

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

FERNANDA FRASSON MOREIRA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E PROJETO DE UMA
EDIFICAÇÃO EM LIGHT STEEL FRAME SEGUNDO CRITÉRIOS DE
DIMENSIONAMENTO APLICADOS NO BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2017**

FERNANDA FRASSON MOREIRA

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E PROJETO DE UMA
EDIFICAÇÃO EM LIGHT STEEL FRAME SEGUNDO CRITÉRIOS DE
DIMENSIONAMENTO APLICADOS NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil pela Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Campus
Pato Branco.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Paôla Regina
Dalcanal

Coorientadora: Prof^a. Dr^a Marina Rocha
Pinto Portela Nunes

PATO BRANCO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL E PROJETO DE UMA EDIFICAÇÃO EM LIGHT STEEL FRAME SEGUNDO CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO APLICADOS NO BRASIL

FERNANDA FRASSON MOREIRA

No dia 23 de junho de 2017, às 8h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná –UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº21-TCC/2017.

Orientador: Prof^ª. Dr.^ª PAÔLA REGINA DALCANAL (DACOC/UTFPR-PB)

Coorientador: Prof^ª. Dr.^ª. MARINA ROCHA PINTO PORTELA NUNES (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. NORMELIO VITOR FRACARO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (DACOC/UTFPR-PB)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pela educação, contribuição e incentivo. A todos os meus amigos e familiares pelos conselhos e empatia. As empresas do setor que permitiram visitas às obras. A minha orientadora, professora Paôla, por toda dedicação e paciência. Ratificando a sua efetiva participação com detalhadas correções ao longo do desenvolvimento deste trabalho. A todos os professores do curso de Engenharia Civil que possibilitaram a minha formação acadêmica e profissional.

EPÍGRAFE

El arte del ingeniero es el arte de lo posible.

Santiago Calatrava

RESUMO

MOREIRA, F. F. **Análise do comportamento estrutural e projeto de uma edificação em Light Steel Frame segundo critérios de dimensionamento aplicados no Brasil.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

Este trabalho visa analisar a tecnologia construtiva Light Steel Frame, a abordagem inicia-se com o histórico, a definição e as características estruturais do sistema *Light Steel Frame*. Abrange ainda a análise teórica do comportamento dos elementos que compõe a estrutura LSF, bem como a definição dos métodos de análise estrutural contidos na norma para dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Ao final tem-se desenvolvimento do projeto arquitetônico e a concepção estrutural de uma residência unifamiliar como resultado da pesquisa.

Palavras-chave: light steel frame; perfis formados a frio; aço galvanizado; concepção estrutural; análise estrutural; flambagem;

ABSTRACT

MOREIRA, F. F. **Analysis of the structural process and design of a building in Light Steel Frame according to sizing criteria applied in Brazil.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

This paper aims to analyze the Light Steel Frame constructive technology, the approach begins with the history, definition and structural characteristics of the Light Steel Frame. It also addresses the theoretical analysis of the the elements that compose the LSF structure, as well the definition of structural analysis methods within the standard for designing cold-formed profiles structures of steel. At the end, there is the development of the architectural project and the conception structural design of a single-family residence as result of the research.

Keywords: light steel frame; Cold formed profiles; galvanized steel; Structural design; structural analysis; Buckling;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Painel de parede com abertura.....	21
Figura 2: Transmissão de carga vertical à fundação	22
Figura 3: Modelo teórico de um painel estrutural	23
Figura 4: Travamento lateral com bloqueador	24
Figura 5: Distribuição de esforços através da verga	25
Figura 6: Detalhes construtivos na fixação de placas estruturais	27
Figura 7: Efeitos da ação de vento e ancoragem de painel à fundação	28
Figura 8: Estrutura de piso em LSF	29
Figura 9: Travamento lateral de viga de piso	30
Figura 10: Configuração para laje (a) úmida e (b) seca.....	31
Figura 11: Configuração de cobertura plana.....	32
Figura 12: Telhado estruturado por caibros	33
Figura 13: Diagrama de Atividades.....	36
Figura 14: Configuração para diferentes tipos de paredes	38
Figura 15: Configuração de laje.....	38
Figura 16: Modelo estrutural de cálculo das tesouras	44
Figura 17: Modelos de cálculo para vigas.....	45
Figura 18: Modelo de cálculo para um painel com abertura	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Seção transversal e utilização de perfis formados a frio	19
Tabela 2: Perfis obtidos no pré-dimensionamento.....	40
Tabela 3: Peso dos elementos construtivos	41
Tabela 4: Esforços solicitantes obtidos na análise estrutural.....	47
Tabela 5: Cargas máximas resistentes de cálculo.....	48
Tabela 6: índice de segurança para força axial de compressão.....	49
Tabela 7: índice de segurança para momento fletor.....	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1.	Objetivo Geral	13
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	O SISTEMA CONSTRUTIVO <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	15
2.1.1	Histórico	15
2.1.2	Definição	16
2.1.3	Características	17
2.1.4	Materiais componentes	18
2.2	A ESTRUTURA <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	20
2.2.1	Painéis de Parede	20
2.2.2	Entrepisos	29
2.2.3	Estrutura de Telhados.....	32
2.2.4	Métodos de Dimensionamento.....	34
3.	METODOLOGIA	35
4.	PROTEJO ARQUITETÔNICO	37
5.	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	40
5.1	PRÉ-DIMENSIONAMENTO	40
5.2	AÇÕES ATUANTES NA ESTRUTURA.....	41
5.2.1	Ações Permanentes.....	41
5.2.2	Ações Variáveis	42
5.3	ANÁLISE ESTRUTURAL	43
5.3.1	Estrutura de Telhado.....	43
5.3.2	Painéis de Parede e Entrepisos	45

5.4	RESULTADOS OBTIDOS	47
5.5	VERIFICAÇÕES DA NBR 14762:2010	49
5.5.1	Viga de Piso Ue 200x40x12x1,25	49
5.5.2	Montante P18 Ue 140x40x12x0,95	50
5.5.3	Montante P54 Ue 140x40x12x0,95	51
5.6	DETALHAMENTO.....	51
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO A.....	56
	ANEXO B.....	59
	APÊNDICE A	60
	APÊNDICE B	63

1. INTRODUÇÃO

O processo de industrialização da construção civil brasileira necessita da introdução de novas tecnologias construtivas, da busca pelo aumento da produtividade, redução de desperdícios, menor demanda de mão de obra e melhor desempenho da edificação. Diante disso, o sistema construtivo *Light Steel Frame* - *LSF* surge como alternativa.

Originado do sistema *Wood Frame*, desenvolvido pelos colonizadores do território norte americano a fim de atender ao crescimento da população, o LSF é um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio projetados para trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, resistindo às cargas que solicitam a edificação e garantindo os requisitos de funcionamento da mesma (RODRIGUES (2006); SANTIAGO (2008)).

Os perfis de aço galvanizado formados a frio são cada vez mais viáveis para uso na construção civil, em vista da rapidez e economia. Para o dimensionamento desse elemento, é necessário conhecer com detalhes o seu comportamento estrutural, pois este possui algumas particularidades em relação às demais estruturas, tal como a de concreto armado (SILVA; PIERIN; SILVA, 2014).

Desde que o *Light Steel Frame*, desembarcou no Brasil no final da década de 1990 vindo dos Estados Unidos, o mercado teve avanços que impulsionaram a permanência do sistema em território brasileiro. Bem como a publicação de manuais de engenharia e arquitetura pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço - CBCA, das NBR 14762 criada em 2001 (ABNT, 2010) “Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio” e NBR 6355 criada em 2003 (ABNT, 2012) “Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização”, além da definição de diretrizes para a avaliação técnica de produtos (Sistema Nacional de Avaliações Técnicas, 2012) “Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas”, que servem de subsídio para a especificação e uso, normatização de componentes e de dimensionamento do sistema.

Este trabalho visa analisar a tecnologia construtiva *Light Steel Frame* como opção estrutural. Abrangendo desde o estudo do comportamento dos materiais

utilizados, bem como suas limitações, à análise estrutural seguida da concepção de um projeto de uma residência unifamiliar segundo critérios de normas brasileiras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Analisar o comportamento estrutural do sistema Light Steel Frame para dimensionamento de residência unifamiliar.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Apresentar breve histórico, definição e características do sistema construtivo Light Steel Frame;
- Analisar o comportamento estrutural e descrever os métodos de análise da estrutura em Light Steel Frame;
- Projetar uma residência unifamiliar em Light Steel Frame segundo critérios de dimensionamento aplicados no Brasil.

1.2 JUSTIFICATIVA

O *Light Steel Frame* (LSF) é um sistema amplamente utilizado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada. Seu aspecto particular frente a outros sistemas construtivos, é ser composto por elementos – estruturais, de isolamento, de acabamentos e de instalações – que geram subsistemas e funcionam em conjunto. A utilização do LSF apresenta vantagens como: a redução no prazo de execução da obra e no desperdício de material, excelente desempenho, especialmente, em relação ao conforto térmico e acústico, e menor demanda por mão de obra (RODRIGUES, 2006).

Apesar de sua eficiência comprovada por diversos estudos, existem várias questões que limitam sua aplicação no Brasil, algumas de cunho cultural, como, por exemplo, a insegurança que se cria quando o usuário visualiza os componentes

estruturais do sistema, principalmente por se tratar de materiais leves em contraste ao método convencional de concreto armado com vedação em alvenaria.

Visando reduzir essa impressão de ser um sistema frágil, buscou-se conceber uma estrutura em *Light Steel Frame* de acordo com critérios aplicados no Brasil com a apresentação de um projeto de uma residência.

A viabilidade da pesquisa, conforme Marconi e Lakatos (2003), existe quando através da pesquisa consegue-se resolver o problema de forma eficaz. A análise do comportamento estrutural do LSF, bem como o dimensionamento e o detalhamento, por meio de normas técnicas e manuais de dimensionamento fornecidos pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço, torna o trabalho viável.

A originalidade da pesquisa está aliada à carência de estudos desenvolvidos na área de análise estrutural do *Light Steel Frame* segundo critérios brasileiros. E, também, ao fato de não se encontrar empresas que realizam projetos estruturais deste sistema na região da cidade de Pato Branco - Pr.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAME*

2.1.1 Histórico

A história do Light Steel Frame (LSF) inicia-se com a conquista do território nos Estados Unidos e migração à costa do Oceano Pacífico entre os anos de 1810 e 1860. Devido ao aumento populacional considerável recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local para solucionar a demanda por habitações. Com o emprego de conceitos de praticidade, velocidade e produtividade provindos da Revolução Industrial aliado ao material madeira surge o sistema *Wood Frame*. O método desse sistema consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal (RODRIGUES, 2006).

Segundo Bateman (1998) em 1933 com o grande desenvolvimento da indústria de aço nos Estados Unidos foi lançado na Feira Mundial de Chicago o protótipo de uma residência em *steel frame*, que se caracterizava por substituir a estrutura em madeira por perfis de aço. No período pós Segunda Guerra a crescente economia americana e a abundância na produção de aço possibilitaram a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio. O uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser benéfico devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões.

No Japão, ainda neste período pós Segunda Guerra, o LSF começa a surgir na reconstrução de aproximadamente quatro milhões de casas destruídas por bombardeios. O governo japonês restringiu o uso da madeira em construções auto portantes para promover construções não inflamáveis, visto que ela havia sido um fator agravante nos incêndios que se alastravam durante os ataques, e, também, a fim de proteger os recursos florestais que poderiam se esgotar. A indústria de aço japonesa viu nisso uma oportunidade de mercado e começou a produzir perfis leves de aço para a construção como um substituto para os produtos estruturais de madeira. Consequentemente, o Japão atualmente se apresenta altamente

desenvolvido no mercado e na indústria na área de construção em perfis leves de aço (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

No Brasil, de acordo com Penna (2009), surgiram as primeiras construções em LSF em 1998, seus primeiros grandes projetos foram voltados para a construção residencial de médio e alto padrão. Desde então, o mercado foi impulsionado com a necessidade de introdução de novas tecnologias na indústria da construção civil, aliado a publicação de manuais de engenharia e arquitetura pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) e de Normas Técnicas que estabelecem diretrizes para os componentes e para dimensionamento do sistema LSF servindo de subsídio para especificação e uso.

2.1.2 Definição

O *Light Steel Frame* (LSF) é um sistema construtivo de concepção racionalizada, é estruturado por perfis de aço galvanizado formados a frio. Tais perfis são utilizados para compor vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado, painéis estruturais e não estruturais e demais componentes (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012).

Constituída de paredes, pisos e cobertura a estrutura do LSF trabalha em conjunto possibilitando a integridade estrutural da edificação. Devido a essa concepção é também conhecido por Sistema Auto Portante de Construção a Seco. A estrutura em aço leve é a parte principal do sistema, entretanto, além dela há subsistemas - de fundação, de vedação, de isolamento termo acústico e de instalações hidráulicas e elétricas - que compõem o *Light Steel Frame* (SANTIAGO, 2008).

No mundo existem outras variações para a denominação do sistema, como por exemplo, *Light Steel Framing*, *Lightweight Steel Framing*, *Galvanized Steel Framing* e *Steel Framed Residential Construction*. No Brasil as designações mais comuns são *Light Steel Frame* e *Light Steel Framing*. Segundo o dicionário Michaelis (2008) "*framing*" é definido como o ato de construir, enquanto "*frame*" significa armação, esqueleto. Ambas as designações são aceitas como "Estrutura em Aço Leve".

2.1.3 Características

A utilização do aço na construção torna o processo mais industrial, racional e com rapidez de execução, todavia, essas características tão apreciadas só são possíveis quando há um planejamento completo da obra, o que implica em projetos amplamente detalhados. Com o *Light Steel Frame* não é diferente, o detalhamento do projeto arquitetônico, estrutural, de fundação, hidráulico, elétrico e demais são essenciais para o melhor desempenho do sistema.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) as principais vantagens, quando comparados aos métodos convencionais de construção, no uso do LSF em edificações são as seguintes:

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados, os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade.
- O aço é um material reciclável, incombustível, resistente, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura. O bom desempenho da estrutura deriva de algumas particularidades como a alta resistência à fadiga do aço, alta flexibilidade e baixa massa dos sistemas estruturais.
- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio, visto que são largamente empregados na indústria.
- Durabilidade da estrutura proporcionada pelo processo de galvanização dos perfis.
- Materiais leves que facilitam o manuseio, a montagem e o transporte.
- Construção a seco que reduz o uso de recursos naturais e o desperdício.
- Facilidade nas instalações elétricas e hidráulicas devido a utilização de painéis e dos perfis previamente perfurados para passagem da tubulação.
- O uso de materiais de fechamento e isolamento alcançam melhores níveis de desempenho termo acústico.
- Facilidade na execução das ligações.
- Rapidez no prazo de execução da obra.

O sistema permite a montagem de edificações para diversos tipos de usos, tais como: residências, escritórios, hospitais, escolas e edifícios.

2.1.4 Materiais componentes

Nesse sistema os perfis de aço galvanizado que compõem o esqueleto estrutural são encobertos pelos materiais de vedação que podem receber qualquer tipo de acabamento, assim o resultado final da edificação é semelhante ao de uma construção convencional. Os produtos disponíveis para vedação no mercado nacional são fornecidos em placas ou chapas, os mais utilizados são OSB (*oriented strand board*), placas cimentícias e placas de gesso acartonado.

O OSB é uma chapa estrutural produzida a partir partículas de madeira orientadas em três camadas perpendiculares unidas com resinas e prensadas sob altas temperaturas. As chapas de OSB usuais no mercado possuem dimensão de 1,20 x 2,40 ou 3,00 metros com espessuras de 9,5; 11,1; 15,1 e 18,3 milímetros.

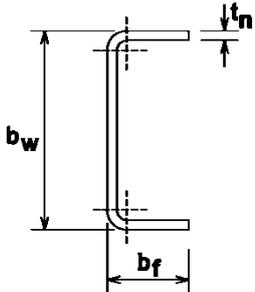
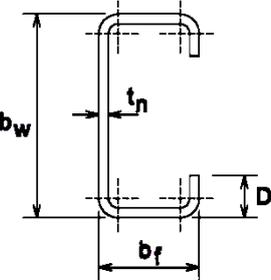
O mercado de placa cimentícias oferece diferentes opções de placas. As dimensões mais comuns são de 1,20 x 2,00, 2,40 e 3,00 metros e espessuras que variam de 6 a 12 mm, sendo indicadas para uso de fechamento em LSF as placas de 10 ou 12 mm de espessura. De acordo Bevilaqua (2005) as placas cimentícias resultam da mistura homogênea de cimento Portland, quartzo e fibras de celulose, submetidas ao processo de autoclavagem. E possuem bom comportamento elástico e alta resistência à flexão devido às fibras de celulose.

Existem três tipos de placas de gesso acartonado: as standard (ST) para uso em ambientes internos; as resistentes à umidade (RU) para área molhadas e as resistentes ao fogo (RF) para projetos com exigências especiais de resistência ao fogo. A placa de gesso acartonado mais presente no mercado brasileiro possui dimensões nominais de 1,20m de largura e 3,00m de comprimento, com espessura que varia de 10 a 18 mm, sendo a de 12,5 mm a mais utilizada.

Material essencial da estrutura, o perfil de aço formado a frio (PFF), pode ser encontrado em diversas seções transversais, entretanto, para este trabalho serão usados apenas perfis U simples e U enrijecido como mostra a tabela 1. Para a produção dos PFF, o aço deve ter qualidade estrutural com resistência ao

escoamento mínima de 230 MPa e atender aos requisitos da NBR 14762 (ABNT,2010).

Tabela 1: Seção transversal e utilização de perfis formados a frio

Seção Transversal	Denominação ABNT NBR 6533	Utilização
	<p><i>U</i> simples <i>U</i> $b_w \times b_f \times t_n$</p>	<p>Guia Ripa Bloqueador Guia de entrepiso Terça</p>
	<p><i>U</i> enrijecido <i>Ue</i> $b_w \times b_f \times D \times t_n$</p>	<p>Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça</p>
<p>Onde: b_w: altura da alma; b_f: largura da mesa; D: comprimento do enrijecedor de borda; t_n: espessura da chapa.</p>		

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) o fenômeno comum nos perfis de seção aberta é a distorção da seção transversal, que consiste na perda de sua forma inicial, quando submetida a tensões de compressão. Podendo ocorrer também o empenamento que é a distorção dimensional da peça. As barras podem apresentar problemas de instabilidade, deformações excessivas ou atingir os limites da resistência do aço devido a esforços de torção. Pois são constituídas de perfis com seções abertas e de pouca espessura com baixa rigidez à torção.

A ligação de todos os elementos metálicos e não metálicos de uma estrutura em *Light Steel Frame* é feita com o uso de parafusos de aço galvanizado, auto atarraxante feitos, segundo fabricantes, de aço baixo carbono cementado temperado para evitar deformações ou ruptura, estes furam e fixam em uma só vez com segurança os componentes da estrutura.

2.2 A ESTRUTURA *LIGHT STEEL FRAME*

De acordo com Bevilaqua (2005) a essência do projeto segundo o sistema LSF é dividir a estrutura em uma grande quantidade de elementos estruturais, onde cada um resiste a uma pequena parcela da carga total aplicada, possibilitando a utilização de perfis mais esbeltos, leves e fáceis de manipular. Pode-se separar a estrutura em três conjuntos: painéis de parede, painéis de entrepiso e as estruturas de telhados.

As ideias apresentadas neste capítulo são de autoria de estudo dos autores dos manuais Steel Framing: Arquitetura (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012) e Steel Framing: Engenharia (RODRIGUES; CALDAS, 2016), publicados pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço.

2.2.1 Painéis de Parede

São formados basicamente por montantes, elementos verticais de seção transversal U_e , e por guias, elementos horizontais de seção transversal U. Os montantes são dispostos a cada 400 mm ou 600 mm conforme modulação estrutural. Esse espaçamento está diretamente relacionado a quanto cada perfil está solicitado, sendo que quanto maior o espaço entre eles maior a carga que cada um deles deverá resistir. Há casos de maior solicitação que a modulação pode chegar a 200 mm, como, por exemplo, cargas de caixa d'água. As guias inferior e superior tem a função de unir os montantes em seus extremos.

Em painéis que possuem aberturas (portas e janelas) são introduzidas peças especiais: vergas, ombreiras, montantes de composição e guias de verga e de abertura. A verga pode ter diferentes configurações, mas, basicamente, é composta por dois perfis U_e conectados à guia de verga que se conecta a ombreira permitindo a fixação dos montantes de composição. A figura 1 mostra um painel de parede com abertura de janela em que podem ser observadas tais peças.

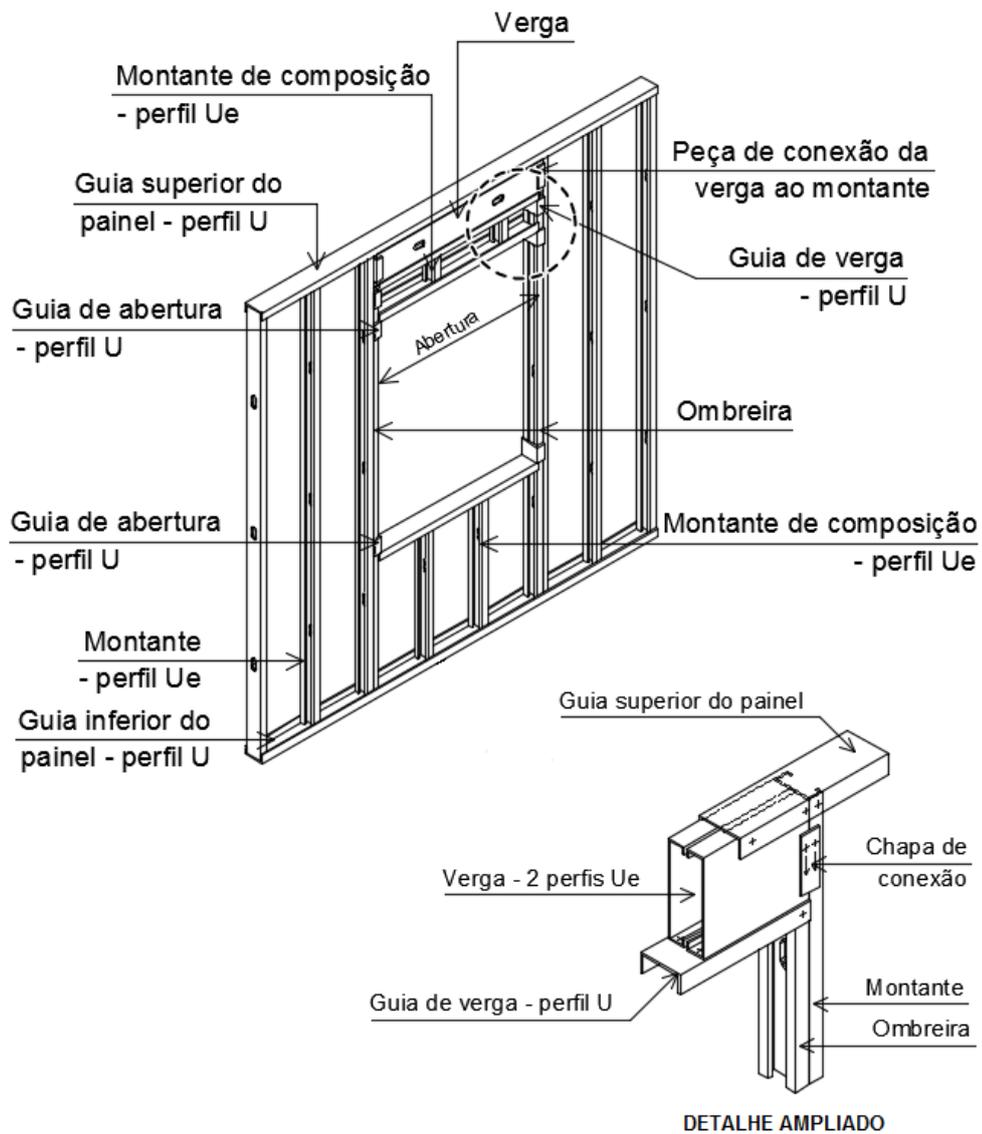


Figura 1: Painel de parede com abertura
 Fonte: Adaptado de SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012).

