



ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE COBERTURAS DE AÇO E DE MADEIRA: UMA AVALIAÇÃO ENTRE O TRADICIONAL E O INOVADOR

Autor¹: Jucelena Raquel Barbosa Cogo
Autor²: Prof. M.Sc.Patrícia Tonon

RESUMO: Com o passar dos anos o homem vem aprimorando o modo de se construir, o que não é diferente na execução das coberturas. A utilização da estrutura de aço como tecnologia construtiva expandiu-se no mercado da construção civil. A aplicação desta tecnologia industrializada gerou excelência na qualidade, tanto no aspecto construtivo como ecológico, colaborando para a preservação das florestas nativas, tornando-se assim, uma opção competitiva na construção de estruturas para telhados. Por outro lado, o uso da madeira em estruturas de telhados é tradição na construção, porém a escassez dessa matéria-prima torna seu custo elevado, com isso a indústria da madeira busca a utilização de novas espécies, como as madeiras de reflorestamento. Neste contexto, este trabalho visa estudar a viabilidade econômica do uso do aço em estruturas de telhados, comparando com o tradicional uso da madeira.

Palavras-chave: Estrutura de aço para telhado. Estrutura de madeira para telhado.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN STEEL AND WOOD ROOFS: AN EVALUATION BETWEEN THE TRADITIONAL AND THE INNOVATIVE

Abstract: Over the years, man has been improving the way to build, which is not different in the execution of the covers. The use of the steel structure as constructive technology has expanded in the construction market. The application of this industrialized technology generated excellence in both constructive and ecological quality, helping to preserve native forests, thus becoming a competitive option in the construction of roof structures. On the other hand, the use of wood in roof structures is tradition in the construction, but the scarcity of this raw material makes its cost high, with that, the wood industry seeks the use of new species, such as reforestation woods. In this context, this work aims to study the economic feasibility of the use of steel in roof structures, comparing with the traditional use of wood.

Keywords: Steel roof structure. Wooden frame for roof.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara - UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: jucelenabarbosacogo@yahoo.com.br

¹ Orientadora. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara - UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: patricia_tonon@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de cobertura possuem como principal função a proteção dos usuários de uma edificação com relação as intempéries, além de proporcionar, conforto acústico e térmico. Do ponto de vista arquitetônico os telhados contribuem ainda com o aspecto estético da edificação. O termo cobertura se refere ao sistema de fechamento superior de uma edificação, o qual pode ser realizado através de diversos sistemas: telhado, laje, terraços, etc. O telhado, assunto desse trabalho, é um sistema constituído por um conjunto de telhas de materiais diversos (madeira, aço, cobre, vidro, concreto, cerâmica, fibrocimento e metal), com estrutura de suporte e peças complementares. Nesse sentido, adotou-se o termo telhado para indicar a estrutura de suporte e analisar comparativamente os atributos positivos e negativos entre os materiais madeira e aço costumeiramente empregados nas construções brasileiras.

O telhado em madeira é muito utilizado nas obras corriqueiras da construção civil por se tratar de um material naturalmente resistente, leve e de fácil obtenção. A sua preferência, no que diz respeito a matéria-prima estrutural, deve-se sobretudo às suas propriedades físicas e mecânicas que proporcionam, num produto final, conforto térmico e grande aptidão estética, associadas a um baixo consumo de energia para sua transformação. A madeira é um material estrutural esteticamente aprazível que permite desenvolver soluções criativas, inovadoras, robustas e de alta qualidade em resposta a numerosos desafios arquitetônicos e estruturais, sendo a principal escolha durante muito tempo para coberturas devido também a sua disponibilidade na natureza. Retirada abundantemente das florestas tropicais, as espécies nativas como o pinho-do-paraná, a peroba-rosa, a peroba, o jatobá, o cedro, a imbuia foram paulatinamente em função da escassez e pela preservação ambiental substituídas pelo eucalipto e pelo pinus na construção civil (GUERRA, 2010).

