



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS – CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIOS**

JEAN JOSÉ DE OLIVEIRA MARÇAL

**SISTEMA DE ESTRUTURA EM AÇO LEVE (LIGHT STEEL FRAME)
PARA EXECUÇÃO DE COBERTURAS DE OBRAS RESIDENCIAIS**

**PALMAS – TO
2009**

JEAN JOSÉ DE OLIVEIRA MARÇAL

**SISTEMA DE ESTRUTURA EM AÇO LEVE (LIGHT STEEL FRAME)
PARA EXECUÇÃO DE COBERTURAS DE OBRAS RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação da Área de Construção Civil como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Orientador:
Prof. Eng. Civil M.Sc. Thiago Dias Araújo
Silva

**PALMAS - TO
2009**

JEAN JOSÉ DE OLIVEIRA MARÇAL

**SISTEMA DE ESTRUTURA EM AÇO LEVE (LIGHT STEEL FRAME)
PARA EXECUÇÃO DE COBERTURAS DE OBRAS RESIDENCIAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Palmas, 14 de Dezembro de 2009.

Prof. Eng. Civil M.Sc. Thiago Dias Araújo Silva
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Prof. Eng. Civil Dr. Valentim Capuzzo Neto
Responsável Técnico

Banca Examinadora:

Prof. Eng. Civil M.Sc. Thiago Dias Araújo Silva
Presidente e Orientador

Prof. Eng. Civil M.Sc. Danilo Gomes Martins
Membro de Banca Examinadora

Prof. Eng. Civil Dr. Valentim Capuzzo Neto
Membro de Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar força e sabedoria, e conceder a oportunidade de estar nesta fase de conclusão do curso após um caminho longo e árduo, agradeço também minha família por ter tido compreensão, paciência e dado apoio nas horas difíceis.

A todo corpo docente deste Instituto meus sinceros agradecimentos pela paciência e disposição em transmitir seus conhecimentos e habilidades, não só como professor , mas, como cidadão e amigo para que alcancemos um futuro melhor como profissional, não nos deixando fraquejar diante das dificuldades impostas pelo conteúdo a ser estudado, e, em especial, agradeço ao professor M. Sc. Thiago Dias Araújo Silva pela dedicação de me orientar para a execução deste trabalho, agradeço aos amigos de sala pelo convívio ao longo do curso sempre apoiando uns aos outros, e assim formando uma família de esforços e de superação de cada período vencido, e por fim agradeço aos gerentes da empresa em que trabalho por conceder uma carga horária especial de trabalho a cumprir para que fosse possível a realização dos estudos.

RESUMO

Ao adotar os materiais constituintes e mão de obra para execução de uma edificação é necessário que se busque eficiência e qualidade com um preço não muito elevado em relação aos padrões comuns, a racionalização de materiais e a industrialização da construção contribuem para que se alcancem esses objetivos.

A adoção da estrutura em aço leve (Light Steel Framing) para estrutura de cobertura de obras residenciais em substituição da madeira é uma proposta que pode contribuir para essa industrialização.

Neste trabalho serão conhecidas as vantagens que o novo sistema pode oferecer mostrando suas características, processos construtivos, relação custo-benefício comparando com o processo convencional, a exploração ilegal da madeira das reservas florestais é um fator relevante na hora de construir que também será levada em consideração na apresentação da proposta.

O sistema LSF como toda inovação tecnológica existe resistência inicial de aceitação por parte dos construtores e proprietários, no mercado de Palmas não é diferente.

O procedimento para o cálculo e dimensionamento das peças tem a mesma metodologia da estrutura metálica em chapa dobrada, o diferencial é a leveza do perfil e por serem formados a frio.

Através deste trabalho pôde-se ter uma maior visão de como está se comportando o setor local em relação a essa tecnologia que já é bastante utilizada em outros estados e em outros países é predominante, pois o conceito de industrialização da construção civil vem acontecendo há décadas.

Evitar deformações excessivas em estrutura de cobertura em madeira ao longo de sua vida útil é relativo, pois, o clima local é bastante variável e contribui para que ocorra com maior intensidade.

O setor da construção em Palmas tem pouco conhecimento sobre a tecnologia apresentada neste trabalho, com as vantagens oferecidas e divulgação para os profissionais obterem conhecimento da viabilidade técnica e financeira para especificação na hora de elaborar os projetos para seus clientes a tendência é ter uma maior inserção do produto no mercado da construção civil local.

Palavras-chave: Aço, Cobertura, Tecnologia

ABSTRACT

Adopt the materials components and labor to execution of a building is need look for efficiency and quality without a price very high in relation to standards, the rationalization of materials and the construction industrialization contribute for achieve these objectives.

The adoption of structure in light steel for the roof structure of residential works in replacement in the wood is a prosopal can add to this industrialization.

In this work will see the advantages that the new system can offer showing its characteristics, construction processes, relation costXbenefit comparing with the conventional process, the illegal exploration of the wood of the forest reserves is a relevant factor in time to build that will also be taken in consideration in the proposal presentation.

The system LSF, as all technological innovation, there is initial resistance to acceptance by builders and owners, in the market of Palmas is not different.

The procedure to the calculation and sizing of the pieces have the same methodology of the metallic structure in folded sheet, the differential is the lightness of the section and being cold formed.

Through this work may have a greater vision of how is behaving the local sector with this tecnology which is already enough used in other states and other countries is predominantly, because the concepto d industrialization of civil contruction has been happens for decades.

To avoid excessive deformations in structure of the roof in wood along of its useful life is relativ, so, the local weather is enough variable and contributes to occur with more intensity.

The sector of the construction in Palmas have little knowledge about the tecnology introduced in this work, the advantages offered and divulgated for professionals obtained knowledgeof the viability technical and financial to specification in the time to make the projects to your client, the tendency is to have a greater integration of the product on the market of the civil construction local.

Key Works: steel, roof, tecnologia

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cargas Permanentes (Madeira).....	23
Tabela 2: Cargas Permanentes (Aço-Chapa Dobrada).....	23
Tabela 3: Cargas Permanentes (Steel Frame).....	23
Tabela 4: Resumo das Seções em Madeira.....	31
Tabela 5: Resumo dos Perfis em Aço (Chapa Dobrada)	36
Tabela 6: Resumo dos Perfis em Aço Leve (Steel Frame)	39
Tabela 7: Custo de Execução para cada Estrutura.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de cobertura em steel frame para edificação convencional(Fonte: REVISTA TÉCHINE-Steel Frame - Cobertura).....	14
Figura 2: Protótipo de residência em Light Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933 (Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006)	16
Figura 3: Concepção da Planta de Cobertura.....	21
Figura 4: Visualização 3D da Estrutura da Cobertura.....	29
Figura 5: Locação das Trelças.....	32
Figura 6: Locação dos Caibros.....	33
Figura 7: Modelo Estrutural das Trelças.....	34
Figura 8: Cobertura com Estrutura de Madeira (Fonte: Residência em Palmas-TO).....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT –	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBCA –	Centro Brasileiro da Construção em Aço
LSF –	Light Steel Framing – Estrutura em Aço Leve
NBR –	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	12
1.1.2 Delimitação do Tema.....	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 HIPÓTESE / PREMISA	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos	13
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 MÉTODO DA PESQUISA	15
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1.1 Breve Histórico.....	16
2.1.2 Características do Sistema Light Steel Framing	17
2.1.3 Vantagens do Sistema.....	18
2.1.4 Dificultadores	19
2.1.5 Elaboração dos Projetos	20
2.1.5.1 Dados Geométricos da Edificação.....	20
2.1.5.2 Procedimentos para Cálculo de Ação dos ventos em telhados.....	22
CARREGAMENTOS	22
2.1.5.3 Cálculo e Dimensionamento da Estrutura em Madeira, Aço (Chapa Dobrado) e Aço Leve (Steel Frame)	28
3 RESULTADOS, ANÁLISES E CONCLUSÃO	39
3.1 Resultados	39
3.2 Análises	39
3.3 Conclusão	40

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
5 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	43

1 INTRODUÇÃO

As coberturas das edificações são elementos essenciais para proteção contra as intempéries, proporcionando fachadas mais elegantes à obra, por isso devem ser executadas com as melhores técnicas de mão de obra e de materiais constituintes. A estrutura metálica para o uso como elemento de suporte da cobertura vem crescendo a cada dia, a estrutura em aço leve (LSF) proporciona maior rigidez, estabilidade e leveza na estrutura em relação à madeira. Um telhado executado com estrutura de madeira possui seu peso próprio maior que um telhado executado em estrutura de aço leve, com isso aumenta a carga que a estrutura da edificação receberá da cobertura, necessitando de estrutura e fundação mais reforçadas acarretando no aumento de custos.

