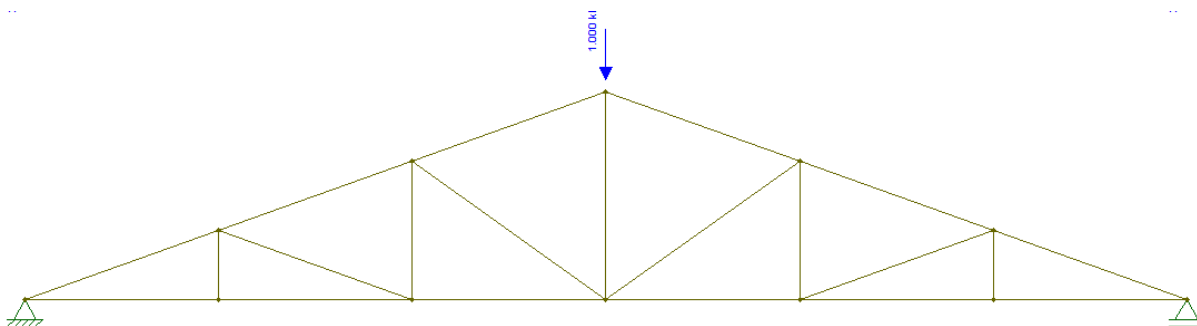


Figura 19: Esquema estrutural e modelamento das tesouras para cargas permanentes e de vento.
Fonte: Autoria própria.



**Figura 20: Esquema estrutural e modelamento das tesouras para carga de manutenção.
Fonte: Autoria própria.**

Após o levantamento de cargas permanentes e variáveis, obteve-se os esforços atuantes em cada elemento, para posterior verificação quanto a segurança das peças. Os esforços encontrados são descritos nas Tabelas 21, 22 e 23.

Elementos	TR9-CERÂMICA						TR9-METÁLICA						TR9-SHINGLE					
	Distância entre tesouras de 2,75 metros						Distância entre tesouras de 2,75 metros						Distância entre tesouras de 2,75 metros					
	Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)	
Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	
Ripas	-	3,03	8,66	0,38	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Caibros	Meio Vão	80,61	-	5,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,08	
		15,96	-	11,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,40	
Terças		95,83	56,25	15,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,89	
		-	400,92	140,32	275,63	96,47	-	-	224,99	22,50	154,68	15,47	-	259,68	90,89	178,53	62,49	
Banzo Superior	4911,76	-	-	-	-	4905,88	-	-	-	-	-	-	2940,00	-	-	-	-	
Banzo Inferior	4694,03	-	-	-	-	4583,29	-	-	-	-	-	-	2810,61	-	-	-	-	
Diagonais	1104,39	-	-	-	-	683,10	-	-	-	-	-	-	651,21	-	-	-	-	
Montantes	1357,83	-	-	-	-	421,23	-	-	-	-	-	-	800,77	-	-	-	-	

Tabela 21: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 9 metros.

Fonte: Autoria própria.

Elementos	TR12-CERÂMICA						TR12-METÁLICA						TR12-SHINGLE					
	Distância entre tesouras de 2,75 metros						Distância entre tesouras de 2,75 metros						Distância entre tesouras de 2,75 metros					
	Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)		Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)	
Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	Maior Inércia	Menor Inércia	
Ripas	-	3,03	8,66	0,38	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Meio Vão	135,07	-	-	5,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,39	
	18,83	-	-	12,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,22	
Caibros	153,90	67,10	-	19,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	404,54	141,59	278,12	97,34	-	-	224,98	22,50	154,67	15,47	-	-	259,72	90,90	178,56	62,50	
Banzo Superior	6739,36	-	-	-	-	7738,19	-	-	-	-	-	4006,00	-	-	-	-	-	
Banzo Inferior	6495,27	-	-	-	-	7513,03	-	-	-	-	-	3862,43	-	-	-	-	-	
Diagonais	1309,77	-	-	-	-	751,87	-	-	-	-	-	765,03	-	-	-	-	-	
Montantes	1980,90	-	-	-	-	756,49	-	-	-	-	-	1157,14	-	-	-	-	-	

Tabela 22: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 12 metros.