Os montantes transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, esse conceito é chamado de estrutura alinhada, desta forma as suas seções devem estar em coincidência de um nível a outro. Quando não há esse alinhamento, deve-se colocar sob o painel uma viga capaz de distribuir uniformemente as cargas excêntricas. A figura 2 apresenta a transmissão de carga vertical à fundação de uma estrutura alinhada.

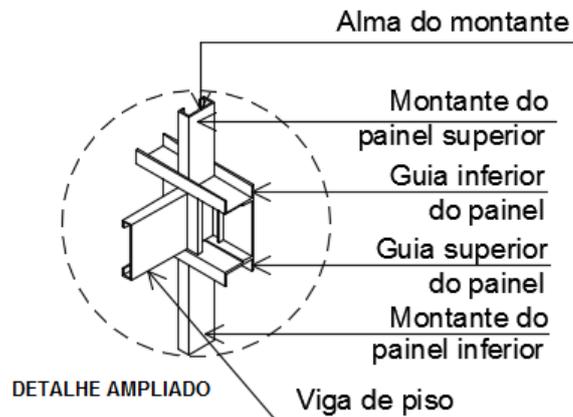
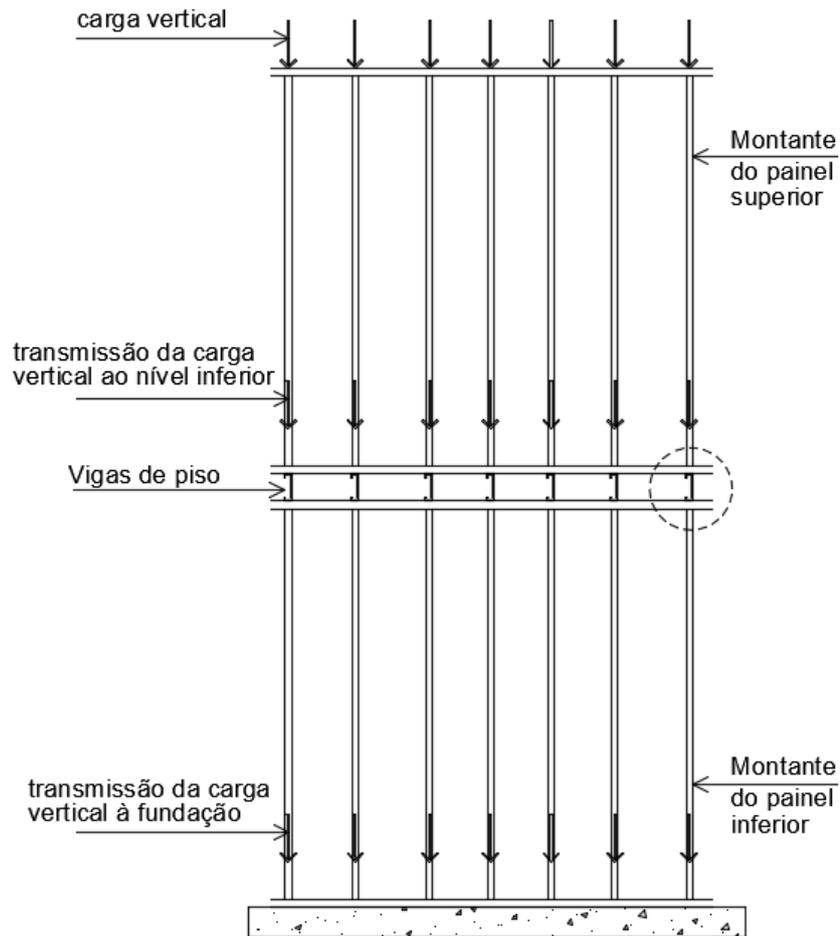


Figura 2: Transmissão de carga vertical à fundação
 Fonte: Adaptado de SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012).

Na análise estrutural os montantes são considerados como rotulados em suas extremidades. A figura 3 mostra o modelo teórico de um painel estrutural com abertura e estrutura de telhado, contendo guias, vergas, montantes, diagonais da tesoura e diagonais de contraventamento em fitas de aço galvanizado, onde com

exceção das guias, todas as barras são consideradas como rotuladas nas suas extremidades.

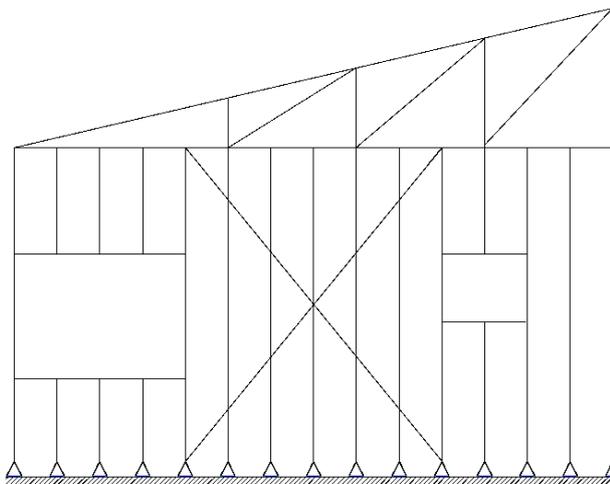


Figura 3: Modelo teórico de um painel estrutural
Fonte: RODRIGUES; CALDAS (2016).

É necessário que as extremidades dos montantes estejam em perfeito contato com a alma da guia para evitar a ocorrência de esforço cortante nos parafusos que fazem a ligação entre estas barras.

Os montantes das paredes internas devem ser dimensionados à compressão e à tração atuando isoladamente. Os montantes das paredes externas são dimensionados à flexão composta, para forças axiais solicitantes de tração ou compressão, levando em conta a direção e o sentido da ação do vento, por exemplo. (RODRIGUES; CALDAS, 2016, p.31).

Por meio de bloqueadores (perfis Ue ou U) os montantes são travados lateralmente no plano do painel, diminuindo o comprimento efetivo de flambagem global por torção. Os bloqueadores devem ter as mesmas dimensões nominais do perfil dos montantes e são fixados por meio de cantoneiras ou por meio de um corte no próprio perfil que permita a ligação destes, vide figura 4.

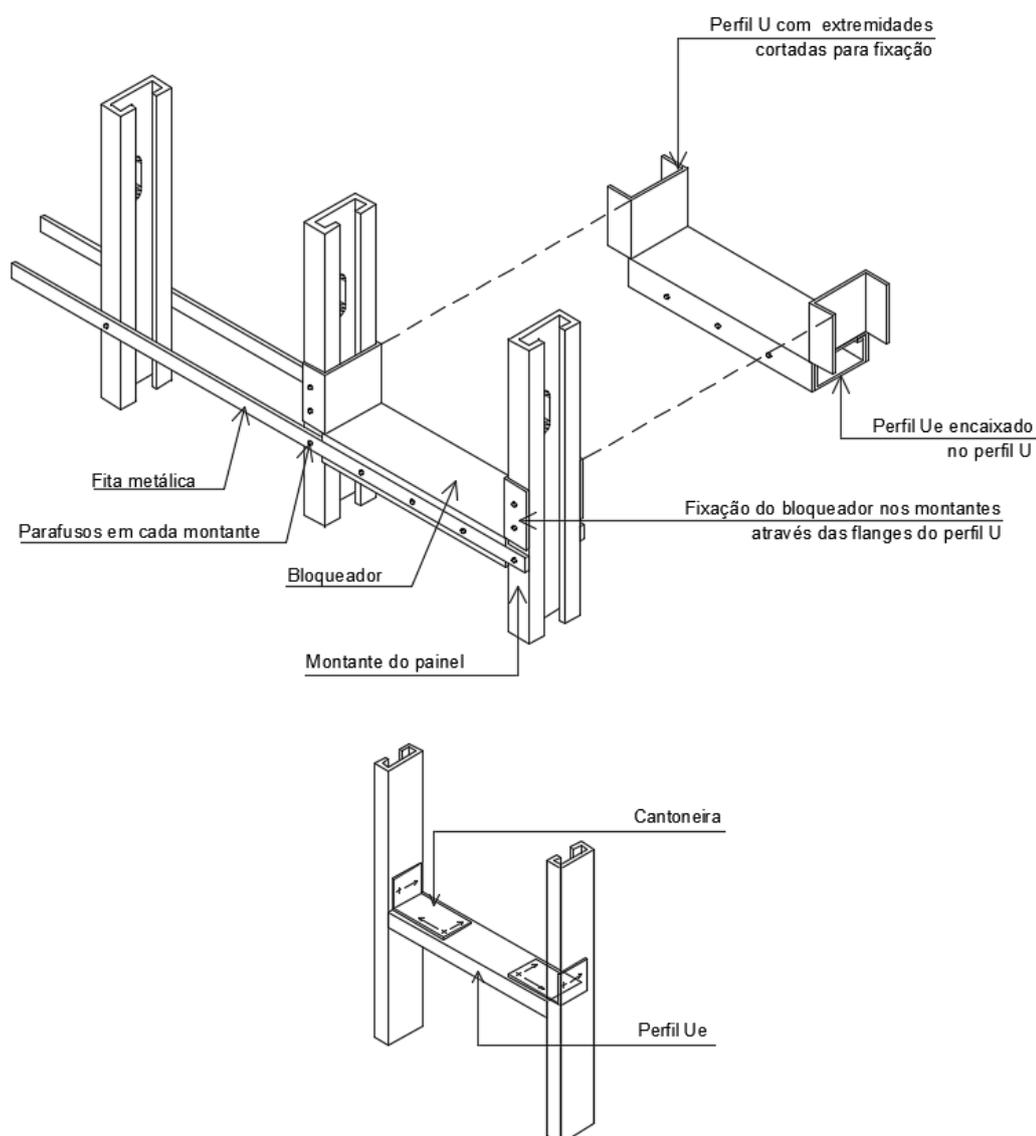


Figura 4: Travamento lateral com bloqueador
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

Também são utilizadas fitas de aço galvanizado para garantir o travamento horizontal do painel, “as fitas horizontais devem ter, no mínimo, 38 mm de largura e 0,80 mm de espessura nominal” (RODRIGUES; CALDAS, 2016, p.31).

A verga tem a função de redistribuir as cargas verticais para a ombreira, conforme figura 5. E deve ser dimensionada ao momento fletor, à força cortante e à combinação de ambos. A ombreira, que é ligada ao montante auxiliar, apoia a verga e limita lateralmente a abertura do painel. Os montantes de composição servem para fixação das chapas de vedação e não possuem função estrutural.

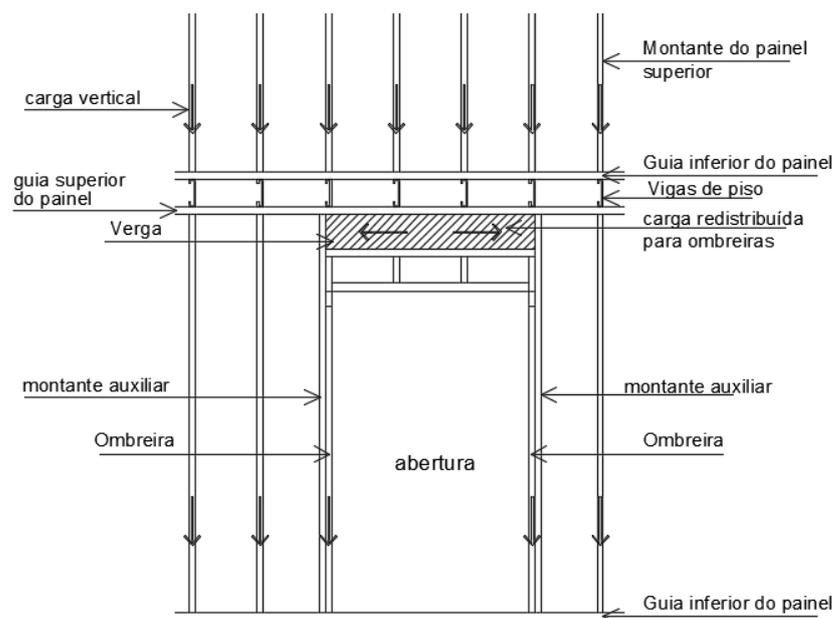


Figura 5: Distribuição de esforços através da verga
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012).

O contraventamento da estrutura é o que garante a estabilidade global de um edifício projetado em LSF. Este pode ocorrer através de fitas de aço galvanizado ou diagonais em perfis Ue. As fitas de aço galvanizado são dispostas em diagonais na forma de V, X ou K nos painéis portantes e tem função de resistir apenas à força de tração. Já as diagonais em perfis Ue formam painéis treliçados que, neste caso, devem resistir as forças de tração e compressão.

Outro elemento utilizado para o contraventamento dos painéis são as placas de fechamento, quando de comprovado desempenho estrutural, sendo mais presente a placa de OSB estrutural.

A capacidade das paredes externas ou internas de fechamento de resistirem às forças laterais é chamada de efeito diafragma e o painel é chamado de diafragma rígido ou painel de cisalhamento, pois funciona como uma espécie de contraventamento para as estruturas em LSF (RODRIGUES; CALDAS, 2016, p.23).

Existem estudos que trazem a utilização de placas OSB atuando como diafragmas rígidos horizontais e verticais, dentre estes, Bevilaqua (2005) conclui em sua pesquisa que a utilização de placas OSB como diafragma é bastante efetiva, oferecendo maior simplicidade na execução de painéis de parede e de piso pela

eliminação de diagonais de aço galvanizado. Vitor (2012) que apresenta um estudo sobre a estabilidade estrutural dos painéis de cisalhamento propõe um modelo analítico para o método da diagonal equivalente para painéis com placa OSB, onde a análise estrutural dos painéis de cisalhamento poderá acontecer com o processamento de reticulados metálicos sem as placas estruturais, mas contraventados com uma barra circular fictícia de aço (diagonal equivalente) trabalhando à tração.

Alguns cuidados devem ser tomados na fixação das placas para que se tenha desempenho de diafragma rígido vertical e horizontal, são eles:

- Nas bordas dos painéis a largura mínima da placa estrutural deve ser de 1,20 m a fim de manter a resistência da placa (Elhajj; Bielat, 2000).
- Não deve haver união de placas consecutivas em coincidência com os vértices de uma abertura. Neste caso, as placas devem ser cortadas em forma de “C”, conforme mostra a figura 6 (a).
- Não deve haver coincidência no encontro dos vértices de quatro placas, de modo que as juntas verticais devem estar desencontradas, conforme figura 6 (b).
- A união entre duas placas adjacentes deve efetuar-se sobre a mesa de um montante, onde cada placa compartilha metade dessa mesa. Os parafusos devem estar defasados entre uma placa e outra de modo que não perfurem a mesa do perfil em dois pontos da mesma altura, vide figura 6 (c).
- Só é possível obter o melhor desempenho da placa estrutural quando ela está apropriadamente fixada aos perfis. Geralmente essa fixação é dada por parafusos auto perfurantes e auto atarraxantes. Segundo Grubb e Lawson (1997), os parafusos de fixação das placas aos perfis estruturais devem estar espaçados entre si no máximo 150 mm em todo o perímetro da placa e 300 mm nos montantes intermediários estejam estes separados de 400 mm ou 600 mm, conforme mostrado na figura 6 (c).
- Sempre que possível, o encontro dos painéis não deve coincidir com o encontro das placas, devendo se sobrepor as juntas para aumentar a rigidez do sistema, como sugere figura a 6 (d) (ConsulSteel, 2002).
- No encontro de dois painéis que formam um canto, as placas devem ser colocadas de forma que uma delas seja sobreposta sobre o outro painel, vide figura 6, aumentando a rigidez no conjunto (ConsulSteel, 2002).
(SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p.40)

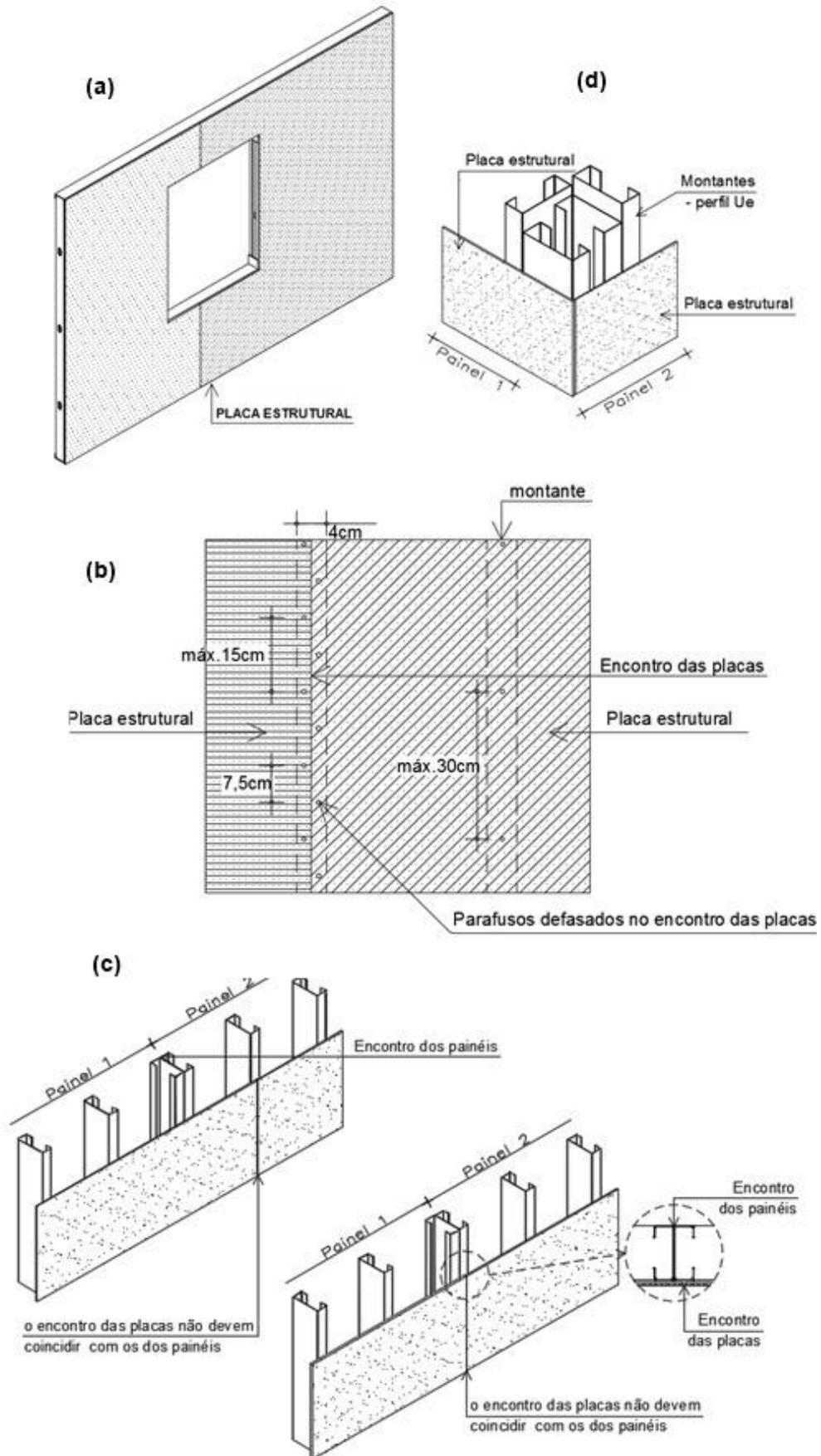


Figura 6: Detalhes construtivos na fixação de placas estruturais
 Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

Todavia, considerar a utilização de placas de revestimento como elementos de enrijecimento estrutural do sistema LSF levando em conta o efeito diafragma em painéis, é de responsabilidade do projetista que deve obter as informações necessárias com os fabricantes, visto que ainda não existe normalização nacional sobre o tema.

Os movimentos na edificação devido à ação do vento podem ser de translação ou tombamento (figura 7 (a) e (b), respectivamente) e devem ser impedidos com a ancoragem da estrutura na fundação - figura 7 (c).

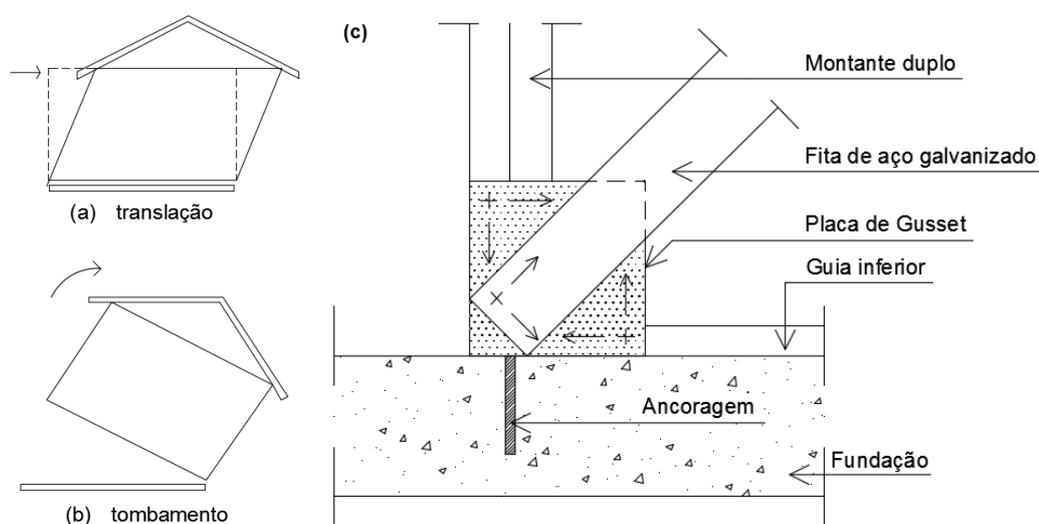


Figura 7: Efeitos da ação de vento e ancoragem de painel à fundação
Fonte: Adaptado de SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

“A translação é uma ação onde o edifício desloca-se lateralmente devido a ação do vento. Tombamento é uma elevação da estrutura em que a rotação pode ser causada por assimetria na direção dos ventos que atingem a edificação.” (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012, p.27).

Assim, os painéis estruturais devem ser capazes de resistir às cargas verticais e perpendiculares e transmiti-las até a fundação. Por se tratar de uma estrutura leve o LSF exige bem menos da fundação do que outras construções, entretanto, como a carga é distribuída ao longo dos painéis, a fundação deve ser contínua. Desta forma, geralmente será do tipo laje radier ou sapata corrida, dependendo, é claro, do tipo de solo, do nível do lençol freático, entre outros fatores exclusivo de cada terreno.

