

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

EMPREGO DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO EM GALPÕES
AGRÍCOLAS

MAYKON BRUNO DE OLIVEIRA GODOY

SINOP
MATO GROSSO - BRASIL
2019

MAYKON BRUNO DE OLIVEIRA GODOY

**EMPREGO DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO EM GALPÕES
AGRÍCOLAS**

Orientador: Prof.^o Dr.^o Everton André Pimentel Batelo

Trabalho de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
- *Campus* Universitário de Sinop, como parte
das exigências para obtenção do Título de
Engenheiro Agrícola e Ambiental.

SINOP

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

G589e Godoy, Maykon Bruno de Oliveira.
EMPREGO DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO EM GALPÕES
AGRÍCOLAS / Maykon Bruno de Oliveira Godoy. -- 2019
30 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Everton André Pimentel Batelo.
TCC (graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de
Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Madeira. 2. Dimensionamento. 3. Galpões Agrícolas. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO: EMPREGO DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO
EM GALPÕES AGRÍCOLAS

ACADÊMICO: Maykon Bruno de Oliveira Godoy

ORIENTADOR: Prof.º Dr.º Everton André Pimentel Batelo

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof.º Dr.º Everton André Pimentel Batelo
Orientador



Prof.º Dr.º Mucio André dos Santos Alves Mendes
Membro



Prof.ª M.e Kênia Araújo de Lima Scariot
Membro

DATA DA DEFESA: 12 de Fevereiro de 2020.

DEDICATÓRIA

*Este trabalho é dedicado a Deus pelo dom da vida
e a minha família por todo amparo e orações.*

*Quem me apoiou, quem me ajudou,
quem me fez chegar até aqui,
eu agradeço de coração.*

In memoriam, Otávio Godoy.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me proteger de todo o mal e me dar força para sempre continuar minhas batalhas, pois nunca estive só.

A minha mãe, Iranilda Maria que com suas orações me fizeram chegar até aqui com muita saúde, determinação e vontade de vencer. Ao meu pai Victor Inácio, que pode me dar o maior exemplo de um homem persistente e honesto, vencemos juntos. A minha irmã Bianca Godoy, por todo seu suporte para que essa conquista fosse alcançada. Aos meus avós, Terezinha, José Bonifácio e Dona Rosa, verdadeiros exemplos de garra e humildade.

A todo corpo docente desta instituição, que contribuíram pelo meu crescimento acadêmico, em especial meu orientador, Drº Everton Batelo, por toda orientação e principalmente paciência nesses últimos anos, a Drª Solenir Rulffato, por transmitir de forma única o conhecimento, por todo carinho e apoio na minha graduação, sou grato.

A turma de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014/2, pelos momentos incríveis que me proporcionaram. Aos amigos, Lucas Bruscagin, Victor Cunha, Bruna Adams, Mayara Carolina, Maurício Cortesia e Taiany Morgado por todo suporte e companheirismo. A Isadora Souza por toda ajuda no decorrer deste trabalho e a pessoa que mais me apoiou e sempre esteve ao meu lado no último ano, Esther Zaiatz, obrigado por todo carinho, amor e paciência para comigo.

Foi graças a todo o incentivo que recebi durante todos esses anos que hoje posso celebrar este marco na minha vida, obrigado a todos.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 Construções Rurais	10
2.2 Aspectos Gerais de Galpões Agrícolas.....	10
2.3 Materiais de Construção Utilizados nas Instalações Rurais	11
2.4 Madeira.....	11
2.4.1 Coberturas em Estruturas de Madeira	12
2.4.2 Propriedades da Madeira	13
2.4.2.1 Propriedades Físicas.....	13
2.4.2.2 Propriedades Mecânicas.....	13
2.4.2.3 Elasticidade ou Rigidez	14
2.4.2.4 Resistência	14
2.5 Madeira de Reflorestamento	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Normas técnicas consultadas	16
3.2 Etapas de projeto	16
3.2.1 Definição da Tipologia de Cobertura.....	16
3.2.2 Tipologia do Galpão	17
3.2.3 Pré-dimensionamento da Trelça de Madeira	18
3.2.3.1 Definição Geométrica da Trelça	19
3.2.4 Esforços.....	19
3.2.5 Dimensionamento das Barras da trelça	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Dimensionamento da Trelça para Classe C30.....	21
4.2 Dimensionamento da Trelça para Classe C60.....	22
4.3 Estimativa do Volume de Madeira.....	24
5 CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLOGRAFICAS	27

ANEXO - 1	30
-----------------	----

RESUMO

O Brasil é um país continental e apresenta vasta riqueza florestal, potencializando técnicas construtivas envolvendo o uso da madeira. Entretanto o uso desta fonte é utilizado muitas vezes de forma empírica e conservadora. Neste contexto as construções acabam se tornando mais suscetíveis a manifestações patológicas e problemas estruturais bem como o desperdício de madeira. Desta maneira, este trabalho buscou introduzir espécies alternativas de madeira com classe de resistência inferior às das espécies tradicionais para fins estruturais. Foi utilizado como projeto base o estudo realizado por Camargo (2001), que realizou o dimensionamento da treliça para a madeira nativa Jatobá pertencente a Classe de madeira C60. Propondo-se então a realização de um novo dimensionamento para o projeto da treliça de modo mais geral para a Classe de madeiras C60 e para a Classe C30, onde se enquadram algumas das madeiras mais utilizadas em reflorestamento atualmente. Tendo por objetivo avaliar quantitativamente a aplicabilidade das madeiras de reflorestamento com função estrutural em galpões agrícolas. A diferença do volume de madeira empregada para os dois projetos, foi de apenas 0,97596 m³ maior em relação da classe C30 para classe C60, caracterizando um aumento de aproximadamente 11%. Demonstrando um grande potencial da aplicabilidade de madeiras advindas de floresta plantada, em projetos estruturais.

Palavras chave: Madeira, Dimensionamento, Galpões Agrícolas.

ABSTRACT

Brazil is a continental country and has vast forest wealth, leveraging construction techniques involving the use of wood. However, the use of this source is often used in an empirical and conservative way. In this context, buildings end up becoming more susceptible to pathological manifestations and structural problems, as well as wood waste. Thus, this work sought to introduce alternative species with a lower resistance class than traditional species for structural purposes. The study carried out by Camargo (2001), who designed the truss for the native Jatobá wood belonging to the C60 wood class, was used as a base project. It is therefore proposed to carry out a new dimensioning for the truss project in a more general way for the C60 Wood Class and for the C30 Class, where some of the most used wood in reforestation are currently included. In order to quantitatively evaluate the applicability of reforestation wood with structural function in agricultural warehouses. The difference in the volume of wood used for the two projects was only 0.97596 m³ higher than in the C30 to C60, an increase of approximately 11%. Demonstrating a great potential for the applicability of wood from planted forest in structural projects.