Fonte: Autoria própria.

Elementos	TR16-CERÂMICA						TR16-METÁLICA						TR16-SHINGLE								
	Distância entre tesouras de 2,75 metros			Distância entre tesouras de 2,75 metros			Distância entre tesouras de 2,75 metros			Distância entre tesouras de 2,75 metros			Distância entre tesouras de 2,75 metros			Distância entre tesouras de 2,75 metros					
	Esforço Axial (kgf)	Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)	Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)	Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		Esforço Axial (kgf)	Esforço Cortante (kgf)		Momento Fletor (kgf.m)		
	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia	Maior	Menor	Inércia
Ripas	-	3,03	8,66	0,38	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caibros	190,37	-	-	2,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	215,15	-	-	-	-	3,26
	17,82	-	-	10,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,06	-	-	-	-	11,59
Terças	207,03	60,66	-	19,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	233,91	68,635	-	-	-	21,74
	-	375,56	131,44	258,19	90,37	-	213,47	21,35	146,76	14,68	-	246,83	86,39	169,69	59,39	-	-	-	-	-	-
Banzo Superior	9699,06	-	-	-	-	11455,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5775,00	-	-	-	-	-
Banzo Inferior	9053,91	-	-	-	-	11010,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5391,51	-	-	-	-	-
Diagonais	1606,78	-	-	-	-	1061,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	935,90	-	-	-	-	-
Montantes	2884,14	-	-	-	-	1193,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1680,00	-	-	-	-	-

Tabela 23: Esforços atuantes (valores de cálculo) nos elementos de cobertura, vão de 16 metros.

Fonte: Autoria própria.

Notou-se que apesar da ausência de ripamento nas coberturas de telha *Shingle*, com a utilização de chapas de OSB, que contribuem no contraventamento e na fixação das telhas, ocorre um aumento dos valores das cargas, entretanto, os valores dos esforços da cobertura com telha *Shingle* comparados com a cobertura de telhas cerâmicas continuam menores. Os valores dos esforços mais distantes ocorreram nos modelos com telha metálica, devido à ausência de ripas e caibros, diminuindo a carga permanente nas terças e nas tesouras, além do peso próprio das telhas serem menores.

Os esforços ficaram grandes nos banzos das tesouras nas telhas metálicas em comparação com as telhas cerâmicas, isto deve-se a inclinação das telhas metálicas que é menor, ou seja, para se vencer a mesma quantidade de carga, como a inclinação é pequena, os esforços das barras serão maiores.

Independentemente do tamanho do vão, os esforços atuantes são parecidos comparando os modelos com mesmo tipo de telha, por consequência, as seções utilizadas nos elementos também serão semelhantes.

Realizando as verificações necessárias para o dimensionamento dos elementos que compõem o telhado de madeira, e para cada modelo estudado, obteve-se os seguintes resultados quanto as suas dimensões, e de posse destes valores, determinou-se o volume de madeira necessário para cada modelo, como observado nas Tabelas 24, 25 e 26:

Elementos	TR9 - CERÂMICA			TR9 - METÁLICA			TR9 - SHINGLE		
	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)
Ripas	5	2,5	0,79	-	-	-	-	-	-
Caibros	5	5	1,24	-	-	-	5	5	1,05
Terças	10	20	3,52	6	12	1,27	10	20	3,52
Banzo Superior	10	20	1,53	10	20	1,45	6	16	0,73
Banzo Inferior	10	20	1,44	10	20	1,44	6	16	0,69
Diagonais	10	20	1,16	10	20	1,04	6	16	0,56
Montantes	10	20	0,83	10	20	0,30	6	16	0,40
Subtotal - Madeira Serrada			10,51			5,49			6,95
Chapa OSB 11,1mm	-	-	-	-	-	-	120	240	1,33
Total			10,51			5,49			8,27

Tabela 24: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 9 metros.
Fonte: Autoria própria.

