

HUMBERTO DE MEDEIROS ROCHA

ESTADO DA ARTE DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA EM PATOS - PB

Trabalho Monográfico apresenatado
ao Curso de Engenharia Florestal
da Universidade Federal da Paraíba
como parte dos requisitos para
obtenção do Grau de Engenheiro
Florestal.

PATOS - PARAIBA

1992

ESTADO DA ARTE DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA EM PATOS - PB

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADOR



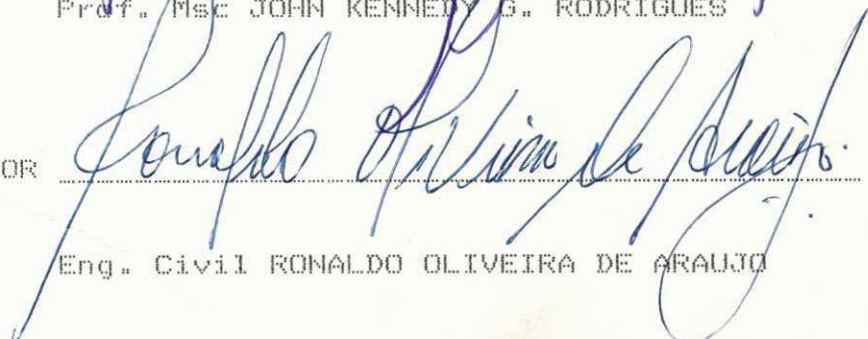
Prof. CARLOS ROBERTO DE LIMA

EXAMINADOR



Prof. Msc JOHN KENNEDY G. RODRIGUES

EXAMINADOR



Eng. Civil RONALDO OLIVEIRA DE ARAUJO

CONTEUDO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Treliças.....	4
2.1.1. Considerações Gerais	4
2.1.2. Classificação	7
2.1.3. Dimensionamento	8
2.1.4. Ligações	12
2.1.5. Cuidados a serem tomados com as treliças	13
2.2. Arcos	14
2.3. Pórticos	16
2.4. Madeira Laminada Colada	17
2.4.1. Vantagens da Madeira Laminada	18
2.4.2. Desvantagens da Madeira Laminada	19
2.4.3. Aplicações	20
3. METODOLOGIA	21
4. RESULTADOS	23
4.1. Existência ou não de Projetos	23
4.2. Madeira utilizada	23
4.3. Uso de Preservativo	26
4.4. Formas de Carregamento	26

4.5. Ligações dos Elementos Estruturais	36
4.6. Estado Atual das Estruturas.....	36
4.7. Periodicidade de manutenção	37
4.8. Espécies Nativas e Exóticas e época de Execução.....	37
4.9. Pesquisas Sobre as Madeiras Comercialiadas em Patos ...	38
4.10. Confronto de Informações entre a Realidade da Região e Empresas que trabalham com Pré - fabricação de Estruturas de Madeira.....	38
5. CONCLUSOES E SUGESTOES.....	39
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
7. ANEXOS.....	43

LISTA DE FIGURAS

1. PRINCIPIO DE FORMAÇÃO DAS TRELIÇAS	5
2. APLICAÇÃO CORRETA DOS CARREGAMENTOS	5
3. TRELIÇAS PRATT, SIMPLES	9
4. TRELIÇAS HOWE, SIMPLES	9
5. TRELIÇAS WARREN, SIMPLES	10
6. TRELIÇAS COMPOSTAS	10
7. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	27
8. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	27
9. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	28
10. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	28
11. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	29
12. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	30
13. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	31
14. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	32
15. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	33
16. ESTRUTURA TRELIÇADA - ESPECIFICAÇÃO*	34

* Especificação - Ver Quadro 1.

LISTA DE QUADROS

1. LOCALIZAÇÃO, PROPRIETÁRIO, MADEIRA UTILIZADA,
PROJETO OU NÃO 24

2. PRINCIPAIS MADEIRAS COMERCIALIZADAS EM PATOS - PB,
PARA FINS ESTRUTURAIS 25

RESUMO

Este trabalho constitui - se em um levantamento na Cidade de Fatos - Pb, no qual procurou - se saber as reais condições das construções, no tocante à utilidade de estruturas de madeiras, condições de funcionamento, etc. Trabalhou -se com um mínimo de quatro estruturas de pequeno vão (até 8m); quatro de médio vão (8 - 12m); e de grande vão (acima de 12m). Ao visitar as construções, investigou - se as estruturas de madeira no tocante aos seguintes aspectos: existência ou não de projetos, uso de preservativos, forma de carregamento, madeiras utilizadas, entre outros. Verificou - se nesse levantamento . A não utilização das nossas espécies madeireiras, pois durante a pesquisa de mercado, constatou - se a comercialização de apenas espécies originárias de outros Estados (Tocantins, Para, Maranhão). Ao terminar esse levantamento, chegou -se a uma conclusão, de que, em termos de estruturas de madeira, estamos bastante atrasados, pois as estruturas levantadas apresentam - se com vários pontos negativos, como: não elaboração de projetos, ausência de tratamento das madeiras utilizadas, carregamentos aplicados incorretamente, entre outros problemas.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Quando em uma construção se faz necessário o vencimento de um grande vão, para construção de coberturas ou telhados, lança-se mão de estruturas que podem vir a ser: metálicas, de madeira ou até mesmo de concreto.

As estruturas de madeira, tem um uso bastante difundido, por garantirem uma boa segurança, aliada ao fator econômico, pois seu custo é bem menor que das estruturas executadas com outros materiais. No entanto, para que estas estruturas ofereçam segurança efetiva aos seus usuários, é necessário que alguns fatores sejam observados, como: elaboração de projetos, preservação e manutenção das mesmas. Geralmente a construção destes tipos de estruturas fica a cargo de carpinteiros, de maneira empírica, sem obedecer a lei de formação das treliças, como também utilizando carregamentos irregulares. Geralmente, como garantia, superdimensionam as estruturas, refletindo em maiores gastos de madeira, aumentando os custos entre outros problemas.

Esse fato ocorre, devido a pouca importância dada pelos proprietários das obras, a um projeto estrutural, elaborado dentro dos padrões de segurança e qualidade que dessa maneira ficam sujeitos a utilização de um maior volume de madeira, para construção das estruturas, como também colocando em risco a segurança dos usuários.

O presente trabalho, tem por objetivo, verificar in loco o estado da arte dos projetos estruturais em madeira, no tocante aos aspectos: projeto e execução de estruturas de madeira, carregamento e manutenção de estruturas de madeira no município de

Patos - Pb, procurando identificar problemas existentes nestas etapas, bem como propor possíveis soluções para estes, proporcionando assim maior segurança aos usuários, bem como buscar a otimização no dimensionamento dos elementos estruturais, e consequentemente diminuição dos custos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Treliças

2.1.1. Considerações Gerais

São sistemas de vigas cruzadas, empregadas no travejamento de pontes, em coberturas de prédios etc.

Chamamos treliças simples as treliças isostáticas, obtidas a partir de uma estrutura triangular inicial, pela adição de duas a duas barras, todas com as extremidades rotuladas, formando um conjunto rígido, onde todas as cargas deverão ser aplicadas apenas sobre os nós. Essas cargas são provenientes da cobertura e cargas naturais provenientes da pressão do vento que são transmitidas às treliças através de vigamento secundário (SUSSEKIND, 1979; CARDÃO, 1981 ; PFEIL 1984). Figs. 2.1 e 2.2.

Segundo SUSSEKIND (1979) qualquer sistema reticulado constituído por um polígono fechado rotulado em seus vértices é deformável (hipostático), exceto os triângulos.

As treliças foram idealizadas com fins econômicos, visto que estas, compunham um sistema estrutural mais econômico que as vigas, além de vencer maiores vãos e suportarem cargas mais pesadas. Considerando que esta economia, foi resultado de uma comparação entre diversos fatores, como: material, mão - de - obra, equipamentos de execução, etc., utilizados nos dois casos, podemos dizer que esta varia de região para região e de época para época.

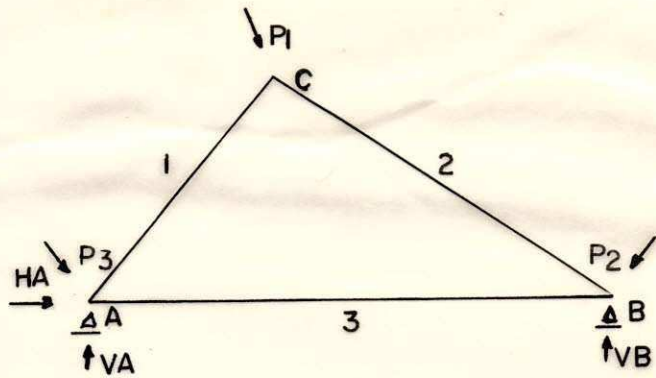


FIGURA 2.1 PRINCÍPIO DE FORMAÇÃO DAS TRELIÇAS ISOESTÁTICAS

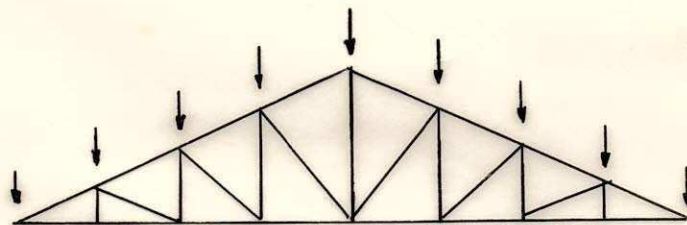


FIGURA 2.2 APLICAÇÃO CORRETA DOS CARREGAMENTOS

Segundo SUSSEKIND (1979) uma treliça biapoiada, constituída por três barras, formando um triângulo, é isostática. Se a partir daí, formarmos novas treliças acrescentando à existente duas a duas novas barras, concorrentes cada duas delas num novo nó, a nova treliça será também isostática, pois a cada duas novas incógnitas (esforços normais nas duas novas barras), correspondem duas novas equações de equilíbrio (equilíbrio do novo nó).

Uma treliça plana, apoiada sob três apoios do primeiro gênero, é considerado estável, desde que as reações destes apoios não sejam paralelos entre si nem concorram, todas elas num mesmo ponto.

Podemos encontrar outro tipo de treliça isostática, que é a treliça triarticulada, a qual possui seis incógnitas (quatro reações de apoio e esforços normais em duas barras), e seis equações de equilíbrio.