A extração ilegal da madeira para o uso na construção civil está acabando com as florestas diariamente. Para conter esta extração demasiada que vem ocorrendo propõe-se a utilização do aço leve como estrutura, por ser um material durável, versátil e reciclável, estando dentro do conceito de desenvolvimento com a sustentabilidade ambiental.

Este trabalho tem como objetivo expor as diretrizes a serem tomadas na implantação do sistema em aço leve, buscando a eliminação de possíveis desperdícios e o aparecimento de futuros problemas patológicos no decorrer da vida útil da edificação.

Os estudos serão realizados através de pesquisas bibliográficas, elaboração dos projetos e dimensionamento através de Softwares de Cálculo de Estruturas Metálicas, da estrutura em aço leve (LSF), chapa dobrada e madeira, serão levantados os quantitativos e orçamentos de execução para comparação entre os sistemas. A proposta é baseada nas edificações construídas em todo o estado, dando ênfase às edificações construídas em Palmas. Embora seja um apanhado teórico, buscou-se fazê-lo de maneira sucinta, clara e objetiva.

1.1 TEMA DA PESQUISA

Cobertura com estrutura em aço leve (Light Steel Frame).

1.1.2 Delimitação do Tema

Sistema de Estrutura em Aço Leve (Light Steel Frame) para execução de coberturas de obras residenciais.

1.2 PROBLEMA

Uma construção executada com sistema em aço leve tem seus produtos industrializados e tecnologia avançada proporcionando maior controle de qualidade na execução, significativa redução de desperdícios e mão-de-obra qualificada. Considerando a relação custo-benefício que é oferecida pelo produto através da sua durabilidade e, tendo em vista que será reduzido o desmatamento, que grande parte é ilegal, o material e todo processo de fabricação, suas características e técnicas de execução têm um controle de qualidade rigoroso resultando em um melhor produto final.

Fatores técnicos, econômicos e ambientais são favoráveis para implantação e utilização do sistema em aço leve, a durabilidade e a resistência são diferenciais que se destacam em relação à utilização da madeira convencional. Diante da eficácia do sistema porquê proprietários e construtores não aplicam nas coberturas das construções residenciais?

1.3 HIPÓTESE / PREMISA

Através dos resultados que serão apresentados poderemos saber a viabilidade de implantação do sistema proposto com base nos orçamentos para execução e desempenho de cada uma das estruturas.

Desta forma, justificará a mudança da postura dos profissionais através da necessidade da melhoria do processo de execução e controle dos materiais. Tendo

em vista à redução de desperdícios de material e aumento da qualidade de aquisição de materiais, capacitação dos profissionais para execução dos serviços, melhoria do produto final, diminuição do custo total da obra e minimização do impacto ambiental através da redução do desmatamento ilegal demasiado que vem ocorrendo nas florestas Brasileiras.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo acadêmico com o intuito de relatar as vantagens da implantação do sistema em Aço Leve (Light Steel Frame) para execução de coberturas em obras residenciais em substituição da Madeira na cidade de Palmas - TO.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Fornecer informações e recomendações que possam viabilizar a implantação do sistema LSF para estrutura de cobertura em Palmas - TO.
- Comparar o custo x benefício que uma estrutura de cobertura em aço leve pode ter com a sua implantação em comparação à estrutura em madeira.
- Ampliação dos conhecimentos acadêmicos do referido assunto.

1.5 JUSTIFICATIVA

Considerando as questões básicas que afetam o processo construtivo como o desperdício de materiais, degradação ao meio ambiente e mão de obra desqualificada e, com a inserção das diretrizes a serem tomadas desde a elaboração do projeto planejamento e controle até a execução, bem como a incorporação de técnicas executivas otimizadas, torna-se um instrumento regulador e definidor da qualidade final do produto.

Construtivamente, as coberturas em aço leve possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais e podem ser adotada para execução de obras em Concreto Armado, Alvenaria Estrutural entre outras, podendo ser utilizadas como elemento estrutural para receber telhas metálicas, cerâmicas, de entre outras conforme mostrado na figura 1.



Figura 1: Estrutura de cobertura em steel frame para edificação convencional (Fonte: REVISTA TÉCHINE-Steel Frame - Cobertura)

Sistemas construtivos industrializados são menos degradantes ao meio ambiente, pois, os projetos são planejados e executados de forma tão racional, onde o desperdício pode ser eliminado totalmente. As características Intrínsecas nesse tipo de construção como racionalização, industrialização e rapidez de execução, são possíveis quando há um planejamento integral da obra, composto por um projeto amplamente detalhado. Construir em aço torna-se muito versátil por viabilizar qualquer projeto arquitetônico, concebido e planejado considerando o comportamento do sistema.

Dentre as técnicas de construção em aço, a opção pela tecnologia de utilização do *Light Steel Framing* se encaixa no conceito de novas tecnologias bem como alternativa para racionalizar e industrializar os processos construtivos. A construção com estruturas em aço, além de ser versátil e durável, está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentável.

Desta forma, justifica-se este tema através da necessidade da melhoria do processo de execução da obra e controle dos materiais, buscando a reduzir o desperdício de insumos e aumento da qualidade de aquisição e recebimento de materiais, capacitação dos profissionais para execução dos serviços, melhoria do

produto final e minimização do impacto ambiental através da redução do desmatamento ilegal demasiado que vem ocorrendo nas florestas Brasileiras.

1.6 MÉTODO DA PESQUISA

O projeto será fundamentado nas pesquisas bibliográficas pertinentes ao assunto mencionada nos livros, revistas, trabalhos e no Manual da Construção em Aço do CBCA (Steel Frame: Arquitetura e Steel Frame: Engenharia). Será realizado um estudo para coleta de dados para análise dos procedimentos convencionais utilizados na construção de coberturas das residências de Palmas para uma comparação com o sistema em aço leve.

Serão elaborados os projetos da estrutura da cobertura de uma residência para cada alternativa a ser estudada com o auxílio de Software para cálculo estrutural (METÁLICAS 3D), onde o será feito o lançamento e dimensionamento dos perfis a serem adotados nas estruturas considerando as normas pertinentes para cada opção de material proposto, (Madeira-NBR 7190 e Aço-NBR 8800-AISI), e seguindo o projeto arquitetônico, também será elaborado um comparativo de custo de execução da referida cobertura com estrutura em madeira, aço, (chapa dobrada) e Steel Frame (Aço Leve) para verificação da viabilidade técnica e financeira de implantação da nova tecnologia nesta cidade.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em três capítulos. O capítulo 1 é composto pela de introdução - tema da pesquisa, apresentação do problema, objetivo, justificativa e método da pesquisa. No capítulo 2 desenvolveu-se a fundamentação teórica, os cálculos para dimensionamento das estruturas e levantamento de materiais e de custo de execução para cada alternativa. No capítulo 3 apresentam-se os resultados, análises e conclusão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.1 Breve Histórico

O conceito de “estrutura leve” inicia-se com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território americano em meados do século XIX. Foi necessário empregar métodos mais rápidos e produtivos na construção de habitações. Esse método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal.

A partir de então, as construções em madeira, conhecidas por *Wood Frame*, tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Aproximadamente um século mais tarde, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago, o protótipo de uma residência em *Light Steel Framing* que utilizava perfis de aço substituindo a estrutura de madeira (Figura 2). O crescimento da economia americana e a abundância na produção do aço no período pós Segunda Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e o uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser vantajoso devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremoto e furacões. (CRASTO; FREITAS apud BATEMAN, 1998),



Figura 2: Protótipo de residência em Light Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933
(Fonte: CRASTO; FREITAS, 2006)

A aplicação do sistema *Light Steel Framing* no Brasil teve início no final da década de 90, desde então, vem expandindo no mercado, já podemos encontrar em várias regiões do país diversos tipos de edificações.

