

Monografia

"SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING* APLICADO NA CONSTRUÇÃO DE UMA AGÊNCIA BANCÁRIA"

Autor: Bruno da Rocha Junqueira

Orientador: Prof. Cícero Murta Diniz Starling

Março/2016

Bruno da Rocha Junqueira

**"SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING* APLICADO NA
CONSTRUÇÃO DE UMA AGÊNCIA BANCÁRIA"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof. Cícero Murta Diniz Starling

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste curso de especialização e esta monografia, minha família, meu filho e minha esposa Talita que abdicou da programação de vários fins de semana para possibilitar minha participação e conclusão.

Aos professores que sempre se mostraram dispostos todos os sábados compartilhando o saber com prazer e paciência.

Aos colegas de sala que foram fundamentais para a troca de experiências profissionais. A toda equipe da ArcelorMittal.

Aos colegas de trabalho da Caixa que me auxiliaram de alguma forma, em especial ao Engenheiro César Amorim que nos instantes finais do segundo tempo foi decisivo nas informações.

RESUMO

A construção civil passa por um dilema, construir mais rápido, mais barato, com maior eficiência e menor impacto ambiental. A oferta de novas tecnologias traz grande desconfiança e cautela no seu uso. O maior desafio é a aceitação cultural, conquistada pela correta implementação dessas tecnologias, bem como pela qualidade e durabilidade dos resultados de sua aplicação. O uso da tecnologia construtiva do *Light Steel Framing* teve uma grade penetração nas duas últimas décadas no mundo e nesta última também no Brasil. Sua consolidação passa pela experiência do uso nos diversos setores construtivos residencial, comercial e industrial. A Caixa Econômica Federal, como um dos principais bancos de fomento a construção civil, tem por princípios o compromisso do incentivo destas tecnologias. Por isso, este trabalho aborda de forma resumida as características de *Light Steel Framing* e analisa a experiência do projeto de construção de uma agência bancária da Caixa com esta tecnologia.

Palavras-chaves: *Light Steel Framing*, *Steel Frame*, construção à seco, sistema construtivo, agência bancária, usina fotovoltaica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Desenho esquemático LSF. Fonte: Castro, 2005.	12
Figura 2.2 Laje radier. Fonte: Castro, 2005.	14
Figura 2.3 Sapata continua. Fonte: Castro, 2005.	15
Figura 2.4 Detalhe de fixação do painel. Fonte: Castro, 2005.	16
Figura 2.5 Seção típica dos perfis. Fonte: Santiago, 2008.	17
Figura 2.6 Montagem dos painéis estruturais. Fonte: Castro, 2005.	18
Figura 2.7 Montagem dos painéis estruturais. Fonte: Manual Arquitetura CBAC	22
Figura 2.8 Detalhe montagem laje seca. Fonte: Castro, 2005.	25
Figura 2.9 Detalhe montagem laje úmida. Fonte: Castro, 2005.	26
Figura 2.10 Detalhe montagem cobertura. Fonte: Castro, 2005.	27
Figura 3.1 Fachada agência Vazante.	28
Figura 3.2 Fundação viga baldrame.	30
Figura 3.3 Detalhe projeto painel estrutural duplo.	31
Figura 3.4 Detalhe execução painel estrutural duplo.	31
Figura 3.5 Detalhe projeto ancoragem.	32
Figura 3.6 Detalhe projeto marquise.	32
Figura 3.7 Detalhe execução fachadas.	33
Figura 3.8 Detalhe execução áreas úmidas.	34
Figura 3.9 Detalhe projeto áreas úmidas.	35
Figura 3.10 Perfil para impermeabilização.	35
Figura 3.11 Detalhe execução instalações.	36
Figura 3.12 Detalhe laje técnica vista superior e inferior.	37
Figura 3.13 Detalhe projeto laje técnica.	38
Figura 3.14 Esquema de interligação elétrica na rede externa	39
Figura 3.15 Projeto instalação dos módulos fotovoltaicos	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Sapata continua Fonte: Castro, 2005.	17
--	----

LISTA DE QUADRO

Quadro 2.1 Parafusos Autobrocantes. Fonte: Castro 2005.	19
--	----

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

LSF = *Light Steel Framing*

NBR = Norma Brasileira

PIB = Produto Interno Bruto

CBIC = Câmara Brasileira da Indústria da Construção

GILOG = Gerência de Logística

EET = Escritório de Engenharia Terceirizado

UF = Usina Fotovoltaica

ANEEL = Agência Nacional de Energia Elétrica

REN = Resolução Normativa

PROCEL = Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1. INTORDUÇÃO	10
2. O SISTEMA <i>LIGHT STEEL FRAMING</i>	12
2.1 Fundação	13
2.2 Estrutura.....	16
2.3 Fechamento Revestimento.....	19
2.3.1 OSB (<i>Orientend Strand Board</i>).....	20
2.3.2 Placas Cimentícias	20
2.3.3 Gesso Acartonado.....	21
2.4 Isolamento e Instalações	22
2.4.1 Instalações	22
2.4.2 Isolamento Termo-acústico	23
2.5 Laje e Cobertura.....	24
3. ESTUDO DE CASO	28
3.1 Projeto Proposto.....	28
3.1.1 Fundação	29
3.1.2 Estrutura.....	30
3.1.3 Fechamento	33
3.1.4 Instalações	36
3.1.5 Cobertura	37
3.1.6 Finalização da Construção	38
3.2 Implantação da Usina Fotovoltaica.....	38
4. CONCLUSÃO	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1. INTORDUÇÃO

O Brasil passou os últimos anos em um ritmo de crescimento regular, grande parte impulsionado pela indústria da construção civil. Termômetro de qualquer economia, este setor é impulsionado não só pelo déficit habitacional como também pela falta de infraestrutura e o próprio crescimento da indústria.

A média da participação da indústria da construção civil no Produto Interno Bruto (PIB) nacional nos últimos 15 anos segundo dados do CBIC, é de 6,4%, entretanto ela é responsável pela geração de cerca de 50% a 70% do total de resíduos sólidos urbanos, segundo Fernandez, 2012. Além disso, consome até 50% dos recursos naturais do planeta (SANTOS *et al.*, 2011 *apud* BRASILEIRO e MATOS, 2015). A falta de produtividade e a resistência no uso de novas tecnologias são os principais fatores que expõem este desequilíbrio produtivo.

Segundo Santiago, 2008, o *Light Steel Framing* (LSF), que é uma evolução da tecnologia de construção conhecida como *Wood Frames*, muito utilizada nos Estados Unidos desde o século XIX, foi apresentado inicialmente na década de 30. Porém, seu uso somente se intensificou nos anos 90 em países como EUA, Inglaterra, Japão e Austrália devido ao desenvolvimento da cadeia produtiva para alcançar preços competitivos frente às tecnologias convencionais, complementa Castro, 2005.

Este sistema construtivo, também conhecido como “construção à seco”, tem como principal característica a industrialização do processo produtivo, resultando em grande redução da geração de resíduos e no uso racional dos recursos naturais. Outra grande vantagem que este sistema apresenta é a incrível redução no tempo de execução da obra, uma vez que por ser um conjunto modular o projeto já é pensado de forma a otimizar material e mão de obra.

Consciente destas e outra vantagens, a Caixa Econômica Federal, maior banco nacional de fomento da habitação, já havia financiado projetos diversos de habitações populares com o uso desta tecnologia, inclusive no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Em maio de 2011 inaugurou em Brasília sua primeira agência bancária construída em LSF. O presente trabalho irá apresentar as características técnicas, os elementos do sistema e analisar a experiência da gerência de logística da Caixa na implantação da agência Vazante que fica no município de Vazante, estado de Minas Gerais.

2. O SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

O termo *Light Steel Framing*, Estrutura de Aço Leve, representa sucintamente o conceito do sistema, perfis formados a frio em aço galvanizado que formam um esqueleto estrutural capaz de resistir as cargas da edificação e dos demais componentes e subsistemas inter-relacionados, segundo Santiago (2008). O sistema é uma evolução do *Wood Frame*, muito aplicado na colonização americana, em que era usado somente madeira como elemento estrutural. A figura 2.1 ilustra os principais elementos usados no LSF.