Devido aos esforços de tração e de compressão a que são submetidas, as treliças são geralmente de madeira ou aço, uma vez que esses materiais, suportam bem a esses dois tipos de esforços. Podem ocorrer, embora raramente, treliças de concreto, pois, como sabemos este material não trabalha bem a tração, além de ser executada de uma só vez, não permitindo à montagem peça por peça, como ocorre com as de madeira e aço.

De acordo com FFEIL (1984) as treliças de madeira, apresentam flexas decorrentes do trabalho elástico do material, da deformabilidade das ligações (nós, emendas), e da deformação lenta da madeira. Para contrabalançar esse fato, as treliças são construídas com contraflexas, calculadas de acordo com o artigo 45 da NB - 11.

Para treliças de cobertura, recomenda - se uma contraflexa da ordem de 4% do vão (PFEIL,1984).

CARDÃO (1981) cita que os componentes de uma treliça estão sujeitos simplesmente à esforços de compressão ou tração, não permitindo que as peças trabalhem à flexão, possibilitando assim, o emprego de seções pequenas, diminuindo consideravelmente os custos das treliças. As treliças de madeira são econômicas para vãos de até 12m, porque até esse limite não haverá necessidade de alterações na forma original e serão usadas simples peças de seção comercial.

Para DAMIANO (1983) são as seguintes as barras principais de uma treliça: um elemento horizontal (banzo inferior), que pode ser formado por duas ou mais barras; dois elementos inclinados (banzo superior) que partem das extremidades do banzo inferior e se encontram no ponto médio do banzo inferior, um elemento (montante central), que parte do ponto médio do banzo inferior, prosseguindo até encontrar o cruzamento dos dois banzos superiores. Na maioria dos casos, devido à dimensão do vão a ser vencido, há necessidade de se utilizarem montantes laterais (pendurais) paralelos ao montante central, para que a triangulação da estrutura se complete, e com isso sua isostaticidade interna são colocadas nas tesouras, peças inclinadas (diagonais ou escoras).

2.1.2. Classificação

SUSSEKIND(1979) classifica as treliças quanto a estaticidade e quanto a lei de formação. Quanto a estaticidade, as treliças são classificadas em hipostáticas, isostáticas e hiperestáticas.

Quanto a lei de formação, as treliças são classificadas em simples, compostas e complexas.

Segundo PFEIL(1984) as treliças planas denominam - se isostáticas quando os esforços nas barras podem ser determinados pelas três equações de equilíbrio da estática. As treliças planas isostáticas podem ser de três categorias:

a. Simples - formadas a partir de três barras ligadas em triângulo, juntando -se a estas duas novas barras, para cada novo nó rotulado (FIG. 2.3; 2.4; 2.5.).

b. Compostas - formadas pela ligação de duas ou mais treliças simples, por meio de rótulos ou barras birotuladas (FIG. 2.6).

c. Complexas - treliças isostáticas que não obedece as regras de formação simples ou composta.

Na prática as treliças mais usadas são as simples e compostas. Dentre elas, encontram - se: a Howe, que apresenta as diagonais comprimidas e os montantes tracionados (FIG. 2.3); a Pratt, que ao contrário da Howe mostra - se com as diagonais tracionadas e montantes comprimidos (FIG.2.4); e ainda o tipo Warrem, que apresenta parte das diagonais comprimidas e parte tracionadas (FIG. 2.5).

2.1.3. Dimensionamento

Um fator de grande importância, quando do Projeto de estrutura de madeira, é o dimensionamento, através do qual, se tem todas as informações necessárias. Para que estas venham a atender as necessidades, no tocante a qualidade e economia.

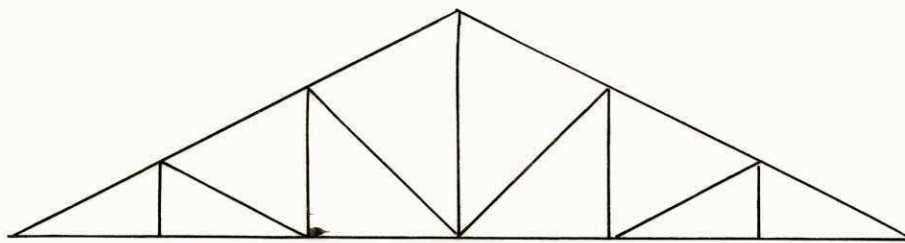


FIGURA 2.3 TRELIÇA HOWE; SIMPLES

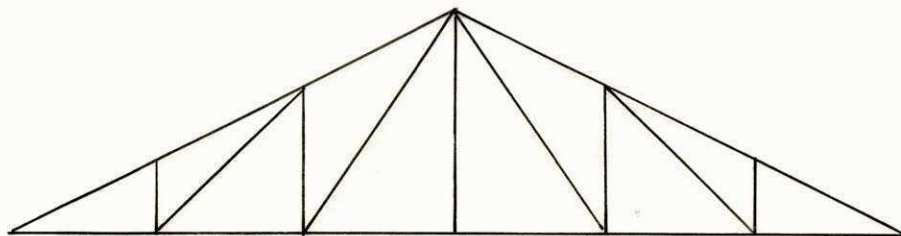


FIGURA 2.4 TRELIÇA PRATT; SIMPLES

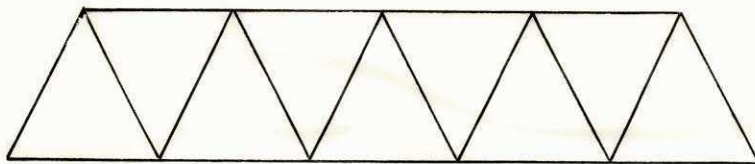


FIGURA 2.5 TRELIÇA WARREN; SIMPLES

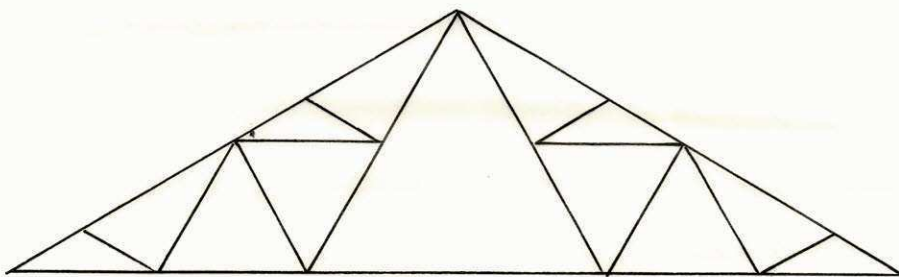


FIGURA 2.6 TRELIÇA COMPOSTA

Para BARROS JR. e HELLMEISTER (1989) no Brasil, o dimensionamento de estruturas de madeira para coberturas está muito aquém das reais possibilidades do País, apesar de sua grande vocação florestal. Esse fato ocorre devido a três motivos principais: a falta de profissionais interessados em estruturas de madeira; a falta de conscientização dos proprietários das obras, que não valorizam um projeto feito dentro dos padrões de segurança e qualidade; e a não existência no País de uma política de incentivo à utilização adequada e racional da madeira, que divulgaria o material, bem como suas aplicações.

Segundo MOLITERNO (1990) o cálculo estático das treliças Howe e Pratt, ainda é resolvido lançando - se mão de hipóteses simplificadoras, empregando - se métodos gráficos (Diagramas de Cremona) gráfico analítico (Culmann), assim como os métodos analíticos de Ritter (seções) ou equilíbrio dos nós. Mesmolançando - se mão do processamento de dados, através dos programas Stress, strudel, Stardyne, etc., as hipóteses simplificadoras são as seguintes:

- a. Os nós ou juntas, são considerados articulados;
- b. O plano das cargas, corresponde ao plano da treliça. Para cada plano de força, corresponde uma treliça, o que justifica a necessidade dos contraventamentos. Aqui cabe dizer que, outra função dos contraventamentos é estabelecer a devida contenção lateral, para garantir o equilíbrio elásticos das barras.
- c. As cargas concentradas, aplicadas nos nós, para termos esforços axiais nas barras;

d. As barras devem ser consideradas perfeitamente retas(evitar a teoria de 2ª ordem nas peças comprimidas). Com isso, deixam de existir os esforços transversais.

Respeitadas essas hipóteses simplificadoras, podemos classificar as treliças em:

- Isostáticas, quando $b = 2n - 3$
- Hiperstáticas, quando $b > 2n - 3$
- Hipostáticas, quando $b < 2n - 3$

Sendo, b = número de barras

n = número de nós

2.1.4. Ligações

De acordo com SUSSEKIND (1979) não é comum se encontrar barras unidas por pinos sem atritos, sendo mais comum ligar as barras nos nós através de chapas auxiliares, nas quais rebitamos, soldamos ou parafusamos as barras neles concorrentes. Estas ligações geralmente criam restrições à livre rotação relativa das peças nos nós, provocando pequenos momentos nas barras, de pequeno significado, comprovado por estudos e cálculos rigorosos feitos levando - se em conta sua influência.

Estes estudos mostram que, se todas as barras tiverem seus eixos no mesmo plano e, se esses eixos se encontrarem num único ponto em cada nó, os resultados reais pouquíssimos diferem dos resultados obtidos.

No dimensionamento das barras, são considerados dois efeitos que depende dos nós, a saber: enfraquecimento da seção causada por entalhes ou furos e excentricidade das cargas axiais. Na verdade, os nós das treliças são rótulas imperfeitas. Para que esse grau de imperfeição das rótulas sejam reduzidos, é necessário que, os eixos das hastes cruzem - se em um ponto, e que a ligação seja compacta. Desse modo, são pequenos os momentos provocados pela rigidez dos nós.

CESAR e PLETZ (1986) recomendam que se dêem preferência a conectores feitos de madeira (cavilha), nas ligações expostas ao ataque de gases agressivos e ao intemperismo, pois estes não apresentam problemas de oxidação ou corrosão, não atacando a madeira (problema que ocorre com os conectores metálicos).

As ligações pregadas devem ser executadas com equipamento adequado para furar ou fresar, sempre que o diâmetro for maior que 0,4 mm. As ligações feitas através de dentes, devem conter elementos de segurança tais como: estribos, parafusos, braçadeiras, etc. Já nas ligações em que houver entalhes, estes não devem ser maiores que um terço da menor dimensão da seção transversal da peça (CESAR e PLETZ, 1986).