Entretanto, como aspectos negativos, tem-se o fato da madeira ser um material vulnerável, principalmente a ação de cupins quando não tratada adequadamente, assim como apresentar grande variabilidade de suas propriedades em função do ambiente e grande variabilidade de seu custo dependendo da qualidade da madeira a ser aplicada a construção.

Com a evolução tecnológica dos materiais e estruturas, o aço ganhou espaço como tecnologia construtiva a partir do século XVII, (DIAS, 2001) transformando as criações arquitetônicas e as possibilidades estruturais. No Brasil, a utilização de estruturas metálicas em edificações iniciou-se na segunda metade do século XIX, com o uso do ferro fundido, e expandiu-se até os dias de hoje, com o uso do aço. O uso de sistemas estruturais de cobertura

em aço proporciona maior agilidade e industrialização do processo construtivo quando comparado a outros sistemas, além de ser um material com excelente resistência mecânica. Apesar disso, necessita de tratamento e cuidados especiais no que diz respeito a corrosão, apresenta alta influência da temperatura no comportamento mecânico, baixo isolamento acústico e térmico (BELLEI, 2008). As estruturas de aço normalmente são encontradas em grandes indústrias, mas vem ganhando muito espaço na utilização de construções de pequeno e médio porte, devido a sua rapidez de execução.

O principal objetivo deste trabalho é fazer uma análise comparativa econômica dos materiais aço e madeira empregados para a execução de telhados em edificações residenciais. Para isso, realizou-se uma pesquisa de preço de execução de ambos sistemas estruturais para uma edificação residencial na cidade de Itápolis – SP.

Esse trabalho justifica-se na necessidade de buscar-se soluções que sejam mais eficientes para a construção civil, visto que o aço além de ser um ótimo material do ponto de vista estrutural, proporciona maior industrialização no processo construtivo, além de ser um material produzido abundantemente no Brasil. De acordo com Bellei (2000) o Brasil é o nono maior produtor de aço do mundo com uma produção de 47,8 milhões de toneladas/ano.

Sabe-se que ambos sistemas estruturais de cobertura: Madeira e Aço, são viáveis de serem executados em uma edificação residencial. Entretanto, avaliar as vantagens e desvantagens em ambos os sistemas se torna primordial para a escolha mais adequada a cada tipo de edificação. Dependendo da finalidade ao qual o material será utilizado, um ou o outro pode ser mais atrativo. Neste trabalho, busca-se analisar a influência econômica para a execução de telhados para estruturas residenciais padrão, o qual se torna um fator decisivo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre a composição e as características geométricas das coberturas em geral. Além disso, como objetiva-se sobretudo neste trabalho apresentar a viabilidade da utilização de coberturas metálicas para estruturas residenciais, apresenta-se um breve relato sobre a evolução das propriedades mecânicas do material, assim como as principais características dos perfis metálicos formados a frio, os quais são os mais indicados para edificações de pequeno porte.

2.1 Telhados

O telhado destina-se a proteger o edifício contra ações das intempéries, tais como chuvas, ventos, raios solares, neve, além de impedir a penetração de poeira e ruídos no seu interior (MOLITERNO, 2010). Porém, como função secundária, não menos importante, o telhado contribui para o aspecto estético e conforto térmico da edificação, proporcionando, portanto, aos arquitetos grande liberdade para criar várias formas e inclinações de telhados, além de atribuir estilo e expressão plástica a uma edificação. Os telhados podem ser definidos como uma composição de duas partes básicas descritas a seguir:

- Cobertura, a qual pode ser de materiais diversificados, desde que impermeável às águas pluviais e resistentes à ação dos ventos e intempéries.
- Armação ou Trama, como tesouras, terças, caibros, ripas, os quais correspondem ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura. Essas estruturas que compõem a armação do telhado podem ser total ou, parcialmente, executadas em aço, alumínio ou concreto armado e em madeira, este último também conhecido como madeiramento. No entanto, algumas coberturas podem dispensar a armação, quando empregamos perfis especiais autoportantes em cimento amianto, aço galvanizado, concreto protendido ou fiber-glass.