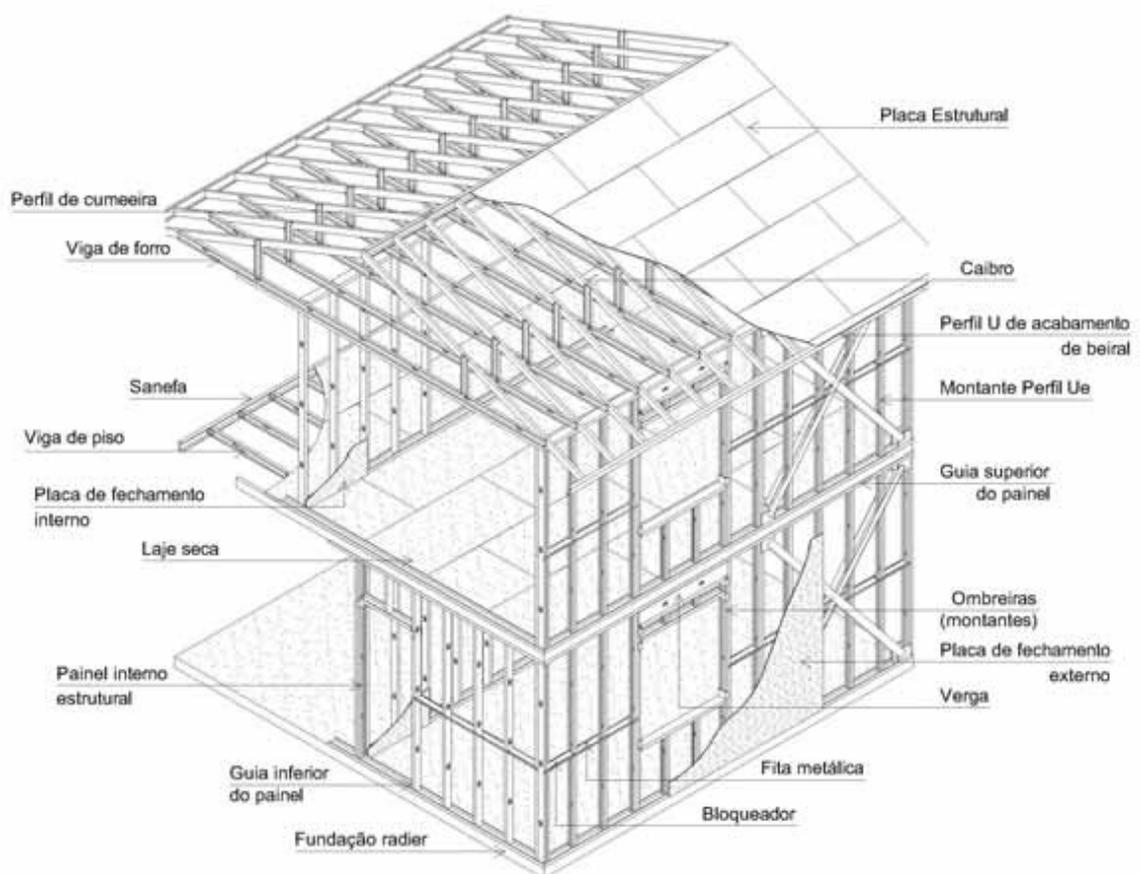


Figura 2.1 Desenho esquemático LSF. Fonte: Castro, 2005.

Este esqueleto ou gaiola distribui a carga uniformemente em inúmeros elementos que se distanciam normalmente em 600mm ou 400mm. Isto permite que estes montantes sejam bem leves comparados a outras estruturas tradicionais de aço. Além disso, o LSF, também denominado por Sistema Autoportante em Aço de Construção a Seco, possui sua estrutura composta de paredes, pisos e cobertura que, trabalhando em conjunto, possibilitam a integridade estrutural da edificação (SANTIAGO, 2008). Rodrigues no livro Manual de Construção em Aço *Steel Framing* sintetiza as principais características da tecnologia:

Um aspecto particular do LSF que o diferencia de outros sistemas construtivos tradicionais é sua composição por elementos ou subsistemas (estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores e interiores, de instalações etc.) funcionando em conjunto. Seu emprego apresenta uma série de vantagens, tanto em relação à construção convencional quanto em relação a construção em madeira, tais como: redução no prazo de execução da obra; material estrutural mais leve e com maior resistência à corrosão; durabilidade; maior precisão na montagem de paredes e pisos; desperdício de material reduzidos; custo reduzido; material 100% reciclável e incombustível; qualidade do aço garantido pelas siderúrgicas nacionais. (RODRIGUES, 2006)

2.1 Fundação

Os parâmetros que definem uma fundação estão principalmente relacionados com o solo (como nível do lençol freático, composição do solo, profundidade da camada resistente do solo etc) e com a carga da estrutura que se posicionará sobre a fundação. Por ser o LSF uma construção leve, podendo até ser transportada pronta quando em pequenas dimensões, permite que a fundação também seja simples comparado às fundações tradicionais em que o peso da estrutura é um fator determinante para o dimensionamento. Segundo Castro (2005), um painel estrutural pesa apenas 20% de uma parede equivalente em blocos, no entanto, como a estrutura distribui a carga ao

longo dos painéis, a fundação deverá ser contínua, suportando os painéis em toda a sua extensão.

Usualmente as fundações para LSF são do tipo radier e sapata corrida ou viga baldrame. A primeira, nada mais é que uma fundação rasa em concreto armado, que funciona como uma laje e contrapiso do ambiente quando realizado um bom nivelamento, conforme ilustra a figura 2.2.

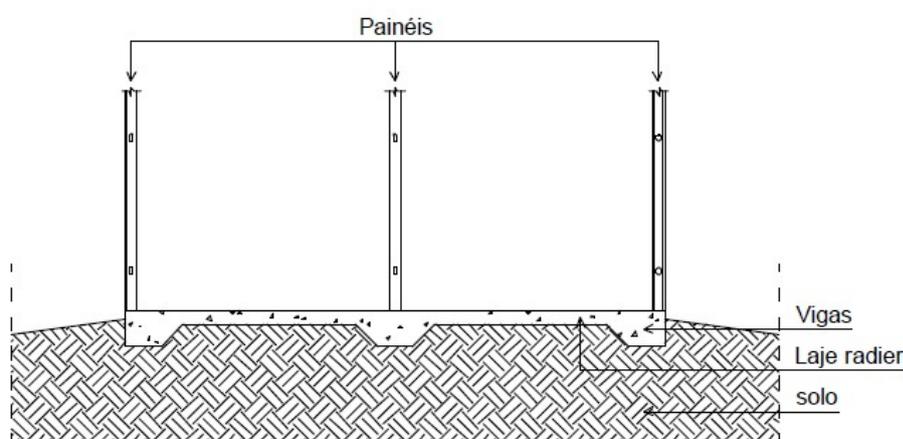


Figura 2.2 Laje radier. Fonte: Castro, 2005.

A segunda, como o próprio nome já diz, é uma sapata contínua, como um “T” invertido, própria para uso em paredes portantes em que a distribuição da carga é contínua. Neste caso, o contrapiso pode ser feito em concreto ou ainda perfis próprios para piso, apoiados na viga que suportaram materiais que formam a superfície do contrapiso, conforme Castro (2005). A figura 2.3 apresenta um modelo deste tipo de fundação.

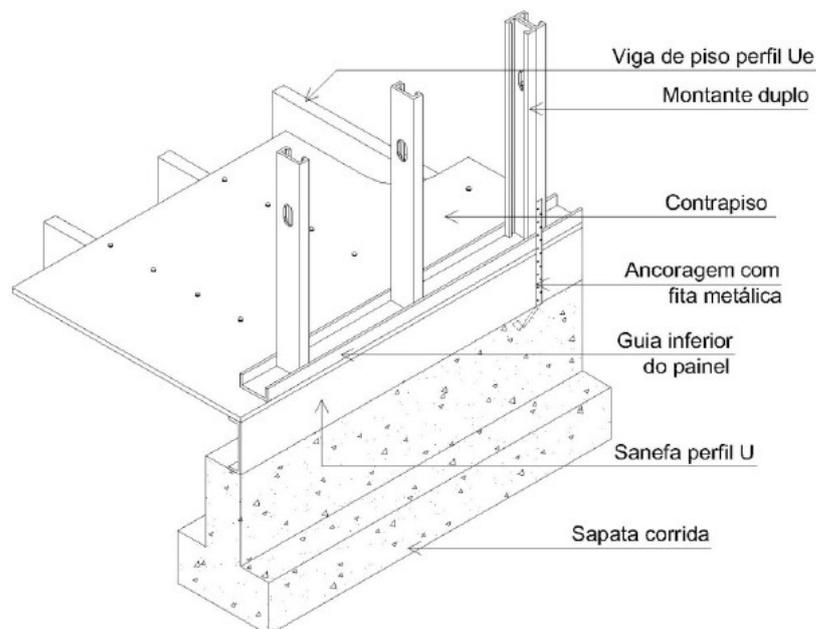


Figura 2.3 Sapata contínua. Fonte: Castro, 2005.

Nos dois casos toda infraestrutura de elétrica, hidráulica e esgoto devem ser previamente instaladas, pois nenhum sistema recomenda a quebra, transpasse ou recomposição. Além disso, devem-se utilizar todas as medidas para bloquear a infiltração proveniente do solo, como mantas ou lonas impermeabilizantes e espessura do contrapiso maior que 15cm do solo.