Keywords: Wood, Dimensioning, Agricultural Warehouses.

1 INTRODUÇÃO

Mesmo o Brasil sendo um país de grandes riquezas florestais, o uso da madeira ainda não é utilizado de maneira inteligente, deixando a desejar em aspectos de projetos específicos e bem elaborados para este tipo de material (PINHEIRO, 2001), pois, comumente, as construções em madeira ficam sob a responsabilidade de carpinteiros que não estão devidamente instruídos para projetar, somente para executar.

Inúmeras pesquisas relacionadas ao emprego da madeira realizadas a fim de torná-las mais competitivas para empregabilidade em elementos estruturais em relação a outros materiais vêm sendo desenvolvidas, entre elas pode-se citar Zangiácomo (2003), Ferrai e Junior (2010), Vidal, et al (2015), Parolin (2017). No entanto, a forma com a qual a madeira é escolhida e especificada para a adequação de seu emprego no setor construtivo, tem sido marcado pelo conservadorismo e pela desinformação, necessitando introduzir ao seu cotidiano espécies alternativas oriundas de reflorestamento com características equivalentes às das espécies tradicionais (PINHEIRO, 2001).

Como a madeira de reflorestamento ainda é pouco difundida no meio da construção civil, a sua utilização enfrenta maiores desconfiças que as madeiras em geral. Mesmo que as espécies advindas do reflorestamento não manifestem resistência natural a umidade e ao ataque biológico, este contratempo pode ser facilmente corrigido com o tratamento químico certo (PANSIERA, 2010).

Segundo Pansiera (2010) devido a necessidade de realizar construções mais econômicas e sem deixar de lado a questão da sustentabilidade, empresas tem feito uso da madeira de reflorestamento para construir. Dall'Agnol (2017) realizou seu estudo com madeiras provenientes de floresta plantada evidenciando o potencial de aplicabilidade deste material.

A madeira pode ser usada para os mais diversos fins, estando presente com frequência em estruturas de cobertura para galpões agrícolas, bem como, construções de pontes para o meio rural (CALIL JUNIOR e DIAS, 1997).

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo avaliar quantitativamente a aplicabilidade das madeiras de reflorestamento com função estrutural em galpões agrícolas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Construções Rurais

As construções rurais fazem parte da Engenharia Rural com um vasto campo de atuação dentro das atividades desenvolvidas no campo destacando-se em instalações para animais, armazenamento e beneficiamento da produção agrícola. Sua importância reflete no aumento da produtividade, pois seu objetivo é o funcionamento das instalações utilizando-se de técnicas construtivas com simplicidade e economia (PEREIRA, 1986).

É costumeiro deparar-se com galpões nas propriedades rurais, fato que os torna uma das principais edificações no meio. Sua geometria geralmente simples de forma retangular ou quadrada com cobertura de duas águas faz com que estes sejam utilizados para diversas finalidades (CLARO, 1998). Tais como: acomodar máquinas e implementos agrícolas, armazenamento de produção, depósitos de uso geral, estábulos, pocilgas, aviários e instalações para a produção de outros animais (NOVAIS, 2014).

2.2 Aspectos Gerais de Galpões Agrícolas

As laterais da edificação, dependendo do clima podem ser totalmente abertas, permitindo maior ventilação natural em regiões quentes, ou fechadas por cortinas e janelões para a proteger os animais em regiões de clima frio. O galpão deve ser orientado de acordo com o movimento do sol, Leste-Oeste, preservando-o dos raios solares incididos lateralmente, conseqüentemente, fazendo-se necessário a construção de oitões com material de menor condutividade térmica, pois estes receberão a luz solar frontalmente. É recomendando também o uso de beirais para evitar tanto a entrada da luz do sol, quanto da água da chuva (FERREIRA, 2005).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, (2003) a largura do galpão está relacionada com o conforto térmico interior e o custo da instalação, levando em consideração variantes como o clima da região, número de animais acomodados e a organização e dimensão dos equipamentos alocados no espaço.

No tocante, a cobertura, dado que o telhado recebe a maior incidência solar sugere-se que o material utilizado seja um bom isolante térmico, apresentando alto índice de reflexão dos raios solares em sua superfície externa ao mesmo passo que baixa emissividade em sua superfície interna. De acordo com os aspectos térmicos o ideal seria a telha de barro, porém exige uma estrutura dispendiosa, no entanto é comum utilizar-se a telha de fibrocimento que é de fácil construção e quando pintada de branco possibilita desempenho térmico semelhante à telha de barro (FERREIRA, 2005). No que se refere ao sistema estrutural do telhado pode

ser de madeira, metal ou de concreto. Na Figura 1 pode-se observar o corte típico de um galpão agrícola.

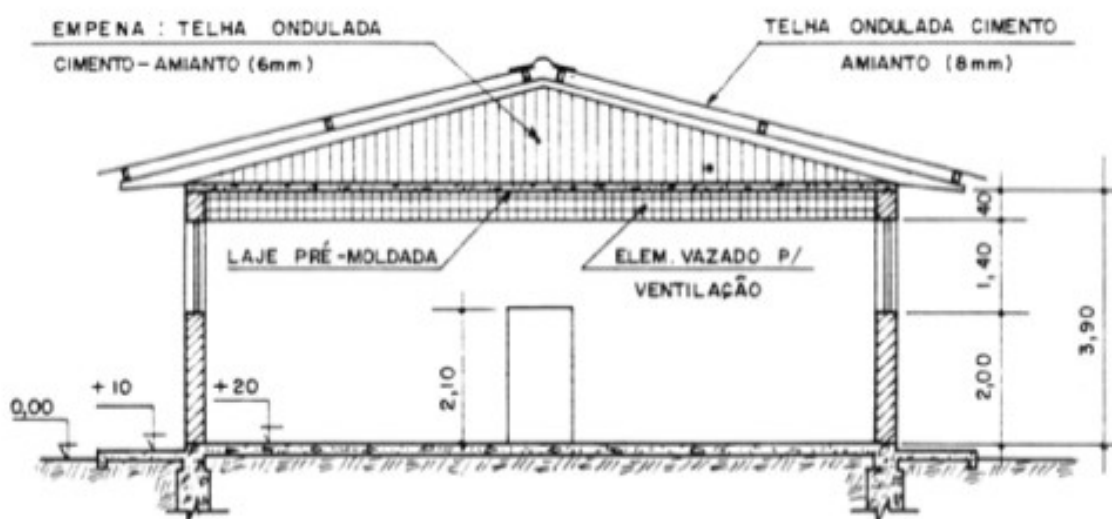


Figura 1: Modelo de um galpão agrícola destinado ao armazenamento de feno (EMBRAPA, 2004).