2.1.1 Tipos de Telhados

As coberturas ou superfícies dos telhados podem ser construídas nos mais diferentes formatos. Alguns tipos de coberturas têm sua denominação originada no número de planos para escoamento das águas pluviais, denominadas “águas do telhado” (LOGSDON, 2002). Uma superfície de telhado pode ser formada por um ou mais planos (uma água, duas águas, três águas, quatro águas ou múltiplas águas), ademais podem ser encontradas em formas curvas que tem o mesmo nome da sua geometria como arco, cúpula ou arcos múltiplos. Na figura 1 são apresentados alguns exemplos de tipos de cobertura.

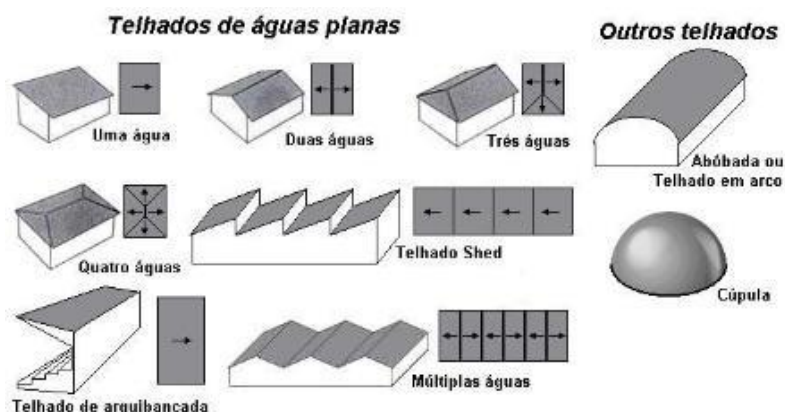


Figura 1 – Tipos de telhados empregados na construção civil.
Fonte: Logsdon, 2002.

2.1.2 Elementos da Geometria dos Telhados

De uma forma geral os telhados são compostos por um conjunto de elementos, os quais são detalhados a seguir: (LOGSDON, 2002).

- (i) inclinação - surge da relação entre a superfície de uma água e a linha horizontal da construção;
- (ii) cumeeira - formada pelo encontro entre as duas águas principais do telhado, e geralmente corresponde à linha média da área coberta;
- (iii) espigão - aresta saliente formada pelo encontro de duas águas;
- (iv) rincão - aresta que surge no sentido contrário ao espigão, formada pelo encontro de duas águas. A incidência de rincão exige a colocação de calha para escoamento de água de chuva;
- (v) mansarda - tipo de cobertura secundária que aproveita a inclinação do telhado, constituindo um cômodo denominado sótão;
- (vi) oitão - paredes extremas paralelas às tesouras, que muitas vezes servem de apoio para terças;
- (vii) beiral - consiste no prolongamento da cobertura, fora do alinhamento das paredes.

2.1.3 Tipos de Telhas

As telhas podem ser encontradas em diversos materiais, tais como: aço corrugado, alumínio, zinco, madeira, barro (cerâmicas), fibrocimento (cimento amianto) e outras. As telhas cerâmicas e as de fibrocimento são as mais utilizadas no Brasil. Já aquelas produzidas em chapa

de aço corrugado, ou por alumínio, são de aplicação quase restrita às indústrias. As telhas galvanizadas, pouco utilizadas atualmente, são encontradas em obras rústicas, depósitos e abrigo para animais. As produzidas em madeira e utilizadas em países europeus, são recobertas com material betuminoso e se parecem com “escamas”. Contudo as telhas de madeira, que são utilizadas no Brasil, são como chapas de compensado, mas onduladas e, em geral, recobertas por fina camada de material metálico. (MOLITERNO, 2010). Alguns tipos de telhas podem ser visualizadas na figura 2.