Elementos	TR12 - CERÂMICA			TR12 - METÁLICA			TR12 - SHINGLE		
	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)
Ripas	5	2,5	1,01	-	-	-	-	-	-
Caibros	5	6	1,92	-	-	-	5	5	1,35
Terças	10	20	4,40	6	12	1,58	10	20	4,40
Banzo Superior	10	20	2,03	10	20	1,93	10	20	2,03
Banzo Inferior	10	20	1,92	10	20	1,92	10	20	1,92
Diagonais	10	20	1,89	10	20	1,57	10	20	1,89
Montantes	10	20	1,46	10	20	0,50	10	20	1,46
Subtotal - Madeira Serrada			14,63			7,50			13,05
Chapa OSB 11,1mm	-	-	-	-	-	-	120	240	1,71
Total			14,63			7,50			14,76

Tabela 25: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 12 metros.
Fonte: Autoria própria.

Elementos	TR16 - CERÂMICA			TR16 - METÁLICA			TR16 - SHINGLE		
	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)	Seção (cm)		Volume (m³)
Ripas	5	2,5	1,28	-	-	-	-	-	-
Caibros	5	6	2,49	-	-	-	5	5	1,75
Terças	10	20	6,16	6	12	2,22	10	20	6,16
Banzo Superior	10	20	2,71	10	20	2,57	10	20	2,71
Banzo Inferior	10	20	2,56	10	20	2,56	10	20	2,56
Diagonais	10	20	3,34	10	20	2,41	10	20	3,34
Montantes	10	20	2,87	10	20	0,94	10	20	2,87
Subtotal - Madeira Serrada			21,42			10,70			19,40
Chapa OSB 11,1mm	-	-	-	-	-	-	120	240	2,23
Total			21,42			10,70			21,63

Tabela 26: Dimensões e volume dos elementos de cobertura, vão de 16 metros.
Fonte: Autoria própria.

Para o dimensionamento das seções, foram consideradas seções encontradas comercialmente. Em alguns dos modelos estudados, percebeu-se que as seções utilizadas mesmo passando na verificação, poderiam ser reduzidas de tal modo que economizaria material nas terças e no banzo superior das tesouras. Como por exemplo, o banzo superior da tesoura com vão de nove metros e telha cerâmica que poderia possuir seção de 7x16 centímetros, assim como as terças da cobertura com vão de nove metros e telhas *Shingle* que também poderiam possuir seções de 7x16 centímetros, diminuindo o volume de material utilizado na sua confecção. Portanto, o volume de material para estes dois modelos será praticamente o mesmo, modificando apenas pela ausência de ripas nas coberturas de telhas *Shingle*, pelos diferentes espaçamentos entre caibros, que nas coberturas com telhas cerâmicas foram utilizados de 50 centímetros e nas coberturas com telhas *Shingle* de 60 centímetros para melhor aplicação das chapas de OSB.

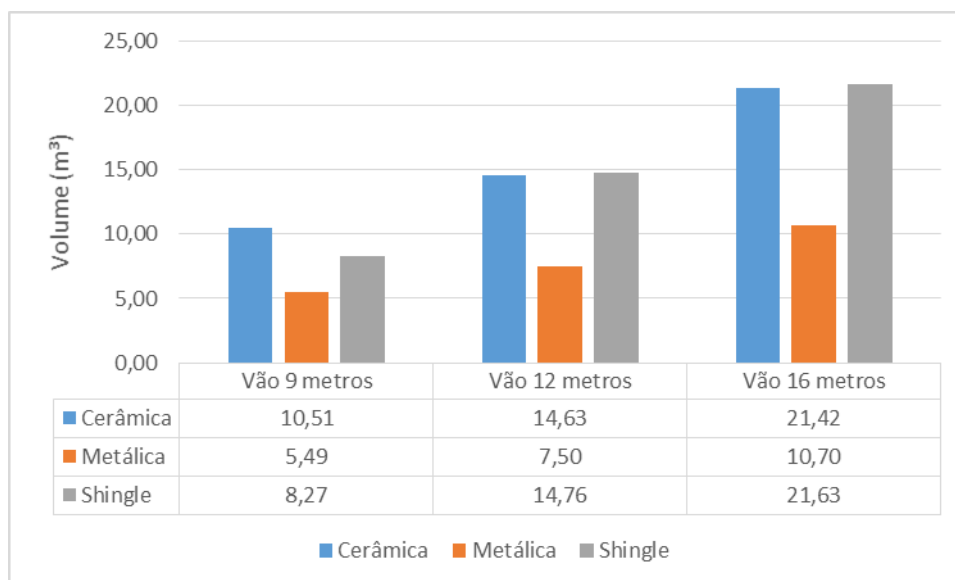


Figura 21: Comparativo entre volumes de madeira dos modelos estudados.
Fonte: Autoria própria.