2.3 Materiais de Construção Utilizados nas Instalações Rurais

Segundo Souza (1997) o entendimento sobre os materiais de construção que serão utilizados nas instalações é o que possibilita o emprego do material correto para cada situação. Algumas propriedades devem ser consideradas para que seu uso seja correto, tais como:

- Resistência: o material deve suportar a carga que será imposta a ele.
- Trabalhabilidade: refere-se à facilidade de aplicação do material, em função de suas características físicas.
- Durabilidade: o material deve manter-se conservado frente à ação dos agentes atmosféricos, provenientes de causas naturais ou artificiais
- Higiene e Saúde: o material não deve ser danoso a saúde das pessoas em contato com ele.
- Econômico: o material, enquadrado nos demais aspectos descritos acima, deve ser economicamente viável, de fácil obtenção, transporte, manipulação e conservação.

2.4 Madeira

Segundo Pfeil e Pfeil (2003), somente no século XX as estruturas de madeira ganharam atenção científica, por meio do desenvolvimento de teorias técnicas e padrões de utilização, tornando-se um material de construção economicamente competitivo e, por ser um material renovável, aceito em termos ecológicos. Conforme Júnior e Dias (2005), a madeira é competitiva com outros materiais estruturais, do ponto de vista econômico, em base de custos

iniciais, além de apresentar a vantagem de isolamento térmica, proporcionando melhor conforto térmico as edificações.

Alguns dos principais tipos de madeiras usadas na construção civil são: a madeira roliça e a madeira serrada (CURI, 2011) a madeira bruta ou roliça é utilizada em formato de tronco, usada em escoramentos, estacas, colunas, postes etc. É necessário que as árvores sejam cortadas, preferencialmente, na época da seca, pois é quando o tronco apresenta o menor teor de água. Após o corte, retira-se a casca, permitindo que o tronco seque em local arejado e preservado do sol. É importante que as madeiras roliças passem por um período satisfatório de secagem, do contrário, poderão apresentar variações em suas dimensões causando rachaduras em suas extremidades. Já a madeira serrada, como é advinda de alguns processos ocorridos em serrarias, tornou-se o produto estrutural de madeira mais utilizado no mercado, vendidas em secções padronizadas, com bitolas nominais em polegadas (SOUZA, 1997).

2.4.1 Coberturas em Estruturas de Madeira

A madeira nas estruturas de telhados de pequeno, médio e, ainda, grande porte torna-se muitas vezes a saída, financeiramente, mais acessível. Os principais tipos de estruturas para coberturas em madeira são: arcos, treliças e pórticos (PANSIERA, 2010). Sendo o sistema estrutural treliçado de madeira o mais comum quando comparado a outros tipos de materiais, por ser tradicionalmente preferível e permitir facilidade de fabricação e montagem. Claro (1998) afirma que a cobertura treliçada do tipo Howe é a mais utilizada no Brasil nas edificações rurais. Estando presente na maioria das coberturas de galpões agrícolas o telhado do tipo duas águas. (CALIL JUNIOR e DIAS, 1997).

Estruturalmente o objetivo das treliças é receber e distribuir as forças das terças para os pontos de apoio, de maneira eficaz e econômica. Tal eficácia está condicionada a seleção de um perfil apropriado com as exigências arquitetônicas e que suporte a carga aplicada (CALIL JUNIOR e DIAS, 1997). Como apresentado na Figura 2, as barras das treliças são denominadas: banzo superior, banzo inferior, diagonais e montantes (MOLITERNO, 2006).

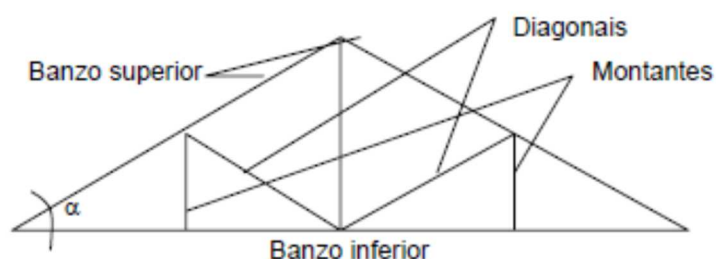


Figura 2: Esquema de treliça do tipo Howe (MOLITERNO, 1998).

2.4.2 Propriedades da Madeira

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira, reflete no melhor aproveitamento deste material em relação a segurança e custo (CALIL JUNIOR, *et al.*, 1998). De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (1997) NBR7190, essas propriedades estão relacionadas com sua estrutura anatômica, destacando-se: umidade, rigidez, densidade e resistência.

2.4.2.1 Propriedades Físicas

Diversos fatores influenciam nas propriedades da madeira no decorrer de seu desenvolvimento, dentre eles, as condições de temperatura e solo da região de origem da árvore (BRITO e CALIL JUNIOR, 2010). Na NBR 7190 (ABNT, 1997), dentre as características físicas mais importantes da madeira, destacam-se: o teor de umidade; densidade e variação dimensional.

O teor de água na madeira reflete diretamente em suas características de elasticidade e resistência, a falta deste líquido até o momento em que torne as fibras da madeira saturadas ainda é admissível, pois não causa impactos em sua estrutura, no entanto após este ponto a escassez de água é seguida pela retração e expansão da resistência (SZUCS, *et al.*, 2015).

A propriedade física, densidade, é essencial para determinar a finalidade de uso da madeira (CALIL JUNIOR, *et al.*, 2003), pois está relacionada com as outras características dela. Madeiras com alta densidade, refletem em madeiras com altas propriedades mecânicas sendo utilizadas para fins estruturais, na construção civil (SHIMOYAMA, 1990).

As mudanças nas dimensões da madeira estão relacionadas com a umidade relativa do meio em que se encontra, por ser um material higroscópico pode tanto absorver, quanto expulsar a água de seu interior. Causando, retração ou alongamento, respectivamente, no seu tamanho. Essas mudanças têm como consequência complicações como: torções e surgimento de empenos e fendas (CALIL JUNIOR, *et al.*, 1998).

2.4.2.2 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas da madeira são compostas por rigidez e resistência. A rigidez é determinada pelo valor médio do módulo de elasticidade (paralelo e normal às fibras), determinado quando se leva em conta o comportamento elástico-linear. Enquanto a resistência é a capacidade do material em suportar tensões (ABNT NBR 7190, 1997).

A madeira pode estar solicitada por compressão, tração, cisalhamento e flexão. Ela tem resistências com valores diferentes conforme variar a direção da solicitação em relação

às fibras e em função do tipo de solicitação (SZUCS, *et al.*, 2015). As propriedades mecânicas são divididas em propriedades de elasticidade e de resistência.

2.4.2.3 Elasticidade ou Rigidez

Pode-se definir como elasticidade, a habilidade de um material voltar ao seu estado original sem demonstrar nenhuma deformação permanente, após removida a carga que o solicitava (CALIL JUNIOR; *et al.* 1998).