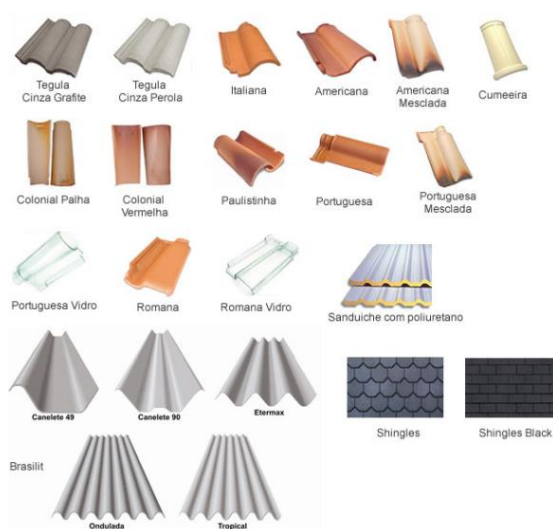


Figura 2: Tipos de telhas.
Fonte: Página Aaron Guides¹

3.1.4 Elementos Estruturais Componentes dos Telhados

Os elementos da estrutura de um telhado tradicional em madeira, bem como suas terminologias correspondentes encontradas no país, são ilustrados na Figura 3 e são descritos a seguir (MOLITERNO, 2010):

(i) Trama, é uma armação constituída de diferentes peças, posicionadas em direções perpendiculares para assentamento e acomodação das telhas. Estas são formadas pelas ripas, caibros e terças. As telhas se apoiam sobre as ripas, que se apoia sobre os caibros, que se apoiam sobre vigas, denominadas terças, que descarregam as ações sobre as tesouras.

(ii) Ripas, são peças de madeira de pequena dimensão que recebem as telhas e são pregadas sobre os caibros, para sustentação das mesmas. O espaçamento entre elas,

2 - Disponível em <<http://www.fazfacil.com.br/reforma-construção/madeiramento-do-telhado>> Acesso em outubro de 2018.

normalmente é denominado “galga”, depende do tipo e tamanho das telhas usadas, motivo pelo qual se utiliza um gabarito, construído na obra, para fixar as telhas nos caibros

(iii) Caibros, são peças de madeira apoiadas sobre as terças e servem de apoio às ripas. O espaçamento entre os caibros depende do tipo de telhas usado e da resistência das ripas.

(iv) Terças, são vigas de madeira apoiada sobre as tesouras ou sobre paredes, para sustentação dos caibros. Pode se dizer também que as terças são vigas que recebem o carregamento dos caibros e o descarrega nas estruturas principais do telhado (tesouras ou treliça).

(v) As tesouras, que são vigas em forma de treliça plana vertical, formada de barras dispostas de maneira a formar um triângulo, tornando o sistema estrutural indeslocável. As treliças podem ser compostas pelos seguintes elementos e respectivas denominações: banzo superior, banzo inferior, montante (pontaete, suspensório ou pendural) e diagonal (escora).

(vi) Contraventamentos, os quais são estrutura formada por barras cruzadas dispostas de maneira a servir de sustentação para a ação das forças que atuam na estrutura, travando tesouras ou treliças e impedindo sua rotação e deslocamento, principalmente contra a ação do vento. Atua também como elemento de vinculação de peças comprimidas contra a flambagem lateral.

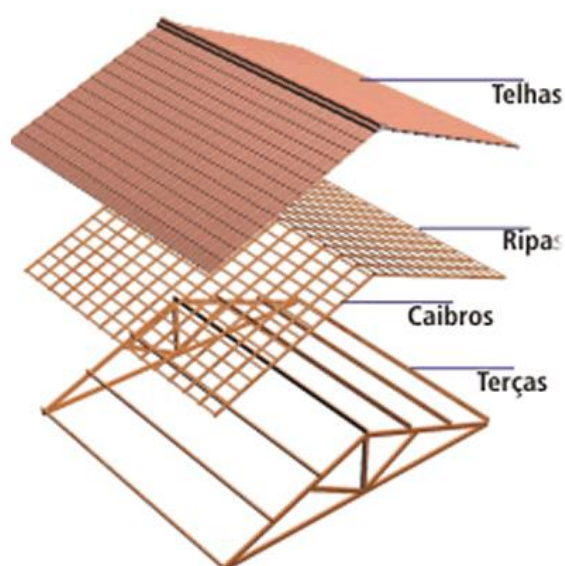


Figura 3: Elementos estruturais componentes dos telhados.
Fonte: Página Faz fácil²

Uma estrutura realizada em aço, possui os mesmos elementos citados para a cobertura de madeira (figura 4). Entretanto, também é muito usual, um sistema estrutural no qual os elementos apresentados nos itens (i), (ii) e (iii) não são utilizados. Nesse sistema, as telhas são compostas por chapas, que são apoiadas diretamente sobre as terças, as quais descarregam o carregamento para as treliças que conduzem o peso da cobertura para o restante da estrutura. O contraventamento nesse tipo de estrutura é ainda mais importante, devido ao baixo peso que essas estruturas apresentam.