2.1.2 Características do Sistema Light Steel Framing

A tecnologia na construção civil evolui rapidamente, por isso, aumenta a exigência de conhecimento e aperfeiçoamento de novas técnicas para a execução de serviços. Com esta crescente demanda, surgem poluições e impactos ambientais, causados por entulhos de materiais de construção, usados nos processos construtivos, pois se sabe, a indústria da construção é uma das grandes responsáveis pela geração de impactos ao meio ambiente. Surge então, a necessidade da implantação de alternativas de construção que diminuam esses impactos. Uma opção com tendência a se transformar em um dos sistemas mais utilizados no mundo é o *Light Steel Framing* (Estrutura de Aço Leve), onde se possibilita a troca das estruturas de madeiras por perfis leves de aço galvanizado. Um sistema muito comum nos Estados Unidos e, que aos poucos ganha espaço nas edificações no Brasil, por apresentar uma técnica com produto final superior ao sistema convencional, totalmente, reciclável e flexível (CRASTO; FREITAS, 2006).

É um sistema construtivo aberto – que permite a utilização de diversos materiais, flexível – pois não apresenta grandes restrições aos projetos, racionalizado – otimizando a utilização dos recursos e o gerenciamento das perdas, customizável – permitindo total controle dos gastos já na fase de projeto; além de durável e reciclável (CAMPOS; JARDIM, 2004).

De acordo com informações da USIMINAS (2007) o *Steel Framing* é o resultado de uma tecnologia já testada e aprovada em vários países. Os principais atributos desta construção industrializada são a pré-fabricação e montagem. O processo permite trabalhar uma obra limpa. A matéria-prima utilizada, a técnica de fabricação, suas características e o acabamento, passam por controles de qualidade rigorosos, reduzindo assim, significativamente a mão-de-obra, proporcionando agilidade construtiva e maior controle de desperdícios de material e da qualidade do produto final, gerando uma solução eficiente e com menor custo.

A aplicação desse sistema permite a redução de custo através da otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura. Outra característica essencial ao sistema é a diminuição do carregamento na fundação, possibilitando

um menor custo desta etapa devido ao baixo peso da estrutura da cobertura. Por ser composto por elementos que permitem total parametrização e customização dos produtos para as reais necessidades do usuário, o LSF possui melhor desempenho quando comparado aos sistemas convencionais.

Para que seja possível explorar o potencial do LSF como um sistema construtivo industrializado, é importante que o projetista além de dominar a tecnologia incorpore ao projeto arquitetônico a ferramenta indispensável ao processo de industrialização da construção.

O sistema LSF não deve ser comparado com construções populares, uma vez que nestas construções, podem ser feitas posteriores modificações pelo usuário, dispondo de menos recursos sem a necessidade de uma mão-de-obra especializada.

As edificações executadas em LSF exigem que os recursos e materiais estejam disponíveis em todas as fases da obra, para que não haja interrupções em nenhuma etapa e garantia do cumprimento exato do planejamento.

2.1.3 Vantagens do Sistema

Segundo o guia do construtor (American Iron and Steel Institute), o aço, por ser um processo construtivo com alto nível de industrialização, o *Light Steel Frame* – Estrutura de Aço Leve – naturalmente é escolhido em vários países do mundo por apresentar inúmeras vantagens:

- ✓ Reciclagem e reaproveitamento: O aço é o único material que pode ser reaproveitado inúmeras vezes sem nunca perder suas características básicas de qualidade e resistência;
- ✓ Telhado imune ao ataque de insetos: com a utilização da estrutura do telhado em aço galvanizado, além de apresentar melhor qualidade e perfeição ao aspecto final da construção;
- ✓ Flexibilidade arquitetônica: qualquer linha arquitetônica seja ela reta ou curva, pode ser elaborada. A contemporaneidade e arrojo das peças, a leveza visual, a escolha de acabamento polido ou brilhante e a possibilidade de criar infinitas formas, complementadas pelos mais variados detalhes e fechamento;

- ✓ Resistência à corrosão: os perfis de aço galvanizado exibem maior estabilidade dimensional. Não empenam nem trincam por causa da dilatação;
- ✓ Alta Durabilidade: o zinco, utilizado para a proteção do aço, pode facilmente garantir a proteção do aço para toda vida útil da habitação;
- ✓ Garantia de qualidade: a fabricação em *Steel Frame* ocorre dentro de uma indústria e conta com mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial;
- ✓ Redução do custo da fundação: devido à redução do peso da construção e a uniformidade da distribuição dos esforços através de estruturas mais leves e portantes;
- ✓ Custos diretos e indiretos menores: prazos reduzidos e inexistência de perdas ou insignificantes;
- ✓ Precisão construtiva: na estrutura metálica a precisão é medida em milímetros. Isso garante uma estrutura perfeitamente aprumada e nivelada, facilitando atividades como o assentamento de esquadrias, bem como redução no custo dos materiais de revestimento.

2.1.4 Dificultadores

- ✓ Barreira cultural: comodismo por parte de construtores e consumidores impede a aceitação de novas tecnologias;
- ✓ Falta de visão sistêmica dos construtores: o potencial de racionalização oferecido pelo sistema não é totalmente explorado;
- ✓ Falta de conhecimento técnico: na elaboração de projetos e treinamento de profissionais para execução do sistema;
- ✓ Fatores climáticos: o não conhecimento do sistema construtivo leva as pessoas a pensarem que uso da técnica não é adaptado a todas às regiões – quentes ou frias.

Fator Financeiro: a indisponibilidade do produto e mão de obra em Palmas e região eleva o custo final da edificação.

2.1.5 Elaboração dos Projetos

Será elaborado o projeto estrutural da cobertura para cada opção de material proposto, conforme planta de cobertura da figura 3, sendo então propostas três alternativas: (madeira, aço-chapa dobrada e aço leve) para execução de uma edificação residencial e com a mesma concepção adotada para a estrutura: treliças com espaçamento entre eixos de 3,30m. Com o auxílio do Software Visual Ventos, serão expressos os valores das pressões e esforços resultantes da ação do vento sobre a cobertura, em direções e ângulos diferentes.