Considerando a Figura 21, com vãos de nove metros, o volume de material apresentado para o modelo TR9-CERÂMICA, consome aproximadamente 91,45% mais madeira que o modelo TR9-METÁLICA e cerca de 27,10% mais que o modelo TR9-SHINGLE. Já o modelo TR9-SHINGLE consome aproximadamente 50,65% a mais que o modelo TR9-METÁLICA.

Considerando a Figura 21, com vãos de doze metros, o volume de material no modelo TR12-CERÂMICA, consome aproximadamente 95,10% mais madeira que o modelo TR12-METÁLICA. Já o modelo TR12-SHINGLE consome aproximadamente 1% a mais que o modelo TR12-CERÂMICA e cerca de 96,80% a mais que o modelo TR12-METÁLICA.

Considerando a Figura 21, com vãos de dezesseis metros, o volume de material apresentado para o modelo TR16-CERÂMICA, consome aproximadamente 100,20% mais madeira que o modelo TR16-METÁLICA. Já o modelo TR16-SHINGLE consome aproximadamente 1% a mais que o modelo TR16-CERÂMICA e cerca de 102,15% a mais que o modelo TR16-METÁLICA.

As telhas metálicas cujas terças possuem praticamente a mesma distância entre si com relação às coberturas de telhas cerâmicas e *Shingle*, foram as que mais se destacaram no quesito consumo de material, devido ao seu peso ser inferior, resultando em cargas e seções menores, e, de acordo com a Tabela 27, a altura do

montante ficou consideravelmente menor devido a inclinação das telhas em relação aos outros modelos.

Tipo de telha		Inclinação (%)	Altura (m)	Distância entre ripas (m)	Distância entre caibros (m)	Distância entre terças (m)	Distância entre tesouras (m)
Cerâmica	TR9	35	1,57	0,32	0,50	1,59	2,75
	TR12	35	2,10	0,32	0,50	1,59	2,75
	TR16	35	2,80	0,32	0,50	1,41	2,75
Metálica	TR9	10	0,45	-	-	1,51	2,75
	TR12	10	0,60	-	-	1,51	2,75
	TR16	10	0,80	-	-	1,34	2,75
Shingle	TR9	35	1,57	-	0,60	1,59	2,75
	TR12	35	2,10	-	0,60	1,59	2,75
	TR16	35	2,80	-	0,60	1,41	2,75

Tabela 27: Especificações dos elementos de cobertura.
Fonte: Autoria própria.

Para todos os modelos, as seções das diagonais e dos montantes das tesouras, possuíram esforço significativamente inferior em relação aos outros elementos, podendo diminuir sua seção consideravelmente, porém por questão estética e por manter o mesmo padrão, optou-se por utilizar as mesmas seções, resultando em volume de material superior.

5 CONCLUSÃO

Apesar das telhas *Shingle* possuírem peso inferior em relação às telhas cerâmicas, as seções acabam se equiparando devido a utilização das placas de OSB e mesmo não possuindo ripamento, o volume de material utilizado continuou praticamente o mesmo. Em compensação os modelos, cujas utilizações foram de telhas metálicas, em que se dispensou o uso de ripas e caibros devido ao tamanho das telhas, e principalmente em virtude do baixo peso próprio, inferior aos outros tipos de telha estudados, as cargas permanentes foram reduzidas, e conseqüentemente, diminuiu as seções dos elementos de cobertura, principalmente as terças, e o volume de material utilizado.

Quanto maior o tamanho do vão das tesouras, a variação do volume de material entre as coberturas com telhas metálicas, e as coberturas de telhas cerâmicas e telhas *Shingle* tornam-se superiores, desta forma, compensando realizar a cobertura com telhas metálicas, cujo peso próprio é menor, não necessitando de ripas e caibros, possuindo assim, volume de material para os elementos estruturais inferiores quantitativamente, em relação às telhas cerâmicas e *Shingle* que, por sua vez, quanto maior o seu vão, mais aproximam o valor de seu consumo.