Outro detalhe importante a ser observado é a execução de um degrau em todo perímetro da construção, desta forma a placa de fechamento exterior ultrapassa a estrutura e não permite a infiltração de águas que por elas escorrem. Também em seu perímetro deve-se proporcionar sistema adequado de drenagem e escoamento da água pluviais, destacado na figura 2.4.

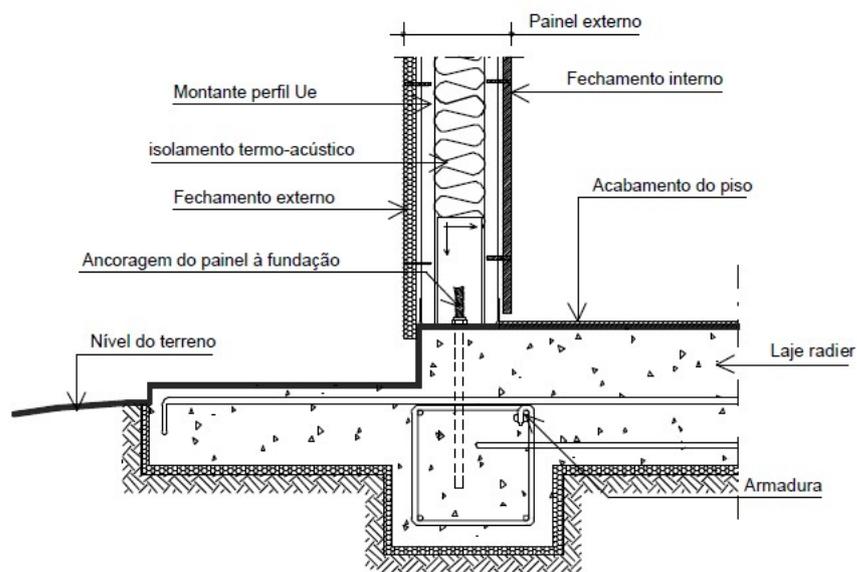


Figura 2.4 Detalhe de fixação do painel. Fonte: Castro, 2005.

A fixação ou ancoragem dos painéis formados pelos montantes à fundação é realizada normalmente com chumbadores químicos com barras roscadas ou chumbadores mecânicos também conhecidos como *parabolts*.

2.2 Estrutura

A estrutura é composta por perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, fabricados a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, conforme definido na ABNT 15.253 (2014). A qualidade do processo de galvanização é definida pelas massas mínimas de revestimento e normas específicas do processo conforme tabela 2.1.

Tabela 2.1 Sapata continua Fonte: Castro, 2005.

Tipo de Revestimento	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento ^a g/m ²	Denominação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)
^a A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo)		

Segundo RODRIGUES (2006), as bobinas para a fabricação dos perfis devem possuir espessura mínima de 0,8mm, exceto para elementos sem função estrutural, e máxima de 3,0mm. Quanto às propriedades mecânicas, devem ainda ter qualidade estrutural com resistência ao escoamento mínima de 230MPa.

As espessuras padronizadas de chapa comumente encontradas no mercado nacional, são 0,95 mm, 1,25 mm, 1,55 mm, 2,25 mm e 2,46 mm, conforme SANTIAGO (2008). As seções típicas de uso na montagem dos painéis e toda estrutura são o “U” simples, “Ue” enrijecido, Cartola e Cantoneira, conforme figura 2.5.

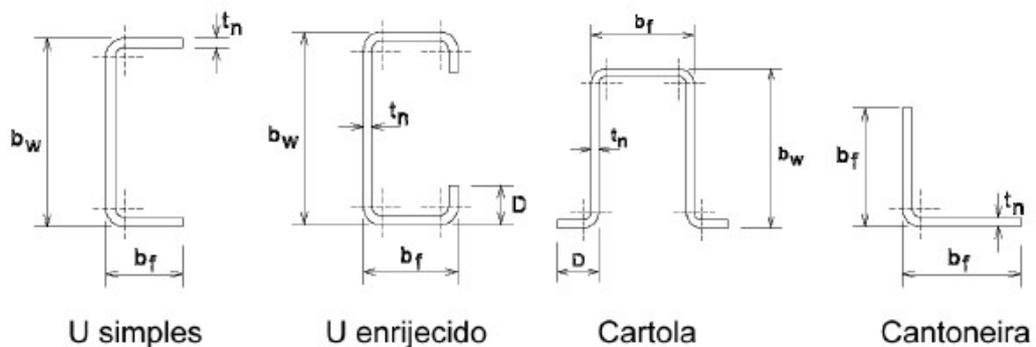


Figura 2.5 Seção típica dos perfis. Fonte: Santiago, 2008.

As dimensões destes perfis são padronizadas no Brasil conforme destaca Santiago:

As dimensões da alma (bw) dos perfis Ue usualmente comercializados no Brasil são 90, 140 e 200 mm e as mesas (bf) podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil. Já as dimensões da alma e das mesas dos perfis U são um pouco maiores que aquelas dos perfis Ue, para permitir o encaixe entre eles. SANTIAGO (2008)

Os perfis LSF estruturais de aço formados a frio são padronizados pela NBR 6355:2012.

As figuras 2.6 a e b apresentam dois exemplos de configuração e montagem dos painéis estruturais com os perfis padronizados.

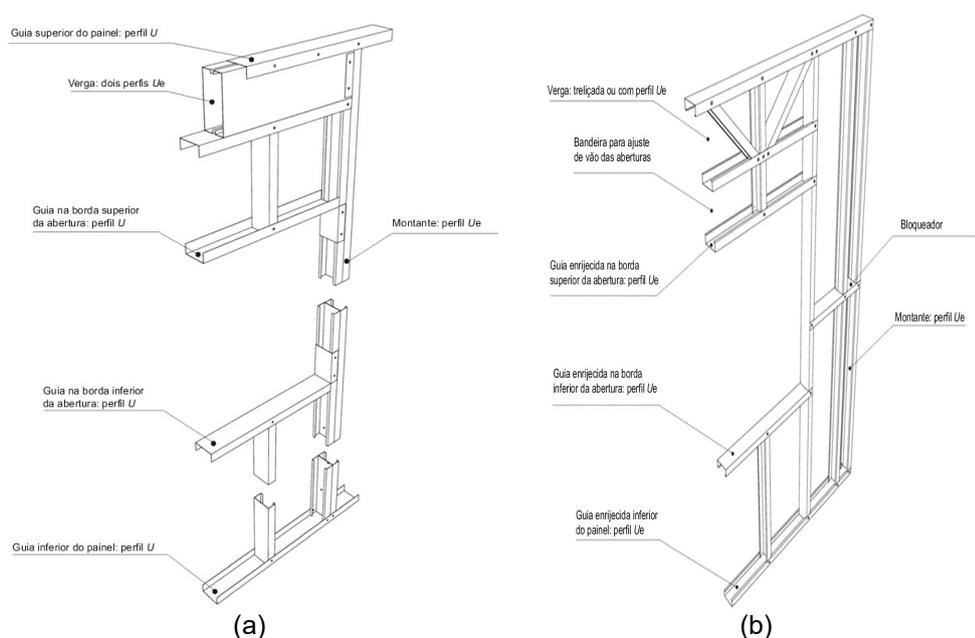
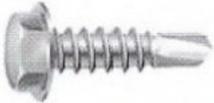
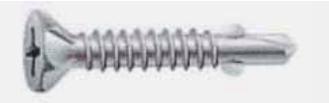


Figura 2.6 Montagem dos painéis estruturais. Fonte: Castro, 2005.

A ligação e fixação dos perfis é feita normalmente por parafusos do tipo autobrocantes, sempre com tratamento anticorrosivo, estes parafusos apresentam muitos benefícios por existirem diversos tipos que se adaptam às diversas aplicações e tipos de materiais utilizados no LSF e seu status de desenvolvimento lhe garante uma grande confiabilidade e durabilidade. Os principais modelos destes parafusos e suas aplicações no LSF são apresentados no quadro 2.1:

Quadro 2.1 Parafusos Autobrocantes. Fonte: Castro 2005.

Parafusos	Nomes	Aplicação no LSF
	Parafuso phillips flangeado e ponta broca	Entre ligações de dos painéis estruturais, sua cabeça baixa não atrapalha a instalação das placas de revestimento.
	Parafuso sextavado flangeado com ponta broca	Parafuso estrutural, indicado para locais onde requer esforço e onde posteriormente não serão colocadas placas.
	Parafuso phillips cabeça chata com ponta broca	Utilizados na fixação de placas OSB e gesso acartonado, sua cabeça penetra na placa permitindo o acabamento.
	Parafuso phillips cabeça chata, ponta broca com asas	Fixação de placas cimentícias, as asas aumentam o furo na placa e se soltam ao atingir o metal.