2.1.5. Recomendações para um bom desempenho das treliças de madeira

Para que as treliças de madeira, tenham um bom desempenho quando em funcionamento, é necessário que alguns cuidados sejam observados. como segue:

Segundo CESAR e PLETZ (1986) peças com defeitos, manchadas

ou atacadas por insetos, devem ser trocadas por outras de melhor qualidade.

Não deve ser utilizada madeira verde ou úmida, para que a estrutura não venha sofrer grandes variações dimensionais de suas peças e ocasionar flexas, afrouxamentos das ligações, rachaduras, empenamentos, estalos ,etc.

Usar madeiras com boas propriedades mecânicas (elasticidade e resistência).

Usar madeiras preservadas.

As peças expostas ao intemperismo devem receber manutenção periódica, com tintas ou produtos impermeabilizantes.

As estruturas de madeira devem ser executadas conforme projetadas.

As estruturas de madeira devem receber tratamentos contra o fogo.

As treliças devem formar uma rede de triângulos.

As barras das treliças devem ter seus eixos concorrendo para seus nós teóricos.

Os apoios devem ser executados conforme determinações do projeto.

As treliças de madeira devem ser executadas sob orientação de engenheiros com especialização na área.

As treliças de madeira devem ser compostas por peças simétricas entre si, e as terças devem se apoiar somente sobre os nós das mesmas.

2.2. Arcos

São estruturas encurvadas, em forma de arco, empregada para

o vencimento de grandes vãos. O uso dos arcos de madeira, teve grande ascendência nas décadas de 1940 e 1950, principalmente pelos concorrentes da firma Estruturas Hauff, cuja característica marcante eram as estruturas treliçadas, inclusive os arcos. A utilização dessas estruturas, se justifica devido aos grandes vãos que eram impostos às estruturas da Hauff (BREVER, 1983).

Segundo MOLITERNO (1990) além dos arcos treliçados outros sistemas eram utilizados, tais como:

- a. De L'ormé - tábuas encostadas lateralmente, erroneamente designados como arcos em contraplacado .
- b. Emy - tábuas justaposta, fixas por passadores de aço ou parafusos .
- c. Tábuas cruzadas - projeto do Engenheiro Hempel .
- d. Laminarco - sistema Emy - Heltzer , confeccionados em São Paulo pela firma C. T.R - Laminarco.

Na Europa o sistema Laminarco é conhecido como sistema Emy - Heltzer, pois este sistema nada mais é do que sistema Emy, onde as ligações por pregos e pinos passantes, são substituídas pela ligação colada, nas quais são utilizadas resinas sintéticas aplicadas à frio.

Os arcos treliçados de grandes vãos biarticulados foram executados apenas pelo engenheiro Erwin Hauff, todos os demais até hoje existente, são atirantados. Os arcos de alma cheia do tipo De L'ormé e Emy, que se encontram em uso desde 1950, apresentam sérios problemas de deformação pós - flambagem, tanto no

plano arco, como no plano normal ao mesmo. Isso ocorre devido a falta de cotraventamento de contenção lateral adequada. Um outro problema dos arcos, esse também é um problema encontrado nos pórticos e treliças, é que a execução destes é feita por pessoas pouco qualificadas tecnicamente que adquiriram algum conhecimento prático em firma, mais infelizmente sem nenhum conhecimento teórico relativo a resistência dos materiais no tocante à esbeltez e flambagem (MOLITERNO, 1990).

2.3. Pórticos

São átrio amplo, formado por treliças compostas com o teto sustentado por colunas ou pilares. O efeito de pórtico, é utilizado para resistir a ação do vento, enrijecendo os nós extremos das treliças contra a possibilidade de deslocamento.

De acordo com MOLITERNO (1990) o tipo de pórtico mais empregado tem sido o tipo triarticulado em duas águas. Um outro tipo de pórtico utilizado, são os de alma cheia formado por tábuas cruzadas e treliças biarticuladas. Para que estes pórticos se encontrem em uma condição ideal, devem obedecer a relação $1/4$ à $1/2$, mas essa relação é dificilmente cumprida na prática.

Segundo MOLITERNO (1990) os pórticos de alma cheia, formados por tábuas cruzadas inclinadas à 45° com o eixo de viga e dos pilares, tiveram pouco emprego como opção das estruturas aporticadas. Isto paralelamente devido seu elevado peso próprio, o que deve resultar o içamento e montagem na posição sobre os mesmos. Já se tem notícias de utilização de madeira laminada colada na construção de pórticos, e como exemplo tempos dois

pórticos na capital de São Paulo, com vãos de 15m a 22m executados sob orientação do IPT, aos cuidados do engenheiro Vinícios Walter Calia em 1955 e 1957 respectivamente.

2.4. Madeira laminada Colada

Segundo Breuer (1983) a técnica de fabricação de vigas pelo sistema de colagem de lâmina de madeira, possibilita a construção de obras com até 100m de vão livre.

Para que a produção de estruturas de madeira laminada possa ser viável tecnicamente, as condições abaixo devem ser cumpridas.

As técnicas de serraria e secagem deve ser rigorosas para que se obtenha dimensões uniformes e evite - se deformações durante o período de secagem, o que comprometeria o seu uso como peça estrutural.

A madeira deve ser escolhida e classificada, através de normas próprias, visto ainda não terem sido publicadas as normas nacionais, com o fim de garantir uma resistência uniforme.

No Sul e Sudoeste do Brasil, as estruturas pré - fabricadas em madeira, já estão em uso embora que ainda, para vãos de até 30m, confeccionados de madeira maciça, enquanto que na Europa, Estados Unidos e Canadá a realidade é outra, onde se lança mão das madeiras laminadas coladas, e a partir destas confeccionam -se estruturas capazes de vencer grandes vãos.

Segundo GALAZ (1979) madeira laminada é a união de laminas, através de seus cantos, caras e extremos, com sua fibra na mesma direção, conformando um elemento em esquadro de mesma largura, e que funciona com uma só unidade estrutural.

Tipos de madeira laminada, segundo GALAZ (1979)

Dependendo do elemento utilizado para se unir as lâminas de madeira, temos vários tipos de madeira laminada.

- Madeira laminada cravada - lâmina unidas através de cravos.
- Madeira laminada pregada - elemento de união - prego
- Madeira laminada colada - as peças são unidas através de colagem ;

Para se evitar problemas de secagem e também por uma questão de economia, chegou - se a conclusão de que a espessura das lâminas não deve ser inferior a 3/4 "(polegadas), nem também superior a 2".

2.4.1. Vantagens da madeira laminada, segundo GALAZ (1979)

- a. O adesivo permite o uso de lâminas curtas e estreitas que unidas eficientemente, podem conformar peças estruturais de qualquer espessura, largura, comprimento e de formas variadas.
- b. A espessura das lâminas menor que 2", permite secar a madeira facilmente, ao conteúdo de umidade desejada (antes de usá-la), com menor defeito de secagem e, portanto, da estrutura propriamente dita.
- c. O método de fabricação permite o uso de lâminas de menor qualidade nas zonas de menor resistência, com a conseqüente economia e, utilizar madeira de melhor qualidade somente nas zonas de maior solicitação (maior esforço). Ademais, é possível

usar combinações de diversas espécies.

d. A madeira laminada permite desenhar elementos que são práticos e artísticos, nos quais a seção transversal pode variar com os esforços a que será submetido o elemento. O elemento terminado não necessita estar oculto ou ter revestimento, como é o caso de outras construções, devido ser esteticamente agradável.

e. Suas grandes dimensões na seção transversal, a fazem mais resistente ao fogo que construções de aço, projetadas para suportar a mesma carga. Estas construções se queimam lentamente e resistem a penetração do calor, enquanto as construções de aço se colapsam. Isto não significa que a madeira laminada não seja combustível (apenas o avanço da combustão é muito mais lento, 06 mm/min).

2.4.2. Desvantagens da madeira laminada, segundo GALAZ (1979)

a. As vezes são muito pesadas em relação ao uso que lhe será dado.

b. Comparadas com a madeira maciça, apresentam maiores custos, especialmente em vigas retas; em vigas curvas não há comparação. O fator econômico compreende três fatores: adesivo, mão - de - obra e madeira. O mais caro é a madeira, logo temos o adesivo e a mão - de - obra, com valores que se equilibram quando empregados em vigas exteriores.

c. O fator perda durante sua fabricação é bastante elevado, em torno de 33 a 50%, tanto em madeira como em adesivo, devido as uniões dos extremos, terminações e considerações de desenhos.

d. O adesivo deve está condicionado a uso que será dado ao elemento. Assim os adesivos que se requerem para estruturas exteriores são de elevado custo.

e. Se necessita, para sua fabricação, de equipamentos e técnicas especializadas. Os equipamentos são caros. Deve - se conhecer o processo e contar - se com mão - de - obra especializada.

f. Nem sempre se pode produzir na obra, o que implica um custo adicional por transporte que, as vezes, chega a ser elevado, especialmente quando os elementos são grandes.

g. Elementos de grandes comprimentos e grandes curvaturas são difíceis de manipular, embarcar e transportar, o que incide no custo final dos elementos de madeira laminada.

2.4.3. Aplicações

As madeiras laminadas são usadas nos mais diferentes tipos estruturais, desde vigas, treliças arcos, entre outros.

Estas permitem o vencimento de grandes vãos, os quais seria muito difíceis se alcançar utilizando madeira maciça, além de darem mais beleza e uma melhor estética às construções, como também maior eficiência no funcionamento dessas estruturas.

3. METODOLOGIA

Durante o nosso levantamento, procurou - se trabalhar com um mínimo de quatro estruturas de pequeno vão (até 8m); de médio vão (8- 12m); e de grande vão (acima de 12m). Estas estruturas foram observadas nos seguintes aspectos.

3.1. Existência ou não de projetos: verificar se as estruturas de madeira no Município de Patos - Pb, são construídas ou não, através de Projetos.

3.2. Madeira utilizada: analisar as madeiras utilizadas nessas estruturas, quanto à espécie e teor de umidade na execução.

3.3. Uso de preservativos: observar o uso de algum tipo de preservativo nas estruturas de madeira, tanto na fase de execução, como quando esta já se encontre em uso.

3.4. Forma de carregamento: verificar se as cargas são aplicadas sobre os nós das estruturas.

3.5. Ligações dos elementos estruturais: tipos de ligações empregadas nas estruturas de madeira.

3.6. Estado atual: levantar informações sobre o estado de conservação atual das estruturas de madeira, no tocante à deformações, ataque de xilófagos, etc.