Como foi utilizado valores comerciais para as seções, o comparativo de volume de material entre vãos diferentes com o mesmo tipo de telha não se tornou tão diferente, portanto o consumo de material varia basicamente em relação ao comprimento das peças.

Em relação às seções das peças, para diminuir o consumo de material poderia fazer uso de seções exatas de acordo com os esforços solicitantes em vez da utilização de seções de valores comerciais. Entretanto, geralmente as serrarias consideram para orçamentação as seções padronizadas, o que talvez não possa ter aplicação prática.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Tereza Denyse P. de. **Notas de aula Construção de Edifícios I: Telhados**. Ceará: UFC, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas em madeira. Rio de Janeiro, 1997.

BALLARIN, Adriano Wagner. **Notas de Aula: Aula 5 – Tesouras de Madeira**. 2006.

BARROS JR, Osmar; LAHR, Francisco Antonio Rocco. Considerações sobre a utilização de madeiras na construção de estruturas de cobertura para conjuntos habitacionais. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, v.2, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LaMEN, EESC, USP, 1992. p. 79-83.

BRASILIT. **Catálogo de Produtos**: Soluções para toda obra. 2013. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/pdf/catalogo-geral-de-produtos.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CALIL JR, Carlito et. al. **Manual de projeto e construção de pontes de madeira**. São Paulo, Suprema, 2006.

CALIL JR, Carlito et. al. **O potencial do uso da madeira de pinus na construção civil**. São Paulo: USP, 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/igQ3DZ>>. Acessado em: 25 ago. 2016.

CALIL JR, Carlito; MOLINA, Júlio Cesar. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo, Pini, 2010.

CARDOSO, Francisco Ferreira. **Notas de aula: Coberturas em Telhados**. São Paulo, 2000. Disponível em: <<https://goo.gl/ID6bVc>>. Acessado em: 17 set. 2016.

CARMO, Eliane Rodrigues; MORAIS, Diego Paganela; et. al. **O uso da madeira reflorestada como estratégia competitiva para uma indústria madeireira**. I CINGEN (Conferência Internacional em Gestão De Negócios). Paraná. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/OZfZ8U>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CARMO, João. **Cobertura e Telhado**. Rio Grande do Norte, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/Camila%20de%20bortoli/Desktop/Cobertura%20eTelhado.pdf>.

Acesso em: 25 ago. 2016.

CRUZ, Isabela. **Notas de Aula Curso Construções de Madeira**. Salvador: UCSal – Universidade Católica do Salvador, 2003.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FAZ FÁCIL. **Madeiramento do Telhado**: as tesouras. 2016. Disponível em: <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/telhado-madeiramento-tesouras/>>.

Acessado em: 10 out. 2016.

FLASH, Rafael Schneider. **Estruturas para Telhados**: Análise técnica de soluções. Porto Alegre, 2012.

GESUALDO, Francisco A. Romero. **Notas de Aula de Estruturas de Madeira**. Uberlândia: Faculdade de Engenharia Civil, 2003. 93 p.

GONÇALVES, Marcos T. Tiburcio; VALARELLI, Ivaldo de Domênico. Proposta para implantação: Laboratório de secagem da madeira de reflorestamento (Pinus e Eucalipto). In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, v.4, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: LaMEN, EESC, USP, 1992. p. 123-143.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira**: Uso e Conservação. Brasília DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006.

ICLEI (Governos Locais pela Sustentabilidade). **São Paulo promove o uso de madeira sustentável**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.iclei.org.br/polics/CD/P2_4_Estudios%20de%20Caso/5_Madeira/PDF128_Cidade_SP.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2016.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Informações sobre madeiras**: Angelim-Pedra, 1983. Disponível em: <<https://goo.gl/Ox6dCf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Informações sobre madeiras**: Pinus Elliotti, 1989. Disponível em: <<https://goo.gl/A5L3Gu>>. Acesso em: 10 out. 2016.