2.3 Fechamento Revestimento

Os fechamentos verticais dos painéis são feitos externamente e internamente com materiais adequados para cada situação que o ambiente solicitar: umidade, frio, calor, chuva, sol e acústica. São inúmeros os tipos e possibilidades de uso de materiais e até mesmo de utilização mista com métodos convencionais de revestimento, entretanto, os principais tipos usados e que ajustam com a tecnologia modular e industrializada do LSF são o as placas de OSB, cimentícias e gesso acartonado.

2.3.1 OSB (*Orientend Strand Board*)

O OSB são placas de tiras de madeiras orientadas unidas por resinas em alta pressão e temperatura. Seu processo extremamente controlado de fabricação lhe garante qualidades mecânicas desejáveis como resistência e estabilidade dimensional. Estas características, segundo Castro (2005), possibilitam seu uso estrutural trabalhando como diafragma rígido quando aplicado aos painéis estruturais e lajes de piso.

É o material mais versátil, sendo aplicado no interior, exterior, forros e até mesmo em pisos e base do telhado de cobertura, no entanto, para áreas externas, sujeitas a intempéries climáticas, deve-se revesti-lo todo com mantas de polietileno de alta densidade.

2.3.2 Placas Cimentícias

Para áreas úmidas e sujeitas a intempéries uma opção é a utilização de placas cimentícias, que hoje em dia, devido às restrições legislativas, não possuem em sua composição o amianto. São compostas a partir de uma mistura homogênea de cimento *Portland*, agregados naturais e celulose reforçada com fios sintéticos de polipropileno. Recebem ainda impermeabilização por imersão que confere maior estabilidade dimensional, resistência superficial à abrasão e maior impermeabilidade (BRASILIT, 2011)

Respeitando as recomendações de instalação de cada fabricante estas placas podem ser instaladas diretamente sobre os painéis estruturais não necessitando desta forma a instalação prévia de OSB nas paredes externas, somente a instalação da manta de polietileno. Um ponto de extremo cuidado na instalação são suas juntas, que quando não executadas da forma correta podem apresentar patologias como infiltrações e trincas. Segundo Castro (2005) elas podem assumir duas formas de acabamento: as aparentes, em que são aplicados perfis ou selantes elastoméricos e as bordas das placas devem ser

planas; e as invisíveis, que normalmente são usadas com um reforço de tela de fibra de vidro e devem ser tratadas de acordo com a especificação de cada fabricante, sendo que suas bordas são rebaixadas para o nivelamento do tratamento da junta.

Outra característica destacada por Santiago (2008), é que seu acabamento dispensa a execução de chapisco, emboço e reboco, e possui uma superfície que aceita diversos tipos de revestimento, tais como: laminado melamínico, cerâmica, verniz acrílico, pintura, massa texturizada com base acrílica e pastilhas. Por isso, ela também é usada internamente em cômodos úmidos como banheiros, copas, cozinhas e lavanderias.

2.3.3 Gesso Acartonado

Nas áreas internas, onde não existe a ocorrência de umidade ou esta ocorre raramente, como sala, quartos, corredores, escritórios etc, o fechamento dos painéis estruturais é feito com gesso acartonado, material leve e de excelente custo benefício, devido ao acabamento produzido e por ser de uso muito difundido na indústria da construção para fechamentos internos comerciais conhecido por sistema *Drywal*.

As chapas de gesso cartonado são fabricadas industrialmente por meio de um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, conferindo ao gesso resistência à tração e flexão. (SANTIAGO, 2008).

A indústria destas placas conseguiu variar as composições dos materiais e produzir placas com diferentes características, que permitem a melhor aplicação da solução. Segundo Santiago (2008), hoje no mercado brasileiro, são disponibilizados três tipos de chapas:

- Placa *Standard* (ST), para aplicação em áreas secas;
- Placa Resistente à Umidade (RU), conhecida como placa verde, para paredes destinadas a ambientes sujeitos à ação da umidade;

- Placa Resistente ao Fogo (RF), conhecida como placa rosa, para aplicação em áreas secas que necessitem de um maior desempenho em relação ao fogo (ex.: saídas de emergência, escadas enclausuradas, shafts).

2.4 Isolamento e Instalações

Com a definição dos fechamentos internos e externos dos painéis estruturais e de divisórias, o espaço criado entre eles, que corresponde a largura do perfil estrutural usado nos painéis, é utilizado para a passagem e distribuição das instalações elétricas e hidráulicas e instalação de isolamento termo-acústico.

2.4.1 Instalações

Estas instalações devem ser aplicadas antes do fechamento interno e seu encaminhamento deve ser pelos furos existentes nos próprios perfis. Por isso estes furos também merecem devida atenção na montagem do painel para ficarem alinhados e livres para passagem das instalações. Na figura 2.7 instalações elétricas, hidráulicas e esgoto.



Figura 2.7 Montagem dos painéis estruturais. Fonte: Manual Arquitetura CBAC

Outra observação importante das instalações é feita por Santiago, Freitas e Castro:

Os materiais e formas de instalação utilizados para as construções convencionais se aplicam para o *Light Steel Framing*, demandando apenas alguns cuidados específicos na sua execução, a maioria deles ligados ao fato de a parede das edificações em LSF não possuir massa em seu interior, e, por isso necessitar de suportes e montagens para fixação das instalações. (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012)

Existem ainda sistemas e acessórios próprios para utilização em LSF que otimizam o processo industrializado e se adaptam melhor a tecnologia, como exemplo o sistema de distribuição hidráulica PEX e as caixas elétricas para *drywall*. Outro diferencial é a facilidade em se realizar os testes das instalações antes do fechamento interno, prevenindo assim toda e qualquer falha de instalação, como vazamentos e obstruções. Além de quase não gerar resíduos, comparando-se com as instalações convencionais em que após a parede estar pronta se faz o recorte para passagem das instalações.

2.4.2 Isolamento Termo-acústico

Segundo Castro (2005), o isolamento termo-acústico em estruturas de LSF pode ser feito por aplicação de materiais como lã de rocha, lã de vidro e EPS. A escolha do tipo e da espessura do isolamento vai depender da necessidade de se isolar termicamente e acusticamente um ambiente.

Outro material novo que vem ganhando muito espaço para utilização de isolamentos termo-acústicos é a lã de PET. Segundo um de seus fabricantes, Neotérmica, este material possui os seguintes diferenciais:

- Se adequam perfeitamente às obras com certificação LEED e ACQUA;
- 100% reciclada e totalmente reciclável;
- Não agride o meio ambiente;
- Produto ecologicamente correto;
- Dispensa uso de EPI's específicos;

- Hipoalergênica

A crescente e acelerada aceitação do mercado ao material reforçam estes diferenciais apresentados.

2.5 Laje e Cobertura

As lajes entre os pavimentos e também de cobertura são sustentadas pelos painéis das paredes externas e internas, por isso toda sua estrutura de perfis é apoiada perpendicularmente aos perfis dos painéis das paredes. As dimensões destes perfis e possíveis recortes e balanços devem ser realizadas ainda no projeto estrutural para o dimensionamento correto do espaçamento dos perfis laterais.

O conjunto formado pelas vigas de piso, contrapisos e os perfis de travamento horizontal deve trabalhar formando um diafragma rígido, tendo apenas movimento de corpo rígido no plano horizontal. (RODRIGUES, 2006).

O fechamento desta estrutura horizontal pode ser feito por laje seca ou úmida. A laje é do tipo seca quando placas rígidas, geralmente de OSB ou cimentícias, são parafusadas à estrutura do piso, servindo de contrapiso. Geralmente utilizam-se manta de polietileno expandido e manta de lã de vidro na montagem para melhorar o desempenho acústico do sistema (SANTIAGO, 2008), a figura 2.8 detalha a estrutura.

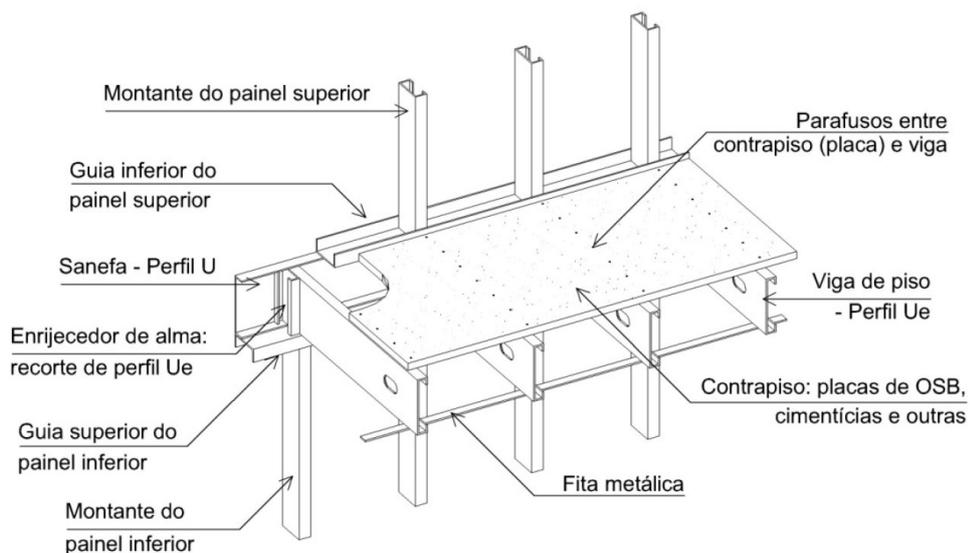


Figura 2.8 Detalhe montagem laje seca. Fonte: Castro, 2005.