2.1.5.1 Dados Geométricos da Edificação

Largura = 8,00 m

Comprimento = 20,00 m

Área da Edificação = 160,00 m²

Pé Direito = 3,5 m

Beiral = 0,6 m

Distância entre Pórticos = 3,30 m

Telha Plan - i = 30%

Área de Cobertura = 201,57 m²

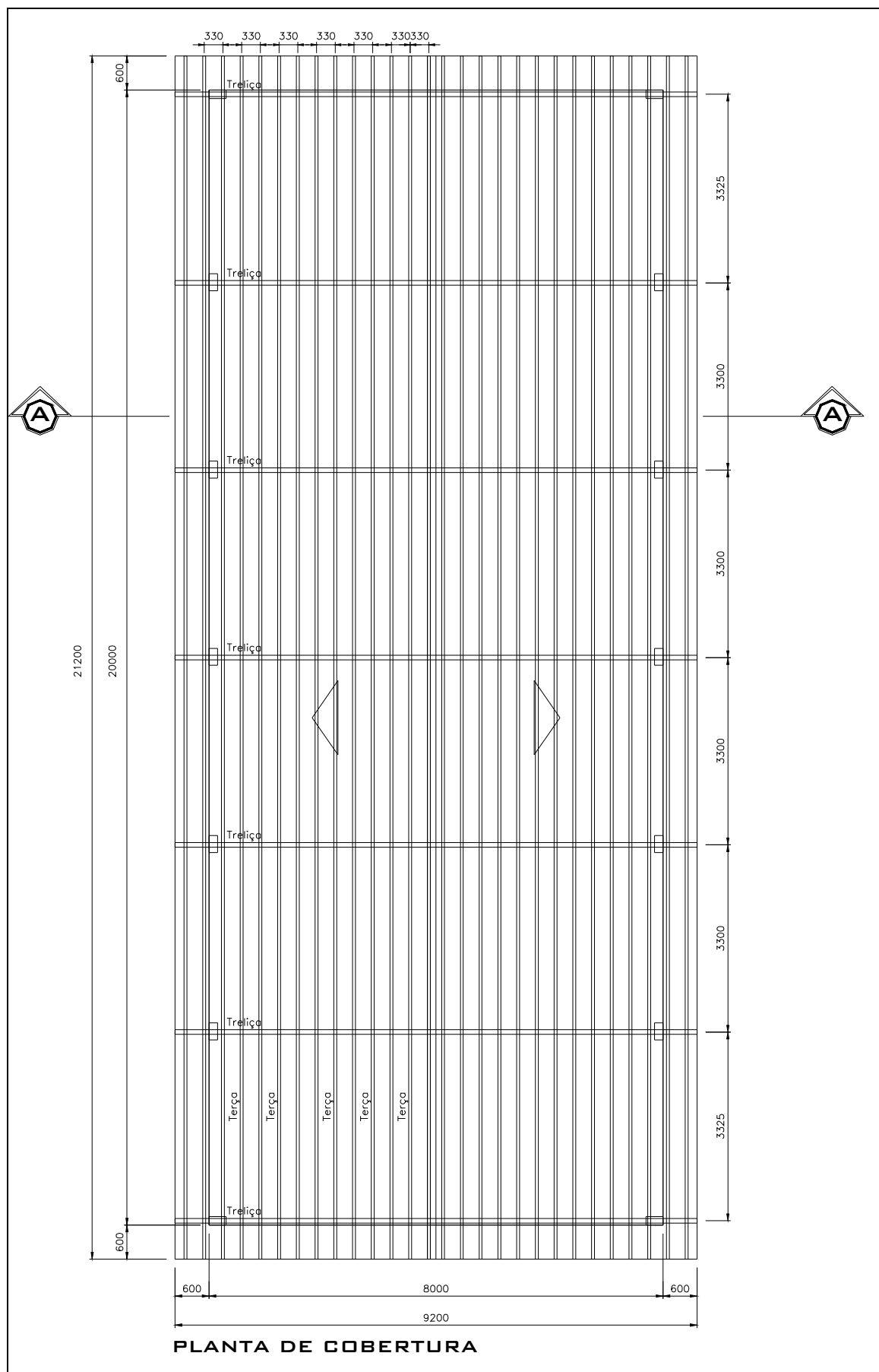


Figura 3: Concepção da Planta de Cobertura

2.1.5.2 Procedimentos para Cálculo de Ação dos ventos em telhados

Conforme projeto de arquitetura com a concepção e detalhamento da cobertura da edificação residencial a ser construída em Palmas-TO será feito o dimensionamento dos elementos estruturais da cobertura em função do carregamento e vão entre pórticos.

Conforme especificado no projeto o telhado terá duas águas com caimento para as laterais da edificação e será adotada telha cerâmica tipo plan com inclinação de 30%, para a estrutura serão considerados três tipos de materiais: madeira, chapa de aço dobrada e o aço leve.

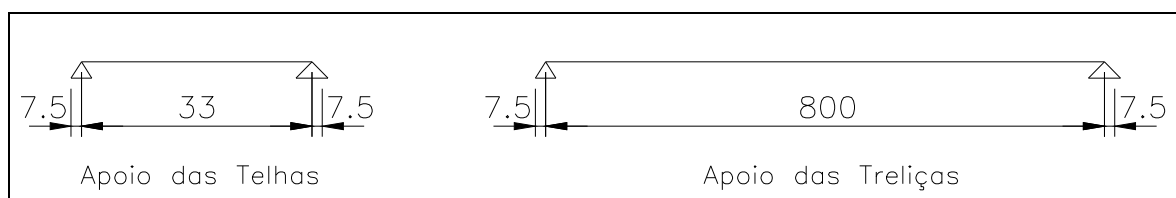


Figura 3.1: Dimensão dos vãos entre apoios (cm)

CARREGAMENTOS

Após a definição dos materiais a serem utilizados para execução da cobertura serão determinados os seguintes carregamentos:

1. Carga permanente (G)

De acordo com especificação no catálogo de propriedades de madeira, para o tipo a ser adotado, o peso-próprio da madeira é de 58 kgf / m².

No catálogo do fabricante, o peso-próprio da telha é de 32 kgf / m².

O peso-próprio recomendado, (NBR 7190-1997), para as ferragens é de 10% da soma do peso-próprio da madeira e da telha, conforme tabela 01- CARGA PERMANENTE, para o aço em chapa dobrada e o aço leve são considerados os valores expressos nas tabelas 02 e 03 conforme especificado nos catálogos dos fabricantes.

Para as instalações o peso-próprio é de 1 kgf / m².

<i>Tabela 01- CARGA PERMANENTE</i>	
MADEIRA	
CARGA	PESO PRÓPRIO (Kgf/m ²)
MADEIRA	38
TELHAS	32
FERRAGENS	7
INSTALAÇÕES	1
TOTAL	78

<i>Tabela 02- CARGA PERMANENTE</i>	
AÇO	
CARGA	PESO PRÓPRIO (Kgf/m ²)
AÇO SAC-41	9,9
TELHAS	32
INSTALAÇÕES	1
TOTAL	42,90

<i>Tabela 03- CARGA PERMANENTE</i>	
STEEL FRAME	
CARGA	PESO PRÓPRIO(Kgf/m ²)
STEEL FRAME	3,5
TELHAS	32
INSTALAÇÕES	1
TOTAL	36,50

2. Sobrecarga (Q)

Segundo a NBR 8800-1986, anexo B, para telhados normais adota-se uma sobrecarga de 25 kgf / m².

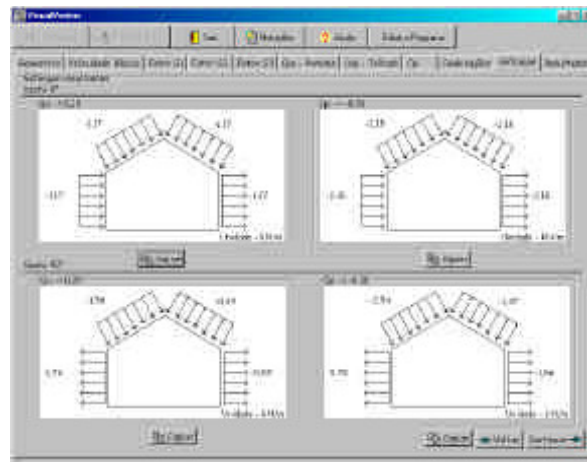
3. Ação dos ventos em telhados

A NBR 6123-1990 especifica os procedimentos para os cálculos e considerações que devem ser feitas para obterem-se as forças devidas ao vento em telhados.

3.1. Velocidade básica do vento (Vo)

Relatório: Visual Ventos - <http://www.ertools.upf.br>

Este software está registrado no INPI No. 00062090



Dados Geométricos da Edificação

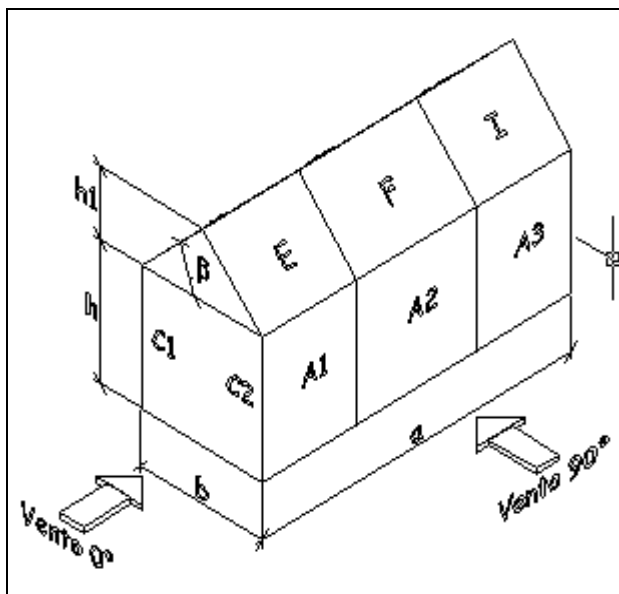
Largura = 8,00 m

Comprimento = 20,00 m

Pé Direito = 3,5 m

Distância entre Pórticos = 3,30 m

Telha Plan - i = 30%



Velocidade básica do vento

$V_o = 40,00 \text{ m/s}$

Fator Topográfico (S1)