3.7. Periodicidade de manutenção e forma de realização: saber se ocorrem vistorias periódicas nas estruturas, como também, a forma que são realizadas.

3.8. Espécies nativas e exóticas, e época de execução: obter

informações, sobre o uso de madeiras nativas e exóticas, relacionado com a época de execução das estruturas.

3.9. Pesquisar nas serrarias do Município de Patos - Pb, quais são as espécies comercializadas atualmente, suas procedências e teor de umidade na comercialização e execução.

3.10. Procurar confrontar as informações coletadas e verificadas com as informações de empresas que trabalham com " pré - fabricação de estruturas de madeira", traçando um paralelo entre as duas realidades.

4. RESULTADOS

4.1. Existência ou não de Projetos

Durante a realização da Pesquisa, constatou-se uma grande deficiência nas estruturas visitadas, quanto a elaboração de projetos de estruturas de madeira. Como pode-se ver, das dez unidades visitadas, apenas uma foi construída baseada em projeto, a qual foi executada por carpinteiros sem acompanhamento do engenheiro responsável pelo projeto. Segundo nos informou um profissional da área, isso ocorre devido a pouca importância dada pelos proprietários das obras, a um projeto dessas natureza, que ficam assim, sujeitos a maiores gastos na execução dessas estruturas, como também terá comprometida a segurança das mesmas.

4.2. Madeira utilizada: espécie, teor de umidade (execução)

Nos tempos passados, as madeiras utilizadas na região para fins estruturais, eram provenientes de espécies nativas da região, mas atualmente as nossas espécies madeireiras praticamente não mais existem a nível comercial, o que obriga a utilização de espécies exóticas, vindas principalmente dos Estados do Pará, Maranhão e Tocantins.

Quanto ao teor de umidade, este geralmente se encontra acima do PSF, o que não é uma condição ideal, por que a secagem das peças estruturais irá ocorrer com a estrutura em funcionamento, e devido aos esforços a que são submetidas as peças de madeira, pode ser que aconteçam problemas de secagem, como rachaduras, deformações, além de que as madeiras nessas condições se encon-

tram bastante susceptíveis ao desenvolvimento de fungos que podem vir a comprometer o bom funcionamento das estruturas.

QUADRO 1. Identificação das estruturas Pesquisadas.

FIG.	LOCALIZAÇÃO	PROPRIETARIO	MAD. UTIL.	PROJETO
4.1	R. do Prado	CAMPAL	Exótica	Não
4.2	R. do Prado	CAMPAL	Exótica	Não
4.3	Centro	Sapataria	Exótica	Não
4.4	UFPB-CSTR	UFPB-CSTR	Exótica	Não
4.5	BR - 230	Bar	Exótica	Não
4.6	UFPB-CSTR	UFPB-CSTR	Exótica	Não
4.7	Centro	Moreirão JR.	Exótica	Não
4.8	R. do Prado	Boscão Veículos	Exótica	Não
4.9	R. Pedro Firmino	Xepinha	Exótica	Não
4.10	B. Liberdade	Douc. Panati	Exótica	Sim

Nas unidades visitadas, nota - se que, as estruturas foram executadas recentemente, pois na sua maioria, são confeccionadas utilizando - se madeiras exóticas (ver quadro 2).

QUADRO 2. Principais Espécies Comercializadas no Município de Patos-Pb, para Fins Estruturais

ESPÉCIE		
NOME COMUM	NOME CIENTIFICO	PROCEDENCIA
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium excelsum</i>	Amazônia
Angico	<i>Piptadenia</i> sp	Paraíba *
Aroeira	<i>Astronium brasiliensis</i>	Paraíba *
Baraúna	<i>Schinopsis urundeuva</i>	Paraíba *
Craibeira	<i>Tabebuia caraiba</i>	Paraíba
Ipê - roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Amazônia
Jarana	<i>Holopyxidium jarana</i>	Amazônia
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp	Amazônia
Louro - vermelho	<i>Cordia trichotoma</i>	Amazônia
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	Amazônia *
Pau d'arco	<i>Tabebuia</i> sp	Paraíba
Pequiá - ipê	<i>Caryoca</i> sp	Amazônia
Sapucaia	<i>Lecythis</i> sp	Amazônia
Sumaúma	<i>Ceiba Pentandra</i>	Amazônia
Tatajuba	<i>Chlorophora tinctoria</i>	Amazônia

A grande desvantagem para nós, é que além de termos a nossa flora empobrecida, ainda temos que gastar mais para construirmos as estruturas de madeira, pois as madeiras vindas de outras regiões chegam aqui com um custo bastante elevado. Se na nossa região ainda existisse em abundância, espécies capazes de serem utilizadas para fins estruturais, essas certamente chegaria aos

compradores por um preço mais acessível do que as espécies comercializadas atualmente.

4.3. Uso de Preservativos: durante a execução ou posterior

Quanto ao uso de preservativos, na região, é quase inexistente. Alguns proprietários, fazem no momento da execução, um tratamento à óleo queimado, através de pincelamento, o que, sabemos, não é um tratamento dos mais eficientes, outro nem isso fazem.

Em relação a tratamento posterior, a situação é ainda pior. De todas as estruturas visitadas apenas uma submeteu - se a essa fase, a qual foi pintada com tinta comum, as demais não sofreram nenhum tratamento após terem sido construídas.

4.4. Forma de Carregamento

Com respeito a forma de carregamento, quase todas as unidades visitadas, encontram - se de forma incorreta, pois as cargas devem ser aplicadas em cima dos nós, para que todos os membros trabalhem sob esforços axiais.

Na maioria das estruturas de madeira da região de Patos-Pb, as cargas geralmente encontram - se concentradas fora dos nós, o que faz com que os membros sofram problemas de flexo - torção, e aí membros que deveriam trabalhar sob tração passam a trabalhar sob compressão, e vice-versa, o que compromete o bom funcionamento da estrutura.