Figura 4: Elementos estruturais metálicos de cobertura
Fonte: Página Alexandre cobertura³.

2.2 Perfis Metálicos

2.2.1 A Evolução da Resistência do Ferro Fundido e das Estruturas de Aço na Construção Civil

A resistência das estruturas de aço e ferro fundido utilizados em edifícios aumentou muito com a evolução da manufatura e produção. Nos relatos antigos é divulgada que a tensão admissível para o ferro fundido e para o ferro forjado era de aproximadamente, respectivamente 15 MPa (SI) e 75 MPa (SI). Sendo que, a tensão de escoamento do aço fabricado atualmente, obtida de acordo com os novos padrões de cálculo de estruturas de aço é muito superior (Brasil, 2008). Os aços utilizados comumente na construção civil, possuem tensão de escoamento de pelo menos 250 MPa.

O aumento da resistência e das características gerais do material foi alcançada pela mistura do ferro com outros componentes químicos. A constituição do aço estrutural provém

3 - Disponível em <<http://www.alexandrecobertura.com.br>> Acesso em novembro de 2018.

de uma liga de ferro e carbono que pode conter outros elementos como o enxofre, fósforo, manganês, silício entre outros, e o teor de carbono pode variar de 0% a 1,7%, sendo que, quanto maior a concentração de carbono maior será a sua resistência (PFEIL, 2000).

2.2.2 Considerações sobre os Perfis Formados a Frio

No Brasil o emprego dos perfis de aço formados a frio iniciou-se por volta da década de 60, época em que algumas empresas buscaram novos equipamentos para a realização de processos de dobramentos a frio (MALITE et al., 1998). No entanto, a maior divulgação do uso desses perfis se deu a partir da publicação da NBR 14762:2010.

Os perfis estruturais formados a frio (PFF) também conhecidos como perfis de chapas dobradas ou ainda, perfis leves, estão sendo utilizados de forma crescente na execução de estruturas metálicas. Possuem vantagens como a leveza, facilidade de fabricação, facilidade de manuseio, facilidade de transporte, resistência e ductibilidade adequada ao uso de estruturas e, sobretudo, facilidade de adaptação a outros materiais, como a madeira por exemplo.

A ideia principal na escolha PFF para composição de cobertura metálicas está na simplicidade da sua produção, uma vez que podem ser obtidos a partir da dobragem a frio (em temperatura ambiente) das chapas. Não obstante, ainda apresenta a possibilidade de se treinar uma mão de obra para execução das estruturas ao alcance, não somente das grandes construtoras, mas também do pequeno empreendedor.

A conformação a frio dos perfis de aço pode ser realizada através de dois processos, tais como através de prensas dobradeiras e mesas de roletes (perfiladeiras) (CHODRAUI, 2006). O dobramento é executado devido ao impacto produzido por uma barra biselada superior em uma chapa cortada previamente em guilhotina, a qual é posicionada entre uma base (ou matriz) inferior fixa e uma ferramenta superior móvel. Este processo é empregado, por exemplo, na fabricação de cantoneiras, perfis do tipo U, U enrijecido, Z e Z enrijecido. A perfilação, por outro lado, é feita por calandragem em rolos dispostos em linha de produção, como exemplo pode se mencionar aquela utilizada na fabricação de calhas, tubos, telhas, painéis de fechamento, pisos e etc.

As propriedades mecânicas dos perfis de aço formados a frio não são as mesmas das chapas de aço antes do dobramento (aço virgem), tendo em vista que a operação de conformação a frio eleva a resistência ao escoamento do aço, a resistência à ruptura do aço na tração, e diminui a ductibilidade.