Terreno plano ou fracamente acidentado

$$S1 = 1,00$$

Fator de Rugosidade (S2)

Categoria V

Classe B

Parâmetros retirados da Tabela 2 da NBR6123/88 que relaciona

Categoria e Classe

$$b = 0,73$$

$$Fr = 0,98$$

$$p = 0,16$$

$$S2 = b * Fr * (z/10) \exp p$$

$$S2 = 0,73 * 0,98 * (4,70/10) \exp 0,16$$

$$S2 = 0,63$$

Fator Estático (S3)

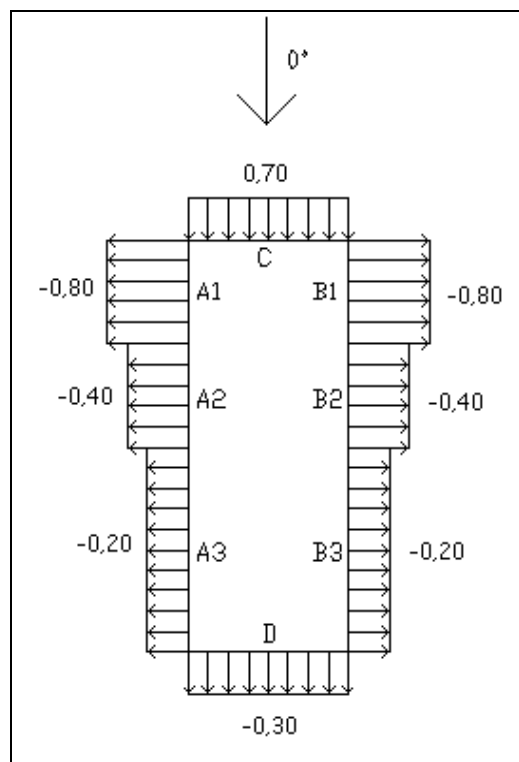
Grupo 1

$$S3 = 1,00$$

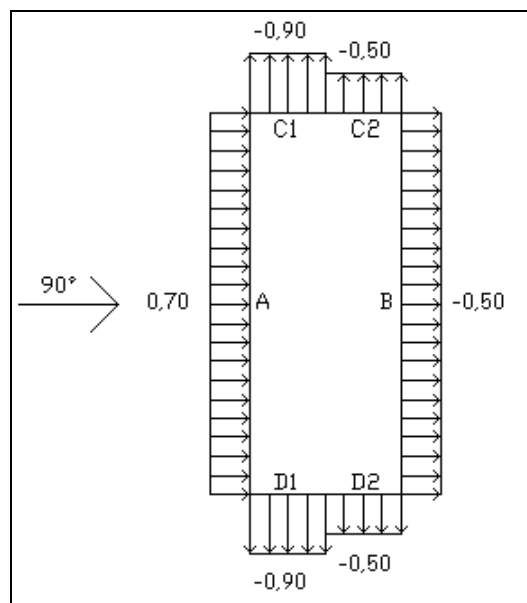
Coeficiente de pressão externa

Paredes

Vento 0°

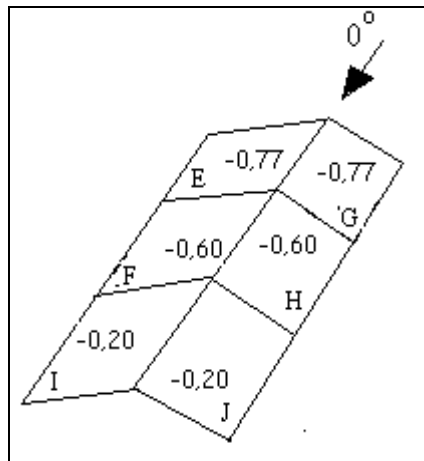


Vento 90°

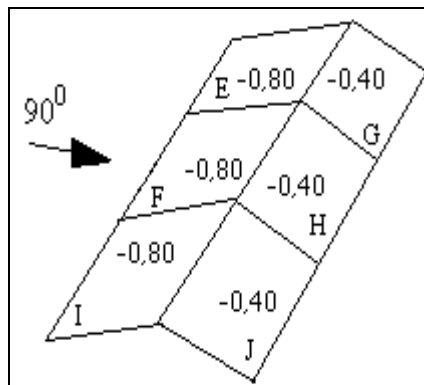


Telhado

Vento 0°



Vento 90°



Cpe médio = -1,00

Coeficiente de pressão interno

Cpi 1 = -0,20

Cpi 2 = 0,00

Velocidade Característica de Vento

$$V_k = V_o * S1 * S2 * S3$$

$$V_k = 40,00 * 1,00 * 0,63 * 1,00$$

$$V_k = 25,36 \text{ m/s}$$

Pressão Dinâmica

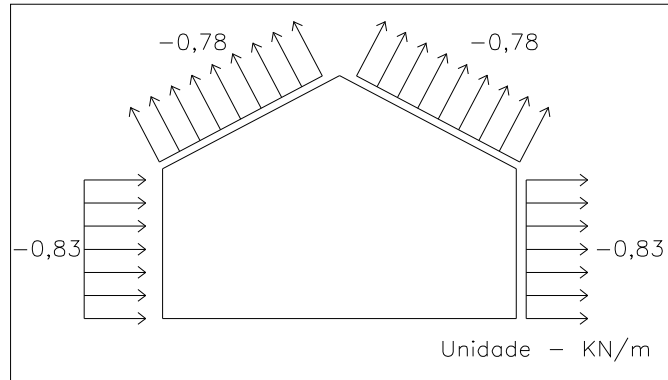
$$q = 0,613 * V_k^2$$

$$q = 0,613 * 25,36^2$$

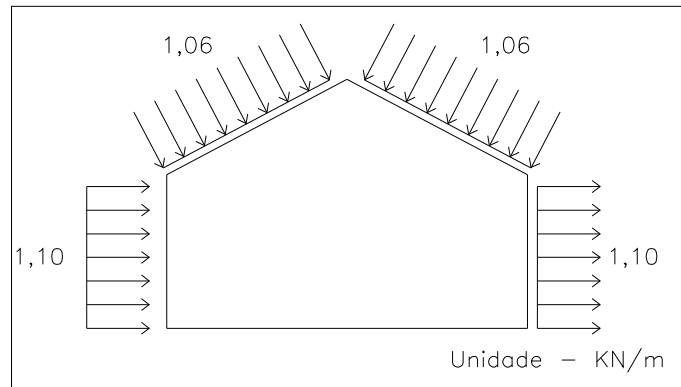
$$q = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Esforços Resultantes

Vento 0° - $C_{pi} = -0,20$



Vento 0° - $C_{pi} = 0,00$



2.1.5.3 Cálculo e Dimensionamento da Estrutura em Madeira, Aço (Chapa Dobrado) e Aço Leve (Steel Frame)

Madeira Adotada = Angelim Vermelho

Sistema Estrutural = Treliças com Caibros

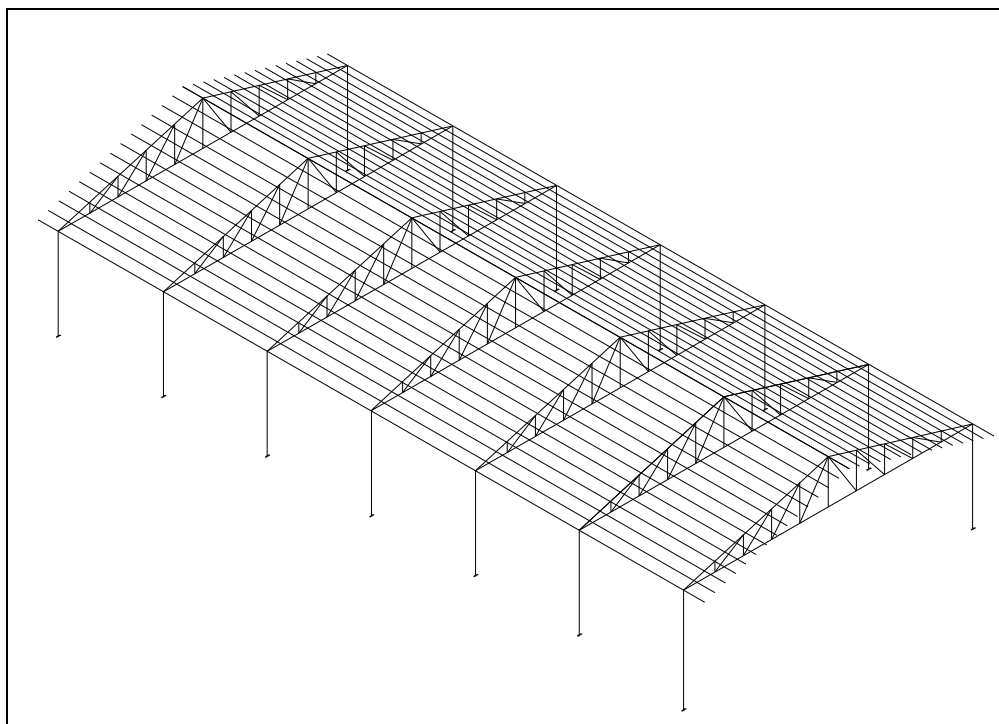


Figura 4: Visualização 3D da Estrutura

1.- DADOS DE OBRA (Estrutura de Madeira)