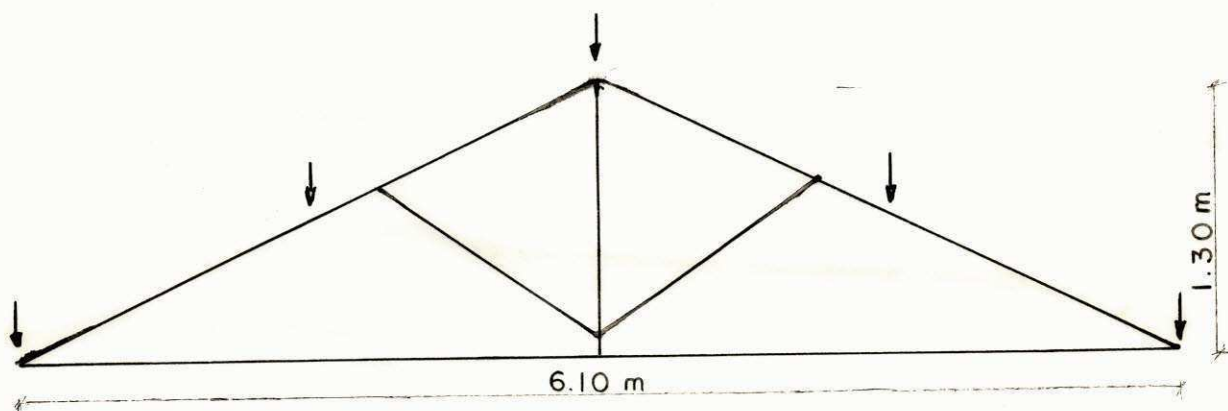


FIGURA 4.1 ESTRUTURA TRELIÇADA - CAMPAL ESC.: 1 : 40

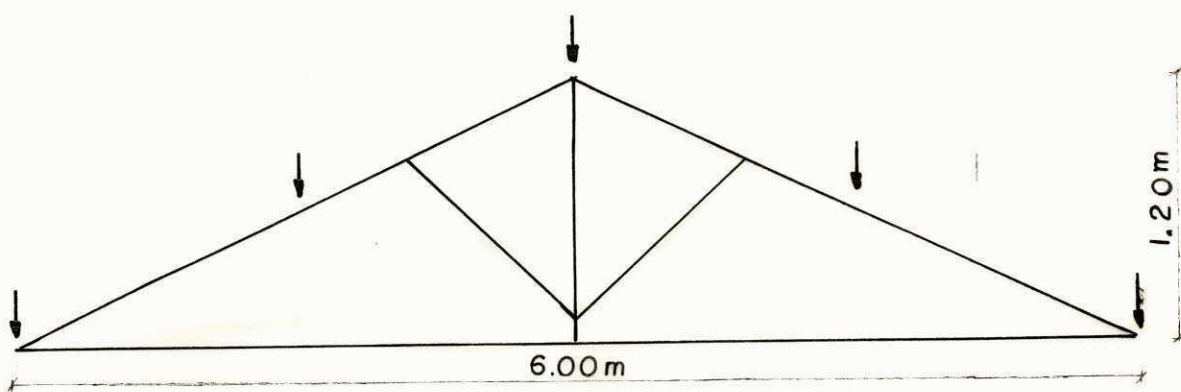


FIGURA 4.2 EST. TRELIÇADA - CAMPAL ESC.: 1 : 40

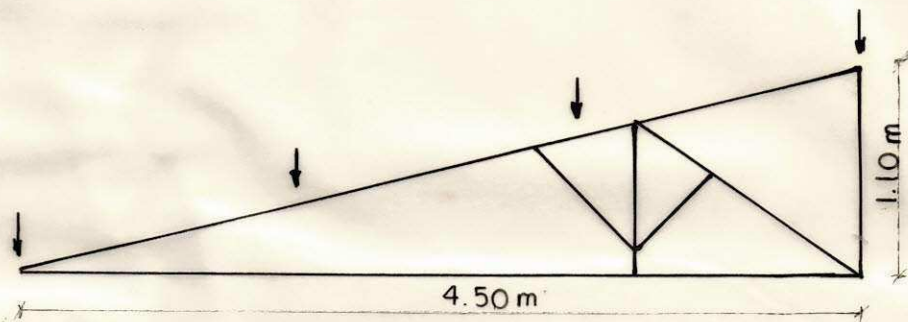


FIGURA 4.3 EST. TRELIÇADA - CAP. S. SEBASTIÃO

ESC.: _____ 1: 40

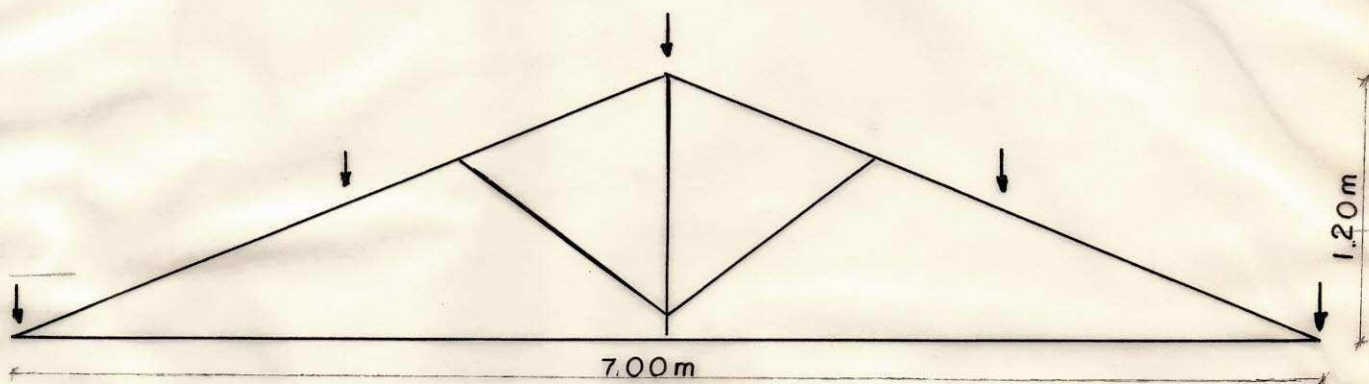


FIGURA 44 EST. TRELIÇADA - U.F.P.B C.S.T.R

ESC.: _____ 1: 40

29

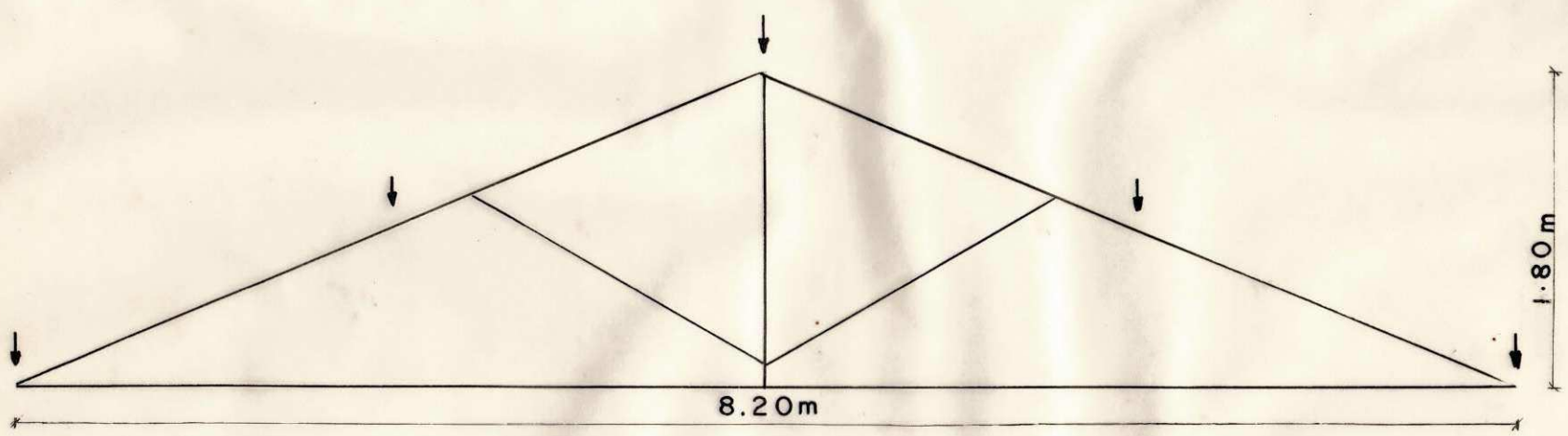


FIGURA 4.5 EST. TRELIÇADA - BAR S/ NOME

ESC.: _____ 1: 75

30 31

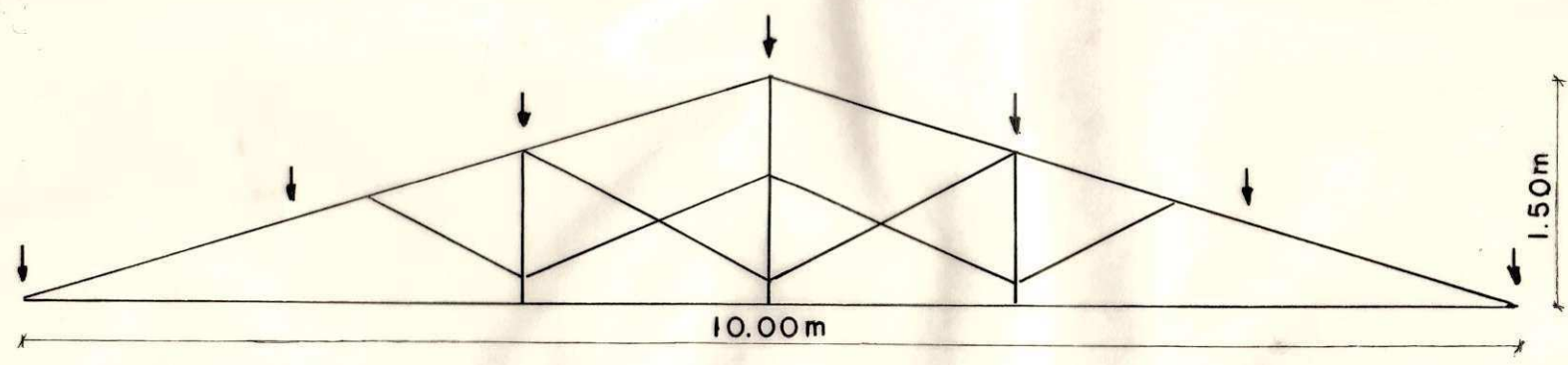


FIGURA 4.6 EST. TRELIÇADA - U.F.P.B C.S.T.R

ESC.: 1:50

31

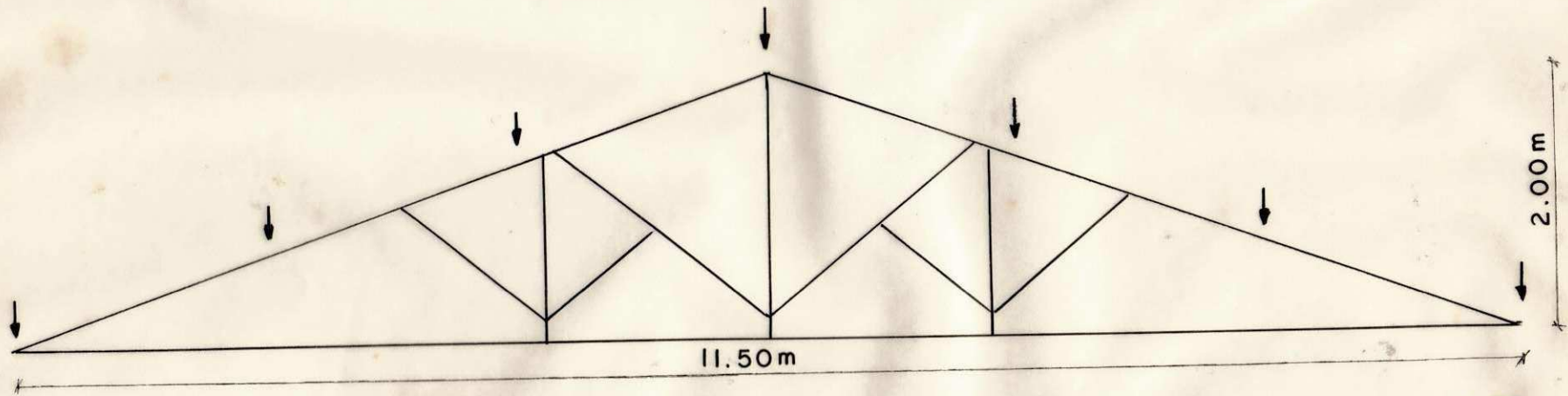


FIGURA 4.7 EST. TRELIÇADA - MOREIRÃO JR.