A madeira é composta de três valores de elasticidade, são eles: o módulo de elasticidade longitudinal na flexão, longitudinal na compressão e longitudinal normal, estabelecidos de acordo com a orientação da força aplicada em relação às fibras (GESUALDO, 2003).

2.4.2.4 Resistência

A resistência é o valor da força máxima que um material resiste quando este é submetido a ações de forças externas, sendo avaliada por meio da compressão, da tração e do cisalhamento (CALIL JUNIOR; *et al.*, 1998). A ABNT NBR 7190 (1997) classifica as madeiras conforme sua classe de resistência (Tabela 1).

Tabela 1: Classes de resistência das dicotiledôneas (Condição padrão de referência U = 12%).

Classes	f_{c0k} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)	$\rho_{bas,m}$ (Kg/m ³)	$\rho_{aparente}$ (kg/m ³)
C 20	20	4	9500	500	650
C 30	30	5	14500	650	800
C 40	40	6	19500	750	950
C 60	60	8	24500	800	1000

Fonte: ABNT NBR 7190 (1997).

2.5 Madeira de Reflorestamento

Silva (2002) relata o desafio da globalização do mercado consumidor, com a consequente necessidade de aumento da produtividade e do atendimento a padrões de qualidade cada vez mais exigentes, estimulam a exploração da madeira de reflorestamento.

De acordo com Pansiera (2010) a madeira oriunda do reflorestamento na construção civil garante seu uso sustentável e preserva florestas nativas. Porém o preconceito com a utilização da madeira para emprego estrutural, fez com que só aumentasse o receio no uso desse produto advindo do reflorestamento, tornando-o pouco difundido entre os profissionais executores de obra. No entanto Puccini (1997), afirma que questões ligadas a utilização florestal e a aspectos econômicos fizeram com que vários pesquisadores estudassem a viabilização técnica do uso de espécies de reflorestamento, como fonte alternativa para a extração racional da madeira. Em sua pesquisa ele menciona espécies de madeira de

reflorestamento e espécies nativas, com o objetivo de estudar suas propriedades físicas e mecânicas, no intuito de demonstrar a viabilidade técnica delas, incentivando o uso de árvores de origem sustentável, preservando as florestas nativas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho está baseada no levantamento de dados na literatura a respeito de galpões de uso agrícola e seus aspectos construtivos e estruturais, como o fechamento, os diferentes modelos de estruturas de cobertura e as suas finalidades e embasamento teórico na bibliografia na área de madeiras, ressaltando suas propriedades e vantagens estruturais com ênfase na utilização de madeiras de reflorestamento.

Estabelecidos o levantamento de dados, define-se a concepção estrutural e o pré-dimensionamento da estrutura de cobertura. Com auxílio das normas técnicas (ABNT) e softwares é realizado o dimensionamento dos componentes da estrutura com a especificação das ações atuantes na estrutura, observando-se sempre as situações mais críticas ocasionadas pelas combinações de ações de acordo com a possibilidade significativa de ocorrência simultânea dessas.

Neste trabalho, foi utilizado como projeto base o estudo realizado por Camargo (2001), que realizou o dimensionamento da treliça para a madeira nativa Jatobá pertencente a Classe de madeira C60. Propondo-se então a realização de um novo dimensionamento para a treliça apresentada no projeto do galpão agrícola de Camargo (2001), agora realizado de modo mais geral, englobando não somente uma espécie de madeira, mas sim para a Classe de madeiras C60, a qual enquadra-se o Jatobá e para a Classe C30, onde se enquadram algumas das madeiras mais utilizadas em reflorestamento atualmente.

3.1 Normas técnicas consultadas

- ABNT NBR 7190:1997 – “Projeto de estruturas de madeira”, esta norma fixa os parâmetros gerais a serem seguidos no projeto, na execução e no controle das estruturas de madeira.
- ABNT NBR 6123:1988 – “Forças devidas ao vento em edificações”, esta Norma fixa as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação estática e dinâmica do vento, para efeitos de cálculo de edificações.

3.2 Etapas de projeto

3.2.1 Definição da Tipologia de Cobertura

De acordo com Pfeil (2003), O sistema construtivo treliçado para estruturas de madeira é muito tradicional e amplamente utilizado em coberturas, tanto residencial como industrial, e em muitos casos até em pontes. A tipologia adotada para a treliça foi a apresentada por Camargo (2001), treliça do tipo “Howe”.

3.2.2 Tipologia do Galpão

Como citado acima, este trabalho teve como base o projeto de uma construção rural (Figuras 3 a 5) realizado por Camargo (2001), de acordo com os seguintes dados preliminares:

- Galpão rural para abrigos de animais;
- Vão livre a ser coberto no projeto arquitetônico de 15 metros;
- Comprimento do galpão de 30 metros;
- Altura do pé direito de 4,20 metros.

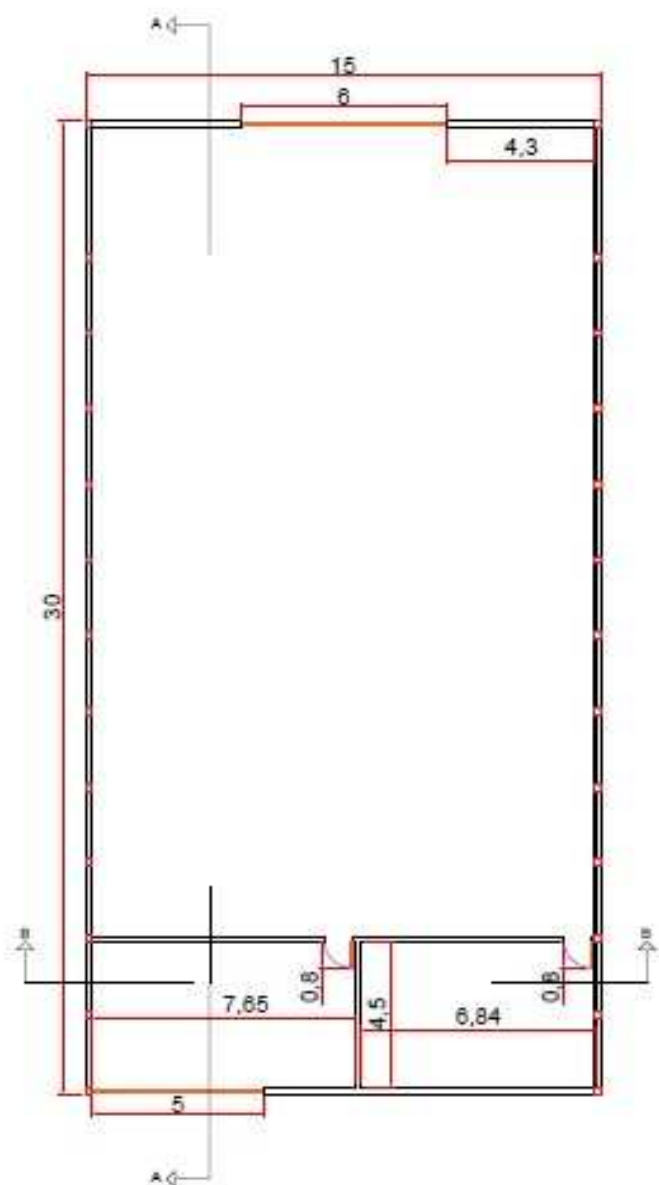


Figura 3. Projeto arquitetônico planta baixa (CAMARGO, 2001).