A laje seca se adapta melhor ao sistema a seco, uma vez que não temos a inserção do concreto e todos materiais são industrializados.

Na laje úmida uma chapa metálica ondulada serve de forma para o concreto que é lançado por cima formando o contrapiso. Para se evitar fissuras é colocada uma armadura de distribuição e para melhorar o isolaento acústico entre o concreto e a chapa pode ser colocadaa lã de vidro com um filme de polietileno, conforme Castro, 2005.

A Laje úmida não deve ser confundida com o *Steel Deck*, já que este funciona como uma estrutura mista e necessita de menor quantidade de apoios. (CASTRO, 2005, p. 76). A figura 2.9 apresenta os elementos da laje úmida.

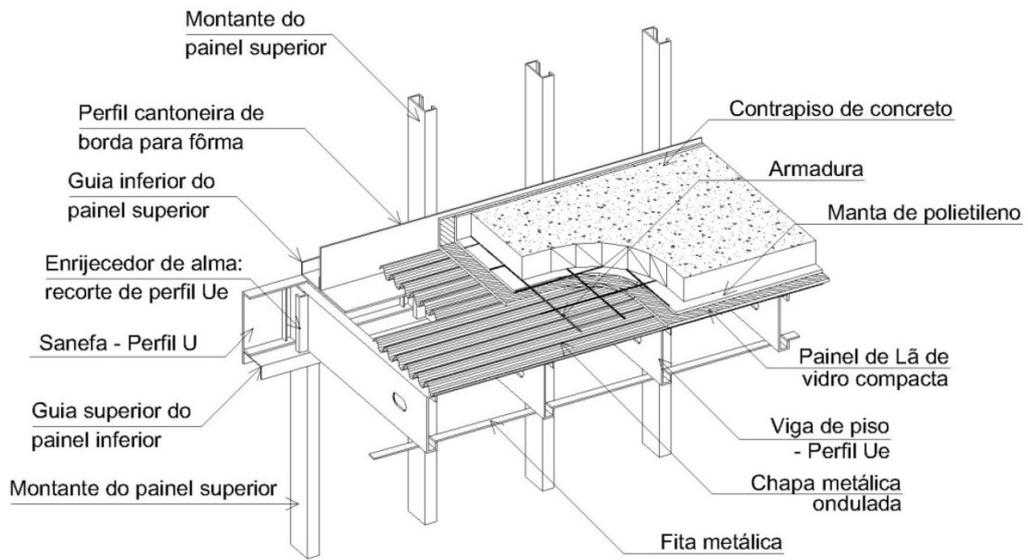


Figura 2.9 Detalhe montagem laje úmida. Fonte: Castro, 2005.

Lajes úmidas impermeabilizadas são muito utilizadas para coberturas planas. No entanto o LSF possibilita a instalação de qualquer tipo de cobertura, telhas cerâmicas, metálicas, cimentícias e etc. Sendo as asfálticas Shingle as que melhor se adaptam ao modelo seco e industrializado do sistema.

Toda estrutura do telhado, tesouras, caibros e treliças, é projetada e montada com os perfis de LSF e apoiados de forma alinhada nos painéis verticais, as almas dos perfis devem estar alinhadas com os montantes de apoio e suas seções devem ter a mesma orientação, de modo que somente ocorra transmissão axial de cargas. (SANTIAGO, 2008), conforme exemplifica a figura 2.10.

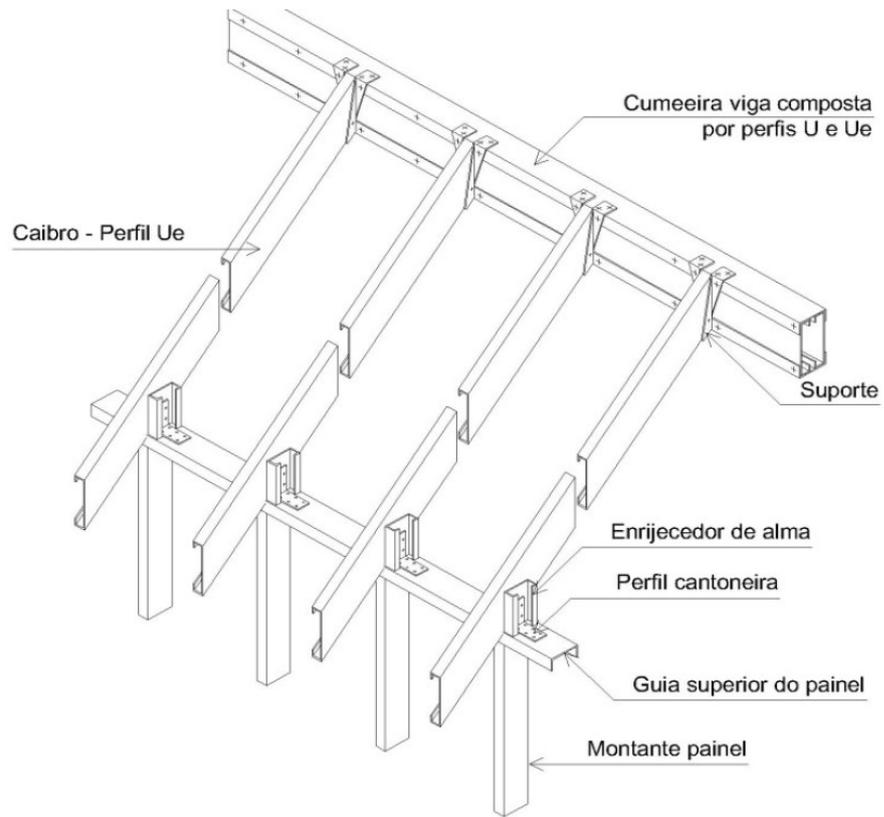


Figura 2.10 Detalhe montagem cobertura. Fonte: Castro, 2005.

3. ESTUDO DE CASO

A objeto em questão é o projeto e construção de uma agência bancária da Caixa Econômica Federal, construída na Rua 3 de Maio s/n, centro da cidade de Vazante na região do Noroeste do estado de Minas Gerais, cidade que fica à 520 km de Belo Horizonte e possui cerca de 20 mil habitantes. Esta agência possui 648m² de área construída em um terreno de 719m² cedido pela prefeitura municipal para implantação da primeira agência da Caixa neste município. A fachada da agência é apresentada na figura 3.1.



Figura 3.1 Fachada agência Vazante.

3.1 Projeto Proposto

As definições técnicas e análises de projeto, bem como acompanhamento de obra e manutenção da edificação pós entrega são realizadas pelo corpo técnico de engenheiros e arquitetos da Caixa, lotados na Gerência de Logística (GILOG). No caso desta obra a responsabilidade é da GILOG/B ,que atua em todo o estado de Minas Gerais.

Esta Gerência possui contratos específicos com Escritórios de Engenharia Terceirizados (EET), encarregados de projetar, especificar, orçar e fiscalizar as obras em cada área vinculada a uma determinada Superintendência Regional (SR).

A empresa CONTÉCNICA Consultoria Técnica, EET contratado da área da SR Triângulo Mineiro, foi o Responsável Técnico (RT) pelo desenvolvimento do projeto e fiscalização da execução da obra. A Caixa, já na sua concepção inicial do projeto, definiu como premissa de projeto a utilização da tecnologia de construção do *Light Steel Framing*, a qual a já havia aplicado e obtido bons resultados em outras unidades construídas.

A obra foi realizada com recursos próprios e executada pela empresa CONSER Engenharia Civil, contratada por meio de pregão eletrônico. O contrato realizado foi do tipo empreitada por preço global e incluía além da construção do edifício o fornecimento e instalação de todos equipamentos elétricos e de ar condicionado.

A empresa CONSER, por sua vez, subcontratou a empresa FLASAN Soluções para Construções a Seco, para realizar o detalhamento do projeto estrutural, fornecimento dos materiais e execução das montagens referentes ao projeto do LSF.

A proposta inicial do EET foi de uma estrutura mista, com pilares principais e superestrutura da cobertura por perfis de aço convencional e somente os fechamentos laterais feitos em LSF, entretanto por proposta da FLASAN, que possuía expertise da tecnologia, a estrutura foi composta em sua maioria por perfis galvanizados, exceto o vão da entrada principal, que por causa do tamanho permaneceu em perfis de aço comum e os pilares centrais, que suportam as tesouras no centro do salão.