ESC.: _____ 1:50

32

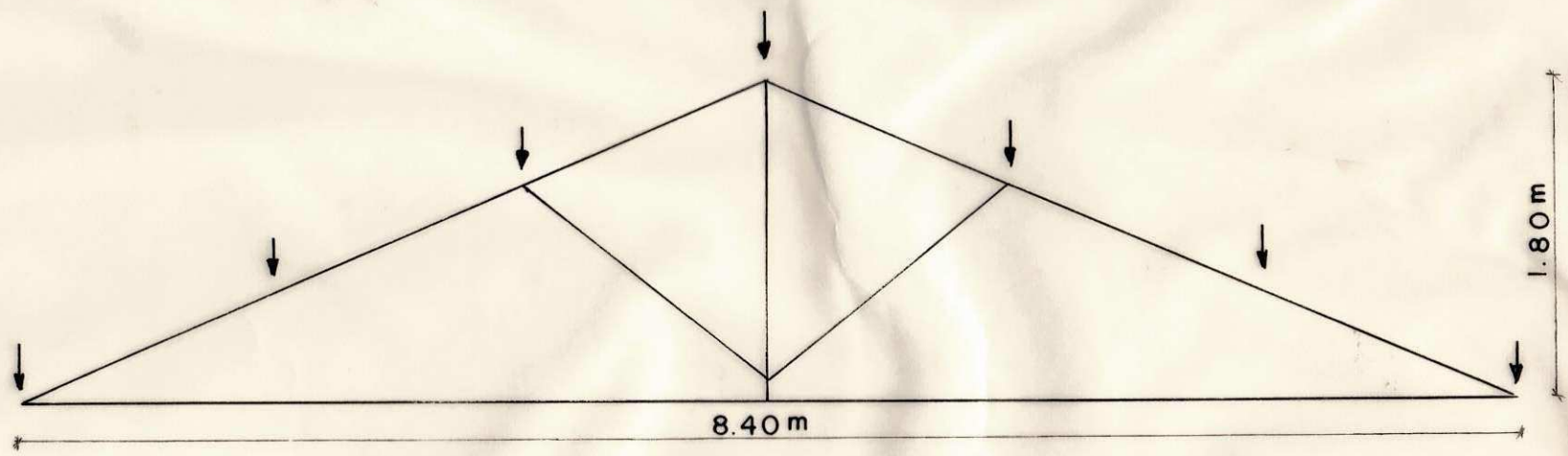


FIGURA 4.8 EST. TRELIÇADA - BOSÇÃO VEÍCULOS

ESC.: _____ 1.40

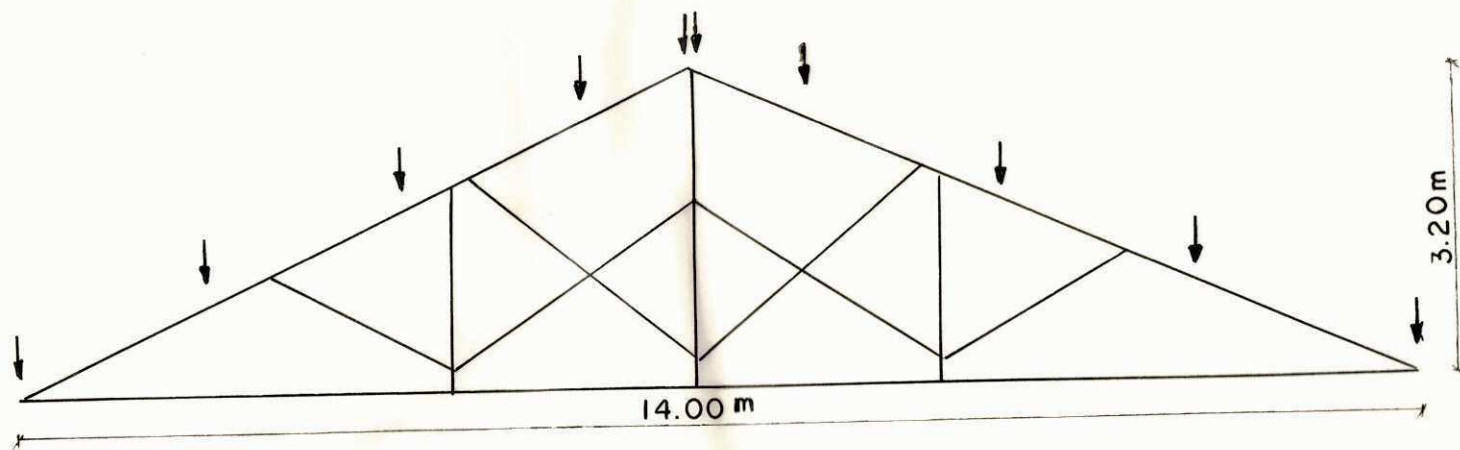


FIGURA 4.9 EST. TRELIÇADA - XEPINHA

ESC.: _____ 1:75

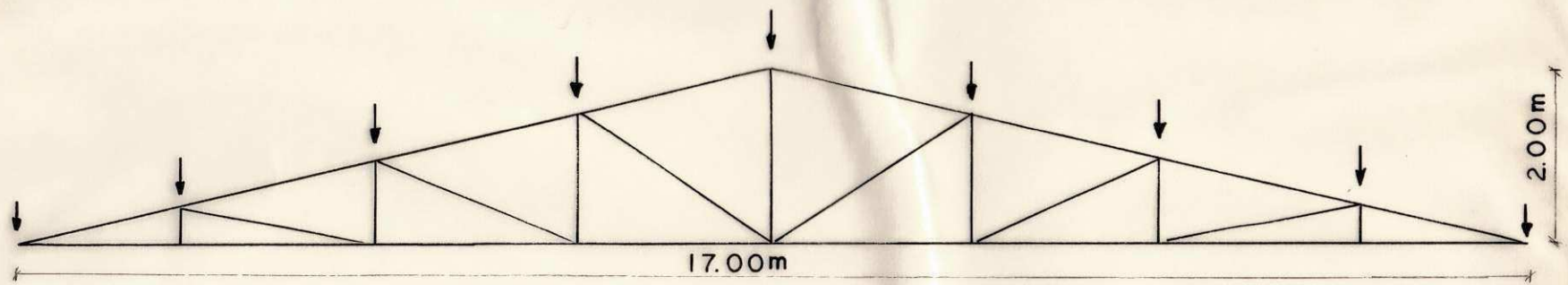


FIGURA 4.10 EST. TRELIÇADA - DOUCEIRA PANATY

ESC.: _____ 1: 75

3433

Fig. 01: |
02: | N°s = 07 10 < 11 = Hipoestática
04: | B = 10
05: | R = 03
08: |

Fig.03 |
|N°s = 08 12 < 13 = Hipoestática
|B = 12
|R = 03
|

Fig. 06 |
| N°s =16 27 < 29 = Hipoestática
| B = 27
| R = 03
|

Fig. 07 |N°s = 17
|B = 26 26 < 31 = Hipoestática
|R = 03
|

Fig. 09 |N°s = 18
|B = 29 29 < 23 = Hipoestática
|R = 3
|

Fig. 10 |N°s = 16
|B = 29 29 = 29 = Isoestática
|R = 03
|

4.5. Ligações dos Elementos Estruturais

As ligações mais utilizadas, são as ligações por entalhe, sendo essas fixadas por pregos ou parafusos. São também utilizadas ligações através de cobre juntas, presas por braçadeiras de aço. Um outro tipo de ligação encontrado em algumas estruturas são as ligações feitas através de entalhes (encaixes), na qual dois membros são encaixados um no outro através de fendas abertas nos mesmos. Neste tipo de ligação, as seções das peças encaixadas são bastante reduzidas, o que poderá fazer com que esta venha a romper, se a elas forem aplicados carregamentos maiores.

4.6. Estado Atual (deformações, ataque de xilófagos, etc)

Apesar da falta de projetos e de preservação das estruturas, essas ainda se encontram em boas condições de funcionamento, não apresentando marcas significativas de ataque de organismos xilófagos, embora haja alguns indícios em algumas das estruturas visitadas.

No tocante a deformações, é provável que haja formação de flexas, na maioria das estruturas, mas que não são notadas a olho nú, sendo perceptíveis apenas se passar - se uma linha horizontal ao longo do banzo inferior, o que não foi realizado.

O bom estado em que se encontram as estruturas, é atribuída ao tipo de madeira utilizado, que geralmente são madeiras de resistência natural elevada, como também apresentam boas características mecânicas, pois, embora apresentem uma certa quantidade de alburno, apresentam uma relação cerne/alburno bastante satisfatória, o que garante sua boa qualidade para fins

estruturais, não deformando - se facilmente.

4.7. Periodicidade de Manutenção e Forma de Realização

Não são realizadas nenhum tipo de vistorias periódicas para identificação de ataque de xilófagos, nem também de defeitos na estrutura, conseqüentemente às estruturas não passam por nenhuma manutenção, o que provavelmente influenciará na vida útil da mesma, a qual poderia ser prolongada, se houvesse vistorias periódicas e, se necessário, fossem feitas as manutenções das estruturas.

4.8. Espécies Nativas e Exóticas e época de Execução

As espécies nativas foram muito utilizadas para fins estruturais há muito tempo atrás, mas atualmente não há disponibilidade destas madeiras em nossa região, o que nos obriga a usar espécies vindas de outras regiões, na construção de estruturas de madeira.

Tanto as espécies nativas como as exóticas, quando do momento da execução, encontram-se ainda com alto teor de umidade. Isto é um problema sério, por que a secagem da mesma irá ocorrer com a estrutura em funcionamento, e devido aos esforços a que são submetidas as peças de madeira, pode ser que aconteça problemas de secagem, como rachaduras, deformações, além de outros.

Um outro problema de se utilizar madeiras verdes, é que elas se encontram bastante susceptíveis ao desenvolvimento de fungos que podem vir a comprometer o funcionamento das estruturas.

4.9. Pesquisar nas serrarias, quais são as espécies comercializadas atualmente, suas procedências e teor de umidade na comercialização. Dar ênfase às espécies para fins estruturais.

As principais madeiras comercializadas em Patos-Pb, para fins estruturais, assim como suas procedências, encontram-se relacionadas no Quadro 2.

Teor de umidade, ver 4.8

4.10. Procurar confrontar as informações coletadas e verificadas com as informações de empresas que trabalham com "pré - fabricação de estruturas de madeiras", traçando um paralelo entre as duas realidades.

De posse das informações coletadas, durante a nossa pesquisa e, também estudando - se sobre empresas que trabalham com "pré - fabricação de estruturas de madeira", podemos verificar a distância existente entre uma e outra, o que não nos permite fazer nenhuma comparação entre as mesmas.

Pois, como pode - se ver, em nossa região não é comum a elaboração de projetos de estruturas de madeira. Já as empresas que trabalham a "pré - fabricação de estruturas de madeira", dispõem de métodos sofisticados para projetá - los, visto que, os projetos são elaborados via computador, onde basta entrar com os dados desejados sobre as estruturas a serem construídas, que este realiza todas as operações necessárias e, a partir daí, elabora todo projeto estrutural.

5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

Após analisar - se todas as informações, coletadas durante o desenrolar deste trabalho e baseado nas mesmas, concluiu-se que os profissionais da área de construção civil da região de Patos-Pb, não vem dando a atenção devida às estruturas de madeira, pois como vemos, na sua grande maioria, não ocorre elaboração de projetos para essas, nem também, é feito pré-tratamento, nem ocorrem vistorias periódicas nas mesmas. Segundo informações de engenheiros da região, isso ocorre devido a pouca importância dada pelos proprietários das obras, a um projeto estrutural, impedindo o trabalho dos profissionais da área, que são obrigados a entregar a execução dessas estruturas à carpinteiros, que através de conhecimentos práticos, realizam o trabalho de maneira empírica, fugindo totalmente às regras de formação das treliças, além de prejudicar à segurança e aumentar os gastos na execução das mesmas.

Diante dos problemas existentes nas estruturas visitadas, sugere-se que os profissionais da área da construção civil, façam um trabalho visando a conscientização dos proprietários das obras que utilizam estruturas de madeira, mostrando-lhes a importância dos projetos estruturais, tanto nos aspectos de segurança e qualidade das estruturas, quanto no tocante à economia, a qual é bem maior nas estruturas projetadas.

