

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA - UNIFOR
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
LEANDRO OLIVEIRA ALVARENGA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING*
NA CONSTRUÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE CANDEIAS-MG

FORMIGA - MG

2014

LEANDRO OLIVEIRA ALVARENGA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING* NA
CONSTRUÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE CANDEIAS-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.
Orientadora: Prof^ª. Mariana Del Hoyo Sornas

FORMIGA - MG

2014

A473 Alvarenga, Leandro Oliveira.
Viabilidade técnica do sistema construtivo Light Steel
Framing na
construção de unidades básicas de saúde: estudo de caso no
município de
Candeias-MG / Leandro Oliveira Alvarenga. – 2014.
84 f.

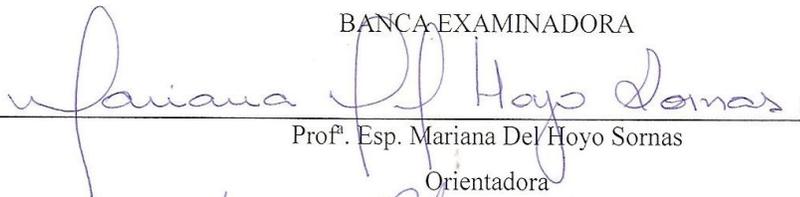
Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) -
Centro
Universitário de Formiga–UNIFOR - MG, Formiga, 2014.

LEANDRO OLIVEIRA ALVARENGA

VIABILIDADE TÉCNICA DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING* NA
CONSTRUÇÃO DE UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE CANDEIAS-MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOR,
como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

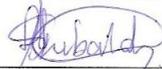
BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas
Orientadora



Prof.^a Ms. Christiane Pereira Rocha

UNIFOR



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

UNIFOR

Formiga, 20 de Novembro de 2014.

Dedico este trabalho a toda minha família que não apenas nessa jornada e sim durante minha existência, seja em momentos bons ou ruins, sempre estiveram ao meu lado, não me deixando desistir em momento algum. Obrigado Papai, Mamãe, Vovó, Irmã e Filha.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente ao Maior Engenheiro de todos os tempos, que idealizou e foi capaz de realizar o projeto mais complexo e perfeito que poderia existir. Criou a fauna, flora, vidas, o céu e o universo. Muito obrigado pelo Dom da vida, pela ajuda e por estar sempre perto de mim, nunca me desamparando e me deixando sozinho.

Aos meus pais, Denildes e Aguinaldo pelo apoio, incentivo, compreensão e por me proporcionarem mais essa conquista. A minha avó Cidinha pelas orações e pelo exemplo de vida. A minha irmã Érika pelos auxílios e conselhos dados nos momentos difíceis. A minha filha Brenda que foi meu principal combustível para alcançar mais essa graduação.

Aos professores Marcus Vinicius Reis e Mariana Del Hoyo Sornas por terem me orientado com muita dedicação, paciência, interesse, incentivo e sugestões.

As minhas amigas Lívia, Rafaela e Paola pelos momentos de descontração e estudo durante estes cinco anos, mesmo em feriados e fins de semana.

Aos meus amigos de trabalho Edson, Rynaldo e Frederico pelo apoio, confiança e aprendizado.

Aos meus amigos conquistados durante a graduação.

Aos docentes Christiane Pereira Rocha e Leonard de Paula Faria que me incentivaram quando titubeei em continuar essa graduação.

Aos demais professores e funcionários do UNIFOR.

E a todas as pessoas que de alguma forma ou de outra contribuíram durante a minha graduação.

Muito Obrigado.

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

RESUMO

Notoriamente, a indústria da construção civil encontra-se em crescente avanço tecnológico, desenvolvendo alternativas que possibilitem a implementação de sistemas construtivos mais eficientes, que gerem menor desperdício, aumentem a produtividade e diminuam o impacto ambiental. Nesse aspecto, o uso do aço na construção civil aponta como uma alternativa de mudança ao panorama do setor. O “*Light Steel Framing*” se fundamenta em um sistema construtivo, capaz de se adequar a estes requisitos, pois utiliza produtos padronizados de tecnologia avançada. Este trabalho tem a finalidade de elucidar as vantagens e desvantagens bem como demonstrar as etapas e o processo construtivo dessa nova tecnologia em uma obra pública da Secretaria Estadual de Saúde do Governo de Minas Gerais (SES/MG).

Palavras-chave: Construção Civil. Sistema *light steel framing*. Tecnologia.

ABSTRACT

Notoriously, the construction industry is growing in technological advances, developing alternatives that make possible the implementation of more efficient building systems, generating less waste, increasing productivity and reducing environmental impacts. Thus, the use of steel in construction leads as an alternative to change the outlook of the industry. The "light steel framing" is based on a constructive system able to fit these requirements, because it uses standardized products with advanced technology. This work aims to elucidate the advantages and disadvantages, as well as demonstrate the steps and the construction process of this new technology on a public building of the State Department of Health of the Government of Minas Gerais.