2.2.2 Entrepisos

O entrepiso do LSF apresenta o mesmo princípio dos painéis de parede, as vigas são separadas equidistantes conforme modulação estrutural. Como nessa estrutura a viga transmite a carga pontualmente ao montante do painel inferior em que está apoiada, a mesma modulação escolhida para os montantes dos painéis de parede será respeitada para os painéis de entrepisos. As almas dos montantes e das vigas de piso precisam estar alinhadas para que as cargas sejam transmitidas axialmente, conforme mostra a figura 8.

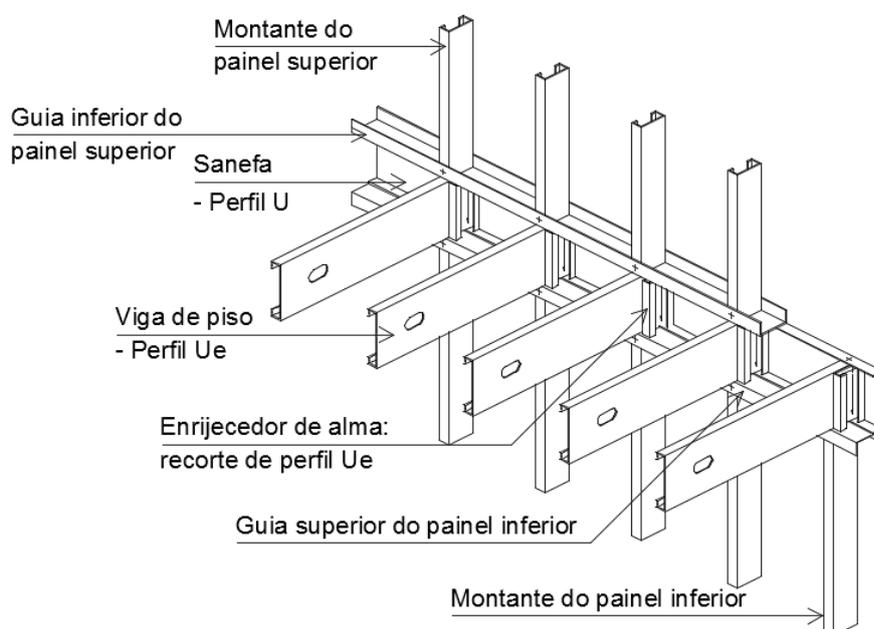


Figura 8: Estrutura de piso em LSF
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

Na análise estrutural as vigas de piso podem ser consideradas como biapoiadas ou como contínuas. Geralmente se considera como biapoiada, pois assim os painéis de entrepiso podem vir montados da fábrica, todavia o vigeamento contínuo apresenta momentos fletores solicitantes positivos bem inferiores aos observados com vigeamento biapoiado, sendo possível reduzir o consumo de aço.

Similar aos montantes, as vigas são travadas lateralmente por bloqueadores e fitas de aço galvanizado, conforme figura 9, que impedem sua flambagem lateral com torção.

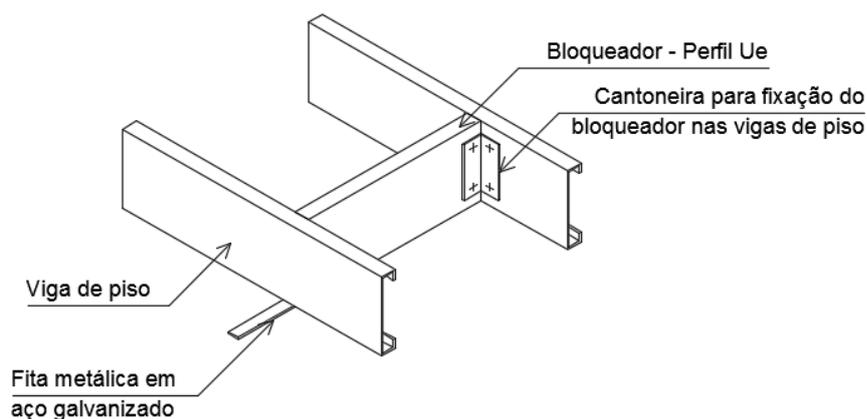


Figura 9: Travamento lateral de viga de piso
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

As vigas de piso devem ser dimensionadas ao momento fletor, a força cortante e à combinação de ambos. Ainda outras forças solicitantes devem ser consideradas, tais como: forças axiais de compressão ou de tração devidas à ação do vento; forças concentradas (quando há alguma força aplicada ou reação de apoio) atuando perpendicularmente ao eixo longitudinal da barra, em regiões sem enrijecedores transversais, causando compressão da alma.

Outros elementos que são essenciais na composição de um painel de entrepiso, além das vigas, são: a sanefa ou guia, o enrijecedor de alma ou de apoio, a viga caixa de borda e a viga composta. A sanefa é um perfil U que tem a função de dar forma à estrutura fixando as extremidades da viga. O enrijecedor de alma é um recorte de perfil Ue fixado através da sua alma à alma da viga no apoio da mesma que proporciona um aumento da resistência no local evitando o esmagamento da alma da viga. A viga caixa de borda, como sugere o nome, possibilita a borda da laje paralela às vigas e é formada pela união de perfis U e Ue encaixados. A viga composta também é a combinação de perfis U e Ue com função de aumentar a resistência da viga, um exemplo de utilização é no perímetro de aberturas na laje, escadas, servindo de apoio para as vigas interrompidas.

A laje pode ser do tipo úmida ou seca sendo que ambas são capazes de restringir os deslocamentos relativos na horizontal entre as vigas que formam o entrepiso. A figura 10 apresenta a configuração comum para esses dois tipos de laje.

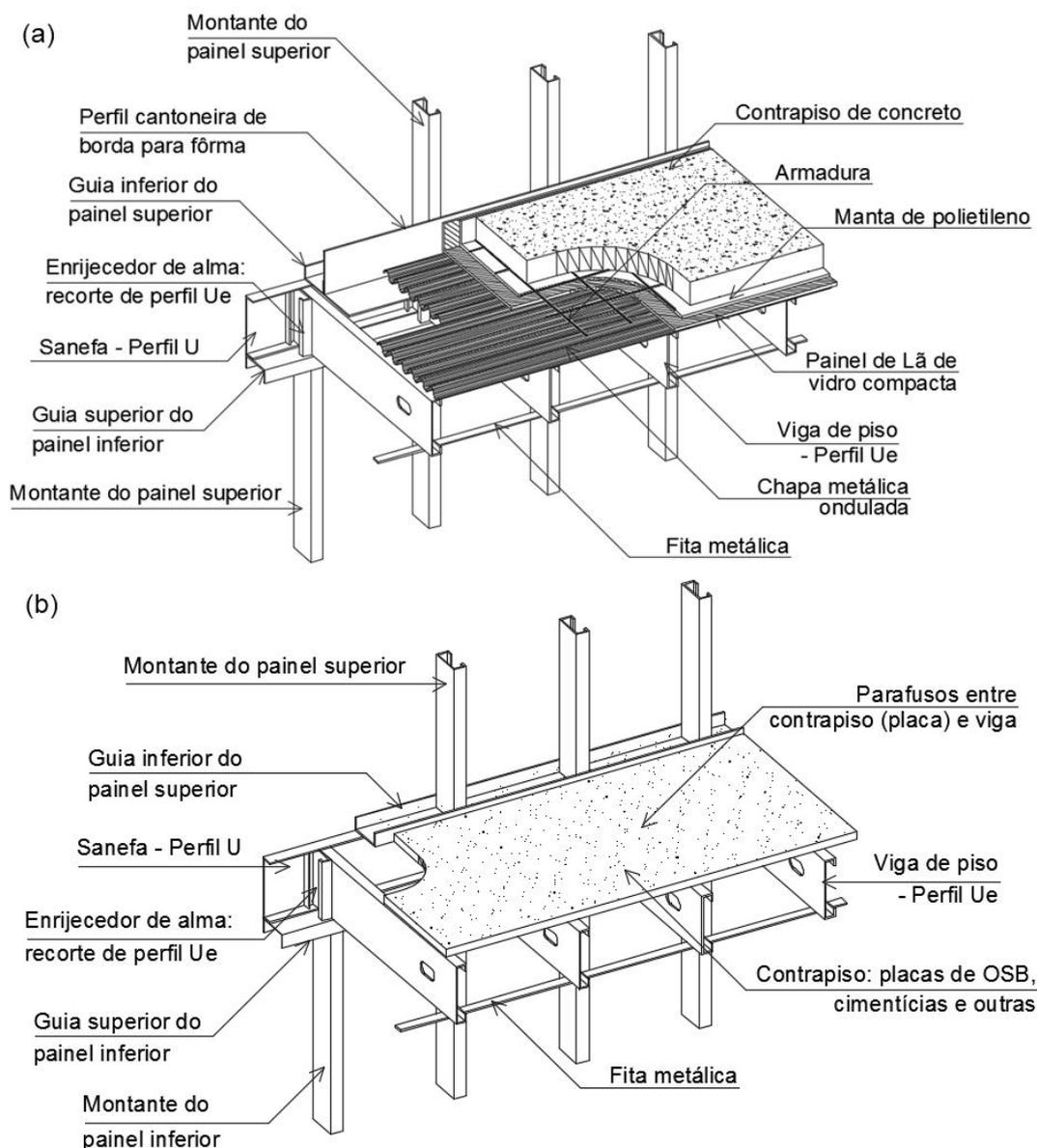


Figura 10: Configuração para laje (a) úmida e (b) seca
Fonte: Adaptado de SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

A laje seca é composta pela fixação de placas às vigas de piso por meio de parafusos, geralmente fixa uma placa OSB estrutural, para dar efeito de diafragma horizontal, seguido de uma placa cimentícia que serve de substrato para a instalação de diversos revestimentos (cerâmicos, tacos de madeira, laminados, etc.)

Já a laje úmida é composta por uma chapa metálica ondulada fixada nas vigas de piso que confere o efeito diafragma e serve de forma para a execução da laje de concreto, que permite qualquer acabamento de piso. Com o intuito de se obter desempenho acústico adequado emprega-se um material de isolamento entre a forma de aço e o concreto.

2.2.3 Estrutura de Telhados

O LSF possibilita o projeto dos mais variados modelos de cobertura, a definição da solução estrutural para a criação da cobertura da edificação depende de vários fatores, dentre eles, a dimensão do vão, esforços solicitantes, questões econômicas, climáticas, exigências de arquitetura, etc.

Para telhados inclinados segue o mesmo princípio estrutural dos telhados convencionais em madeira. As coberturas planas, geralmente, são executadas como uma laje úmida onde se obtém a inclinação para o caimento da água variando a espessura do contrapiso de concreto. Na figura 11 observa-se a configuração de uma cobertura plana.

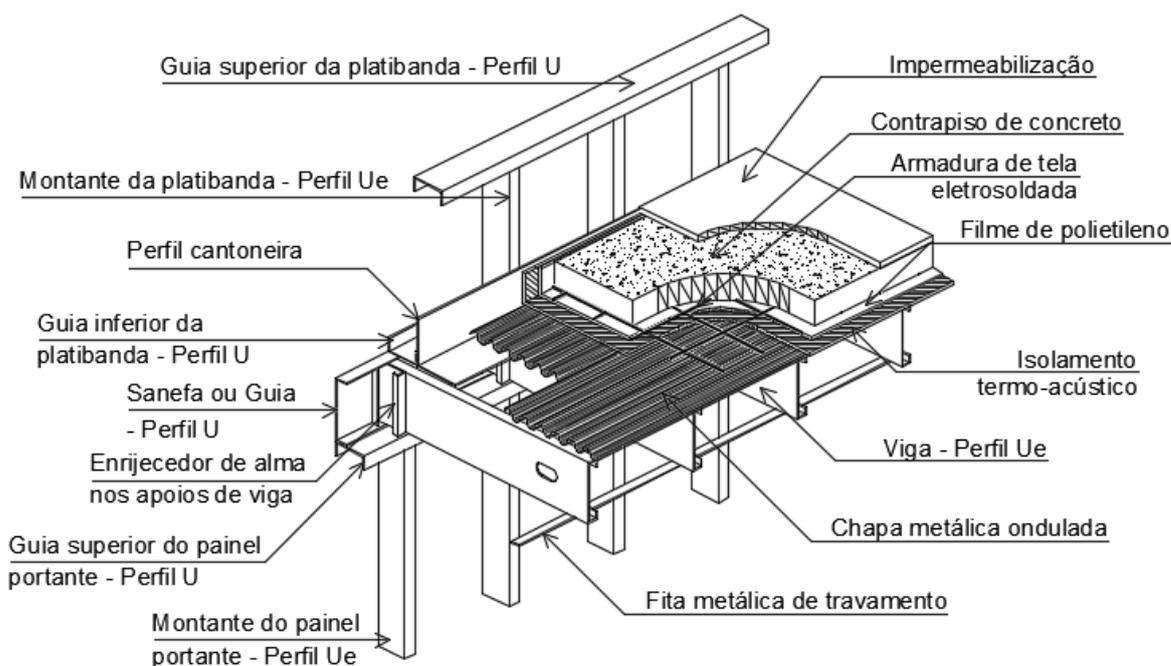


Figura 11: Configuração de cobertura plana
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

A maioria das barras estruturais e de composição da estrutura do telhado do LSF é composta por perfis Ue, enquanto que os perfis U são empregados como guias de encabeçamento.

Não diferente dos painéis apresentados anteriormente, as estruturas de telhados seguem a mesma essência de distribuir a carga para uma grande quantidade de elementos equidistantes, onde cada elemento resista a uma parcela da carga solicitante. Mantendo o conceito de estrutura alinhada, a alma dos perfis

que compões a estrutura de telhado (tesouras ou caibros) deve estar alinhada a alma dos montantes dos painéis a qual se apoiam para que a transmissão das cargas seja efetivamente axial, como mostra a figura 12.

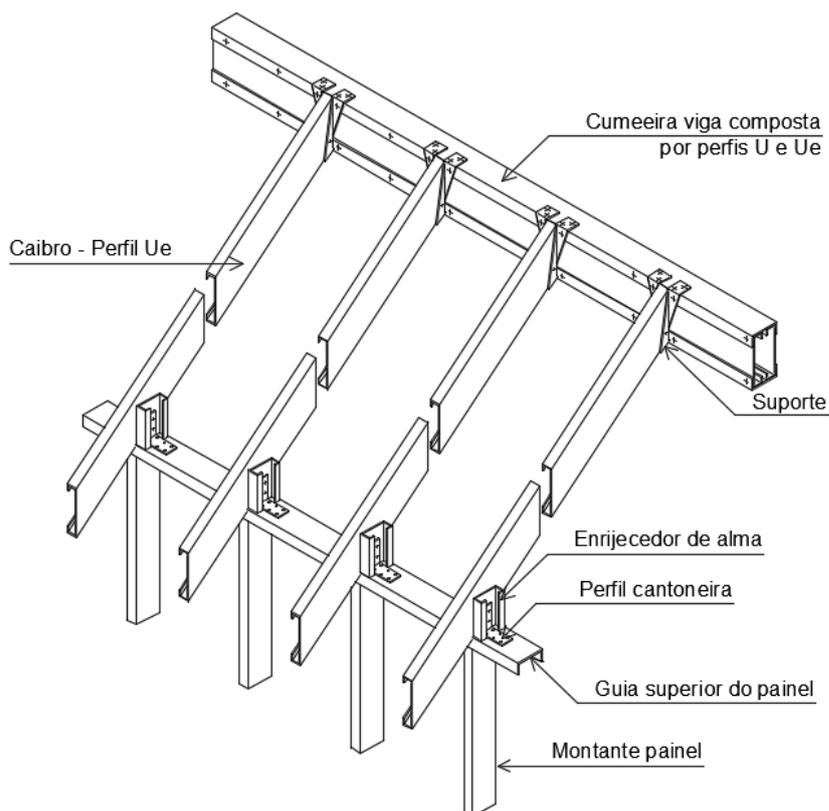


Figura 12: Telhado estruturado por caibros
Fonte: SANTIAGO; FREITAS; CRASTO (2012)

Quando não há a mesma modulação estrutural nos painéis e nas estruturas de telhado, ou seja, a estrutura não está alinhada, da mesma forma que ocorre com lajes e painéis, deve ser executada uma viga composta de modo a permitir a distribuição das cargas aos montantes.

O efeito diafragma deve ser garantido visando a estabilidade global do sistema, por meio de emprego de contraventamento em diagonais com fitas ou perfis de aço galvanizados na forma de V, X ou K, além do uso das placas estruturais OSB, ou telhas estruturais de aço galvanizado que também oferecem boas propriedades mecânicas que podem conferir aos painéis da cobertura capacidade de resistir aos esforços horizontais provindos da ação de vento.

2.2.4 Métodos de Dimensionamento

A norma técnica que estabelece requisitos básicos para serem obedecidos no dimensionamento do *Light Steel Frame* no Brasil é a NBR 14762 - "Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio" (ABNT, 2010), que é baseada no método dos estados limites.

A norma traz três procedimentos para a determinação de esforços resistentes nas barras: método das larguras efetivas, método das seções efetivas e método de determinação direta dos esforços resistentes.

- Método da largura efetiva (MLE), em que a flambagem local é considerada por meio de propriedades geométricas efetivas (reduzidas) da seção transversal das barras, oriundas do cálculo das larguras efetivas dos elementos totalmente ou parcialmente comprimidos. Adicionalmente, deve ser considerada a flambagem distorcional para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão;
- Método da seção efetiva (MSE), em que a flambagem local é considerada por meio de propriedades geométricas efetivas (reduzidas) da seção transversal das barras, calculadas diretamente para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão. Adicionalmente, deve ser considerada a flambagem distorcional, para barras submetidas à compressão e para barras submetidas à flexão;
- Método da resistência direta (MRD), com base nas propriedades geométricas da seção bruta e em análise geral de estabilidade elástica que permita identificar, para o caso em análise, todos os modos de flambagem e seus respectivos esforços críticos. Esse método pode ser empregado como alternativa para cálculo de força axial de compressão resistente de cálculo ($N_{c,Rd}$), para cálculo do momento fletor resistente de cálculo (M_{Rd}) e para cálculo de deslocamentos.
(ABNT NBR 14762, 2010, p.24).

E estabelece verificações para dimensionamento de barras submetidas à tração, compressão, flexão e flexão composta, o cálculo dos esforços resistentes ocorre em barras isoladas.

3. METODOLOGIA

De acordo com Gil (2008) este trabalho pode ser classificado, quanto aos seus objetivos, como uma pesquisa exploratória, pois tem a finalidade de esclarecer conceitos e ideias e é desenvolvida com o objetivo de proporcionar visão geral acerca de determinado fato. Como habitual nesse tipo de pesquisa esta envolve levantamento bibliográfico e aplicação em uma situação de aspecto real. Sendo assim classifica-se, quanto aos procedimentos técnicos utilizados no seu desenvolvimento, como pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A primeira por ser desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de normas técnicas e manuais publicados. E o estudo de caso por aplicar os conceitos teóricos e explicar as variáveis causais dos fenômenos estudados explorando situações reais.

Quanto à forma de abordagem, a pesquisa se classifica como qualitativa, pois se preocupa em traduzir e expressar o sentido dos fenômenos da vida real e reduzir a distância entre teoria e dados, entre contexto e ação. O emprego do método qualitativo busca observar o contexto e, dentro do possível, “ter uma integração empática com o processo objeto de estudo que implique em melhor compreensão do fenômeno” (NEVES, 1996, p.2).

Para organização do trabalho elaborou-se um diagrama das atividades realizadas durante a pesquisa. Primeiramente realizou-se o levantamento bibliográfico, um dos objetivos da pesquisa, a fim de apresentar o histórico, a definição e as características estruturais do sistema *Light Steel Frame*. Posteriormente, tem-se a análise teórica do comportamento dos elementos que compõe a estrutura LSF, bem como a definição dos métodos de análise estrutural. Por fim, o desenvolvimento do projeto arquitetônico e a concepção estrutural de uma residência unifamiliar como resultado da pesquisa.

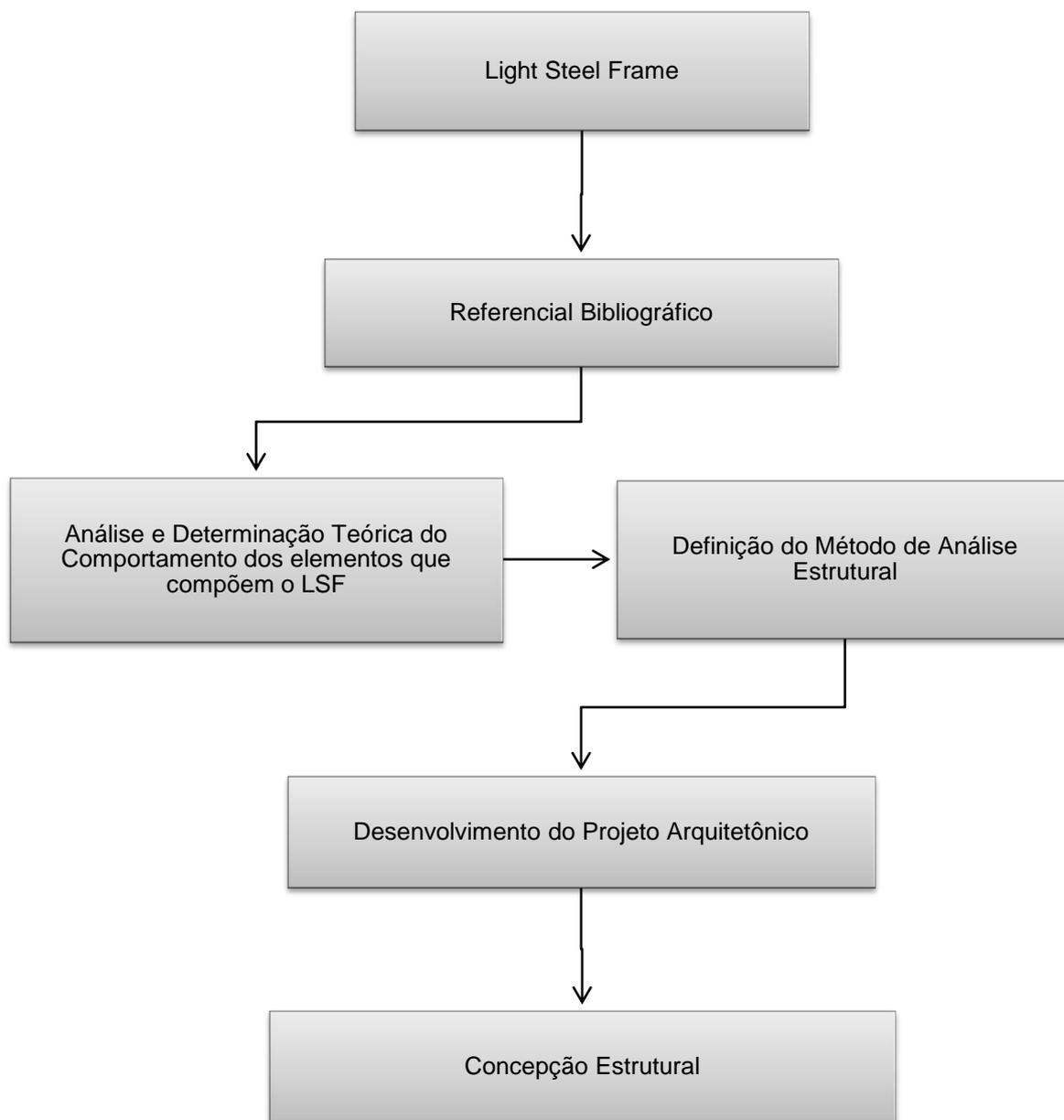


Figura 13: Diagrama de Atividades
Fonte: Autoria Própria

4. PROTEJO ARQUITETÔNICO

O projeto apresentado, contido no apêndice A, trata-se de uma residência unifamiliar, locada em um terreno com dimensões 15x30 metros e área de 450 m². A residência é composta por dois pavimentos, que separam a área social da área privativa.