3.1.1 Fundação

A fundação proposta inicialmente foi partir da execução de 35 estacas de 30cm de diâmetro, duplas nas laterais do imóvel e simples na frente, fundos e interiores. Estas estacas foram posicionadas para receberem a estrutura metálica convencional

inicialmente proposta, entretanto com a supressão desta superestrutura, a carga que estava concentrada em poucos pontos passou a ficar distribuída conforme o princípio do LSF e assim foi realizada somente uma viga baldrame com um pequeno muro de arrimo de 1,6m e em alguns pontos 0,75m, a forma desta fundação pode ser observada na figura 3.2.



Figura 3.2 Fundação viga baldrame.

3.1.2 Estrutura

Como conceito estrutural se atualizou, não foram executados os pilares da superestrutura conforme projeto do EET, que possuía 18 pilares metálicos em perfil W HP 200x53 de 18 metros de comprimento. Usando o conceito do LSF que distribui toda carga da edificação nos montantes de aço galvanizado, a estrutura executada pela FLASAN foi feita em perfis em aço galvanizados com 0,95mm de espessura. Os montantes em perfil Ue de 90mm foram espaçados com 400mm entre eles. As paredes laterais e da frente da agência que possuem altura de 6 metros e comprimentos de 28,5 e 23,5 metros respectivamente foram feitas com painéis duplos em perfis de 90mm unidos por peça de Ue de 200mm, conforme detalhe apresentado na figura 3.3 e 3.4

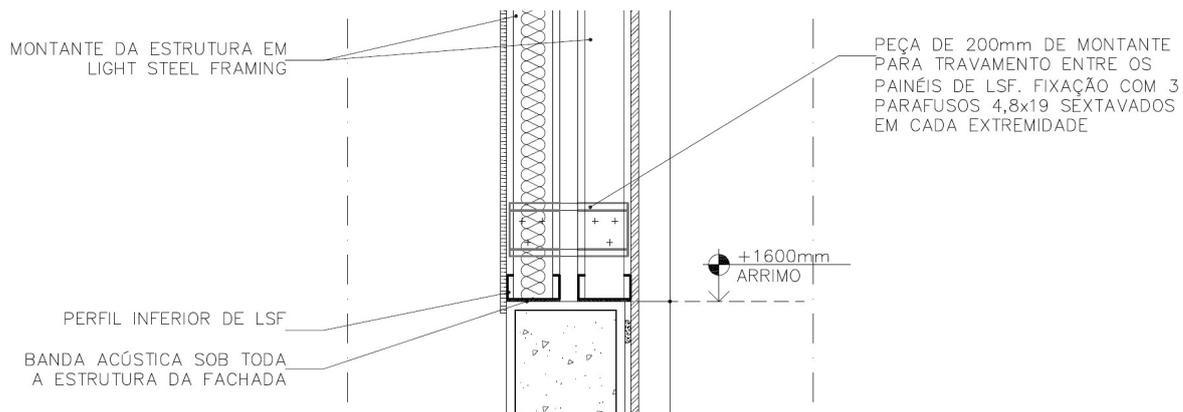


Figura 3.3 Detalhe projeto painel estrutural duplo.



Figura 3.4 Detalhe execução painel estrutural duplo.

A guia inferior foi fixada com pinos de pólvora espaçados em 300mm, a ancoragem dos painéis foi feita com barra roscada fixada no concreto através de chumbador químico, e foram locados em planta.

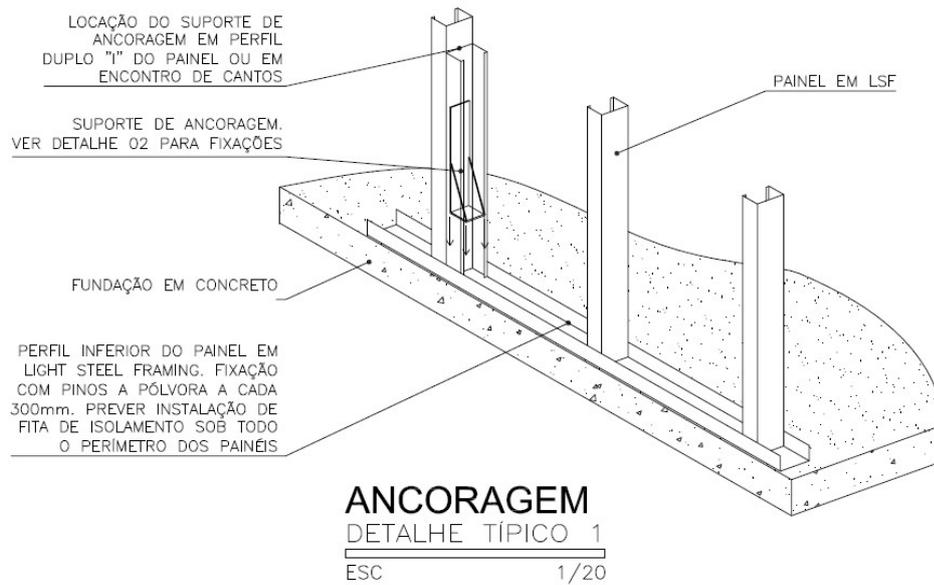


Figura 3.5 Detalhe projeto ancoragem.

As tesouras da estrutura do telhado, a marquise frontal e uma pequena laje descoberta nos fundos do edifício também foram feitos em LSF conforme detalhes da figura 3.6.

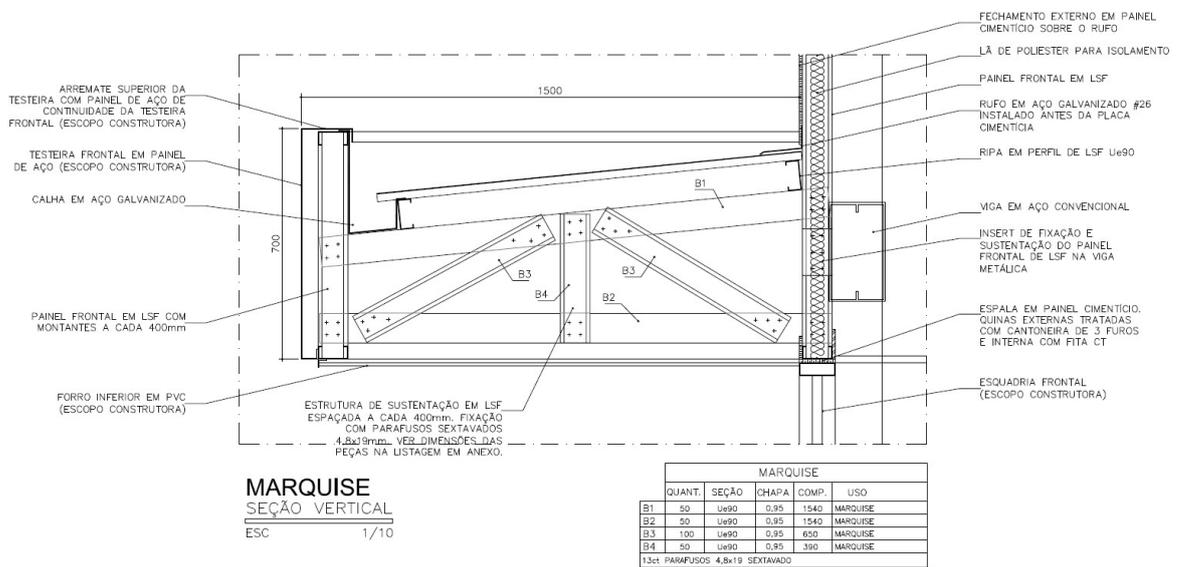


Figura 3.6 Detalhe projeto marquise.

3.1.3 Fechamento

O fechamento externo foi executado com placas cimentícias com 10mm com barreira de vapor, que pode ser uma manta de polietileno de alta densidade. Todas as paredes externas foram revestidas por cerâmica de 10x10cm por cima das placas cimentícias conforme projeto arquitetônico original.



Figura 3.7 Detalhe execução fachadas.

Já o revestimento interno foi construído com placas de gesso acartonado de 12,5mm de espessura nas áreas secas. Nas áreas úmidas utilizou-se gesso acartonado RU (resistente à umidade) de 12,5mm e o revestimento por cerâmica aplicado conforme o projeto arquitetônico.



Figura 3.8 Detalhe execução áreas úmidas.

O isolamento termo-acústico foi feito em lã de PET de 100mm em camada dupla nas paredes de painéis duplos e única nas paredes simples.

Nos locais úmidos, onde foram feitas as impermeabilizações com manta asfáltica, utilizou-se perfil próprio para acabamento da impermeabilização conforme detalhe típico apresentado na figura 3.9 e 3.10.