1.1.- Normas consideradas

1.2.- Estados limites

1.2.1.- Situações de projeto

1.2.2.- Combinações

1.2.3.- Flechas

1.- DADOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Madeira: NBR 7190-1997

1.2.- Estados limites

E.L.U. Madeira NBR 7190-1997

Uso da edificação: Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas. Edificações residenciais de acesso restrito
Deslocamentos Ações características.

1.2.1.- Situações de projeto

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação

- Sem coeficientes de combinação

- Donde:

 - Gk - Ação permanente

 - Qk - Ação variável

 - gG - Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes, g

 - gQ,1 - Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

 - Q,i - Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

 - y p,1 - Coeficiente de combinação da ação variável principal

 - Ya,i - Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

Para cada situação de projeto e estado limite, os coeficientes a utilizar serão:

E.L.U. Madeira: NBR 7190.

1.2.2.- Combinações

SITUAÇÃO 1				
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)		COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO	
	FAVORÁVEL	DESAVORÁVEL	PRINCIPAL (γ _P)	ACOMP (γ _A)
PERMANENTE (G)	1,00	1,30	1,00	1,00
SOBRECERGA (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
VENTO (Q)	0,00	1,40	0,75	0,50
NEVE (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
SISMO (A)				

DESLOCAMENTOS		
SITUAÇÃO 1: AÇÕES VARIÁVEIS SEM SISMO		
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)	
	FAVORÁVEL	DESAVORÁVEL
PERMANENTE (G)	1,00	1,00
SOBRECERGA (Q)	0,00	1,00
VENTO (Q)	0,00	1,00
NEVE (Q)	0,00	1,00
SISMO (A)		

1.2.3.- Flechas

Na verificação das flechas, adotou-se como flecha máxima igual a $L/250$, sendo L o comprimento livre de flambagem.

Com os resultados obtidos através dos cálculos, o dimensionamento dos elementos estruturais em madeira, com seções usuais no mercado, está expresso conforme tabela 4, abaixo.

TABELA RESUMO - MADEIRA					
MATERIAL	TIPO	CLASSE DE UMIDADE	CLASSE DE RESISTÊNCIA	SEÇÃO (CM)	
MADEIRA	ANGELIM VERMELHO	12 %	C 20	VIGOTAS	5x14
				CAIBROS	5x7