Uma outra sugestão é que, mesmo quando não haja elaboração de projeto estrutural, o engenheiro responsável pelo restante da construção, oriente o carpinteiro que vai executar as estruturas

de madeira, no sentido de que se faça tratamento preventivo das madeiras a serem utilizadas nas treliças. E que os proprietários dessas obras realizem vistorias nas estruturas de madeira, com a finalidade de detectar, possíveis ataques de organismos xilófagos, como também defeitos nas peças da treliça.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AZEVEDO, H.A. de., ORIGA, M.A. Treligas de madeira no canteiro de obras da Usina Hidrelétrica de Samuel. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 1. **Anais**. São Carlos - SP, 20 - 22 de julho de 1983. LAMEM - EESC - USP, 1983. vol. IV - Telhados.
2. BREVER, Helmut. Estruturas Pré - fabricadas de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 1. **Anais** São Carlos - SP, 20 - 22 de julho de 1983. LAMEM - EESC - USP, 1983. Vol. IV - Telhados.
3. CARDÃO, C. **Técnica de Construção**. 5ª ed. Belo Horizonte - MG: Edições Engenharia e Arquitetura, 1981, 397p. Vol. 2.
4. CEZAR, S.F e PLETZ, E. Estrutura de Madeira para cobertura de igreja matriz de Rolândia - Paraná. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 2. 1986. São Carlos. **Anais**. USP, 1986. Vol. 6 .p. 1-32.
5. DAMIANO, A.R.G. Cobertura residências. In : ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 1. 1983, São Carlos. **Anais**. USP, 1983. 4p. 1-61.
6. DAMIANO, A.R.G. Telhados Residenciais pré - fabricados. In : ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4. **Anais**. São carlos. USP, 1989. Vol. 6. p. 179-210.

7. GALAZ, V.A. **Manual de Madeira Laminada**. Santiago. Departamento Construciones en madera. Instituto. Florestal, 1979. ng 11. 228p.
8. MOLITERNO, Antonio. **Estruturas de Madeiras para Edificações**. In: Seminário 21 anos da LAMEN, São Carlos. Julho de 1990. 32p.
9. PFEIL, W. **Estruturas de Madeira**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científico. Editora S.A. 1985. 296p.
10. RIZZINI, C.T. **Arvores e Madeiras úteis do Brasil**. Manual de Dendrologia Brasileira. São Paulo, 1978. Ed. Edgard Blucher Ltda. 2ª Ed. 296p.
11. SUSSEKIND, J.C. **Curso de Análise Estrutural**. 4ª ed. Porto Alegre. Editora Globo. 1979. 366p. Vol.1.

A N E X O S

PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE ESTRURAS

$$L = 7,8m$$

$$m = m_0 = m_1 = m_2 = L/2 \times 3 = 7,8/6 = 1,3m$$

$$h = 0,45b = 0,45 \times 3,9 = 1,76m = 1,80m$$

$$h = L/4 = 7,8/4 = 1,95m - \text{adotaremos } h = 1,90$$

$$c = \sqrt{b^2 + h^2} = \sqrt{3,9^2 + 1,9^2} = 4,34m$$

$$e = e_0 = e_1 = e_2 = c/3 = 4,34/3 = 1,45m$$

$$\text{sen } \alpha = h/c = 0,44$$

$$\text{cos } \alpha = b/c = 0,90$$

$$a = 3,80m$$

$$s = 0,50m$$

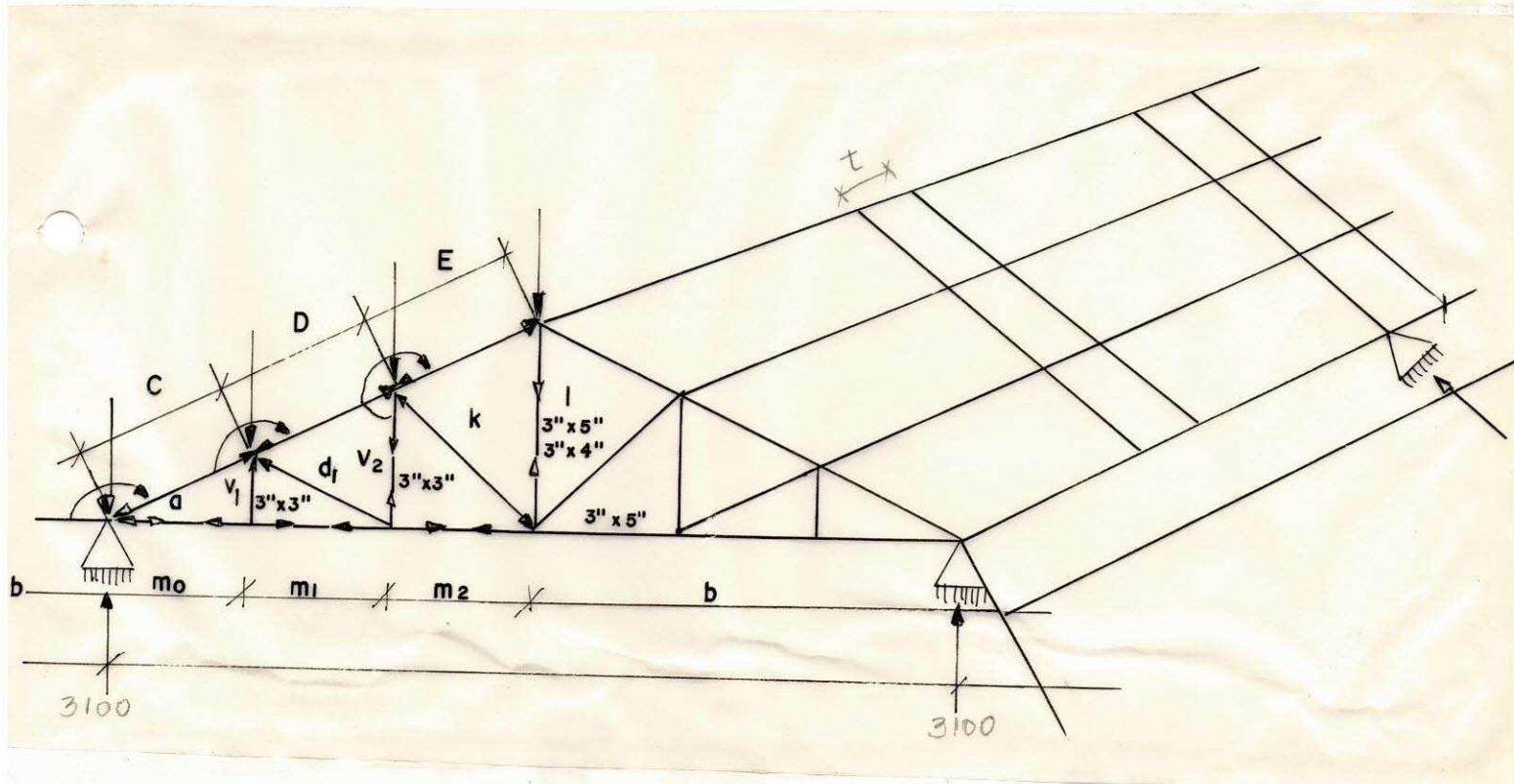
$$t = 0,50m$$

$$V_1 = h/3 = 1,9/3 = 0,63m$$

$$V_2 = h/3 \times k = 1,9/3 \times 2 = 1,27m$$

$$d_1 = \sqrt{m^2 + V_1^2} = \sqrt{1,3^2 + 0,63^2} = 1,45m$$

$$d_2 = \sqrt{m^2 + V_2^2} = \sqrt{1,3^2 + 1,27^2} = 1,82m$$



1. Carga Permanente

a. Peso próprio da tesoura

$$Q_t = 2,45 (1 + 0,33 \times 7,8) = 8,76 \text{ kgf/m}^2 = 10 \text{ kgf/m}^2$$

b. Cobertura

telhas	30 x 2,5	75 kgf/m ²
--------	----------	-----------------------

ripas	0,015 x 0,05 x 780 x 3	2kgf /m ²
-------	------------------------	----------------------

caibros	0,05 x 0,06 x 780 x 2	5 kgf/m ²
---------	-----------------------	----------------------

absorção d'água pluvial 30% peso da telha	23	kgf/m ²
---	----	--------------------

$$Q = 105 \text{ Kg}^1/\text{m}^2$$

Carga equivalente em projeção horizontal

$$Q_C = Q / \cos \alpha = 105 / 0,90 = 117 \text{ kgf/m}^2$$

2. Carga Acidental Vento

a. Cálculo da velocidade característica ou de projeto

$$V_0 = 30 \text{ m/s}$$

$$S_1 = 1$$

$$S_2 = 0,78$$

$$S_3 = 0,95$$

$$V_K = 30 \times 1 \times 0,78 \times 0,95 = 22 \text{ m/s}$$

b. Pressão dinâmica $q = V_K^2/16 = 22^2/16 = 31 \text{ kgf/m}^2$

c. Coeficiente de pressão - telhado q_{c1}

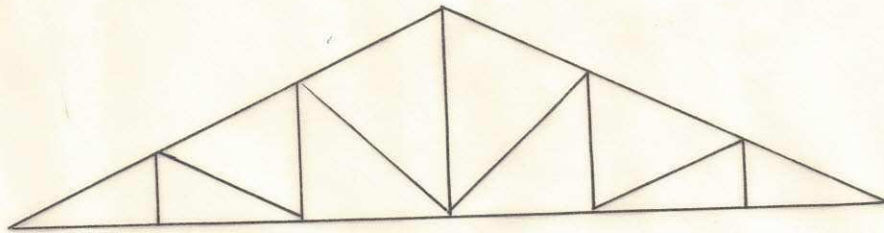
$$\theta = 26^\circ \text{ não/ interpolar}$$

$$\theta = 20^\circ \text{ e } \theta = 30^\circ$$

$$L/3 = 7,8/3 = \alpha t/4 = 54/4 = 13,50\text{m}$$

$$h/L = 2,5 + 1,9/7,8 = 0,56$$

$$b/h \leq h/2 \quad \theta = 20^\circ$$



$$y = h = 4,40\text{m}$$

$$y = 0,15 l = 0,15 \times 7,8 = 1,17\text{m}$$

$$\text{cpe} = -1$$

$$\text{cpe} = 1,2$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$EF = -0,4$$

$$GH = -0,4$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\begin{array}{c} \text{vento} \\ \downarrow \\ | -0,4 | -0,4 | \\ | -0,4 | -0,4 | \end{array}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$C_{eq} = -0,4 \times 31 = 12 \text{ kgf/m}^2$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$EG = -0,7$$