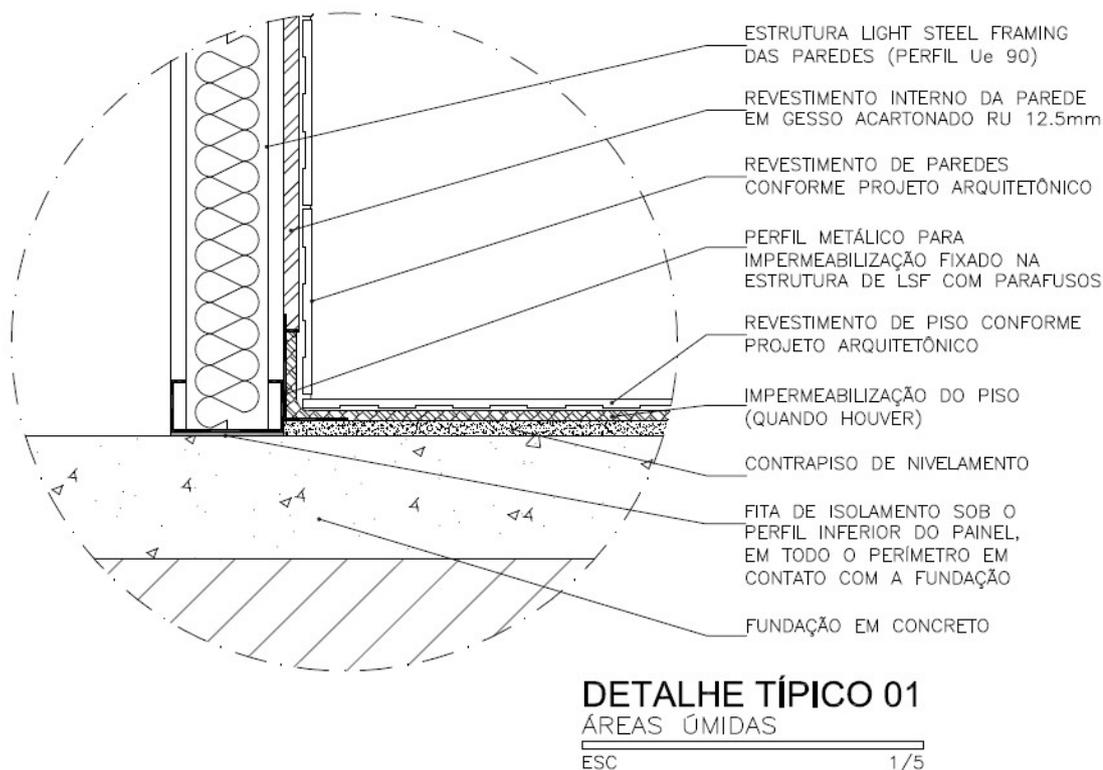


Figura 3.9 Detalhe projeto áreas úmidas.

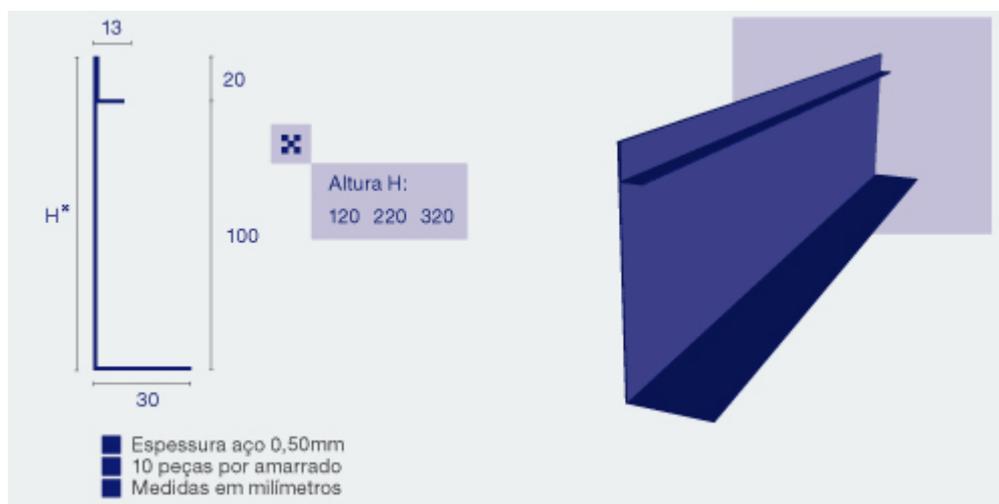


Figura 3.10 Perfil para impermeabilização.

O perfil também é galvanizado e possui diversas alturas para a subida da manta. Além disso conta com um suporte para placa instalada acima, tornando-se um excelente elemento de transição.

3.1.4 Instalações

Assim como as demais agências da Caixa as instalações elétricas foram feitas sobrepostas no entreferro e no entrepiso do piso elevado.

Foi construída um casa de máquinas no fundo do imóvel onde ficaram as evaporadoras do ar condicionado. Esta sala foi revestida com gesso acartonado RU e revestimento cerâmico e os dutos de distribuição do ar condicionado foram presos na própria estrutura das tesouras assim como todo o forro em fibra mineral.



Figura 3.11 Detalhe execução instalações.

Na rede hidráulica foi instalado um sistema de aproveitamento das águas da chuva para utilização em descargas dos vasos sanitários.

3.1.5 Cobertura

As tesouras também feitas em LSF foram alinhadas com os montantes, respeitando a distribuição de cargas linear. Também foram usadas telhas do tipo sanduíche, pintadas de branco, e isolante em poliuretano expandido.

Somente uma pequena laje técnica de 50m² foi construída ao fundo do imóvel para manutenções e instalações. A estrutura desta laje foi feita também em LSF, perfis U de 200mm espaçados de 400mm para manter alinhamento com os montantes, a figura 3.13 apresenta detalhe do projeto. Seu fechamento foi realizado com placas OSB de 18mm macho-fêmea conforme figura 3.12a e por cima foi feita uma impermeabilização com manta asfáltica e proteção mecânica em argamassa, figura 3.12b.

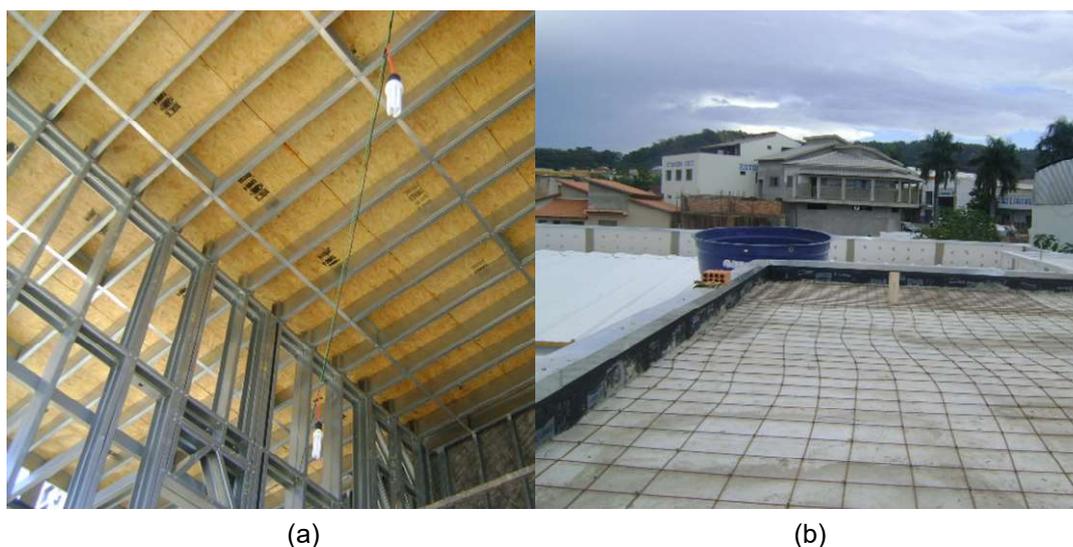


Figura 3.12 Detalhe laje técnica vista superior e inferior.