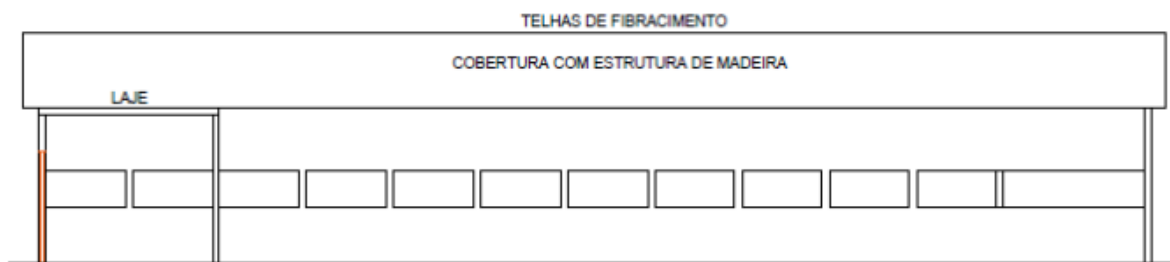


Figura 4. Projeto arquitetônico corte A-A (CAMARGO, 2001).



Figura 5. Projeto arquitetônico corte B-B (CAMARGO, 2001).

3.2.3 Pré-dimensionamento da Trelça de Madeira

No projeto, as seções transversais devem ser pré-estabelecidas com base em outras estruturas executadas e estas seções são, por sua vez, verificadas. Conforme Melo (2013), o pré-dimensionamento consiste numa estimativa inicial das dimensões das seções dos elementos estruturais, auxiliando no entendimento do comportamento da estrutura.

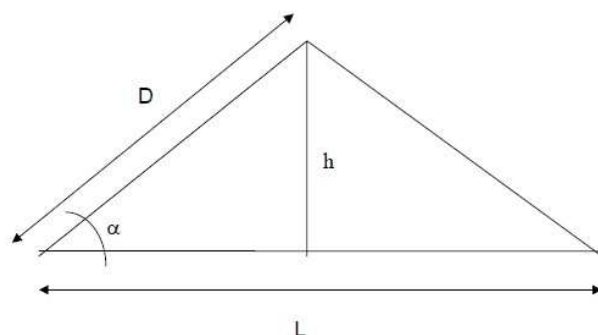
Em seu pré-dimensionamento, Camargo (2001) adotou uma área de seção transversal igual a $(12 \times 8) \text{ cm}^2$, para:

- Banzo superior e inferior;
- Diagonais;
- Montantes;
- Terças adotadas.

Com um espaçamento máximo entre tesouras de 1,99m, totalizando 15 estruturas.

3.2.3.1 Definição Geométrica da Treliça

A Geometria da treliça estudada é apresenta nas Figuras 6,7 e 8.



Onde:

- $\alpha = 15^\circ$;
- $L = 15\text{m}$;
- $\cos \alpha = (L/2) / D$;
- $\tan \alpha = h / (L/2)$;
- $h = 2,01\text{m}$.

Figura 6: Definição geométrica da treliça (CAMARGO, 2001).

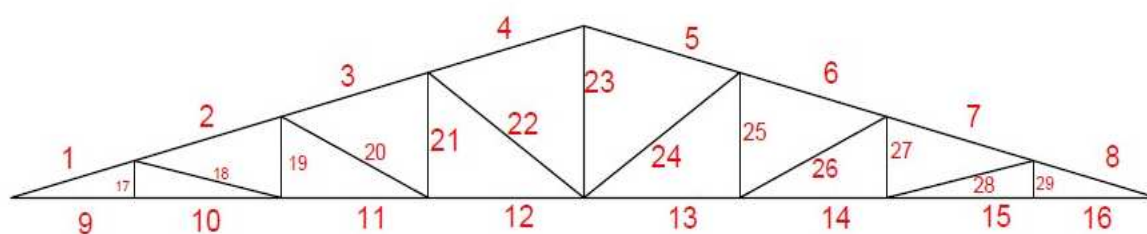


Figura 7: Disposição das barras da treliça.

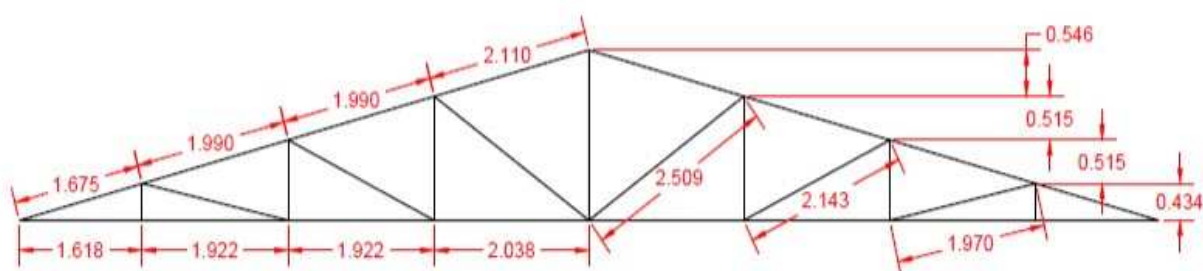


Figura 8: Dimensões das barras da treliça (em metros).

3.2.4 Esforços

Os esforços nas barras mais críticas da treliça obtidos por Camargo (2001), serviram como premissa para a verificação deste projeto (Tabela 2). Os esforços para as demais barras podem ser encontrados no Anexo 1.

Tabela 2: Esforços solicitantes nas barras mais críticas

Barra	Tração (kN)	Compressão (kN)	Comprimento (cm)
1	70,95	31,14	167,5
2	58,17	25,22	199
9	30,08	68,53	161,8
11	24,1	54,08	192,2
21	2,14	5,43	146,4
23	6,16	15,01	200,2
20	12,27	4,83	214,4
22	12,86	5,28	248,6

Fonte: Camargo (2001).

3.2.5 Dimensionamento das Barras da treliça

Com o uso do software JWOOD, software educacional para cálculo de estruturas de madeiras (Figura 9), foi realizado o dimensionamento das seções das barras mais críticas da treliça, Tabela1. Com a pretensão de obter o menor volume possível das duas classes de madeiras estudadas considerando os esforços de tração ($N_{t,d}$) e compressão ($N_{c,d}$).