KRONN FRANCE. **Kronoply**: Placas OSB, Painéis OSB. Lisboa, 2002. Disponível em: <<http://www.jular.pt/download/OSB-placas-paineis.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2016.

LEO MADEIRAS (MÁQUINAS E FERRAGENS). São Paulo, 2011. Disponível em <<http://www.leomadeiras.com.br/Produto/84023/osb-multi-uso-2440x1220x18mm>>.

Acesso em: 10 out. 2016.

LONGSDON, Norman Barros. **Notas de Aula Estruturas de madeira para cobertura, sob a ótica da NBR 7190/1997**. Cuiabá: UFMT, 2002.

LP BUILDING PRODUCTS. **Catálogo técnico OSB: Placas Estruturais para Construção CES**. Paraná, 2012. Disponível em

<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.lpbrasil.com.br%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F08%2FCatalogo_Tecnico_LP-OSB-Home.pdf>.

Acesso em: 10 out. 2016.

MARTHA, Luiz Fernando. Ftool Um Programa Gráfico-Interativo para ensino de comportamento de estruturas – Versão Educacional 2.11. Rio de Janeiro: PUC, 2002.

MEIRELLES, Célia Regina; PALA, Adhemar. **Apostila Processo Construtivo em Madeira**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2010.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

NAHUZ, Augusto Rabelo. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT, 2013.

NAKAMURA, Sérgio Yoshio. Projeto de aplicação de madeira, argila e paxiúba na construção de habitações no estado do Acre. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, v.1, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1992. p. 147-158.

PEDREIRÃO. **Telhas Cerâmicas: Tipos e características**. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/BPtvwb>>. Acessado em: 12 set. 2016.

PFEIL, Walter. **Estruturas de madeira: dimensionamento segundo as normas brasileiras NB11 e os modernos critérios das normas alemãs e americanas**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1978.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Estruturas de aço, concreto e madeira: atendimento da expectativa dimensional**. São Paulo, Zigate Editora, 2005.

REIS, Frederico Santos Belchior dos; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Boletim Técnico de Coberturas com telhado: definições, características gerais e visão analítica**. São Paulo: Departamento de Construção Civil/USP, 2007.

REMADE (Revista da Madeira). **Exploração Madeireira na Amazônia: Situação Atual e Perspectivas**. Edição n° 61, nov. 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=55&subject=Amaz%F4nia&title=Explora%E7%E3o%20Madeireira%20na%20Amaz%F4nia:%20Situa%E7%E3o%20Atual%20e%20Perspectivas>. Acesso em: 10 ago. 2016.

SEBRAE. **Utilização da madeira certificada na construção civil: um diferencial**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/5lcMUj>> Acesso em: 10 ago 2016.

SINDIMADE (Sindicato das Indústrias de Madeira do Médio e Alto Vale do Itajaí). **História da indústria da madeira**. Santa Catarina, 2006. Disponível em <<http://www.sindimade.net.br/index.php/o-setor/23-historia-da-industria-da-madeira>>. Acessado em: 25 ago. 2016.

SOUZA, Maria Helena de; CORADIN, Vera T. Rauber. et. al. **Esclarecimento técnico sobre a tradução de termos em inglês para o português**. REMADE (Revista da Madeira). Edição n°109, dezembro 2007. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1193&subject=E%20Mais&title=Esclarecimento%20t%E9cnico%20sobre%20a%20tradu%E7%E3o%20de%20termos%20em%20ingl%EAAs%20para%20o%20portugu%EAAs%3Cb%3E%3C/b%3E>. Acesso em: 11 ago. 2016.

SZÜS, Carolina Palermo. **Usando o Pinus: uma questão de desenho**. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira, v.2, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1992. p. 13-18.

TC SHINGLE DO BRASIL. **Produtos**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.tcShingle.com.br/empresa.asp?id=1>>. Acesso em: 10 out. 2016.

TOPTELHA. **Catálogo de Produtos: Manual Técnico Mediterrânea, Colonial e Acessórios**, 2014. Disponível em <www.toptelha.com.br>. Acessado em: 25 ago. 2016.

ZENID, Geraldo José. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. Ed., São Paulo: IPT/SVMA, 2009.