Os ambientes que contemplam a residência com cerca de 220 m² são: uma suíte, dois dormitórios, dois banheiro, sacada, lavanderia, escritório, sala de TV, sala de jantar, cozinha e garagem para dois carros.

Conforme o manual “Steel Framing: Arquitetura” (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012), no estudo preliminar do projeto foram considerados os conceitos e condicionantes estruturais do sistema LSF. Em um primeiro momento relacionou-se a modulação da estrutura e os painéis de fechamento, empregando uma malha de 1200 mm x 1200 mm, permitindo assim a escolha posterior da modulação estrutural, que em projetos com LSF é de 400 ou 600 mm. Trabalhar com essa modulação de malha na concepção do projeto arquitetônico possibilita também a otimização no uso das placas de vedação, pois esses componentes são encontrados no mercado com essas dimensões.

A fim de atender as obrigatoriedades de desempenho de uma edificação, as paredes são formadas pelos perfis de aço galvanizado, placa OSB com espessura de 9,5 mm que colaboram no contraventamento da estrutura, chapa cimentícia com espessura de 10 mm, manta isolante, placa de gesso com 12,5 mm de espessura, revestimento e preenchidas com lã de vidro. A configuração da parede varia de acordo com a necessidade do ambiente, por exemplo, nos ambientes de área molhada há revestimento cerâmico, enquanto que no restante o acabamento final é o gesso. A configuração para os diferentes tipos de parede e sua espessura aproximada em milímetros, pode-se observar na figura 14.

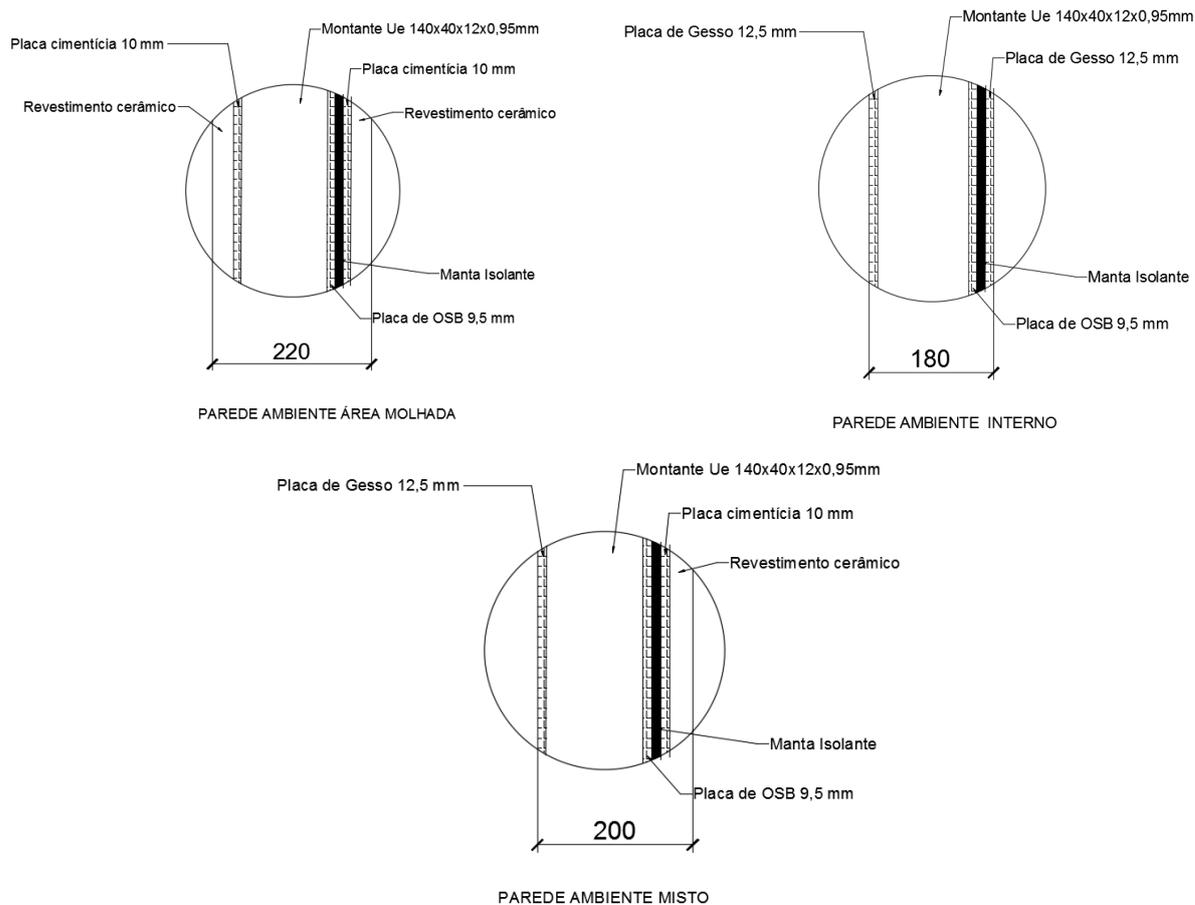


Figura 14: Configuração para diferentes tipos de paredes
Fonte: Autoria Própria

A laje de piso é do tipo seca, utilizando-se de placas OSB com espessura de 18,3 mm parafusadas nas vigas de piso, além de placas cimentícias, revestimento cerâmico, placas de gesso, manta isolante e lã de vidro, da mesma forma que os painéis de parede. Esta configuração pode ser observada na figura 15.

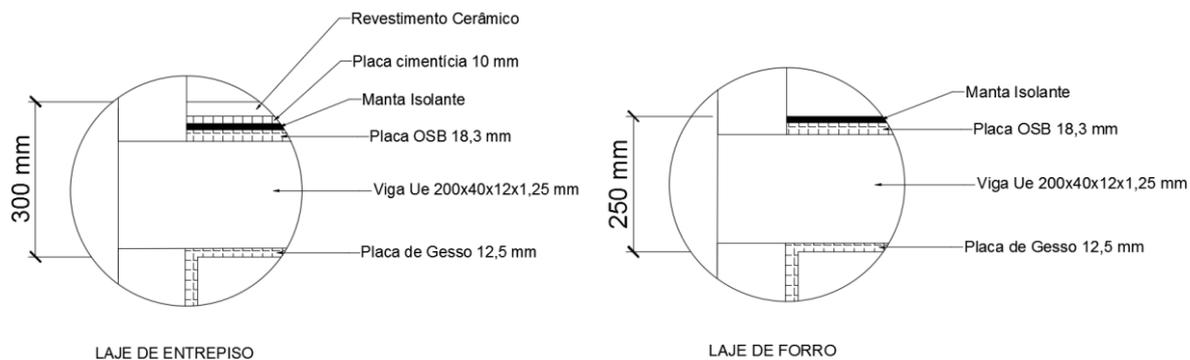


Figura 15: Configuração de laje
Fonte: Autoria Própria

A residência possui telhado embutido de uma e duas águas com platibanda. A telha escolhida é a telha termo acústica de aço zincado com poliestireno, que requer pouca inclinação (mínimo 5%), é considerada leve (cerca de 15 kg/m²) e permite grande distância entre apoios.

A escada que dá acesso ao pavimento superior é autoportante, apoiada nos seus extremos no piso do pavimento superior e inferior, independente do esqueleto estrutural em LSF. A escada é metálica com degraus em chapas de madeira que estão fixados somente nas laterais, oferecendo leveza ao conjunto e ao ambiente que está inserida.

A volumetria traz ar modernista à edificação, as linhas retas dão origem a espaços amplos e as aberturas garantem iluminação natural. A fachada dos fundos está voltada para o norte o que permite maior incidência do sol na área de lazer.

5. CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Os objetivos de um projeto estrutural segundo PFEIL (2009) são garantir a segurança estrutural e o bom desempenho, evitando-se o colapso da estrutura e a ocorrência de grandes deslocamentos. Na concepção estrutural foram elaborados desenhos executivos da estrutura para determinar a disposição dos elementos e feito o pré-dimensionamento para definir as dimensões. Para fins de dimensionamento determinaram-se as ações atuantes, fez-se a análise estrutural, e por fim, algumas verificações prescritas na norma.

5.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

Inicialmente os perfis da estrutura foram determinados pela tabela de pré-dimensionamento do sistema LSF presentes no Manual Steel Framing: Engenharia (RODRIGUES; CALDAS, 2016). Os perfis selecionados para a composição da estrutura estão listados na tabela 2.

Tabela 2: Perfis obtidos no pré-dimensionamento

	PERFIL	USO
Painéis Estruturais	U 142x40x0,95 mm	Guias
	Ue 140x40x12x0,95 mm	Montantes
	Ue 200x40x12x1,25 mm	Vigas de piso
	2Ue 200x40x12x1,25 mm	Vergas maiores que 2 m
	2Ue 140x40x12x1,25 mm	Vergas com vão até 2 m
	2Ue 90x40x12x1,25 mm	Vergas com vão até 1 m
Telhado	U 92x40x1,25 mm	Banzo superior e inferior
	Ue 90x40x12x1,25 mm	Montantes e diagonais.
	Cr 20x30x12x0,95 mm	Terças ou ripas.

Os perfis são fabricados a partir do aço ZAR 250 com galvanização tipo B (275 g/m²), conforme NBR 14762 (ABNT, 2010) foram adotadas as seguintes propriedades dos materiais: resistência ao escoamento (F_y) de 250 Mpa; resistência à ruptura (F_u) de 360 Mpa; módulo de elasticidade longitudinal (E) de 200 Gpa; módulo de elasticidade transversal (G) de 77 Gpa. As propriedades geométricas, dimensões e massa dos perfis estão descritas no Anexo A deste trabalho.

A modulação estrutural foi definida como 400 mm, ou seja, os montantes e as vigas que formam os painéis estruturais estão espaçados a cada 400 mm.

5.2 AÇÕES ATUANTES NA ESTRUTURA

5.2.1 Ações Permanentes

Com a determinação dos perfis metálicos e dos demais materiais utilizados para a vedação fez-se o levantamento das ações permanentes. Foram consideradas as ações permanentes como constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes. A tabela 3 apresenta os materiais utilizados no projeto e seus respectivos pesos por metro quadrado que foram consultados nas normas NBR 14762 (ABNT, 2010) e NBR 6120 (ABNT, 1980) e com os fornecedores.

Tabela 3: Peso dos elementos construtivos

Material	Espessura (mm)	Carga (KN/m ²)
Placa de Gesso Acartonado	12,50	0,120
Placa Cimentícia	10,00	0,140
Placa OSB estrutural	9,50	0,060
Placa OSB estrutural	18,30	0,120
Revestimento cerâmico	10,00	0,200
Lã de Vidro	70,00	0,030
Manta Isolante	5,00	0,050
Telha Termo acústica	-	0,150

Considerando a composição dos painéis (piso, forro, paredes) e ainda, simplificando para fins de cálculo e utilizando apenas a composição para a parede mais pesada:

Composição laje seca entrepiso:	KN/m ²
Revestimento cerâmico.....	0,20
Placa Cimentícia 10 mm	0,14
Placa OSB 18,3 mm.....	0,12
Manta Isolante.....	0,05
Lã de vidro.....	0,03

Placa de Gesso 12,5 mm.....	0,12
Total	<u>0,66</u>

Composição laje de forro:	KN/m ²
Placa OSB 18,3 mm.....	0,12
Manta Isolante.....	0,05
Lã de vidro.....	0,03
Placa de Gesso 12,5 mm.....	0,12
Total	<u>0,32</u>

Composição parede:	KN/m ²
Revestimento cerâmico (2 lados)	0,40
Placa Cimentícia 10 mm (2 lados).....	0,28
Placa OSB 18,3 mm	0,12
Manta Isolante.....	0,10
Lã de vidro.....	0,03
Total	<u>0,93</u>

Assim, definiram-se os valores atuantes na estrutura de 0,26 KN/m para entrespos, 0,13 KN/m para laje de forro e 0,37 KN/m para painéis de parede, adotando área de influência de 400 mm (modulação estrutural).

Para o carregamento de peso próprio dos elementos da estrutura de aço tomou-se os valores indicados nas tabelas A.1 e A.2 do Anexo A, multiplicado pelo respectivo comprimento de cada elemento.

5.2.2 Ações Variáveis

As ações variáveis consideradas neste projeto são causadas pelo uso e ocupação da edificação, decorrentes de sobrecargas em pisos e coberturas, e pela ação do vento.

Para a sobrecarga da laje de piso foi adotado o valor de 1,5 KN/m², para laje de forro de 0,5 KN/m², conforme NBR 6120 (ABNT, 1980). Para a cobertura foi adotado uma sobrecarga de 0,25 KN/m² conforme NBR 8800 (ABNT, 2008).

Para as vigas de piso do pavimento de caixa d'água foi considerado uma ação truncada de 2,5 KN/m², equivalente a um reservatório cheio de água com capacidade de 1500 L.

Os esforços causados pela ação do vento foram determinados de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1988). A velocidade básica do vento (V_0) considerada foi de 45 m/s (região de Pato Branco – Pr), fator topográfico $S_1 = 1,0$ (terreno plano ou fracamente acidentado), rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno fator $S_2 = 0,86$ (categoria IV, classe A), fator estatístico $S_3 = 1,0$ (edificações residenciais). Assim a velocidade característica do vento (V_k) que é dada pela multiplicação dos itens supracitados é igual a 38,7 m/s. A pressão dinâmica do vento (q) é dada pelo quadrado de V_k multiplicado por 0,613, assim $q = 0,92$ KN/m². Os coeficientes de pressão determinados foram multiplicados pela pressão dinâmica do vento e pela área de influência dos montantes. As ações foram inseridas aos montantes dos painéis de parede externos como ações distribuídas ao longo da sua altura.

5.3 ANÁLISE ESTRUTURAL

O objetivo da análise estrutural é determinar o efeito das ações na estrutura, a fim de verificar os estados limites últimos e de serviço. Utilizou-se o software Ftool, para a obtenção dos esforços normal, cortante e de momento fletor.

5.3.1 Estrutura de Telhado

Para a estrutura de telhado, composta por tesouras e terças, foram analisadas três tesouras com vãos diferentes. As ações foram consideradas atuando sobre a área de influência e aplicadas aos nós. As barras que formam a tesoura foram consideradas rotuladas e a tesoura apoiada na viga do painel de entrepiso. O modelo estrutural está apresentado na figura 16. Posteriormente, as reações de apoio obtidas foram aplicadas na viga, para cada caso.

Para obtenção do carregamento, seguiram-se os seguintes passos: obteve-se o peso próprio da tesoura e dividiu-se pelo número de nós. Para o peso das telhas e ações de sobrecarga, multiplicaram-se os valores das ações pela área de influência e dividiu-se pelo número de nós. A força obtida em cada ação foi aplicada aos nós da tesoura.

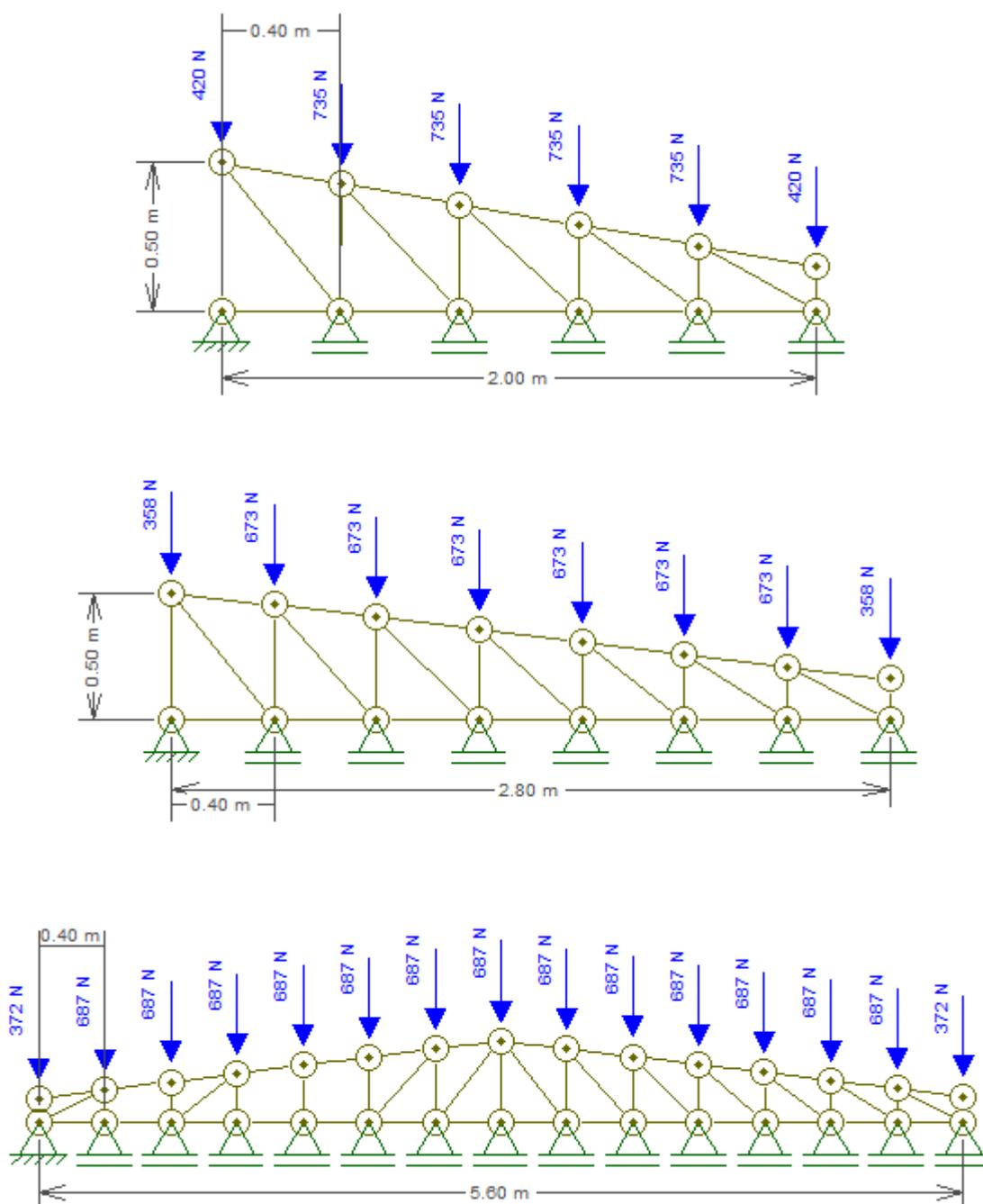


Figura 16: Modelo estrutural de cálculo das tesouras
Fonte: Autoria Própria

A modelagem foi feita para as combinações de ações para os estados limites últimos normais e para as combinações quase permanentes de serviço de acordo com a NBR 14762 (ABNT, 2010).

5.3.2 Painéis de Parede e Entrepisos

Os painéis da estrutura foram modelados no Ftool de forma simplificada e sempre de maneira a tornar o mais próximo do real.

As vigas que formam os painéis de entrepisos, por possuírem a mesma modulação e estarem alinhadas aos montantes, transferem sua carga de forma axial ao montante em que estão apoiadas. Desta forma, a reação da viga foi aplicada como uma força de compressão no montante em que ela se apoia. Para isso, os elementos que formam os painéis foram discretizados. Da mesma maneira, as reações dos montantes dos painéis superiores de parede, que estão sobre as vigas de entrepiso foram aplicadas as vigas.

Na figura 17 pode-se observar a modelagem para dois exemplos de vigas. Na primeira há contribuição da estrutura de telhado, enquanto que na segunda há somente a contribuição do montante do painel superior a esta viga, que se apoia nos extremos da mesma.

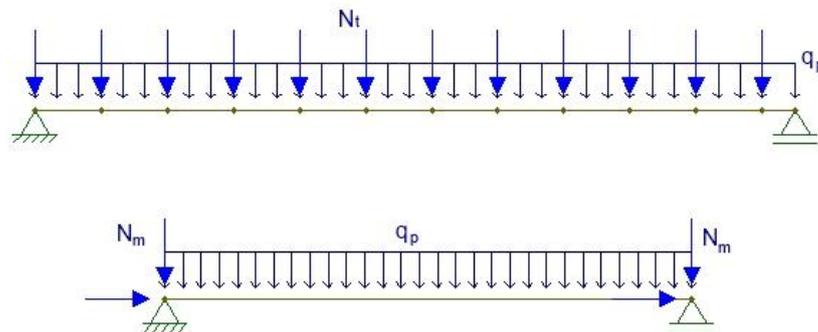


Figura 17: Modelos de cálculo para vigas
Fonte: Autoria Própria

Onde:

N_t : é a resultante do carregamento de uma tesoura que está sobre a viga;

q_p : força distribuída que representa a contribuição de todas as ações permanentes (peso próprio do perfil, placas de gesso, placas OSB, preenchimento com lã de vidro) e sobrecarga atuante;

N_m : é a resultante do carregamento do montante superior que está apoiado sobre a viga.

Os montantes dos painéis internos estão submetidos somente a uma força de compressão provinda do peso próprio, peso dos painéis, e em alguns casos, reação de viga apoiada. Os montantes dos painéis externos, além de possuírem a força concentrada de compressão, estão sujeitos a uma força distribuída ao longo da sua altura devida ao vento.

A condição de vinculação de todos os montantes é rotulada nos extremos, as vigas são biapoiadas. As vergas também foram consideradas rotuladas aos montantes mais próximos. Na figura 18 pode-se observar a modelagem para um painel com abertura.

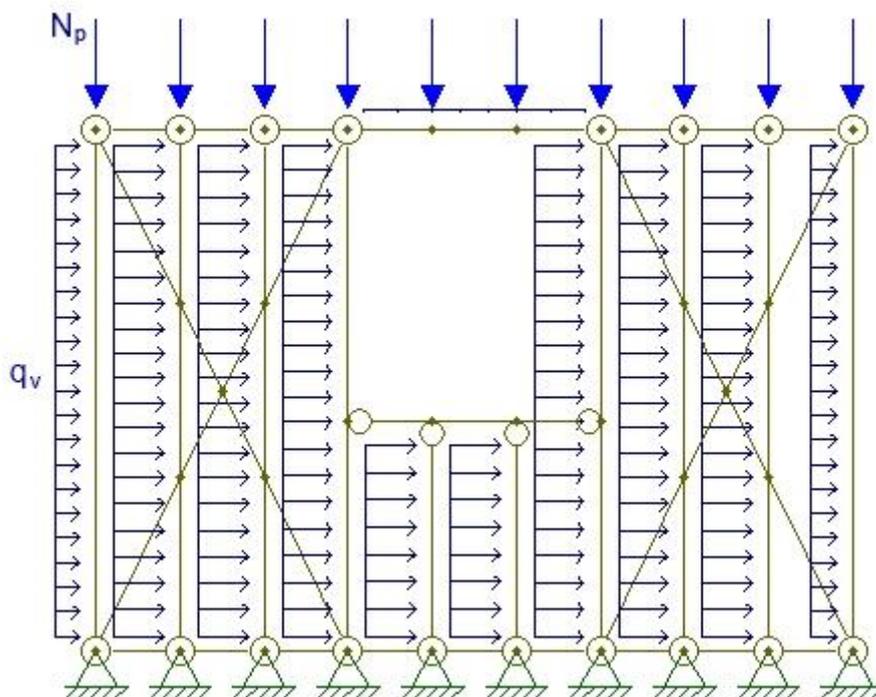


Figura 18: Modelo de cálculo para um painel com abertura
Fonte: Autoria Própria

Onde:

N_p : é o peso próprio do perfil mais a resultante de todos os carregamentos transmitidos ao montante através da viga de entrepiso e dos correspondentes montantes dos painéis superiores;

q_v : força distribuída devida a ação do vento.