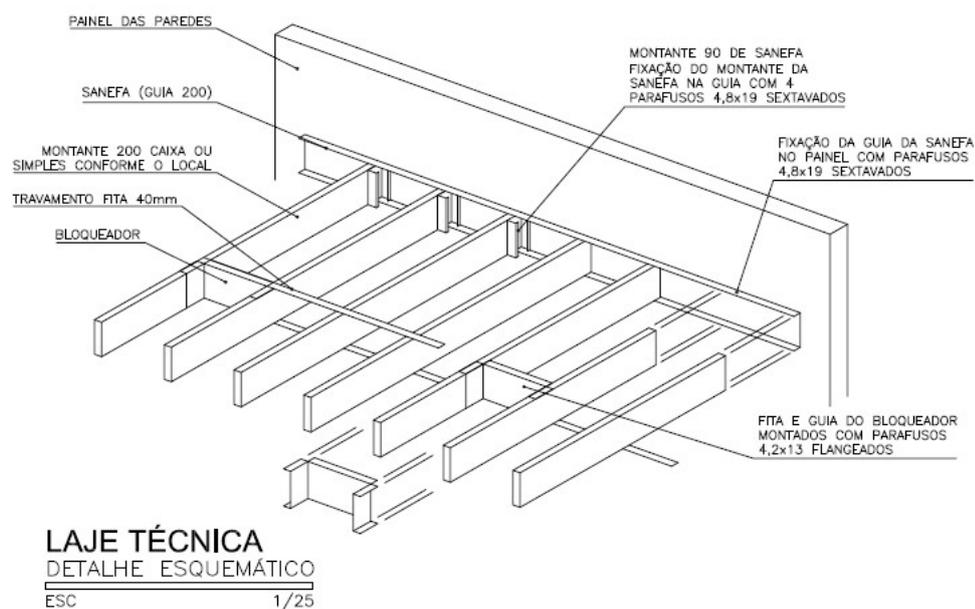


Figura 3.13 Detalhe projeto laje técnica.

3.1.6 Finalização da Construção

A agência foi finalizada dentro do prazo previsto de quatro meses, prazo que pode ser considerado muito curto para a construção completa de uma agência bancária por possuir certo grau de complexidade. A experiência mostra que unidades similares com a utilização do método convencional em alvenaria levam entre dez e doze meses para serem concluídas.

3.2 Implantação da Usina Fotovoltaica

Aproximadamente um ano após a inauguração desta agência a Caixa decidiu instalar na sua cobertura a primeira Usina Fotovoltaica de suas unidades. Esta UF foi ligada diretamente à entrada de energia da concessionária e abastece instantaneamente o consumo de energia elétrica da agência, podendo seu excedente ser injetado na rede da externa caracterizando o sistema de compensação de energia elétrica previsto na Resolução Normativa REN nº 482 da ANEEL de abril de 2012.

Esse tipo de configuração simplifica a instalação e o controle da usina fotovoltaica uma vez que dispensa o uso de baterias, pois permite gerar créditos em horários de baixo consumo como finais de semana e feriados ou consumir a energia externa em paralelo com a produzida na usina em momentos de baixa produção ou pouca luminosidade. Isto é possível graças aos inversores de frequência, que transformam a corrente contínua gerada pelas placas em corrente alternada, e ao medidor bidirecional que detecta e quantifica o fluxo da potência ativa.



Por meio de cabos a corrente contínua dos módulos fotovoltaicos (1) chega ao inversor onde é convertida em corrente alternada (2) e é injetada na rede pública (6) via medidor de potência de saída (3) e o consumidor (5) consome via medidor de consumo (4).

Figura 3.14 Esquema de interligação elétrica na rede externa

O dimensionamento da UF para a agência baseou-se no consumo médio da agência, os 75kWp que foram instalados ocuparam toda área disponível na cobertura da agência dividindo-se em 276 módulos de 990x1650mm de 18,5kg.

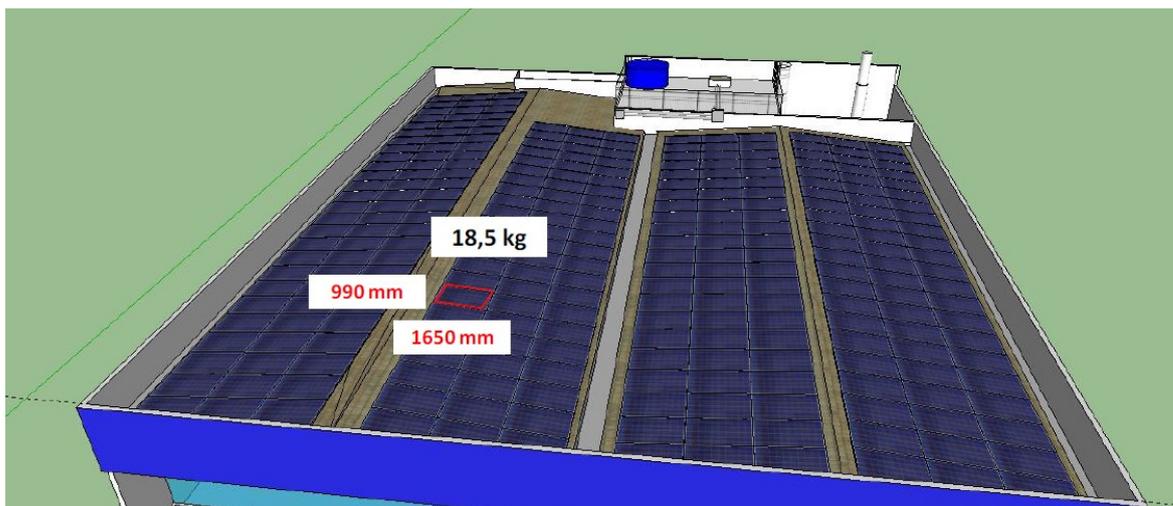


Figura 3.15 Projeto instalação dos módulos fotovoltaicos

O maior obstáculo do anteprojeto desta instalação foi a sobrecarga que os painéis fotovoltaicos provocariam sobre a estrutura da cobertura. Inicialmente, pensou-se em montar uma estrutura metálica para sua instalação com passarelas que facilitariam a manutenção, entretanto, a carga total estimada de 20kg/m^2 colocava em risco sua instalação visto que a estrutura do telhado foi calculada para uma sobrecarga de 25kg/m^2 conforme consulta enviada a FLASAN executora do projeto em LSF. Uma vez que os módulos possuem $11,25\text{kg/m}^2$ a solução encontrada foi então retirar a estrutura das passarelas e instalar os módulos diretamente sobre a telha sanduíche com o auxílio de perfis de alumínio.

4. CONCLUSÃO

A análise deste projeto permite ressaltar algumas características do LSF, como sua modularidade, que permitiu a chegada e instalação dos painéis estruturais pré-montados depois de um mês do início da obra; o processo de industrialização que possibilitou um planejamento e orçamento adequados e sem surpresas; e a mão de obra qualificada que trabalhou em sinergia com várias frentes simultâneas e coordenadas.

Duas observações se fazem importantes nesta análise. A primeira foi a falta de conhecimento em projetos de LSF dos envolvidos no anteprojeto e projeto básico, já que a definição de uso da estrutura metálica convencional e utilização do LSF para fechamento não condiz com o conceito básico da tecnologia, que é justamente seu uso estrutural com a distribuição das cargas da construção. Esse fator ocasionou um sobrepreço no orçamento inicial de 10 a 15% referente a parte da superestrutura e fundações. O segundo ponto é a instalação da UF na cobertura, pois a construção em LSF é, por princípio, uma estrutura leve e enxuta e não há grandes margens para alterações ao longo da vida útil. Dessa forma, todas as expansões e instalações que podem gerar sobregarga devem ser previstas ainda na fase do projeto inicial.

Algumas modificações no projeto inicial foram ainda realizadas a fim de se pleitear o Selo PROCEL categoria A, como a instalação de vidro duplo e brises nas janelas, posicionamento das condensadoras na laje técnica, além do que já foi comentado anteriormente, ou seja, instalação da UF, aproveitamento de água de chuva e a própria estrutura em LSF. Esta certificação pode ser tema de aprofundamento de estudos futuros.

É nítida a percepção de que esse processo construtivo traz ótimos benefícios, não só para o proprietário do imóvel como também para o planeta. Além do prazo reduzido da construção, da menor produção de resíduos e do menor uso de recursos naturais, seus

conceitos combinam as demais soluções adotadas que resultam no menor consumo energético ao longo do seu uso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253:2014. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos Gerais, 2014.

BRASILT – Guia de Sistemas para produtos planos. www.brasilit.com.br, 2011

CBIC – Câmara Brasileira da indústria da Construção - Participação (%) do PIB da Construção Civil no PIB Total Brasil - 2000 a 2015. [http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/1.3.1 Sala de Imprensa 3.pdf](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/1.3.1_Sala_de_Imprensa_3.pdf), 2015.

CASTRO, R. C. M. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. *Light steel framing*. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. Manual de Construção em Aço *Steel Framing*: Arquitetura, CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2012

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Relatório de Pesquisa. IPEA Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. Brasília, 2012.

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482 ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília 17 de abril de 2012.

RODRIGUES, F. C. Manual de Construção em Aço *Steel Framing*: Engenharia. Rio de Janeiro, CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2006.

SANTIAGO, K. A. O Uso do Sistema *Light Steel Framing* Associado a Outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo não Estrutural, Dissertação de Mestrado Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

SANTOS, M. F. N.; BATTISTELLE, R. A. G.; HORI, C. Y.; JULIOT, P. S. GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas, 2011 *apud* BRASILEIRO, L. L.; Matos, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Universidade Federal do Piauí, Cerâmica 61 p178-189. Teresina, 2015.