JWood v1.00

Classe de Resistência kmod1 e 2 kmod3 **Geometria** Tração Compressão Flexão Verificações - Flexão Flexocompressão Relatório

Dados Geométricos

b = 8 cm
h = 10 cm
L = 167,5 cm
Área = 80,0 cm² **Calcular**

Cálculo de λ_x e λ_y

$\lambda_x = \frac{L}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}}$ $\lambda_x = 58,024$ **Calcular**
 $\lambda_y = \frac{L}{\sqrt{\frac{b^2}{12}}}$ $\lambda_y = 72,530$ **Calcular**

Inércia

$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$
 $I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$
 $I_x = 666,67$ cm⁴
 $I_y = 426,67$ cm⁴ **Calcular**

Módulo de Resistência

$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$
 $W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$
 $W_x = 133,33$ cm³
 $W_y = 106,67$ cm³ **Calcular**

INSTRUÇÕES:

Defina valores de base, altura e comprimento para o elemento de madeira a ser calculado.

*Área mínima: 50cm²
 *Dimensão mínima(lado) : 5cm

Então solicite o cálculo de esbeltez, inércia e módulo de resistência.

Note que as abas seguintes vão sendo liberadas conforme são feitos estes cálculos de propriedades.

Figura 9: Interface do software JWOOD.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 10 são apresentadas as seções encontradas no projeto inicial proposto por Camargo (2001). Nota-se que todas as peças apresentaram uma mesma seção transversal (5x7,5 cm) diferenciando apenas as diagonais 22 e 24 (5,5x11,5 cm).

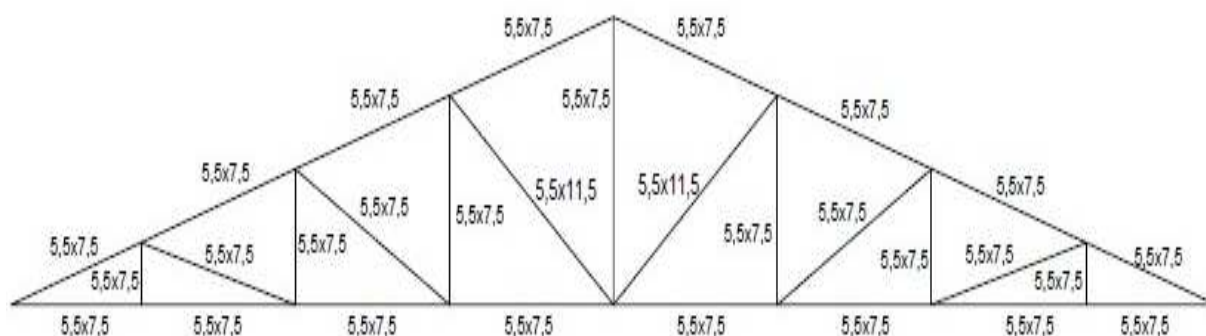


Figura 10: Dimensionamento das seções propostas (CAMARGO, 2001).

4.1 Dimensionamento da Treliça para Classe C30

Características utilizadas para o dimensionamento:

- ρ_{aparente} : 600 kg/m³
- f_{ck} : 30 MPa
- f_{vk} : 6 MPa
- E_c : 14500 MPa

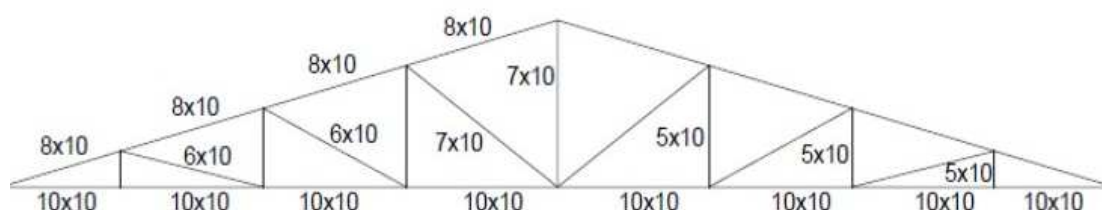
Cada barra foi verificada conforme os esforços da Tabela 2. Resultando nas dimensões apresentadas nas Tabelas 3 e 4 e ainda Figura 11.

Tabela 3: Seções mínimas para madeiras de classe C30.

Barra	$N_{t,d}$ (kN)	$N_{c,d}$ (kN)	Seção dimensionada	
			b x h (cm)	Área (cm ²)
1	74,67	48,86	8x10	80
2	74,67	36,78	8x10	80
9	93,33	85,39	10x10	100
11	93,33	69,32	10x10	100
21	46,67	17,197	5x10	50
23	65,33	25,12	7x10	70
20	56	14,263	6x10	60
22	65,33	16,834	7x10	70

Tabela 4: Dimensionamento das seções pelo tipo de barra da treliça, com madeira classe C30.

Peça	Seção (cm)
Banzo superior	8x10
Banzo inferior	10x10
Montante	5x10
Montante 23	7x10
Diagonais	6x10
Diagonais 22 e 24	7x10

**Figura 11:** Dimensionamento das seções de cada barra da treliça, com madeira classe C30.

4.2 Dimensionamento da Treliça para Classe C60

Características utilizadas para o dimensionamento:

- ρ_{aparente} : 1000 kg/m³
- f_{c0k} : 60 MPa
- f_{v0k} : 8 MPa
- E_{c0} : 24500 MPa

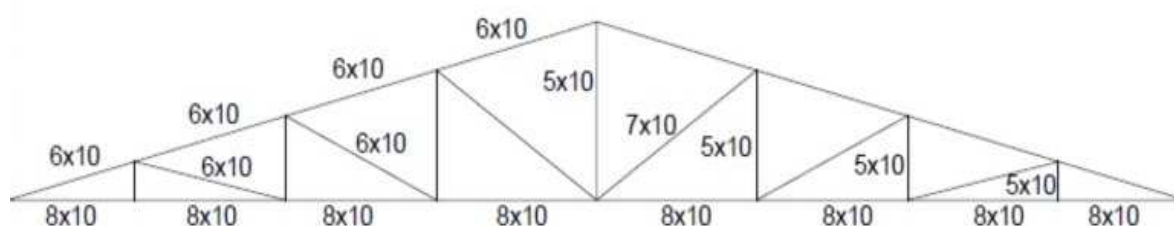
Cada barra foi verificada conforme os esforços da Tabela 2. Resultando nas dimensões apresentadas na Tabela 5 e 6 e ainda Figura 12.

Tabela 5: Seções mínimas para madeiras de classe C60.

Barra	$N_{t,d}$ (kN)	$N_{c,d}$ (kN)	Seção dimensionada	
			b x h(cm)	Área (cm ²)
1	112	38,59	6x10	60
2	112	28	6x10	60
9	149,33	90,35	8x10	80
11	149,33	67,46	8x10	80
21	93,33	29,56	5x10	50
23	93,33	16,31	5x10	50
20	112	24,32	6x10	60
22	130,67	28,71	7x10	70

Tabela 6: Dimensionamento das seções pelo tipo de barra da treliça, com madeiras de classe C60.