3 DESENVOLVIMENTO

Os dados para a elaboração deste estudo foram obtidos após uma vasta pesquisa nos temas de estruturas metálicas e de madeira, sendo utilizados livros, revistas, sites, teses e imagens. Além disso, realizou-se uma pesquisa em empresas do ramo de cobertura metálica e de madeira, para avaliar a viabilidade econômica da utilização dessas soluções.

Para a análise comparativa econômica entre coberturas realizadas em aço e coberturas em madeira para estruturas residenciais, fez-se um orçamento com duas empresas do ramo, que funcionam na cidade de Itápolis – SP, para a edificação de 99 m², cuja planta baixa é apresentada na figura 5.

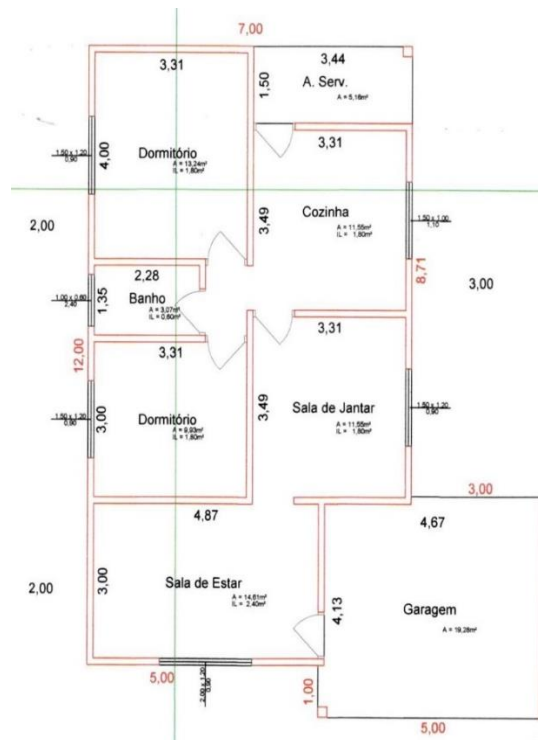


Figura 5: Planta baixa da residência em estudo

Com os dados obtidos pelas referidas empresas foi possível para fazer uma comparação econômica entre ambos tipos de cobertura que é apresentada no item a seguir.

4 RESULTADOS

O orçamento realizado pela empresa referente a cobertura metálica é apresentado na tabela 1. Enquanto que o orçamento apresentado pela empresa de coberturas em madeira é

apresentado na tabela 2. No orçamento da cobertura metálica encontram-se além de todos os elementos de aço que a compõe, a consideração das telhas, e no valor final está incluído a mão de obra. Para a realização deste trabalho, a empresa disponibiliza de 3 funcionários, e nesse modelo de telhado de 99 m² o tempo estimado de realização é de 10 dias. Os elementos estruturais que a compõe são caibros, ripa, conexão U, conexão H, parafuso auto brocante, parafuso ripa, bucha plástica, parafuso rosca soberba sex zin, capa cumueeira real, telha de concreto real cinza natural.

No orçamento da cobertura em madeira, foi escolhido a madeira Peroba do Norte pois é uma madeira de maior resistência. Os elementos estruturais que a compõe são caibro, terças, vigas, ripas e pregos. No orçamento da estrutura de madeira não foi levado em consideração a mão de obra (R\$ 25,00 o M², total de R\$2.475,00) e telhas (1.100 telhas a R\$ 1,65 cada, total de R\$1.815,00) a serem utilizadas. Se somássemos essa quantidade ao orçamento chegaria-se ao valor de R\$ 10.750,65 que é 42% superior ao encontrado para as coberturas metálicas.