$$FH = -0,6$$

$$\alpha = 0^\circ$$

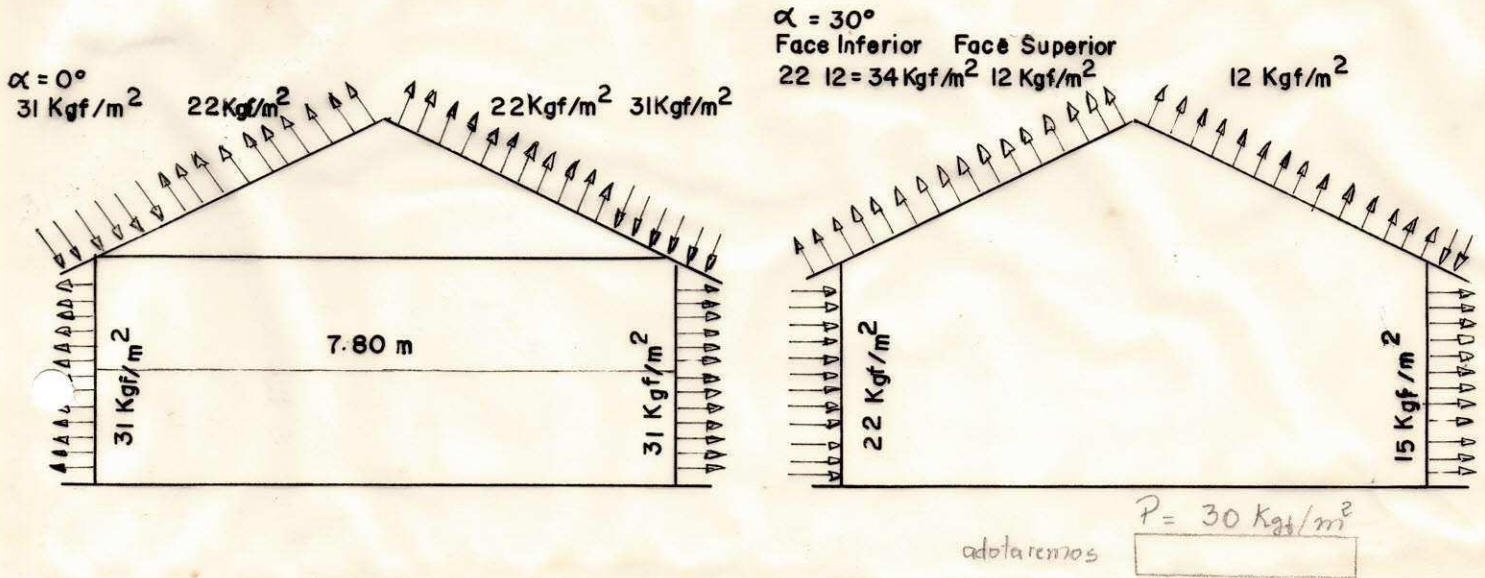
=

$$\begin{array}{c} \text{vento} \\ \downarrow \\ | -0,7 | -0,7 | \\ | -0,6 | -0,6 | \\ \alpha = 0^\circ \end{array}$$

$$C_{eq} = -0,7 \times 31 = 22 \text{ kgf/m}^2$$

$$C_{eq} = -0,6 \times 31 = 19 \text{ kgf/m}^2$$

Pressão externa - condição mais favorável



Verificação das ripas

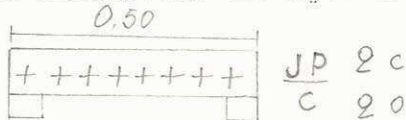
a. Seção adotada $\begin{array}{|c|} \hline 5 \text{ cm} \\ \hline \end{array} \text{I} 1,5 \text{ cm}$ $S = 7,5 \text{ cm}^2$

$I_x = 5 \times 1,5^3 / 6 = 1,4 \text{ cm}^4$

b. Distância entre ripas = $0,33 \text{ m}$ $I_y = 1,5 \times 5^3 / 12 = 15,6 \text{ cm}^4$

c. Telhas 75 kgf/m^2 $I_x = 5 \times 1,5^2 / 6 = 1,86 \text{ cm}^3$

d. Carga acidental 30 kgf/m^2 $I_y = 1,5 \times 5^2 / 6 = 6,24 \text{ cm}^3$



e. Carga por metro linear de ripa

1. Peso próprio telhas $q_0 = 0,015 \times 0,05 \times 780 = 0,06 \text{ kgf/ml}$

$q_c = 0,38 \times 75 = 28,5 \text{ kgf/ml}$

$q = q_0 + q_c = 28,56 \text{ kgf/ml}$

2. Carga accidental $p = 30 \text{ kgf/m}^2 \times 0,38 = 11,4 \text{ kgf/m}^2 = 0,11 \text{ kgf/cm}^2$

c. Componentes

$$Q_x = Q \cos \alpha = 0,29 \times 0,90 = 0,26$$

$$Q_y = Q \sin \alpha = 0,29 \times 0,44 = 0,13$$

$$p_x = p \cos \alpha = 0,11 \times 0,90 = 0,10$$

$$p_y = p \sin \alpha = 0,11 \times 0,44 = 0,05$$

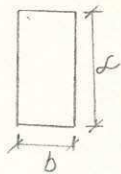
$$q'_x = Q_x + p_x/2 = 0,31 \text{ kgf/cm}^2$$

$$q'_y = Q_y + p_y/2 = 0,15 \text{ kgf/cm}^2$$

d. Verificação da flexa admissível

$$f_{adm} = C/350 = 50/350 = 0,143 \text{ cm}$$

Banzo superior $N_{max} = 590 \text{ kgf}$



$$b = 7,5 \text{ cm}$$

$$L = 12,5 \text{ cm}$$

$$y_e = 1,43$$

$$\sigma = 5900/7,5 \times 12,5 = 62,93 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Raio de giração} = 0,29 \times 7,5 = 2,18 \text{ cm}$$

$$h = 145/2,18 = 66,67$$

$$\lambda_j > = 2/3 \times \lambda_c (\lambda_0/\lambda)^2$$

$$\lambda_j > = 2/3 \times 130 (24,06/66,670^2) = 11,29$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\pi^2 \times 18300/8/3 \times 130} = 24,06$$

$$\text{Banzo inferior } S_n = 5300/220 = 24,09 \text{ cm}^2$$

Terças

$$Q_o = 0,075 \times 0,125 \times 700 = 7,31$$

$$Q_{cm} = 117 \times 1,3 \approx 160$$

$$\text{Sobrecarga } \mathcal{L} = pm = 30 \times 1,3 = 39$$

$$q_n = 200 \times \cos \mathcal{L} = 180 \text{ kg/m}$$

$$q_t = 200 \times \sin \mathcal{L} = 88 \text{ kg/m}$$

a. momentos fletores

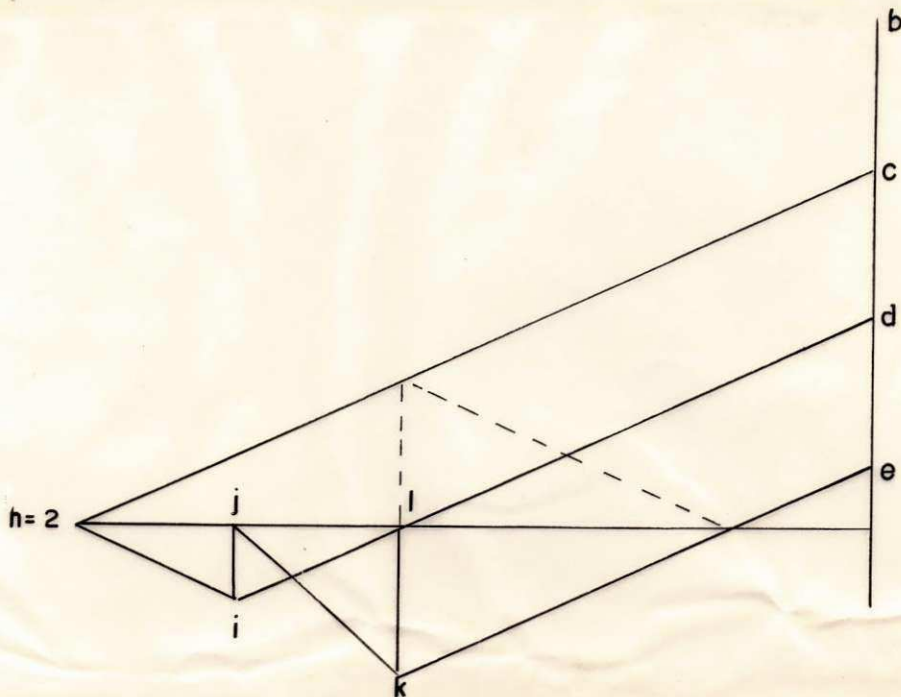
$$m_x = q_n \frac{a^2}{8} \times 100 = 180 \times \frac{4^2}{8} \times 100 = 36.000$$

$$m_y = q_t \frac{a^2}{8} \times 100 = 88 \times \frac{4^2}{8} \times 100 = 17.600$$

b. Forças cortantes

$$a_x = q_n \frac{a}{2} = 180 \times \frac{4}{2} = 360 \text{ kgf/m}^2$$

$$a_y = q_t \frac{a}{2} = 88 \times \frac{4}{2} = 176 \text{ kgf/m}^2$$



C^2	- 5900	$f_x = 52 \times L^4 / 384$	$t_{jx} = 5 \times 0,2650^4 / 384 \times 63000 \times 1,4$
2_a	+ 5300		
2_h	- 0	$f_y = 52 \times I^4 / 384$	$E_{jx} = 5 \times 0,2650^4 / 384 \times 63000 \times 15,6$
ha	+ 5300		
di	- 4700	Peso próprio	10 kgf/m ²
ih	- 1200	Cobertura	117 kgf/m ²
ij	- 500	Terças	8 kgf/m ²
ja	- 4250	Sobrecargas	30 kgf/m ²
ek	- 3400		-----
kj	- 1500		165 kgf/m ²
ek	- 1000		

Banzo superior

$$G_i = (G_t + 2c/m = 00)9 - \{ (10 + 165)1,3 + 8 \} \times 40 = 942 \text{ kg}$$

$$G_e = \{ (2t + 2c)n/2 + 2o \}9 + \text{beiral} = \{ (10 + 165)1,3/2 + 8 \} \times 4$$

$$= 487 \text{ kg}$$