Peça	Seção (cm)
Banzo superior	6x10
Banzo inferior	8x10
Montante	5x10
Diagonais	6x10
Diagonais 22 e 24	7x10

**Figura 12:** Dimensionamento das seções de cada barra composta na treliça, com madeira C60.

Com base nos resultados apresentados, pode-se observar, como esperado, que algumas barras da treliça quando dimensionadas para a classe C30, necessitaram de seções transversais de dimensões superiores de quando dimensionadas para a classe C60.

Até mesmo ao comparar as seções transversais dimensionadas para a classe C60 e o projeto inicial de Camargo (2001), verifica-se discrepâncias nas dimensões, uma vez que, o dimensionamento das seções aqui realizado com o auxílio do software Jwood, foram atribuídos os valores de resistências correspondentes a classe C60, valores esses um pouco inferiores ao apresentado na NBR 7190 para a madeira Jatobá. Vale destacar ainda que também foi levado em consideração a recomendação de área mínima da seção transversal (50 cm^2) de acordo com NBR 7190.

4.3 Estimativa do Volume de Madeira

Nas Tabelas 7 e 8 são apresentados o volume estimado de madeira empregado para a construção da treliça do galpão rural proposto respectivamente para as classes de madeiras C30 e C60.

Tabela 7: Volume estimado de cada treliça para madeira C30.

Barra	Área (cm ²)	Comprimento (cm)	Volume (m ³)
1	80	167,5	0,0134
2	80	199	0,01592
3	80	199	0,01592
4	80	211	0,01688
5	80	211	0,01688
6	80	199	0,01592
7	80	199	0,01592
8	80	167,5	0,0134
9	100	161,8	0,01618
10	100	192,2	0,01922
11	100	192,2	0,01922
12	100	203,8	0,02038
13	100	203,8	0,02038
14	100	192,2	0,01922
15	100	192,2	0,01922
16	100	161,8	0,01618
17	50	43,4	0,00217
18	60	197,1	0,011826
19	50	94,9	0,004745
20	60	214,4	0,012864
21	50	146,4	0,00732
22	70	248,6	0,017402
23	70	200,2	0,014014
24	70	248,6	0,017402
25	50	146,4	0,00732
26	60	214,4	0,012864
27	50	94,9	0,004745
28	60	197,1	0,011826
29	50	43,4	0,00217
Total			0,400908

Cada treliça para o projeto de madeira C30 obteve um volume total de 0,400908 m³, considerando as 15 treliças do galpão esse volume chega a 6,01362 m³.

Tabela 8: Volume estimado para cada treliça de madeira C60.

Barra	Área (cm ²)	Comprimento(cm)	Volume (m ³)
1	60	167,5	0,01005
2	60	199	0,01194
3	60	199	0,01194
4	60	211	0,01266
5	60	211	0,01266
6	60	199	0,01194
7	60	199	0,01194
8	60	167,5	0,01005
9	80	161,8	0,012944
10	80	192,2	0,015376
11	80	192,2	0,015376
12	80	203,8	0,016304
13	80	203,8	0,016304
14	80	192,2	0,015376
15	80	192,2	0,015376
16	80	161,8	0,012944
17	50	43,4	0,00217
18	60	197,1	0,011826
19	50	94,9	0,004745
20	60	214,4	0,012864
21	50	146,4	0,00732
22	70	248,6	0,017402
23	50	200,2	0,01001
24	70	248,6	0,017402
25	50	146,4	0,00732
26	60	214,4	0,012864
27	50	94,9	0,004745
28	60	197,1	0,011826
29	50	43,4	0,00217
Total			0,335844

O dimensionamento para classe C60, obteve um volume de 0,335844 m³ para cada treliça e 5,03766 m³ para todo projeto.

A diferença do volume de madeira empregada para os dois projetos, foi de apenas 0,97596 m³ maior em relação da C30 para C60, aumento de aproximadamente 11%.

5 CONCLUSÕES

O objetivo proposto de avaliar quantitativamente a aplicabilidade das madeiras de reflorestamento com função estrutural em galpões agrícolas, foi alcançado, realizou-se o dimensionamento seguro de uma tesoura de cobertura com madeira com resistência inferior a resistência das madeiras tradicionais para um mesmo projeto estrutural.

A diferença do volume de madeira empregada para os projetos, foi de apenas 0,97596 m³ maior em relação a madeiras de classe C30 para madeiras de classe C60, aumento de aproximadamente 11%, evidenciando um grande potencial da aplicabilidade de madeiras advindas de floresta plantada, em projetos estruturais.

Entretanto, se faz necessário um estudo mais aprofundado e pontual sobre a região que se pretende empregar esta classe de madeira, levando em consideração o valor comercial das espécies presentes a classe de resistência (C30), identificando a viabilidade econômica dentre outras espécies.

Sugere-se ainda que para trabalhos futuros seja feita uma avaliação com galpões de dimensões e vãos entre treliças diferentes, uma vez que, tais fatores podem influenciar nos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLOGRAFICAS

ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G. L.; ANGELO, H. **Infraestrutura Brasileira para produção de madeira serrada de reflorestamento**. Floresta e Ambiente 2014 out./dez.; 21(4):449-456, ISSN 1415-0980.

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

BRITO, L.D; CALIL JUNIOR, C. **Manual de Projeto e Construção de Estruturas Com Peças Roliças de Madeira de Reflorestamento**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, v. 12, n. 56, p. 57-78, 2010.

CALIL JUNIOR, C.; DIAS, A. A. **Utilização da madeira em construções rurais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 1, p.71-77, 1997.

CALIL JUNIOR, C. **Estruturas de Madeira: Notas de Aula**. Apostila para a disciplina de Estruturas de Madeira, 1998. Universidade de São Paulo, escola de Engenharia de São Carlos/USP.

CALIL JUNIOR, C.; ROCCO LAHR, F.A.; ALVES DIAS, A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Editora Manole, Barueri, SP, Brasil ISBN: 85-204-1515-6

CAMARGO, M. L. R. M. **Diretrizes Gerais para o Projeto Estrutural de Construções Rurais**. Campinas-SP. 2001. Universidade Estadual De Campinas. Faculdade De Engenharia Agrícola- FEAGRI [s.n.], 2001.

CLARO, A.T. **Cargas Atuantes nas Fundações e sua Implantação em Solos Arenosos do Interior do Estado de São Paulo**. Campinas-SP. 1998. Universidade Estadual De Campinas. Faculdade De Engenharia Agrícola- FEAGRI

CURI, T. V. **Dimensionamento de Um Sistema Trelaçado em Cobertura de Madeira para Galpão Rural – Abordagens Analítica e Numérica**. Anápolis. 2011. Universidade Estadual de Goiás.