Tabela 1: Orçamento estrutura metálica

Descrição	Quantidade (Peça)	Preço Unitário (R\$)	Total (R\$)
Caibro 80 X 40 X 0,65 6MTS	22	84.00	1848.00
Ripa 30 X 15 X 0,65 6MTS	44	42.00	1848.00
Conexão U 80 X 40 X 0,80	100	3.00	300.00
Conexão H 80 X 40 X 0,80	50	3.50	175.00
Parafuso Auto Brocante 12X 7/8	800	0.25	200.00
Parafuso Ripa	880	0.15	132.00
Bucha Plastica S10	100	0.45	45.00
Parafuso Rosca Soberba Sex Zin 1/4 X2	100	0.45	45.00
Capa Cumueeira Real	18	7.00	126.00
Telha de Concreto Real Cinza Natural	1100	1.65	1815.00
		Total	6534.00

Tabela 2: Orçamento estrutura madeira

Quant.	Esp. (m)	Alt. (m)	Com. (m)	Cálculo	Descrição	Un.	Vir. Unit	Vir. Total
11	0.05	0.05	4	0.11	PEROBA DO NORTE	m³	30.00	330
1	0.05	0.05	5	0.0125	PEROBA DO NORTE	m³	37.50	37.5
11	0.05	0.15	5.5	0.45375	PEROBA DO NORTE	m³	123.75	1361.25
1	0.05	0.05	5	0.0125	PEROBA DO NORTE	m³	37.50	37.5
46	0.05	0.05	4.5	0.5175	PEROBA DO NORTE	m³	33.75	1552.5
12	0.05	0.11	4.5	0.297	PEROBA DO NORTE	m³	74.25	891
5	0.05	0.11	5	0.1375	PEROBA DO NORTE	m³	82.50	412.5
2	0.07	0.3	5	0.21	PEROBA DO NORTE	m³	315.00	630
292	0.02	0.05		0.292	PEROBA DO NORTE	m³	3.00	876
80	0.02	0.05		0.08	PEROBA DO NORTE	m³	3.00	240
3					Prego 15x18	KG	11.55	34.65
5					Prego 22x48	KG	11.55	57.75
								6460.65

5 CONCLUSÃO

A madeira tem sido empregada corriqueiramente ao longo dos anos na execução de estruturas de coberturas residenciais devido sua facilidade de obtenção e suas propriedades mecânicas e físicas. Com o desenvolvimento de materiais e novas técnicas construtivas o uso de estruturas de aço para a execução de coberturas de edificações de pequeno porte se tornou uma opção viável técnica e economicamente.

A escolha por um ou outro material depende muito da finalidade da edificação a qual está sendo executada. Entretanto, o fator econômico é umas das questões mais importantes na tomada de decisão. Dessa forma, nesse trabalho, propôs-se realizar uma análise comparativa econômica entre ambos os sistemas para avaliar qual deles é o mais indicado neste aspecto para coberturas residenciais.

Para o estudo realizado na cidade de Itápolis – SP, considerando uma casa de 99 m², obteve-se um orçamento para estruturas metálicas 42% mais econômico do que para estruturas de madeira. Com isso, se conclui que o uso de estruturas metálicas para coberturas residenciais é muito atrativo economicamente e sua aplicação nesse tipo de estruturas tende a se expandir cada vez mais.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575 (PARTES 1 E 5): **Desempenho de Edificações Habitacionais**. 4 ed. Brasília: ANBT, 2008.

ABNT. **NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]. 2008.

BELLEI, I. H. Edifícios de múltiplos andares em aço. In: BELLEI, I. H. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. São Paulo : Pini, 2008. p. 558.

BONZANINI, F. A. **Estudo comparativo entre o dimensionamento de estrutura metálica feito pela NBR 8800:2008 e pelo EUROCODE 3**. nov. 2013. disponível em: Acesso em: 10 de jun. de 2018.

DIAS, Luís Andrade de Mattos. **Aço e Arquitetura: Estudo de Edificações no Brasil**. São Paulo: Zigurate Editora, 2001.

GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 9ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Publicação **“Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social”**. São Paulo, IPT, 1998.

LOGSDON, N. B. Variação da densidade aparente da madeira com sua umidade, modelagem teórico experimental. **Madeira: Arquitetura e Engenharia**, São Carlos, SP, ano 4, n. 12, 1CD-ROM, jan/abr. 2002.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 461p.

ROCHA, A. P. **Projeto Reinventado**. Por Ana Paula, In: Techné, Edição 169 -Abril/2011.