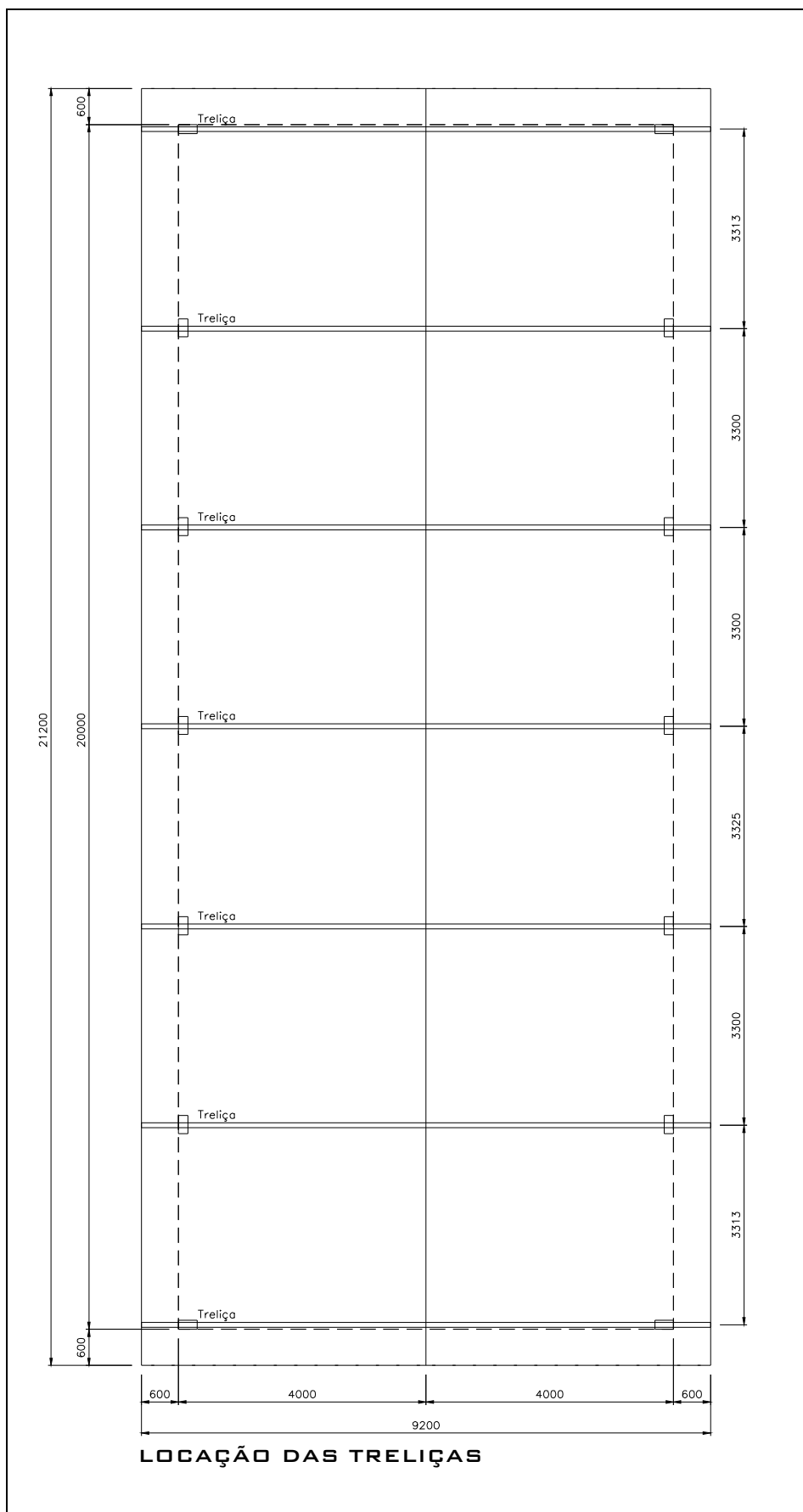


Figura 5: Locação das treliças

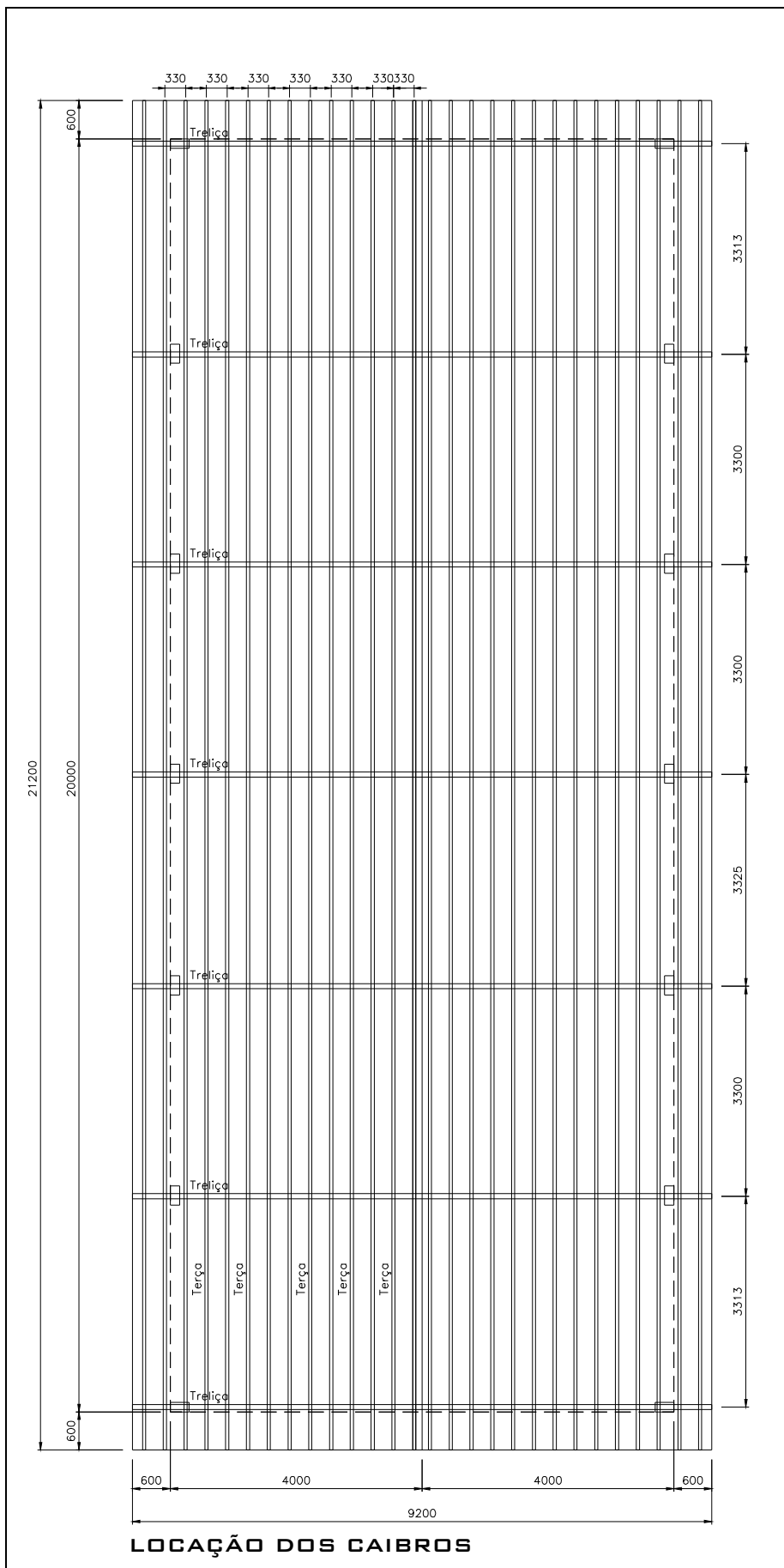


Figura 6: Locação dos caibros

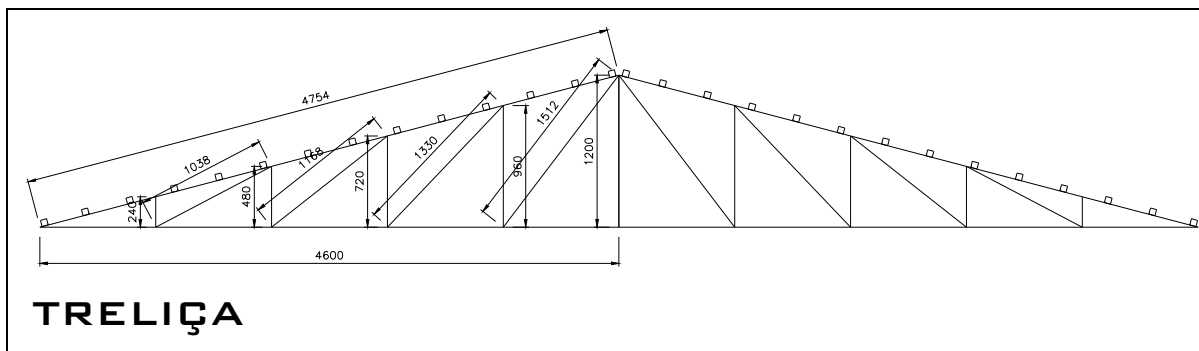


Figura 7: Modelo Estrutural das Treliças

1.- DADOS DE OBRA (Estrutura de Aço – Chapa Dobrada)

1.1 - Normas consideradas

1.2 - Estados limites

1.2.1 - Situações de projeto

1.2.2 - Combinações

1.2.3 - Flechas

1.2.4 - Material

1.- DADOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Aço - NBR 8800 -1986

1.2.- Estados limites

Uso da edificação: Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas. Edificações residenciais de acesso restrito
Deslocamentos Ações características.

1.2.1.- Situações de projeto

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação
- Sem coeficientes de combinação

-Onde:

G_k - Ação permanente

Q_k - Ação variável

g_G - Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes, g

$g_{Q,1}$ - Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$g_{Q,i}$ - Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

$\gamma_{p,1}$ - Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\gamma_{a,i}$ - Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

1.2.2.- Combinações

SITUAÇÃO 1				
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)		COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO	
	FAVORÁVEL	DESFAVORÁVEL	PRINCIPAL (γ_p)	ACOMP (γ_a)
PERMANENTE (G)	1,00	1,30	1,00	1,00
SOBRECARGA (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
VENTO (Q)	0,00	1,40	0,75	0,50
NEVE (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
SISMO (A)				

DESLOCAMENTOS		
SITUAÇÃO 1: AÇÕES VARIÁVEIS SEM SISMO		
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)	
	FAVORÁVEL	DESFAVORÁVEL
PERMANENTE (G)	1,00	1,00
SOBRECARGA (Q)	0,00	1,00
VENTO (Q)	0,00	1,00
NEVE (Q)	0,00	1,00
SISMO (A)		

1.2.3.- Flechas

Na verificação das flechas, adotou-se como flecha máxima igual a $L/250$, sendo L o comprimento livre de flambagem.

Com os resultados obtidos através dos cálculos, o dimensionamento dos perfis está expresso conforme tabela 5, abaixo.

1.2.4 - Material

TABELA RESUMO - AÇO - CHAPA DOBRADA				
MATERIAL		SÉRIE	PERFIL	COMP. (M)
AÇO	USI SAC 41	PERFIL "UE"	127x50x12#2,66	4,75
			127x50x12#2,66	4,60
		PERFIL "U"	120x50x12#2,66	VARIÁVEL
		PERFIL "UE"	75x50x12#2,66	3,30
			75x50x12#2,66	4,00

1.- DADOS DE OBRA (Estrutura de Aço Leve)

1.1.- Normas consideradas

1.2.- Estados limites

1.2.1.- Situações de projeto

1.2.2.- Combinações

1.2.3.- Flechas

1.- DADOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Aço: NBR 14762:2001

1.2.- Estados limites

Uso da edificação: Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de

elevadas concentrações de pessoas. Edificações residenciais de acesso restrito
Deslocamentos Ações características.

1.2.1.- Situações de projeto

Para as distintas situações de projeto, as combinações de ações serão definidas de acordo com os seguintes critérios:

- Com coeficientes de combinação
- Sem coeficientes de combinação

-Onde:

G_k - Ação permanente

Q_k - Ação variável

g_G - Coeficiente parcial de segurança das ações permanentes, g

$g_{Q,1}$ - Coeficiente parcial de segurança da ação variável principal

$Q_{i,j}$ - Coeficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

$\gamma_{p,1}$ - Coeficiente de combinação da ação variável principal

$\gamma_{a,i}$ - Coeficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento ($i > 1$).