EMBRAPA. **Produção de Aves e Suínos**. 2003. Disponível em <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/construcao.html#pe>> Acessado em: 30 abril. 2018. 13:40.

GESUALDO, F. A. R.; **Estruturas de Madeira (Notas de Aula)**. Apostila para a faculdade de Engenharia Civil. 2003. 92p. Universidade Federal de Uberlândia

FERREIRA, R. A. **Maior Produção com Melhor Ambiente para Aves, Suínos e Bovinos**. Viçosa-Mg: Aprenda Fácil, 2005.

FERRARI, A. M. W.; JUNIOR, E. F. C. **O emprego da madeira na busca pela sustentabilidade na construção civil**. 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de abril de 2010.

G DALL'AGNOL, FELIPE. **Estudo comparativo de estruturas de cobertura em madeira variando-se o vão e o tipo de tesoura**. Trabalho de conclusão de Curso- Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paro Branco, 2017.

MOLITERNO, A. **Caderno de Projetos de Telhados em Estruturas de Madeira**. 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

NOVAIS, D. **Instalações Rurais**. 2014. Disponível em <<http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/13-35-34-apostilainstalacoesrurais.pdf>> Acessado em: 01 abril. 2018. 18:30

PADILHA, E. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus Patula Schltl.*** TCC(graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Curitibanos. Engenharia Florestal. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/174176>> Acessado em 10 de novembro. 2020.

PANSIERA, D. B. **Ação do Vento em Cobertura de Madeira Roliça para Galpões de Fertilizantes**. Ilha Solteira-SP. 2010. Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

PAROLIN, BETINA. **Projeto estrutural de uma treliça de madeira maciça de acordo com diferentes sistemas construtivos**. 2017. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

PEREIRA, M. F. **Construções rurais**. 4º ed. São Paulo, BR: Nobel, 1986.

PFEIL, W.; PFEIL, M.; **Estruturas de Madeira**. 6ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 224p.

PINHEIRO, R. V.; **Influência da Preservação Contra a Demanda Biológica em Propriedades de Resistência e de Elasticidade da Madeira**. 2001. Universidade de São Paulo, escola de Engenharia de São Carlos/USP.

PRAVIA, Z. M. C.; CHIARELLO, J, A.; **O programa visual ventos: determinação de forças devidas ao vento em edificações de base retangular e cobertura a duas águas segundo a nbr6123**. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura Curso de Engenharia Civil – COBENGE 2003, Núcleo ETOOLS/UPF Bairro São José, Passo Fundo, RS.

PUCCINI, C. T. **Estruturas de Cobertura Treliçadas em Madeira - Análise de Viabilidade das Soluções Adotadas para o Meio Rural**. Campinas, SP.1997. Universidade Estadual De Campinas. Faculdade De Engenharia Agrícola- FEAGRI

PUCCINI, C. T. **Avaliação de aspectos de qualidade da madeira utilizando o ultra-som** / Carlos Teixeira Puccini. -- Campinas, SP: [s.n.], 2002.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando à sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em Eucalyptus sp. Piracicaba, 1990**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

SOUZA, J, L, M. **Manual de Construções Rurais**. 3º ed. Curitiba-PR. 1997. Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais. Universidade Federal do Paraná

SCARSI, C. G. (2017) **Estudo da viabilidade técnica para o emprego de madeiras não convencionais em estruturas treliçadas tipo “Howe” para coberturas, com inclinação de 20 graus e telha de fibrocimento (vãos de 8 a 18 metros)**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil – Unemat – Sinop.

SZÜCS, C. A. et al.; **Estruturas de Madeira**. Florianópolis, 2015. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWSKY, I. P. **Preservação de madeiras no Brasil: Histórico, cenário atual e tendências**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, jan.-mar., 2015.

ZANGIÁCOMO, A. L. **Emprego de espécies tropicais alternativas na produção de elementos estruturais de madeira laminada colada**. São Carlos, 2003. 78p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ANEXO - 1

Tabela 6.4 - Esforços internos obtidos pelo arquivo de saída F3F do SAP-90.

barra	Carga permanente (N_{gd})(KN)	Carga permanente + ventol N_{gvdI} (KN)	Carga permanente + ventoll N_{gvdII} (KN)	Ventol Sucção N_{vdl} (KN)	Ventoll Pressão N_{vdII} (KN)
1	- 20,72	+ 70,95	- 31,14	+ 60,20	- 9,92
2	- 16,65	+ 58,17	- 25,22	+ 49,19	- 8,16
3	- 13,81	+ 53,67	- 17,48	+ 44,68	- 3,50
4	- 10,93	+ 38,98	- 16,67	+ 32,86	- 5,46
5	- 10,93	+ 38,98	- 16,67	+ 32,86	- 5,46
6	- 13,81	+ 48,29	- 20,93	+ 40,84	- 6,78
7	- 16,65	+ 58,17	- 25,22	+ 49,19	- 8,16
8	- 20,72	+ 70,95	- 31,14	+ 60,20	- 9,92
9	+ 20,02	- 68,53	+ 30,08	- 58,14	+ 9,58
10	+ 20,02	- 68,53	+ 30,08	- 58,14	+ 9,58
11	+ 16,09	- 54,08	+ 24,10	- 46,02	+ 7,63
12	+ 13,34	- 43,08	+ 19,77	- 36,89	+ 6,12
13	+ 13,34	- 43,08	+ 19,77	- 36,89	+ 6,12
14	+ 16,09	- 54,08	+ 24,10	- 46,02	+ 7,63
15	+ 20,02	- 68,53	+ 30,08	- 58,14	+ 9,58
16	+ 20,02	- 68,53	+ 30,08	- 58,14	+ 9,58
17	0	0	0	0	0
18	- 4,03	+ 14,81	- 6,13	+ 12,43	- 2,00
19	+ 0,89	- 3,26	+ 1,35	- 2,74	+ 0,44
20	- 3,06	+ 12,27	- 4,83	+ 10,17	- 1,68
21	+ 1,36	- 5,43	+ 2,14	- 4,50	+ 0,74
22	- 3,41	+ 12,86	- 5,28	+ 10,75	- 1,78
23	+ 3,98	- 15,01	+ 6,16	- 12,55	+ 2,08
24	- 3,41	+ 12,86	- 5,28	+ 10,75	- 1,78
25	+ 1,36	- 5,43	+ 2,14	- 4,50	+ 0,74
26	- 3,06	+ 12,27	- 4,83	+ 10,17	- 1,68
27	+ 0,89	- 3,26	+ 1,35	- 2,74	+ 0,44
28	- 4,03	+ 14,81	- 6,13	+ 12,43	- 2,00
29	0	0	0	0	0

Fonte: Camargo (2001).