Da mesma maneira que para as tesouras a modelagem foi feita para as combinações de ações para os estados limites últimos normais e para as combinações quase permanentes de serviço de acordo com a NBR 14762 (ABNT, 2010).

O processo de análise estrutural, por ser de forma quase analítica com a utilização apenas de um software de análise bidimensional, é extenso e repetitivo. Optou-se por apresentar apenas os valores obtidos para um perfil de montante interno, externo e para um de viga demonstrando como efetuar o dimensionamento dessas peças.

5.4 RESULTADOS OBTIDOS

O perfil de montante externo selecionado na análise pertence ao painel que divide o banheiro do pavimento superior com a área externa (P54, vide apêndice B) o perfil de montante interno pertence ao painel que separa o banheiro do pavimento térreo da cozinha (P18, vide apêndice B), e a viga selecionada suporta o pavimento de caixa d'água. Seus respectivos esforços para as combinações últimas normais estão contidos na tabela 4.

Tabela 4: Esforços solicitantes obtidos na análise estrutural

	$N_{C,SD}$ (KN)	M_{SD} (KN.m)
Montante Externo Ue 140x40x12x0,95	3,76	0,20
Montante Interno Ue 140x40x12x0,95	17,87	-
Viga de piso Ue 200x40x12x1,25	3,60	0,27

Onde:

$N_{C,SD}$: força axial de compressão solicitante de cálculo

M_{SD} : momento fletor solicitante de cálculo

O montante e a viga foram considerados travados lateralmente por bloqueadores instalados a meia altura do perfil. O comprimento do montante é de 2,50 m e a viga possui um vão de 3,10 m.

O deslocamento do montante externo para a combinação quase permanente de serviço obtido no Ftool foi de 0,00038 mm, ou seja, pouco representativo devido à carga de vento não atuar nesta combinação. Para o montante interno foi obtido valor de 0,22 mm.

O valor da flecha obtida para a viga, na análise feita no Ftool para combinação quase permanente de serviço, foi de 2,48 mm.

A carga máxima resistente de cálculo, carga crítica, foi determinada através do software DimPerfil 4.0 – Dimensionamento de Perfis de Aço Formados a Frio, elaborado por Lubas Engenharia Ltda e disponibilizado pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço para uso exclusivamente acadêmico. O método de cálculo utilizado é o método das larguras efetivas. A tabela 5 apresenta os valores obtidos para as cargas máximas resistentes de cálculo. O roteiro de cálculo está contido no anexo B.

Tabela 5: Cargas máximas resistentes de cálculo

	$N_{C,RD}$ (KN)	M_{RD} (KN.m)
Montantes Ue 140x40x12x0,95	20,27	1,44
Viga de piso Ue 200x40x12x1,25	24,61	1,93

Onde:

$N_{C,RD}$: força axial de compressão resistente de cálculo

M_{RD} : momento fletor resistente de cálculo

A segurança estrutural é atingida quando o coeficiente de segurança (n) dado pela divisão entre o valor resistente de e o valor solicitante for maior ou igual a 1,0. As tabelas 6 e 7, apresentam o coeficiente de segurança (n) para os esforços axiais de compressão e de momentos fletores, respectivamente.

Tabela 6: índice de segurança para força axial de compressão

Código	Perfil Eu	$N_{c,RD}$ (N.m)	$N_{c,SD}$ (N.m)	N (%)
Montante P54	140x40x12x0,95	20,27	3,76	5,39
Montante P18	140x40x12x0,95	20,27	17,87	1,13
Viga de Piso	200x40x12x1,25	24,61	3,60	6,84

Tabela 7: índice de segurança para momento fletor

Código	Perfil Eu	M_{RD} (KN.m)	M_{SD} (KN.m)	N (%)
Montante P54	140x40x12x0,95	1,44	0,20	7,20
Viga de Piso	200x40x12x1,25	1,93	0,27	7,15

Verificou-se que o montante do P54 e a viga de piso estão bastante acima da segurança, enquanto que o montante do P18 está pouco acima da segurança, isso se explica porque o mesmo está no pavimento térreo, recebe todas as cargas superiores e é responsável por transmiti-las à fundação.

5.5 VERIFICAÇÕES DA NBR 14762:2010

Este trabalho ficou restrito à verificação da carga crítica de flambagem dos perfis selecionados segundo os critérios desta norma.

5.5.1 Viga de Piso Ue 200x40x12x1,25

A viga selecionada está submetida a um momento fletor e a um esforço normal, será verificada segundo o critério de flexão composta, item 9.9 da NBR 14762 (ABNT, 2010):

$$\left(\frac{N_{c,SD}}{N_{c,RD}}\right) + \left(\frac{M_{SD}}{M_{RD}}\right) \leq 1,00$$
$$\left(\frac{3,60}{24,61}\right) + \left(\frac{0,27}{1,93}\right) = 0,29 \leq 1,00$$

A peça está aprovada para os estados limites últimos. Para o estado limite de serviço a condição de aprovação para vigas de piso, de acordo com a tabela A.1 da NBR 14762 (ABNT, 2010), é:

$$f_{m\acute{a}x} \geq f_{serv}$$

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{L}{350} = \frac{3100}{350} = 8,85 \text{ mm}$$

Onde, $f_{m\acute{a}x}$ é o deslocamento máximo, f_{serv} é o deslocamento obtido na análise estrutural e L é o vão livre da viga.

$$f_{m\acute{a}x} = 8,85 \text{ mm} \geq f_{serv} = 2,48 \text{ mm}$$

Assim a peça está verificada ao estado limite de serviço.

5.5.2 Montante P18 Ue 140x40x12x0,95

A peça selecionada é um montante de painel interno que será verificado segundo o critério de barra submetida à força axial de compressão, item 9.7 da NBR 14762 (ABNT, 2010):

$$N_{C,SD} \leq N_{C,RD}$$

$$17,87 \text{ KN} \leq 20,27 \text{ KN}$$

A peça está aprovada para os estados limites últimos. Para o estado limite de serviço a condição de aprovação para os montantes, de acordo com a tabela A.1 da NBR 14762 (ABNT, 2010), é:

$$\delta_{m\acute{a}x} \geq \delta_{serv}$$

$$\delta_{m\acute{a}x} = \frac{H}{400} = \frac{2500}{400} = 6,25 \text{ mm}$$

Onde, $\delta_{m\acute{a}x}$ é o deslocamento máximo, δ_{serv} é o deslocamento obtido na análise estrutural e H é a altura do montante.

$$\delta_{m\acute{a}x} = 6,25 \text{ mm} \geq \delta_{serv} = 0,22 \text{ mm}$$

Assim a peça está verificada ao estado limite de serviço.

5.5.3 Montante P54 Ue 140x40x12x0,95

A peça selecionada é um montante de painel externo que será verificado segundo o critério de flexão composta, item 9.9 da NBR 14762 (ABNT, 2010):

$$\left(\frac{N_{c,SD}}{N_{c,RD}} \right) + \left(\frac{M_{SD}}{M_{RD}} \right) \leq 1,00$$

$$\left(\frac{3,76}{20,27} \right) + \left(\frac{0,20}{1,44} \right) = 0,32 \leq 1,00$$

A peça está aprovada para os estados limites últimos. Conforme apresentado anteriormente o deslocamento obtido é quase inexistente assim a peça também está aprovada ao estado limite de serviço.

5.6 DETALHAMENTO

O detalhamento dos painéis de parede, das tesouras e o posicionamento das vigas e painéis estão contidos no Apêndice B.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão do comportamento e funcionamento do sistema Light Steel Frame foi imprescindível para o cumprimento do objetivo de projetar uma residência em LSF. Pois, para que o sistema construtivo LSF apresente suas características integralmente, é necessário que desde a elaboração do projeto arquitetônico seja visado seus condicionantes estruturais. Projetar seguindo a modulação eleva a característica de concepção racionalizada uma vez que potencializa o aproveitamento dos materiais de vedação.

A rotina de dimensionamento para os perfis formados a frio segue o que se faz de maneira comum a um projeto de estruturas metálicas primando-se as análises de flambagem. Na concepção estrutural é essencial a visualização da disposição e dimensões dos elementos que formam os painéis, para que se busque sempre alinhar a estrutura, permitindo que cada elemento estrutural resista a uma pequena parcela de carga e a transmita à fundação.

Assim como os projetos devem ser suficientemente detalhados o processo construtivo deve seguir todos os cuidados apontados para que se obtenha o desempenho desejado na edificação.

O LSF sem dúvida é uma alternativa para o desenvolvimento da construção civil brasileira, além de visar a otimização do processo e a redução de desperdício, uma das maiores contribuições desse sistema é ser primordial projetar com qualidade.

Há um vasto campo de pesquisa na área de Light Steel Frame, sugere-se como futuros trabalhos a modelagem de uma estrutura utilizando um software de análise tridimensional e a realização de ensaios experimentais de painéis com chapa de OSB estrutural e painéis utilizando fitas metálicas, submetidos a forças vertical e horizontal para analisar o contraventamento fornecido por cada sistema e seus modos de falha estrutural.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762:** Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. 2ed. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253:** Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. 2 ed. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:** Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. 1ed. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123:** Forças devidas ao vento em edificações. 1ed. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6355:** Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800:2008:** Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008.
- BATEMAN, Bruce W. **Light gauge steel verses conventional wood framing in residential construction.** Department of construction science of A&M University. College Station. Texas, 1998.
- BEVILAQUA, Rosane. **Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas apertado e Light Steel Framing.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- CONSULSTEEL – Consultores en Steel Framing. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: ConsulSteel, 2002.
- ELHAJJ Nader; BIELAT, Kevin. **Prescriptive method for residential cold-formed steel framing. USA: North American Steel Framing.** Alliance (NASFA), 2000.
- GIL, Antônio C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRUBB, P. J.; LAWSON, R. M. **Building design using cold formed steel sections: construction detailing and practice**. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1997.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MICHAELIS. **Dicionário prático inglês-português / português-inglês**. São Paulo: Melhoramentos, 2008.

NEVES, José L. **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades**. Caderno de Pesquisas em Administração, v. 1, n^o 3, 2^o SEM. São Paulo, 1996.

PENNA, Fernando C.F. **Análise da viabilidade econômica do sistema light steel framing na execução de habitações de interesse social: uma abordagem pragmática**. 2009. 92f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PFEIL, Walter. PFEIL, Michele. **Estruturas de aço: dimensionamento prático - 8.ed.** Rio de Janeiro : LTC, 2009.

RODRIGUES, Francisco C. **Steel Framing: Engenharia**. Manual de Construções em Aço. Instituto Brasileiro de siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

RODRIGUES, Francisco C. CALDAS, Rodrigo B. **Steel Framing: Engenharia**. Manual de Construções em Aço. Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro: Aço Brasil/CBCA, 2016.

SANTIAGO, Alexandre. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associados a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

SANTIAGO Alexandre K. FREITAS, Arlene M. S. CRASTO, Renata C. M. de. **Steel Framing: Arquitetura**. Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da construção em aço. 2 ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”)**. Diretriz n° 003. MINISTÉRIO DAS CIDADES - Secretaria Nacional da Habitação. Brasília, 2012.

SILVA, Edson L. PIERIN, Igor. SILVA, Valdir, P. e. **Estruturas compostas por perfis formados a frio – Dimensionamento pelo método das larguras efetivas e aplicação conforme ABNT NBR 14762:2010 e ABNT NBR 6355:2012**. Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2014.

VITOR, Rodrigo O. **Modelagem numérica de diagonais equivalentes em painéis de cisalhamento do sistema Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ANEXO A

As propriedades geométricas, dimensões e massa dos perfis utilizados no projeto foram obtidas do Anexo B da NBR 15253:2014 e são mostradas na tabela A.1 e A.2. As dimensões básicas de cada perfil estão indicadas nas figuras A.1 e A.2..

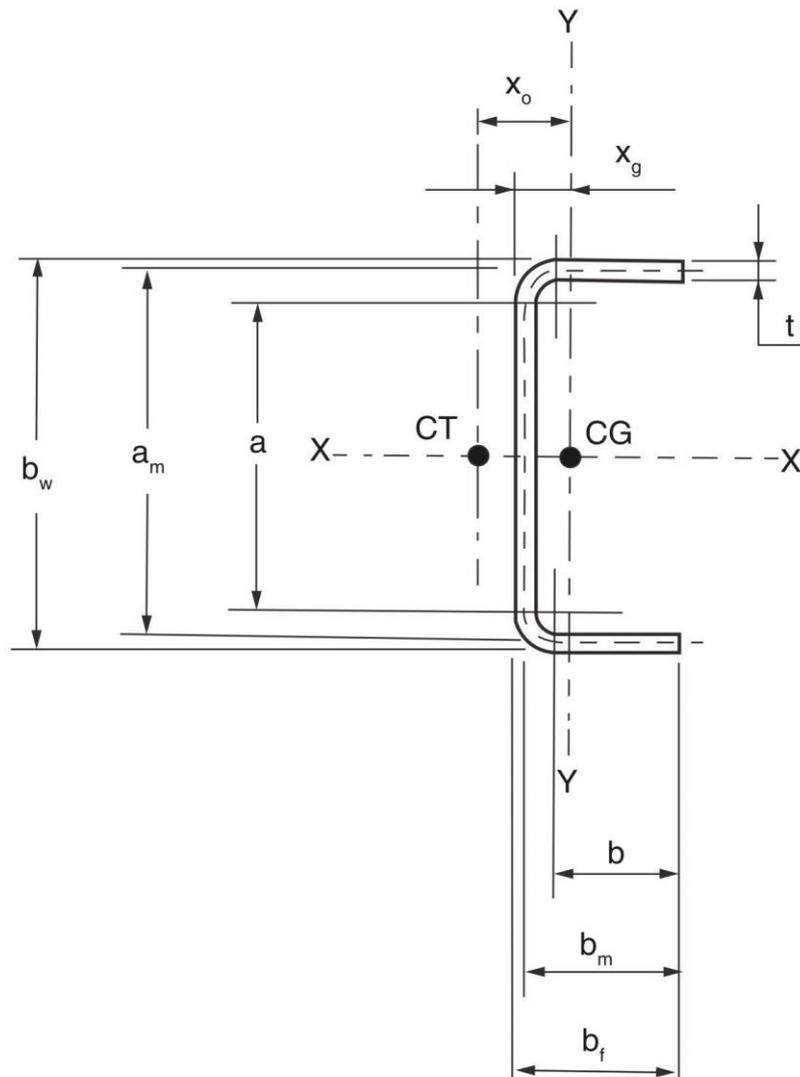


Figura A1: Perfil U simples

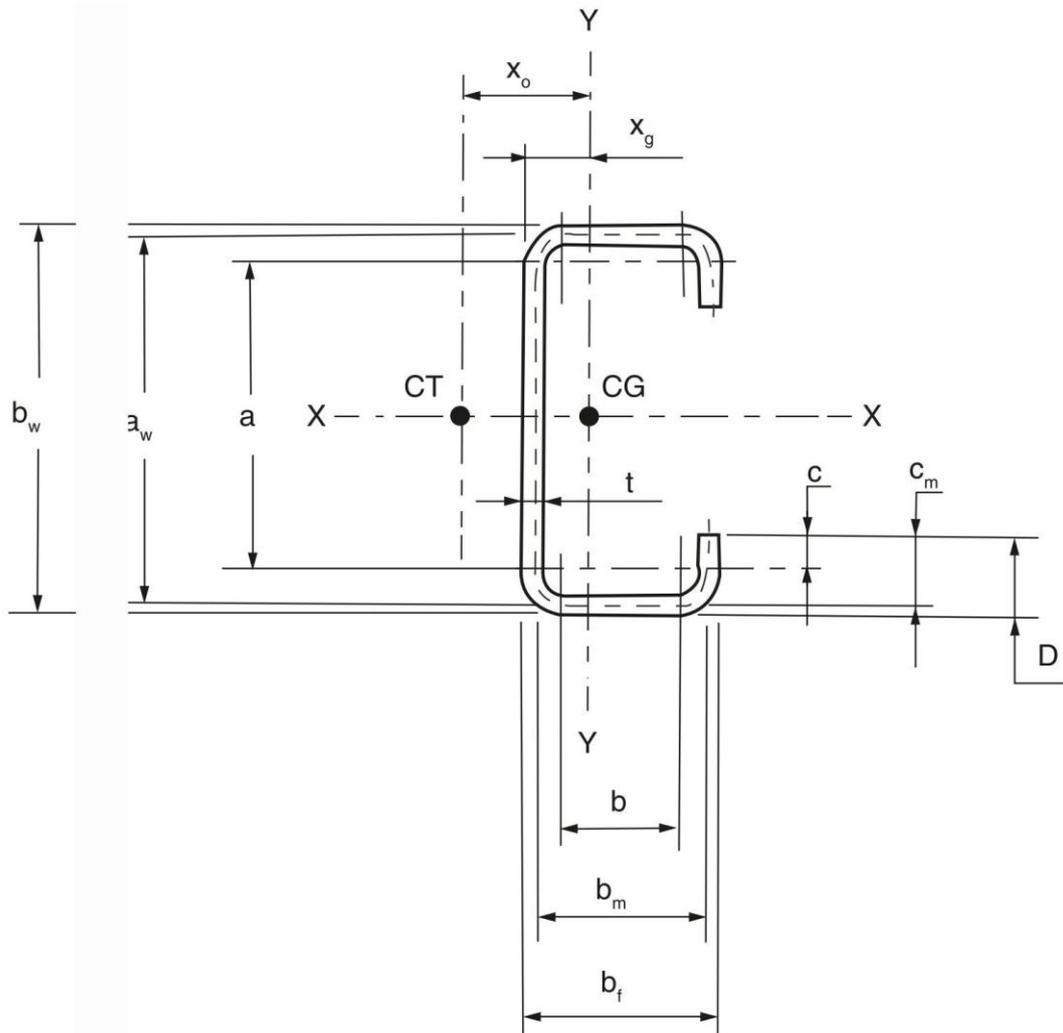


Figura A2: Perfil U enrijecido

Legenda

- A** largura da parte plana da alma
- a_m** largura da alma referente à linha média da seção
- B** largura da parte plana da mesa ou da aba da cantoneira
- b_m** largura da mesa ou da aba da cantoneira referente à linha média da seção
- b_f** largura nominal da mesa ou da aba da cantoneira
- b_w** largura nominal da alma
- C** largura da parte plana do enrijecedor de borda
- c_m** largura do enrijecedor de borda referente à linha média da seção
- X_g** distância do centroide em relação à face externa do perfil, na direção do eixo X
- X_o** distância do centro de torção em relação ao centroide, na direção do eixo X

Tabela A1: Perfil U- propriedades geométricas, dimensões e massa

Perfil U		92x40x1,25	142x40x0,95
Dimensões	m (kg/m)	1,65	2,14
	A (cm ²)	2,10	2,72
	b _w (mm)	92	142
	b _f (mm)	40	40
	T _n (mm)	1,25	1,25
	R _i (mm)	1,25	1,25
Eixo x	I _x (cm ⁴)	26,22	73,43
	W _x (cm ³)	5,70	10,35
	R _x (cm)	3,53	5,19
	X _g (cm)	0,99	0,77
	X _o (cm)	26,22	73,43
Eixo y	I _y (cm ⁴)	5,70	10,35
	W _y (cm ³)	3,53	5,19
	R _y (cm)	0,99	0,77
	I _t (cm ⁴)	0,0109	0,0142
	C _w (cm ⁶)	47,99	133,54
	R _o (cm)	4,42	5,67

Tabela A2: Perfil Ue - propriedades geométricas, dimensões e massa

Perfil Ue		90x40x12x1,25	140x40x12x0,95	140x40x12x1,25	200x40x12x1,25
	m (kg/m)	1,77	1,71	2,25	2,82
	A (cm ²)	2,26	2,17	2,86	3,59
Dimensões	b _w (mm)	90	140	140	200
	b _f (mm)	40	40	40	40
	D (mm)	12	12	12	12
	T _n (mm)	1,25	0,95	1,25	1,25
	T (mm)	1,214	0,914	1,214	1,214
	R _i (mm)	1,25	0,95	1,25	1,25
	Eixo x	I _x (cm ⁴)	29,09	62,73	81,97
W _x (cm ³)		6,46	8,96	11,71	19,36
R _x (cm)		3,59	5,37	5,35	7,34
X _g (cm)		1,31	1,05	1,05	0,85
X _o (cm)		3,15	2,68	2,65	2,24
Eixo y	I _y (cm ⁴)	5,05	4,51	5,80	6,36
	W _y (cm ³)	1,88	1,53	1,96	2,02
	R _y (cm)	1,50	1,44	1,42	1,33
	I _t (cm ⁴)	0,0111	0,0060	0,0141	0,0176
	C _w (cm ⁶)	90,19	179,14	231,02	511,10
	R _o (cm)	5,01	6,17	6,14	7,79

ANEXO B

O procedimento de cálculo para obter o valor de $N_{C,RD}$ e M_{RD} deve seguir as orientações da NBR 14762 (ABNT, 2010), conforme roteiro:

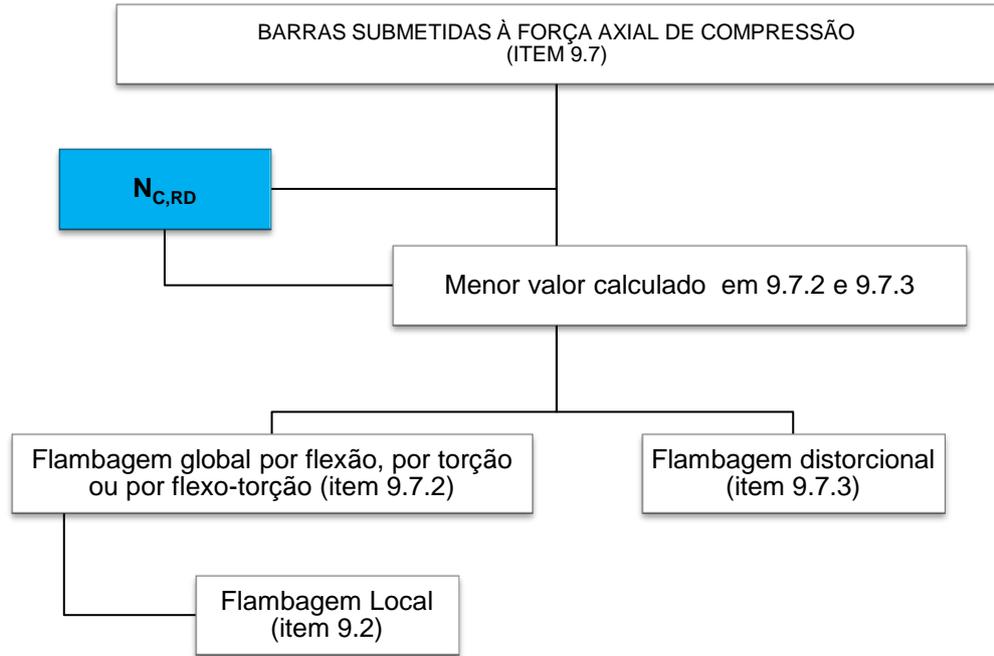


Figura B1: Diagrama para cálculo de $N_{C,RD}$

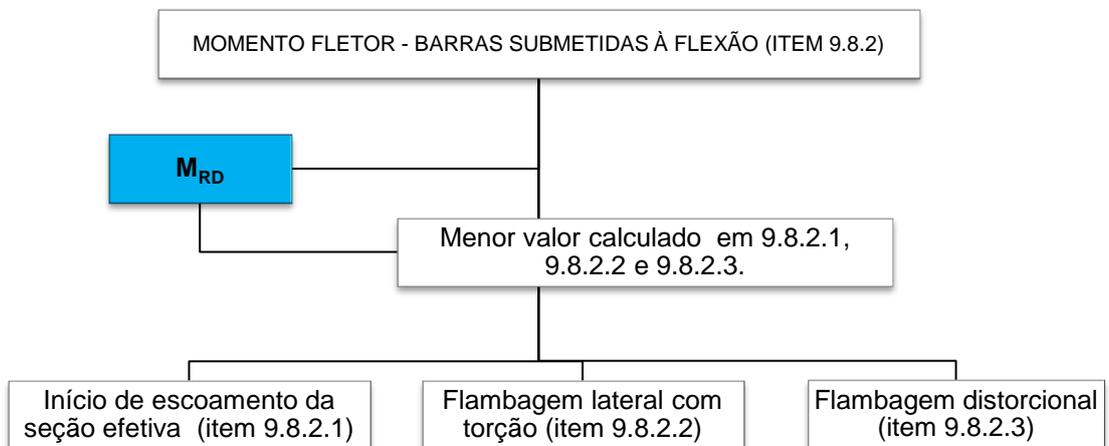
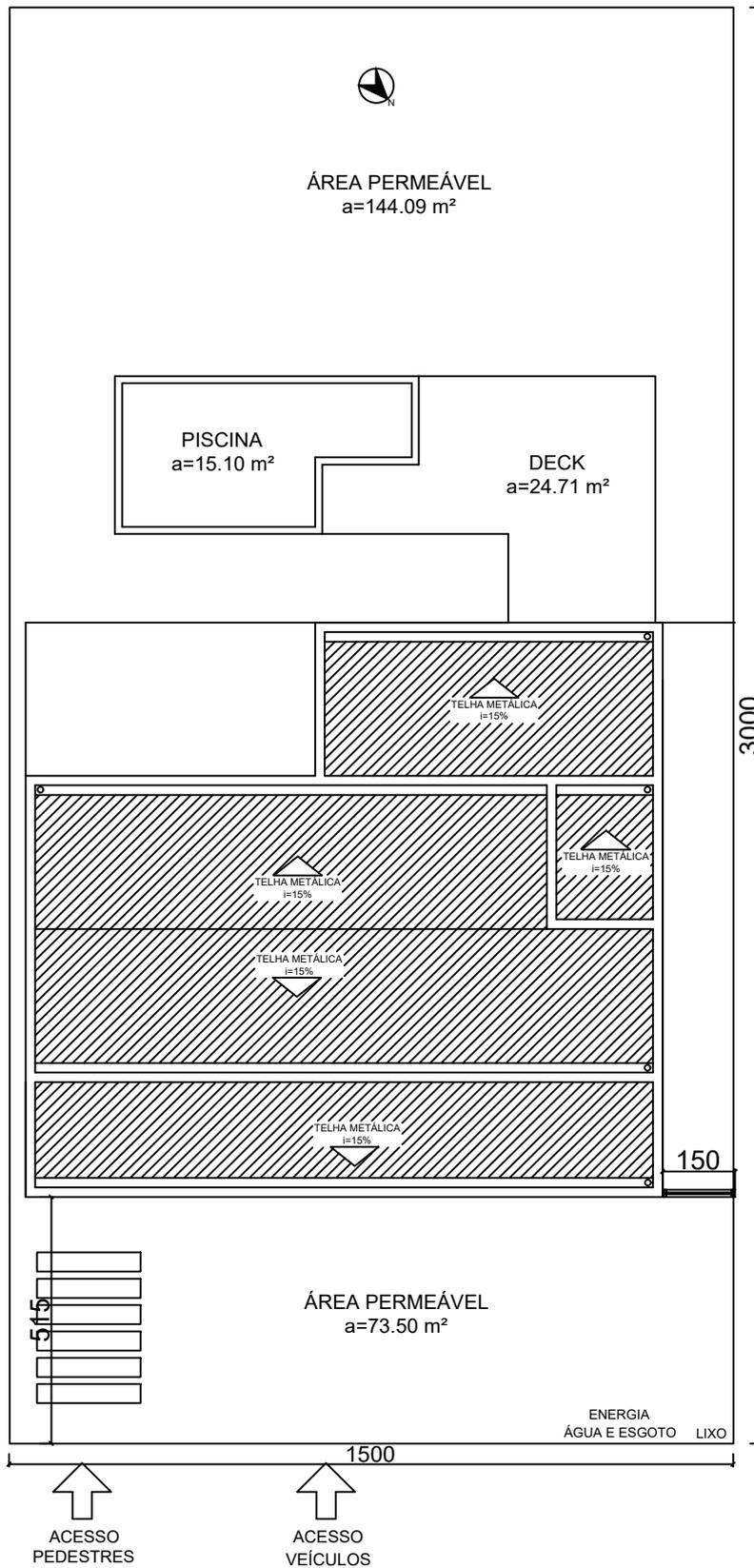


Figura B2: Diagrama para cálculo de M_{RD}

APÊNDICE A
Projeto Arquitetônico



1 IMPLANTAÇÃO E COBERTURA
 ESCALA 1:150

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
 LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

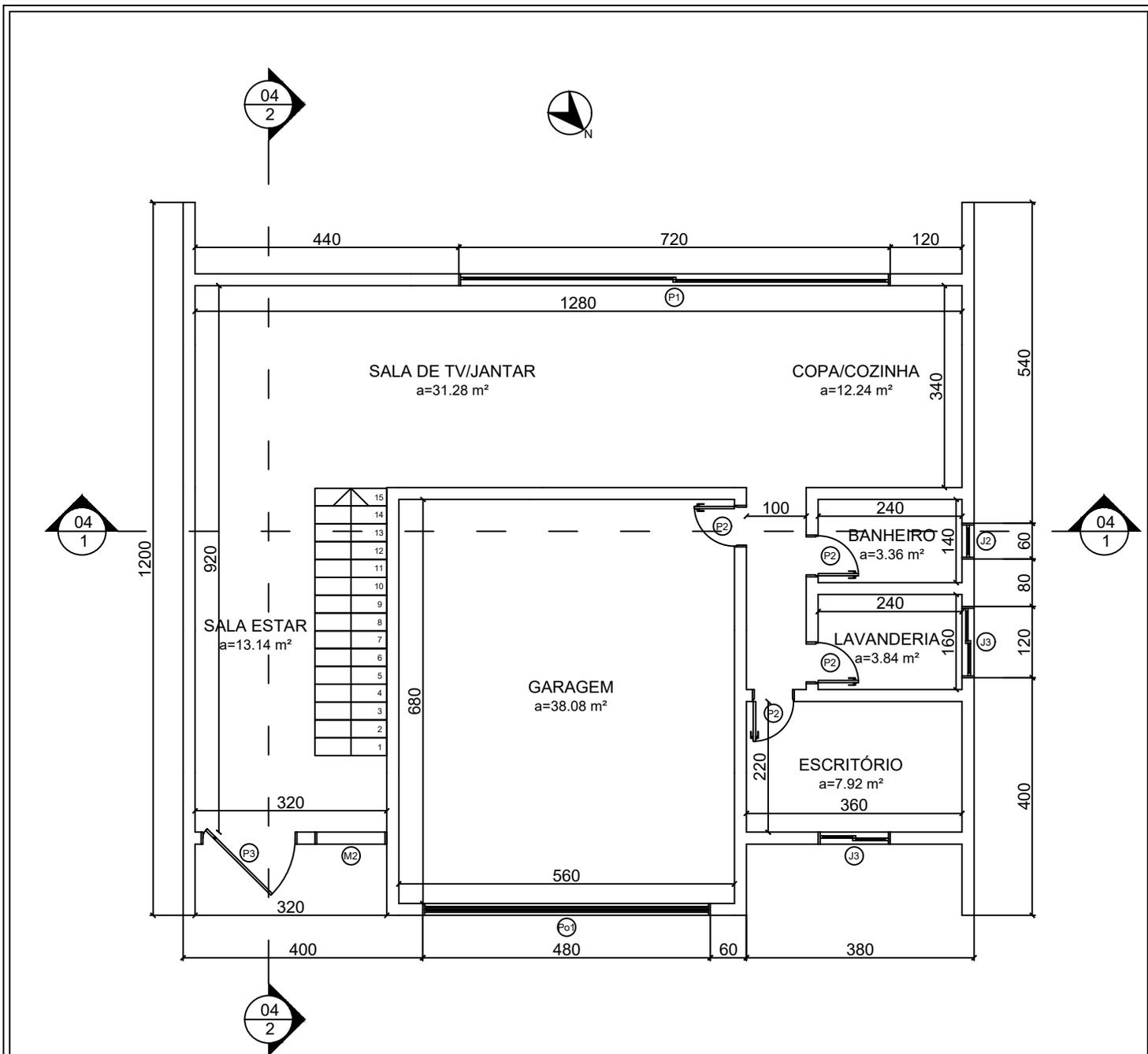
ESPECIFICAÇÕES:

IMPLANTAÇÃO E COBERTURA

PRANCHA:

01

JUN/2017



1 PLANTA BAIXA PAV. TÉRREO
ESCALA 1:100

TABELA DE ESQUADRIAS

COD	TIPO	LARGURA	ALTURA	PARAPEITO	MATERIAL	QTD	ÁREA (m²)
J1	Janela de correr 3 folhas	320	200	-	Alumínio	1	6.40
J2	Janela máximo-ar	60	40	170	Alumínio	3	0.24
J3	Janela de correr 2 folhas	120	120	90	Alumínio	5	1.44
J4	Porta veneziana de abrir	70	120	-	Alumínio	1	0.84
M1	Guarda Corpo	560	100	-	Vidro	1	5.60
M2	Pele de vidro	120	200	-	Vidro	1	2.40
P1	Porta de correr 3 folhas	720	100	110	Alumínio	1	7.20
P2	Porta de abrir	70	200	-	Alumínio	8	1.47
P3	Porta pivotante	160	200	-	Alumínio	1	3.20
Po1	Portão de elevação	480	220	-	Aço Galvanizado	1	11.04

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

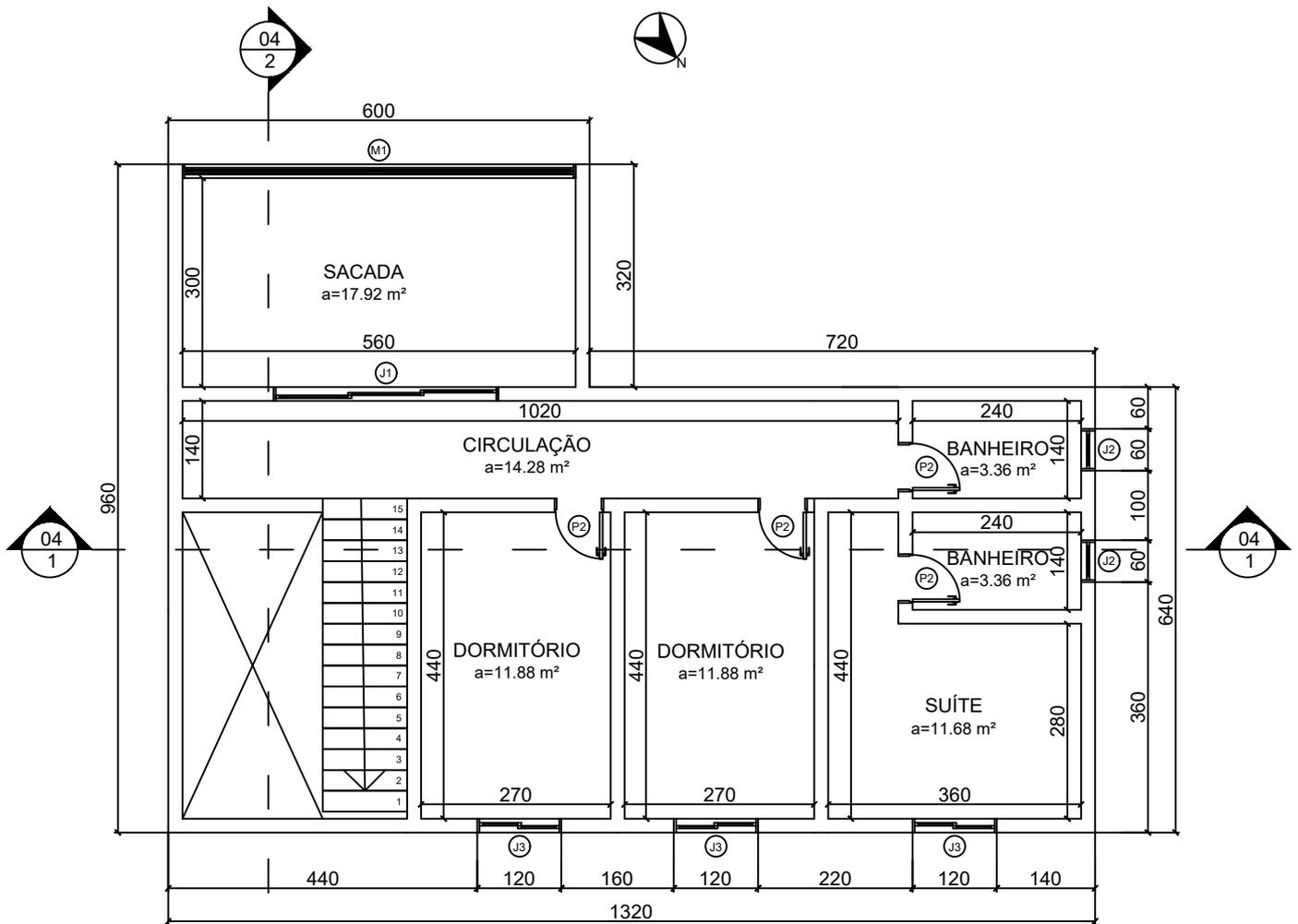
ESPECIFICAÇÕES:

PLANTA BAIXA PAV. TÉRREO
TABELA DE ESQUADRIAS

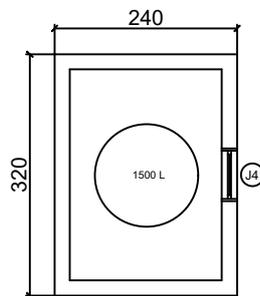
PRANCHA:

02

JUN/2017



1 PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR
ESCALA 1:100



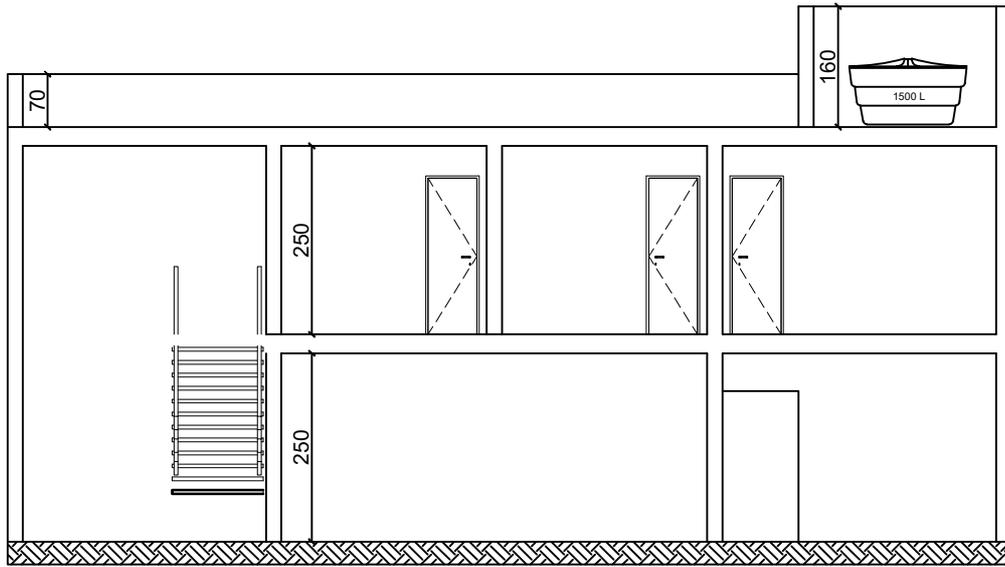
2 PLANTA BAIXA CAIXA D'ÁGUA
ESCALA 1:100

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME

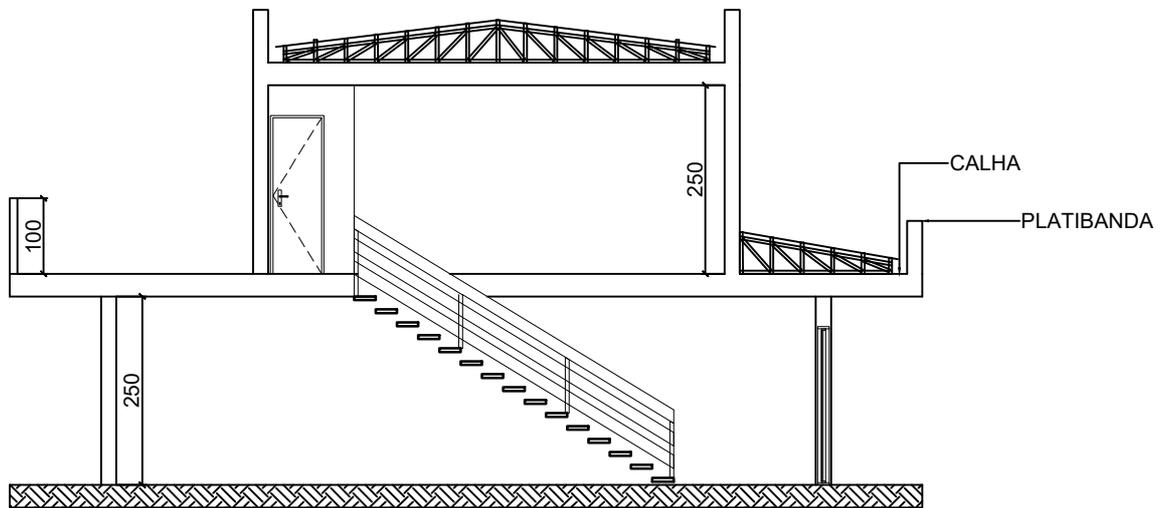
PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES: PLANTA BAIXA PAV. SUPERIOR
PLANTA BAIXA CAIXA D'ÁGUA

PRANCHA: 03
JUN/2017



1 CORTE LONGITUDINAL
ESCALA 1:100



2 CORTE TRANSVERSAL
ESCALA 1:100

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES: CORTE TRANSVERSAL CORTE LONGITUDINAL

PRANCHA: 04 JUN/2017



1 FACHADA FRONTAL
SEM ESCALA



2 FACHADA FUNDOS
SEM ESCALA

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES:

FACHADA FRONTAL
FACHADA FUNDOS

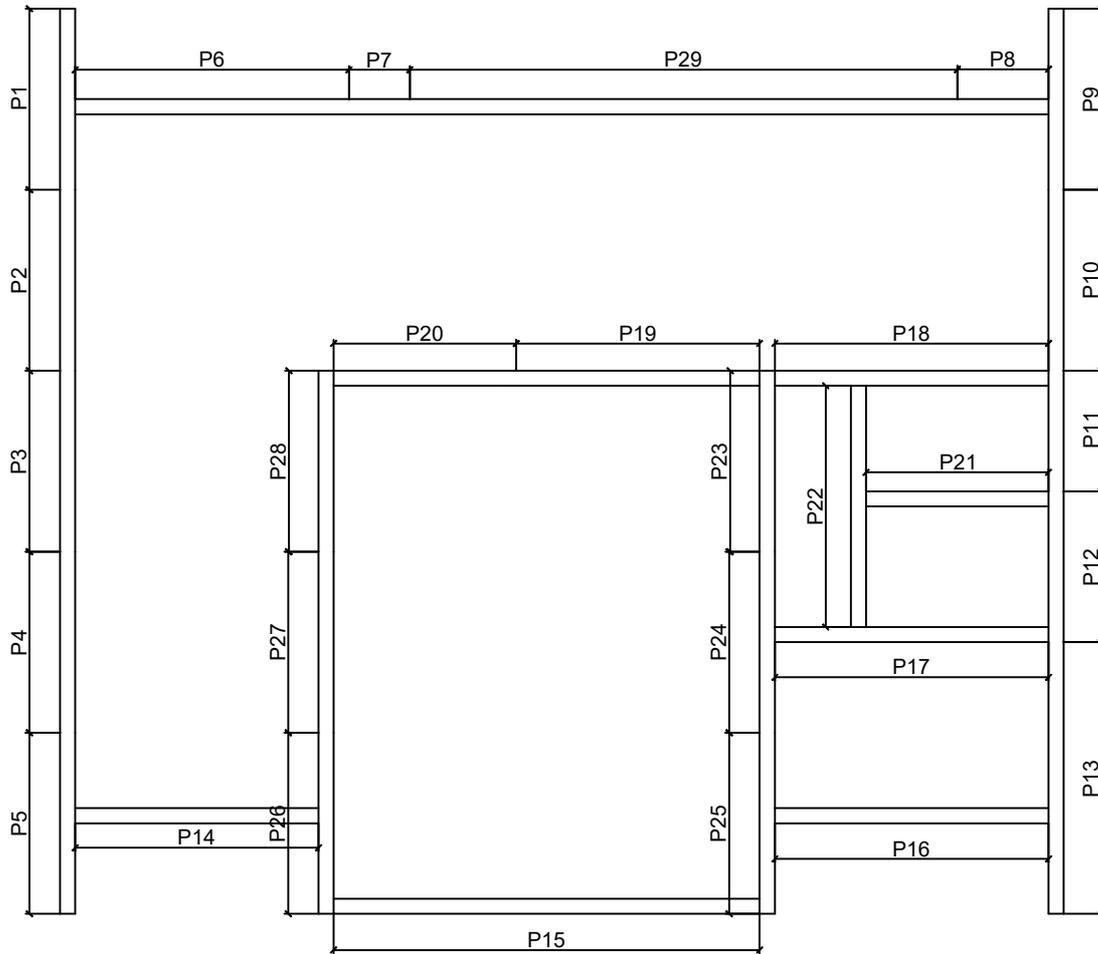
PRANCHA:

05

JUN/2017

APÊNDICE B

Detalhamento da estrutura em LSF



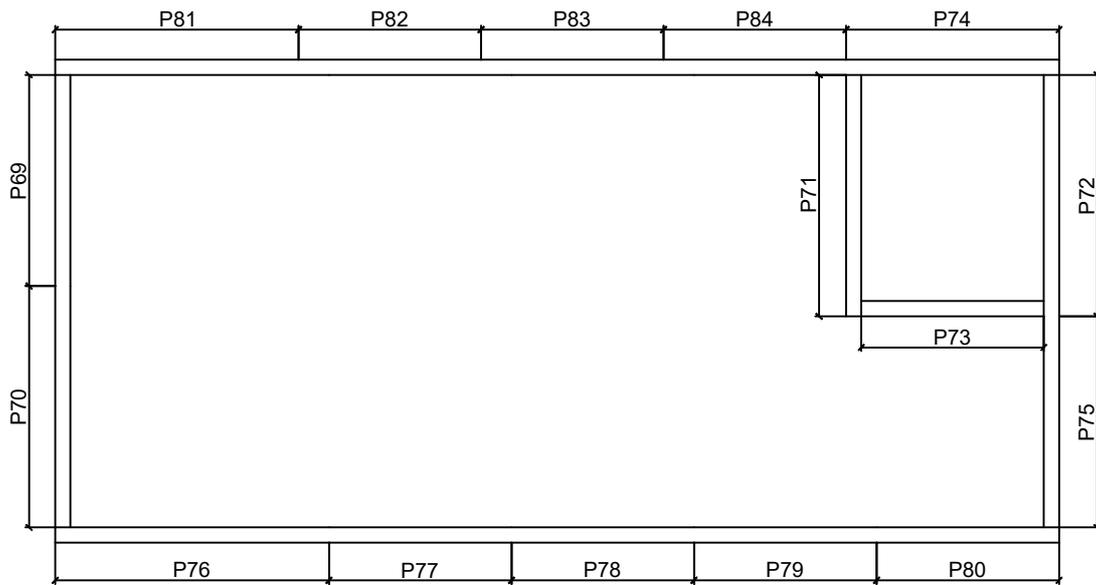
1 POSIÇÃO DOS PAINÉIS DO PAV. INFERIOR
 ESCALA 1:100

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME

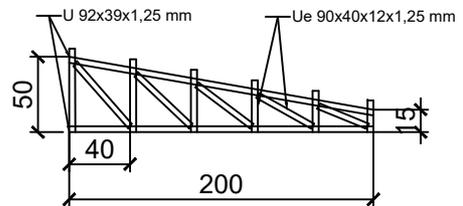
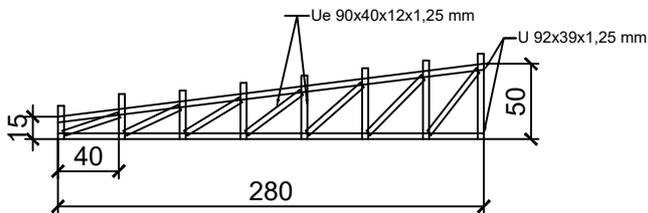
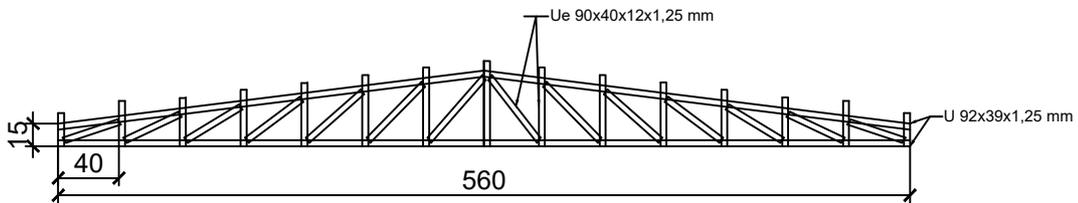
PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES: POSIÇÃO DOS PAINÉIS PAV. INFERIOR

PRANCHA: 01
 JUN/2017



1 POSIÇÃO DOS PAINÉIS DO PAV. COBERTURA
 ESCALA 1:100

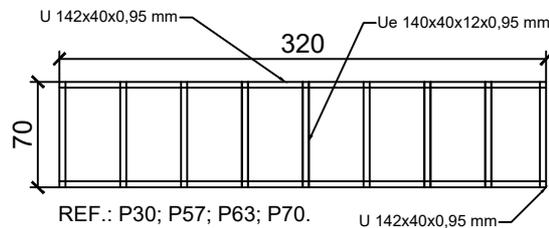
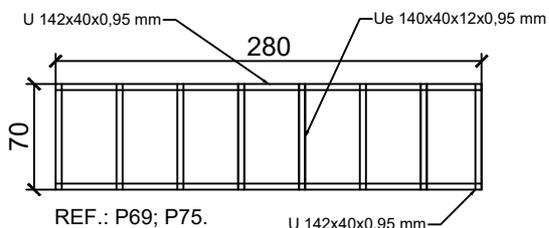
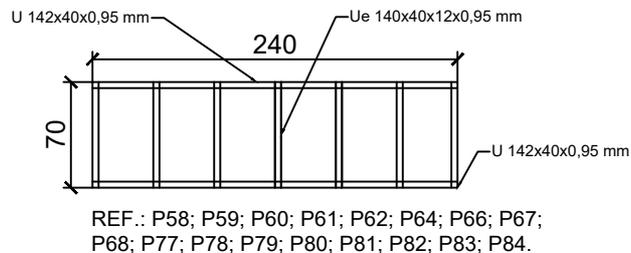
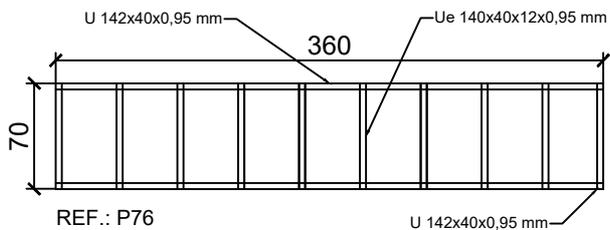


2 TESOURAS
 ESCALA 1:50

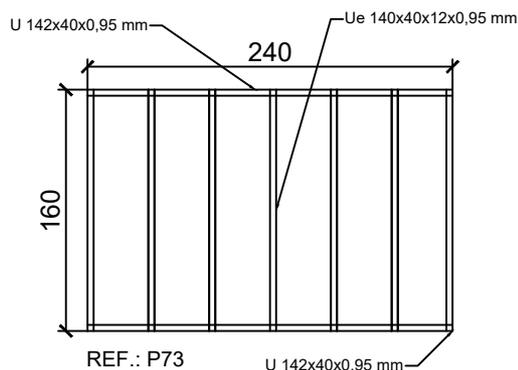
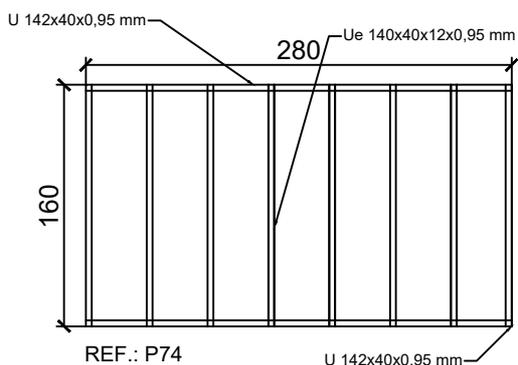
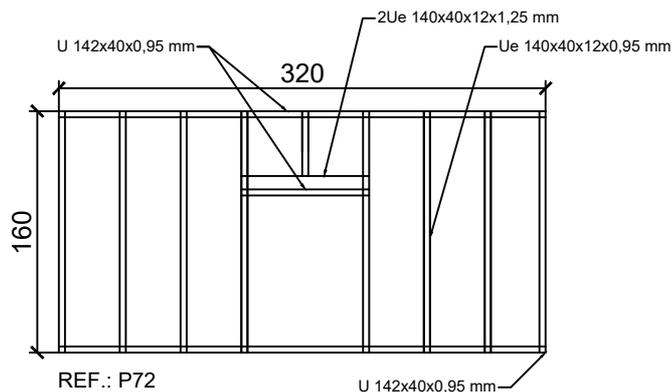
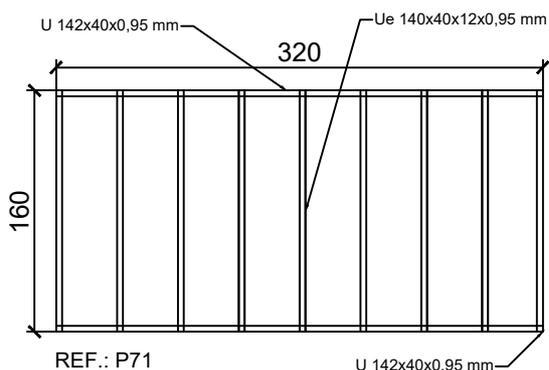
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
 PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES:
 POSIÇÃO DOS PAINÉIS PAV. COB. TESOURAS

PRANCHA: 03
 JUN/2017



1 PAINÉIS DE PLATIBANDA
ESCALA 1:50

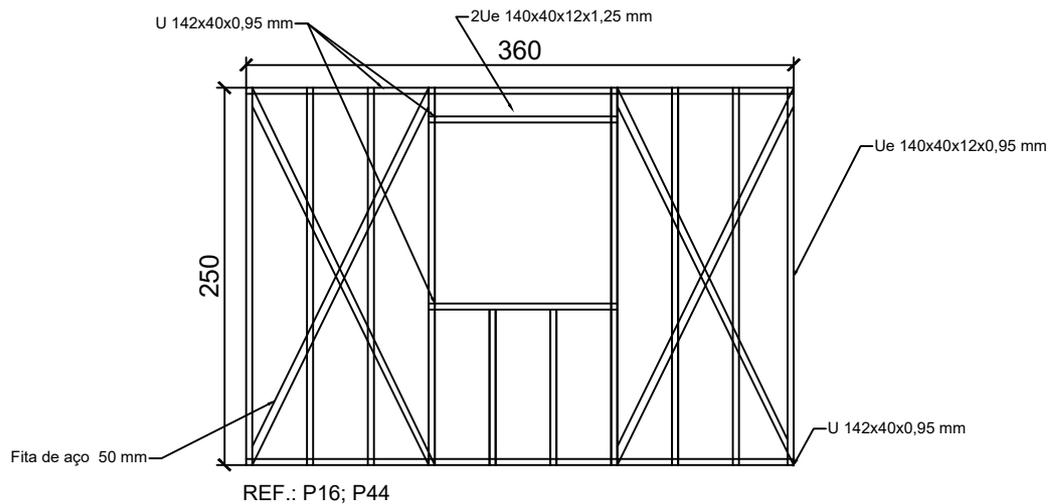
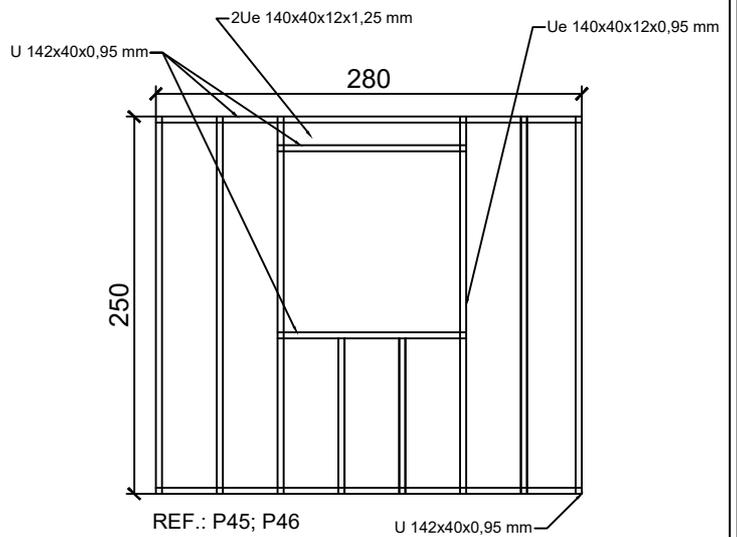
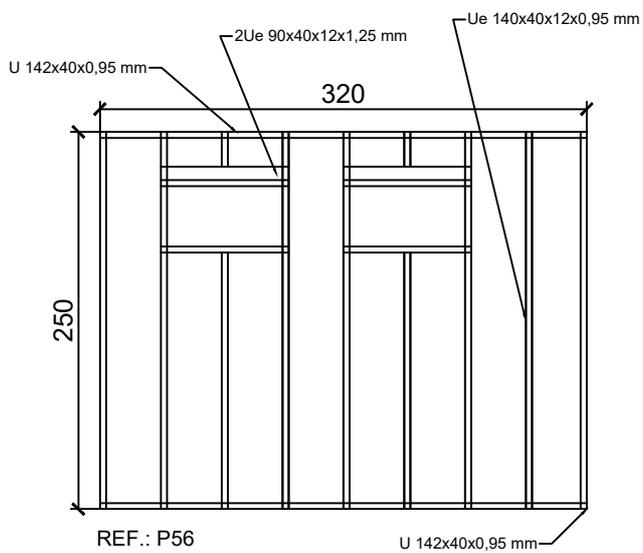
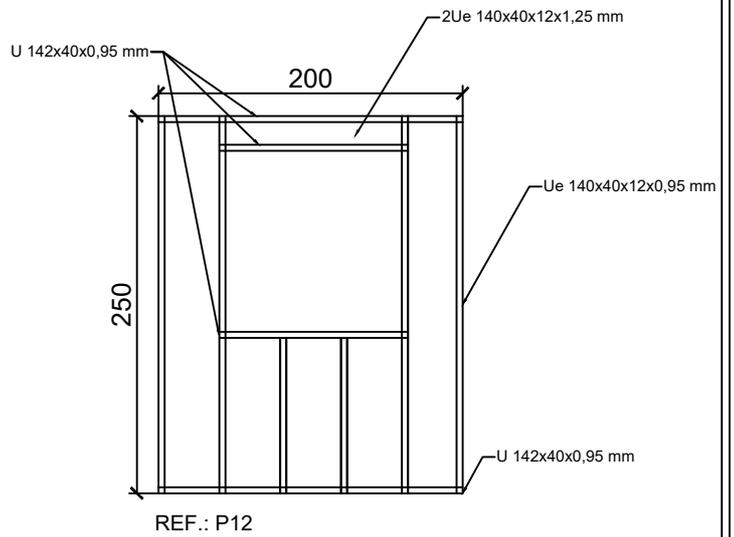
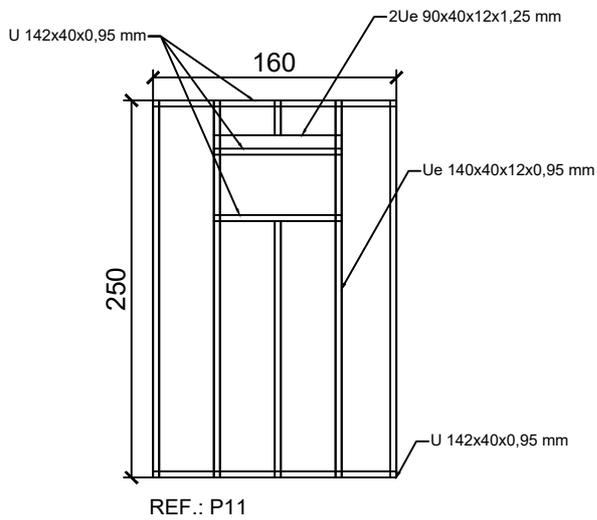


2 PAINÉIS PAV. CAIXA D' ÁGUA
ESCALA 1:50

OBRA:	RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
PROJETISTA:	FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES:	PAINÉIS DE PLATIBANDA; PAINÉIS PAV. CAIXA D'ÁGUA
-----------------	---

PRANCHA:	04
	JUN/2017



1 PAINÉIS COM ABERTURA DE JANELA
ESCALA 1:50

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

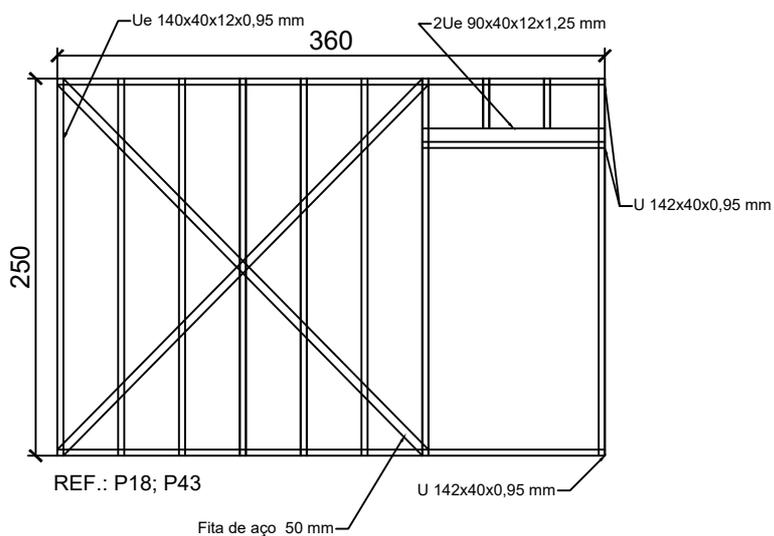
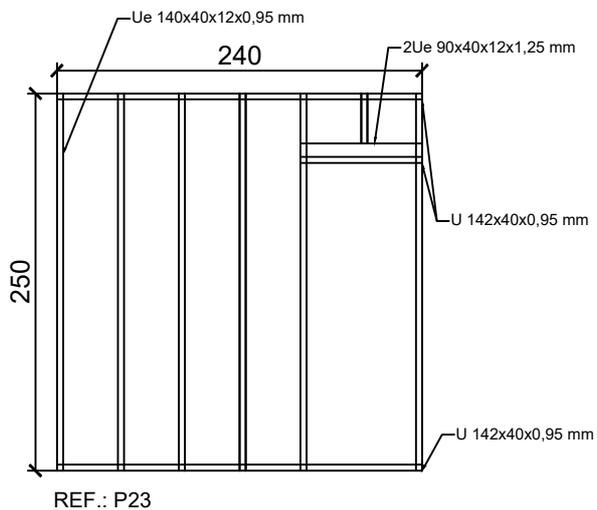
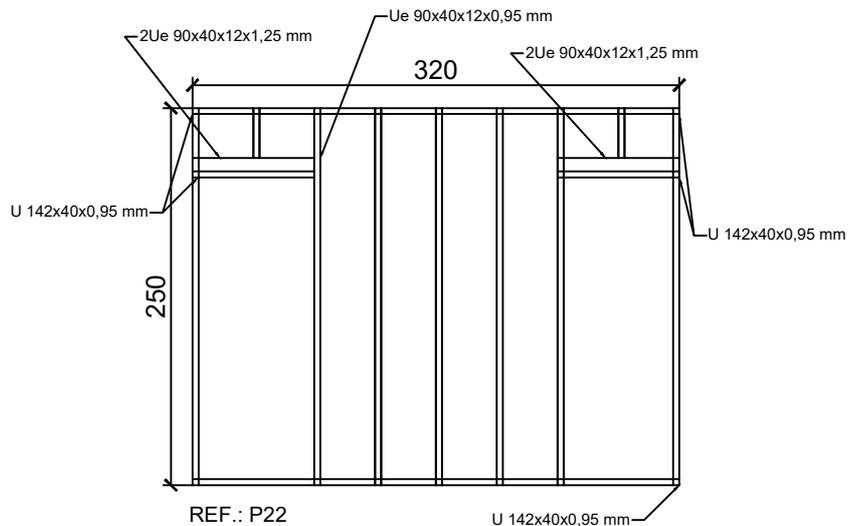
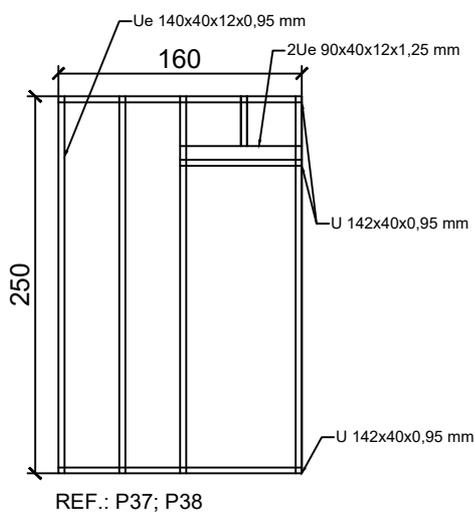
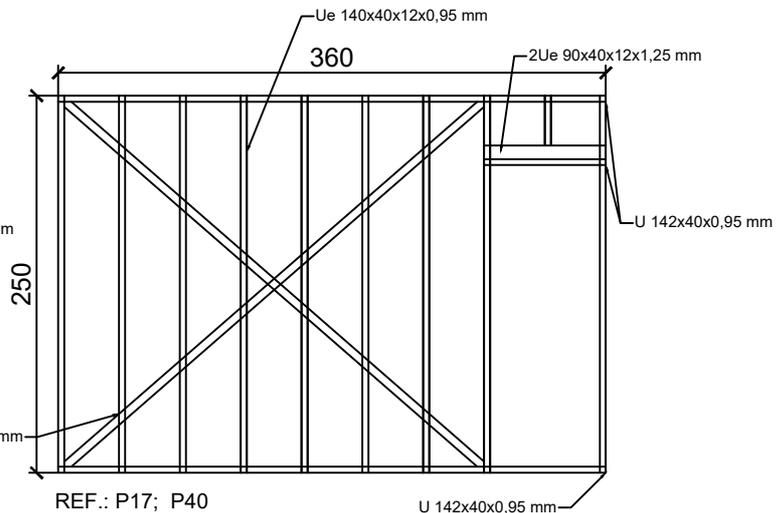
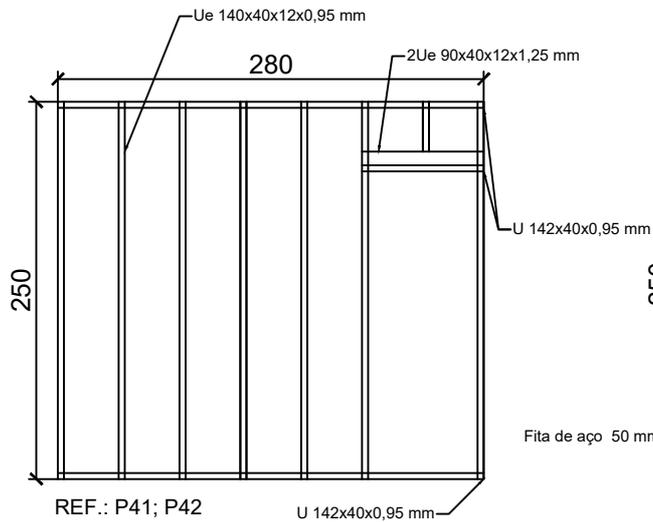
ESPECIFICAÇÕES:

PAINÉIS COM ABERTURA DE JANELA

PRANCHA:

05

JUN/2017



1 PAINÉIS COM ABERTURA DE PORTA
ESCALA 1:50

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

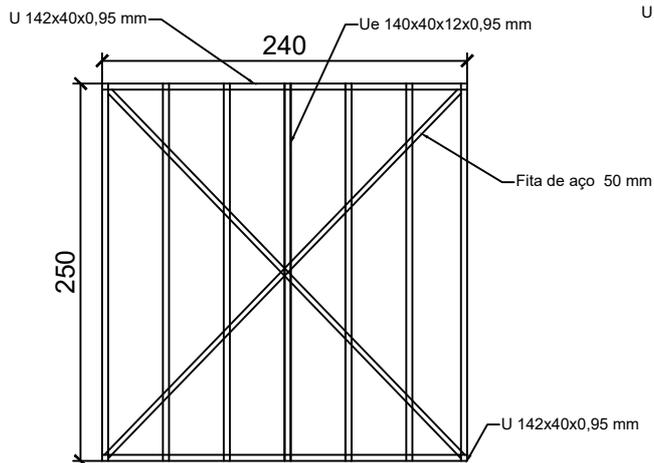
ESPECIFICAÇÕES:

PAINÉIS COM ABERTURA DE PORTA

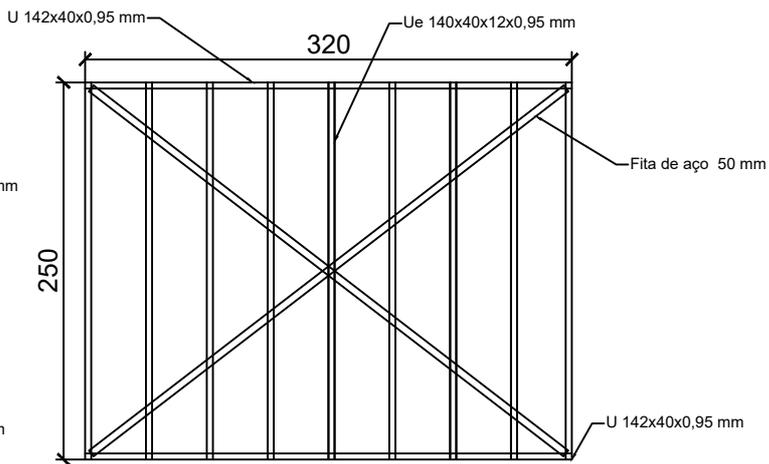
PRANCHA:

06

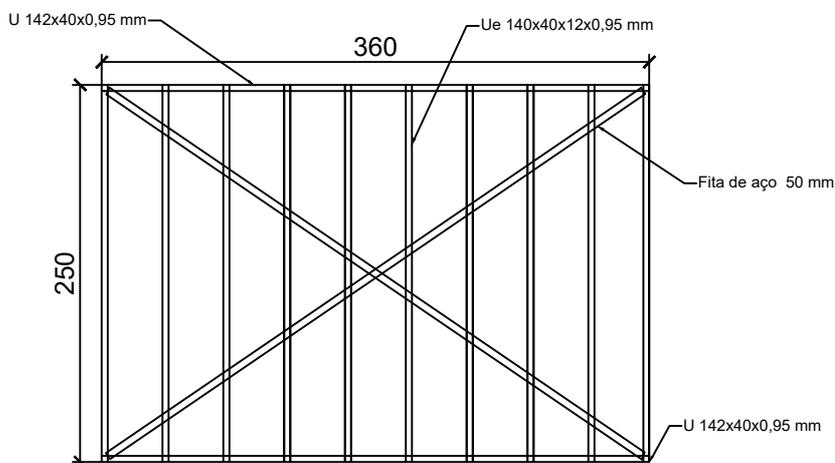
JUN/2017



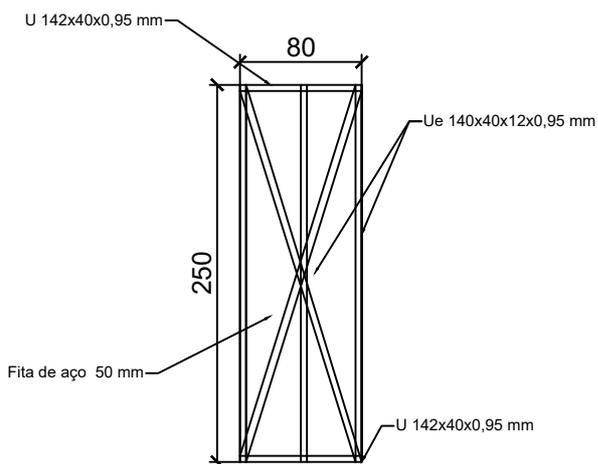
REF.: P1; P2; P3; P4; P5; P9; P10; P39; P54.



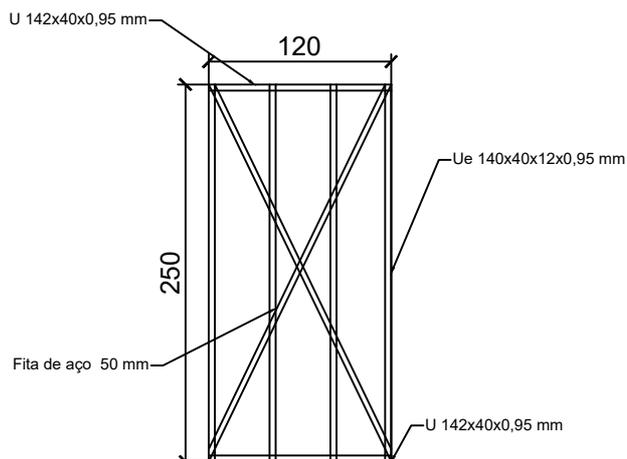
REF.: P47; P48; P49; P52; P55.



REF.: P6; P13



REF.: P7



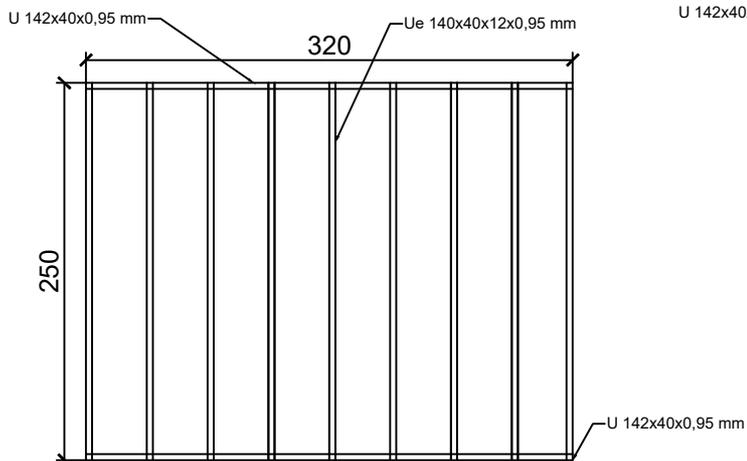
REF.: P8; P50.

1 PAINÉIS COM CONTRAVENTAMENTO
ESCALA 1:50

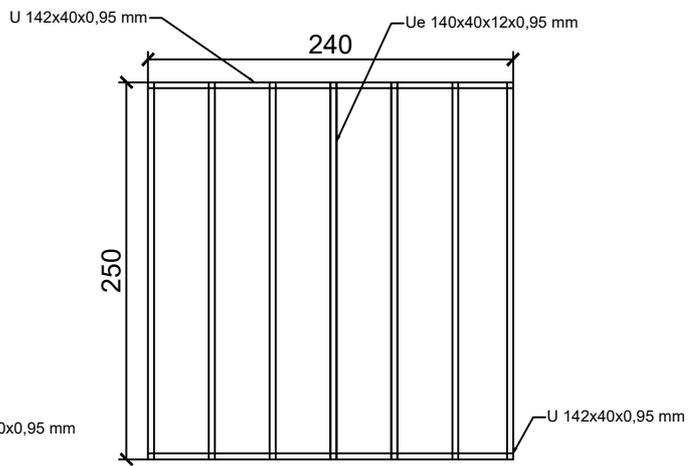
OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES: PAINÉIS COM CONTRAVENTAMENTO

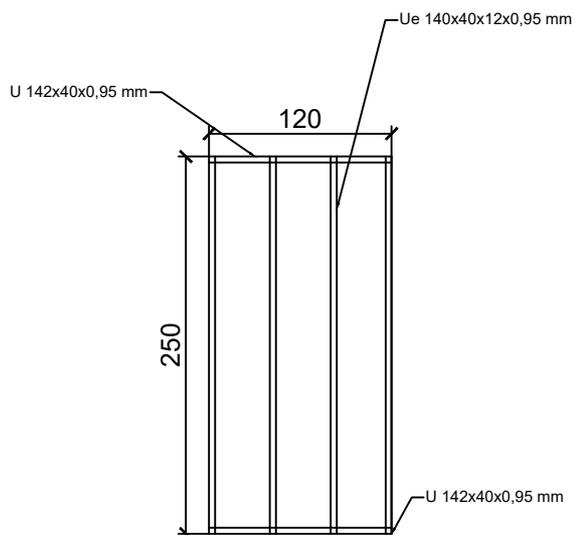
PRANCHA: 07
JUN/2017



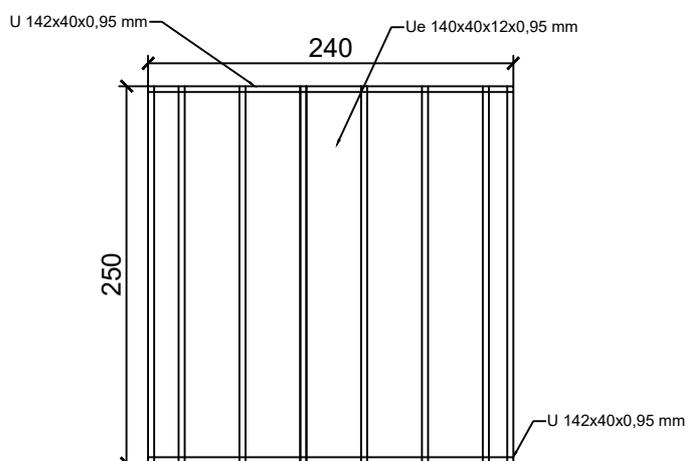
REF.: P34.



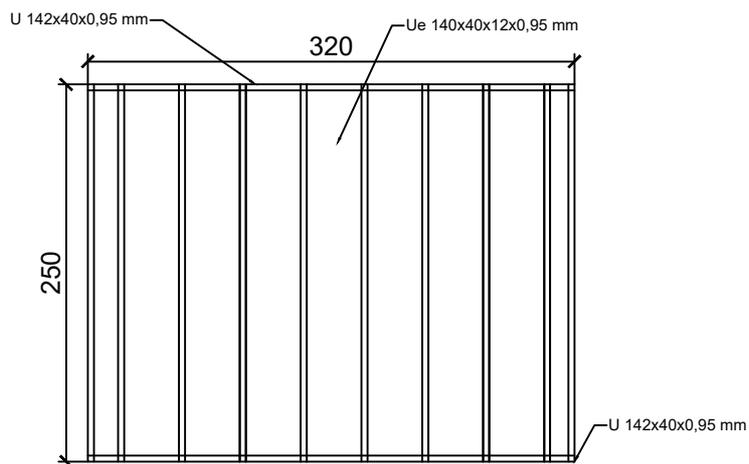
REF.: P21; P24; P25; P26; P27; P28; P31; P32; P35; P36.



REF.: P33; P53.



REF.: P20



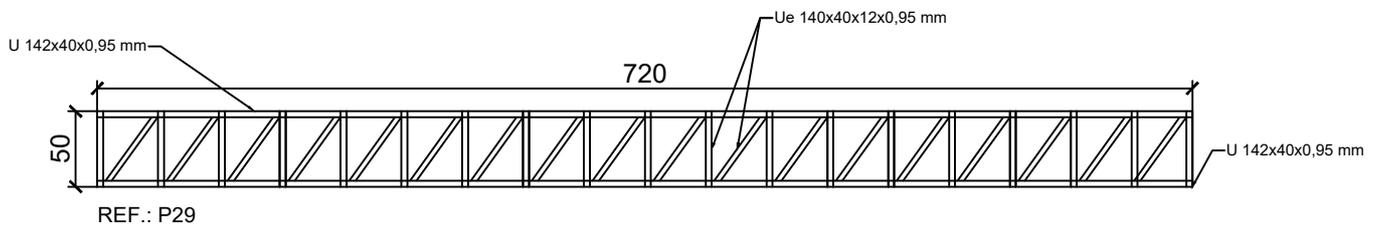
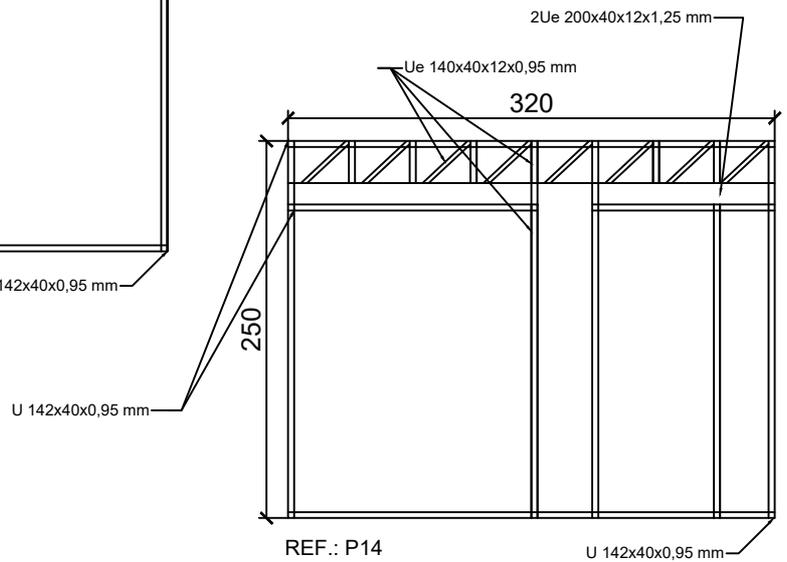
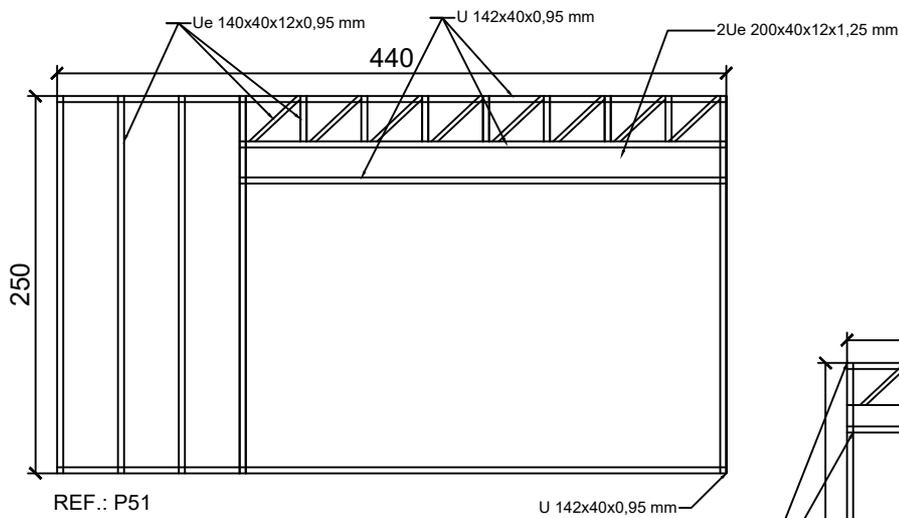
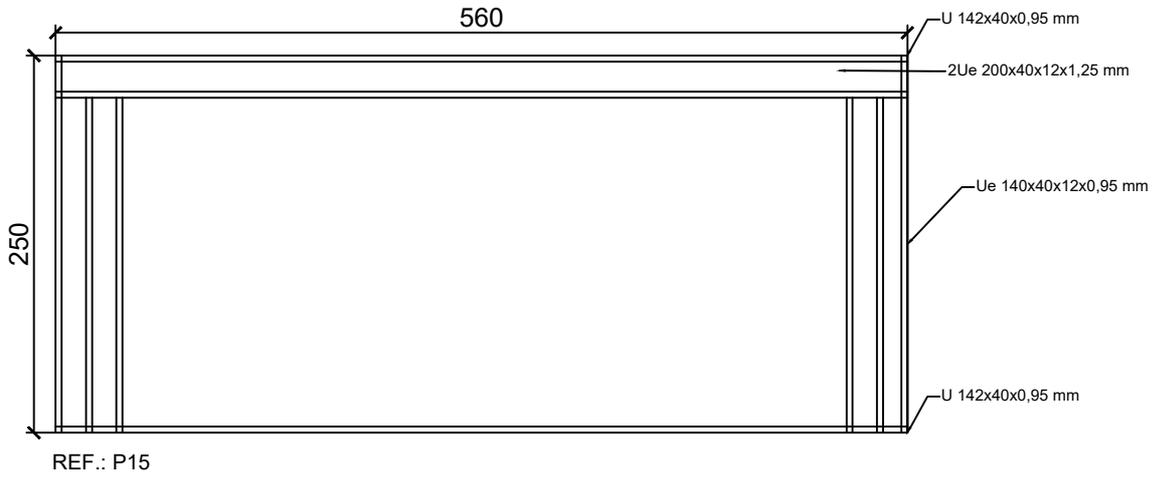
REF.: P19

1 PAINÉIS DE PAREDE
ESCALA 1:50

OBRA:	RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
PROJETISTA:	FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES:	PAINÉIS DE PAREDE
-----------------	-------------------

PRANCHA:	08
	JUN/2017



1 PAINÉIS COM ABERTURAS MAIORES
ESCALA 1:50

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM
LIGHT STEEL FRAME

PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

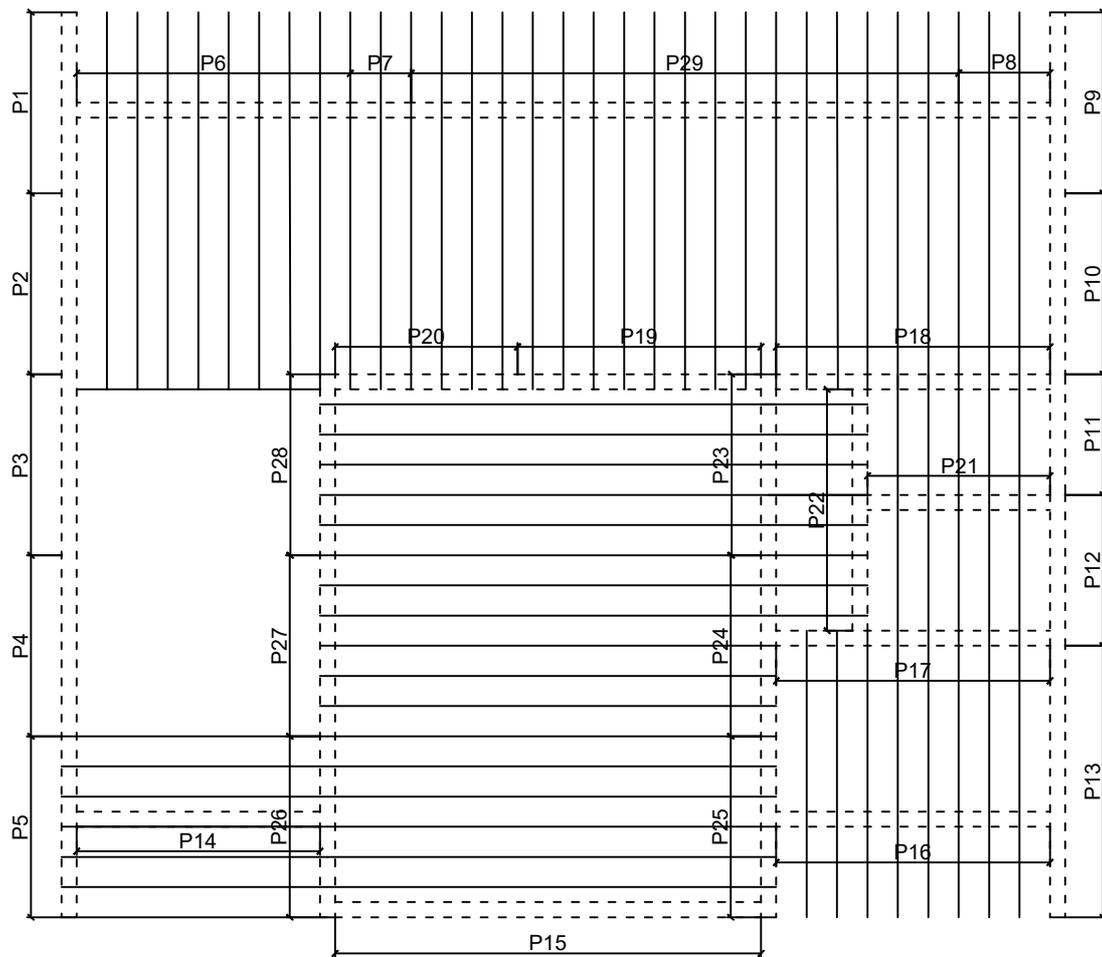
ESPECIFICAÇÕES:

PAINÉIS COM ABERTURAS MAIORES

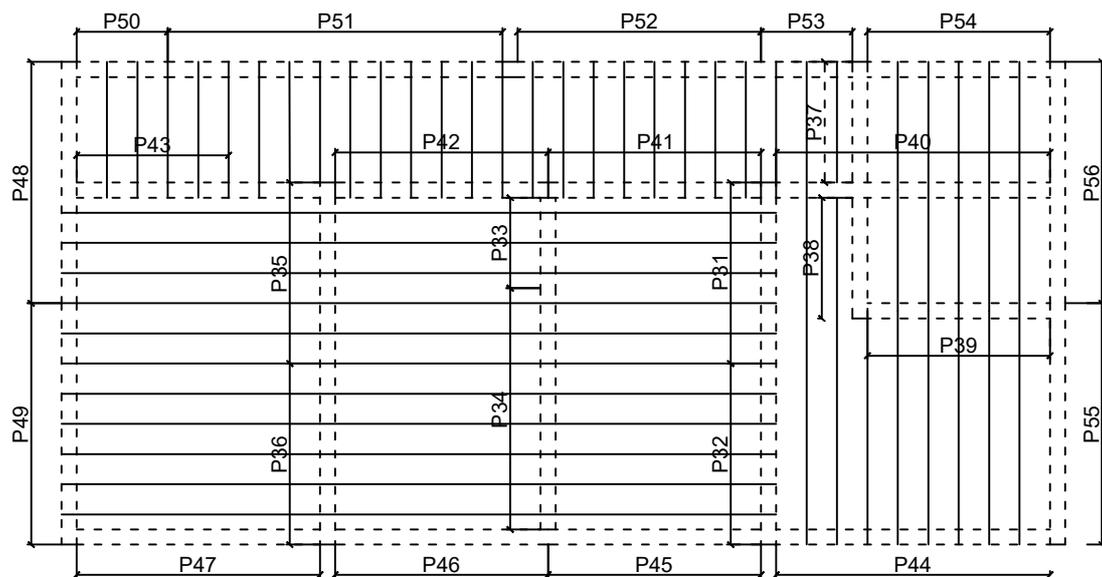
PRANCHA:

09

JUN/2017



1 POSIÇÃO VIGAMENTO ENTREPISO
ESCALA 1:100



2 POSIÇÃO VIGAMENTO DE FORRO
ESCALA 1:100

OBRA: RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LIGHT STEEL FRAME
PROJETISTA: FERNANDA FRASSON MOREIRA

ESPECIFICAÇÕES:
POSIÇÃO DAS VIGAS

PRANCHA: 10
JUN/2017