1.2.2.- Combinações

SITUAÇÃO 1				
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)		COEFICIENTES DE COMBINAÇÃO	
	FAVORÁVEL	DESFAVORÁVEL	PRINCIPAL (γ_P)	ACOMP (γ_A)
PERMANENTE (G)	1,00	1,30	1,00	1,00
SOBRECARGA (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
VENTO (Q)	0,00	1,40	0,75	0,50
NEVE (Q)	0,00	1,40	1,00	0,40
SISMO (A)				

DESLOCAMENTOS		
SITUAÇÃO 1: AÇÕES VARIÁVEIS SEM SISMO		
	COEFICIENTES PARCIAIS DE SEGURANÇA (G)	
	FAVORÁVEL	DESFAVORÁVEL
PERMANENTE (G)	1,00	1,00
SOBRECERGA (Q)	0,00	1,00
VENTO (Q)	0,00	1,00
NEVE (Q)	0,00	1,00
SISMO (A)		

1.2.3.- Flechas

Na verificação das flechas, adotou-se como flecha máxima igual a $L/250$, sendo L o comprimento livre de flambagem.

Com os resultados obtidos através dos cálculos, o dimensionamento dos perfis está expresso conforme tabela 6, abaixo fornecida pelo fabricante.

TABELA 06 - PERFIS PARA ESTRUTURA DE TELHADO

DESIGNAÇÃO		ESPAÇAMENTO (MM)	ESPESSURA DOS PERFIS (MM)				
			LARGURAS DA EDIFICAÇÃO (M X M)				
			8 x 20	8 x 22	9 x 22	9 x 24	9 x 25
MONTANTE	UE 90x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	UE 140x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
DIAGONAL	UE 90x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	UE 140x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
CORDA SUPERIOR	UE 90x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
	UE 140x40x12XT	400	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		600	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

3 RESULTADOS, ANÁLISES E CONCLUSÃO

3.1 Resultados

Após levantamento de custo dos diversos insumos e mão de obra para execução da cobertura com cada material proposto, obtiveram-se os seguintes valores, conforme tabela 07.

TABELA 07 - CUSTO DE EXECUÇÃO

RESULTADOS DO ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE EXECUÇÃO DA COBERTURA COM OS MATERIAIS PROPOSTOS			
SERVIÇOS / INSUMOS	ESTRUTURA EM MADEIRA	ESTRUTURA AÇO (CHAPA DOBRADA)	ESTRUTURA AÇO (AÇO LEVE)
TELHAS (7000UN.) + CAPOTES (64UN.)	R\$ 4.135,00	R\$ 4.135,00	R\$ 4.135,00
MATERIAL (ESTRUTURA)	R\$ 7.858,92	R\$ 11.565,84	R\$ 15.226,36
MAO DE OBRA	R\$ 3.500,00	R\$ 3.000,00	R\$ 2.800,00
CUSTO TOTAL	R\$ 15.493,92	R\$ 18.700,84	R\$ 22.161,36
CUSTO POR M²	R\$ 76,86	R\$ 92,77	R\$ 109,94

3.2 Análises

Observa-se que, a execução da estrutura em madeira apresenta um custo reduzido em relação aos outros sistemas, aproximadamente 17% do aço em chapa dobrada e 25% do aço leve, por se tratar de mão de obra abundante e materiais convencionais com maior facilidade de compra e entrega no prazo, apresentando uma viabilidade na agilidade da aquisição dos insumos, porém sua grande desvantagem é o maior tempo de execução, o alto índice de desperdícios de materiais e a possibilidade de deformações excessivas do telhado após certo tempo de sua vida útil, pelo motivo de não serem dimensionados gerando problemas patológicos como: infiltrações, perda da uniformidade, como pode se observar na figura 8. A degradação ambiental gerada pela exploração ilegal da madeira que ocorre ao longo dos anos para fins construtivos diminui consideravelmente as áreas de florestas, tornando maior dia a dia a escassez do produto, podendo vir a comprometer a sobrevivência de gerações futuras em um curto período.



Figura 8: Cobertura com Estrutura de Madeira (Fonte: Residência em Palmas-TO)

Para execução da estrutura em chapa dobrada o valor apresentado é superior em torno de 17% em relação ao valor da estrutura de madeira por ser um processo industrializado, mas, com facilidade de compra dos insumos e contratação da mão de obra na região, esta porcentagem é baixa visto que o material é 100% reciclável, a estrutura permanecerá linear durante sua vida útil e a mesma pode ser reaproveitada.

Para a estrutura executada com aço leve, o valor apresentado é de aproximadamente 25% superior à madeira, considera-se um valor relativamente alto para execução da mesma estrutura, por se tratar de processos industrializados e racionais, mas que ainda é novidade para cidade de Palmas e região, diferentemente da chapa dobrada, tornando então um obstáculo para implantação do sistema. Este percentual de acréscimo para execução da estrutura em aço leve será reduzido gradativamente na medida em que o sistema terá sua implantação em larga escala, possibilitando a diminuição do custo e maior acesso para classes sociais de menor poder aquisitivo.

3.3 Conclusão

Para a implantação do Steel Frame para execução de estruturas de cobertura de obras residenciais, além do desconhecimento por parte dos profissionais e proprietários o acréscimo do custo de execução em relação à madeira é o fator de maior relevância, motivo este de ser novidade e não ter o produto disponível em larga escala na cidade de Palmas e região necessitando então de comprar em outros estados. O processo de execução também é fator relevante para dificultar sua implantação, por não ter profissionais capacitados para execução dos serviços, tendo também de vir profissionais de fora, estes

dificultadores serão diminuídos na medida em que o produto for sendo implantado aos poucos, tornando-o mais acessível financeiramente para que o custo final não fique muito elevado.

A execução da estrutura com madeira se mostrou mais barata e acessível, pois os insumos e mão de obra se têm em grande escala, mas, a construção convencional não tem processo de industrialização nem controle de qualidade, continuando sempre de maneira artesanal, ocasionando o aparecimento de patologias e deformações excessivas nesse tipo de cobertura.

Observa-se que a estrutura em chapa dobrada se mostra tecnicamente e financeiramente viável para execução da referida cobertura, pois, é um processo industrializado que elimina os desperdícios, depois de executada, a estrutura não terá deformações como uma estrutura de madeira não dimensionada, o que ocorre na maioria dos casos, permite ao calculista o dimensionamento da estrutura com peso reduzido, e, ao contrário do Steel Frame os insumos e mão de obra são disponíveis na cidade de Palmas e região.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355: **Perfis estruturados de aço formado a frio – padronização**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projetos de Estruturas de Madeiras – padronização**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: **Procedimentos para Cálculos de Estruturas de Aço – AISI**.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: **Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: **Informação e documentação – Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: **Informação e documentação – Citações em Documentos - Apresentação**. Rio de Janeiro, 2002.

CARLO, U. D. Cultura sustentável. *Téchine*. v. 16, n. 133, p. 04, 22 abril 2008.

CONSTRUCTALIA, O PORTAL DO AÇO NA CONSTRUÇÃO E ARQUITETURA. **Steel Frame no Mercado Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.constructalia.com.br>> . Acesso em: 1º de junho 2009.

RODRIGUES, F. C. Steel Framing: Engenharia. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, R.; MEKBIKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras**. São Paulo: PINI, 1986.

TERNI, W. A; SANTIAGO, A. K; PIANHERI, J. – **Cobertura em Steel Frame**. *Téchine*. v. 16, n. 144, p. 77, 17 março 2009

5 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CAMPOS, A. de S; JARDIM, G. T. de C. **Light steel framing**: uma aposta do setor siderúrgico no desenvolvimento tecnológico da construção civil. [s.n.], 2004.

CAMPOS, A. de S. **O que é o Light steel framing**, 2007. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>> Acesso em: 30 de maio 2009.

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – CBCA. **O aço e a construção sustentável**. 2006 - Disponível em: http://www.cbca-ibs.com.br/nsite/meio_ambiente.asp Acesso em: 31 de maio 2009.

CONSTRUTORA SEQUÊNCIA. **Steel Frame**. Disponível em: http://construtorasequencia.com.br/steel_sus.asp . Acesso em: 1 de junho 2009.

CONDE, N. **O que é o Steel Frame?** ENGENHARIA CIVIL. A Arte do Engenho. Disponível em: <<http://www.construcaomercado.com.br>> . Acesso em: 1 de junho 2009.

USIMINAS – SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS. **Steel Framing**. 2007. Disponível em: <http://www.usiminas.com.br/ext/steelframe/index.htm> Acesso em: 31 de maio 2009.