Key-words: Construction. Light steel framing system. Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho esquemático do Sistema Light Steel Framing.....	24
Figura 2 - Fabricação por perfilagem de perfis seção Ue.	25
Figura 3 - Imagem da estrutura da edificação	26
Figura 4 - Fundação tipo Radier	27
Figura 5 - Fundação tipo Sapata Corrida	28
Figura 6 - Fundação tipo Viga Baldrame	29
Figura 7 - Pré-montagem dos perfis na fábrica.	30
Figura 8 – Parafuso cabeça lentilha e ponta broca.....	32
Figura 9 – Parafuso estrutural - cabeça sextavada e ponta broca.	32
Figura 10 - Detalhe isométrico dos painéis verticais	33
Figura 11 - Peças utilizadas no fechamento em siding vinílico	34
Figura 12 - Fechamento estrutural externo em OSB	35
Figura 13 - Fechamento estrutural externo em Placas Cimentícias.....	36
Figura 14 - Fechamento interno em Gesso Acartonado.....	37
Figura 15 - Tipos de placas de Gesso Acartonado	38
Figura 16 - Fachada decorativa em Alvenaria aparente.....	39
Figura 17 - Esquema de divisão de cargas entre os perfis	40
Figura 18 - Desenho esquemático de laje seca	41
Figura 19 - Desenho esquemático de laje úmida.....	42
Figura 20 - Aplicação do substrato em OSB para receber a Telha Cerâmica	43
Figura 21 - Cobertura em telha de aço tipo "sanduíche"	44
Figura 22 - Cobertura em telha de fibrocimento	45
Figura 23 - Cobertura em telhado tipo Shingle	46
Figura 24 - Esquema de isolamento em estrutura a seco	47
Figura 25 - Instalação de isolamento em lã de vidro	48
Figura 26 - Acabamento em paredes drywall.....	50
Figura 27 - Radier com as tubulações hidráulicas já instaladas.	51
Figura 28 - Parafusos utilizados como chumbadores	52
Figura 29 - Chumbadores e a ancoragem dos perfis metálicos ao radier "in loco".....	52
Figura 30 - Esquema de ancoragem dos perfis metálicos ao radier.....	53
Figura 31 - Chumbador utilizado para fixar a estrutura na fundação	53
Figura 32 - Painéis estruturais da obra, mas especificamente o de número 75.....	54
Figura 33 - Marcação do gabarito e seus respectivos painéis	55

Figura 34 – Placas Cimentícias.	56
Figura 35 - Pórtico da caixa d'água.....	57
Figura 36 - Estrutura do telhado	58
Figura 37 - Telhado coberto com telhas metálicas	58
Figura 38 - Esquadrias de alumínio e vidro	59
Figura 39 - Instalação Elétrica.....	60
Figura 40 - Instalação Hidráulica	61
Figura 41 - Isolante térmico instalado entre a estrutura e o telhado	62
Figura 42 - Estocagem do isolante termoacústico - lã de vidro.....	63
Figura 43 - Estocagem das placas de gesso acartonado na obra.	64
Figura 44 - Placas de gesso acartonado assentadas no corredor principal da obra.....	65
Figura 45 - Revestimento cerâmico aplicado sobre o placa de gesso verde	65
Figura 46 - Acabamento externo feito em textura	66

LISTA DE NOTAÇÕES

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAGESSO	Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Bonificação e Despesas Indiretas
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEF	Caixa Econômica Federal
CO ₂	Dióxido de Carbono
EUA	Estados Unidos da América
FJP	Fundação João Pinheiro
IBDA	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura
INCC	Índice Nacional de Custos da Construção
LSF	<i>Light Steel Framing</i>
NBR	Norma Brasileira
OSB	<i>Oriented Strand Board</i> - Pannel de Tiras de Madeira Orientadas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PPF	Perfis Formados a Frio
SES/MG	Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais
U	Perfil U simples
UBS	Unidade Básica de Saúde
Ue	Perfil U enrijecido
ZAR	Perfil metálico de aço galvanizado estrutural

UNIDADES

mm	milímetro
m	metro
m ²	metro quadrado
m ³	metro cúbico
kg	quilograma

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivo Específico	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1	Obra Pública	17
4.2	Unidade Básica de Saúde	18
4.3	Sustentabilidade	19
4.4	<i>Light Steel Framing</i>	20
4.4.1	Definição	21
4.4.2	Histórico do Sistema	21
4.4.3	Características do <i>Light Steel Framing</i>	22
4.4.4	Materiais	25
4.4.5	Etapas Construtivas	26
4.4.5.1	Fundação	27
4.4.5.1.1	Radier	27
4.4.5.1.2	Sapata Corrida	28
4.4.5.1.3	Viga Baldrame	28
4.4.5.2	Perfis	30
4.4.5.3	Fechamento	33
4.4.5.3.1	<i>Siding</i> Vinílico	34
4.4.5.3.2	<i>Oriented Strand Board (OSB)</i>	35
4.4.5.3.3	Placas Cimentícias	36
4.4.5.3.4	Gesso Acartonado	37
4.4.5.3.5	Alvenaria	39
4.4.5.4	Lajes	40
4.4.5.4.1	Lajes Secas	41
4.4.5.4.2	Lajes Úmidas	42
4.4.5.5	Coberturas	43
4.4.5.5.1	Telhado Cerâmico	43
4.4.5.5.2	Telhado Metálico	44
4.4.5.5.3	Telhado Fibrocimento	45

4.4.5.5.4	Telhado Shingle	46
4.4.5.6	Isolamento Térmico-Acústico	47
4.4.5.6.1	Lã de Vidro e Lã de Rocha.....	48
4.4.5.7	Acabamento	49
5	METODOLOGIA	51
5.1	Fundação - Tipo Radier	51
5.2	Perfis - 0,80mm	54
5.3	Painéis e Placas	56
5.4	Lajes e Coberturas.....	57
5.4	Esquadrias.....	59
5.4	Instalações Elétricas e Hidráulicas.....	60
5.5	Isolamento Térmico e Acústico.....	62
5.6	Acabamento.....	64
6	ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DO RESULTADO	67
7	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS	72
	GLOSÁRIO	74
	ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO

O aço há centenas de anos, vem ajudando a moldar o mundo em que vivemos. Pontes, linhas férreas, automóveis, e até mesmo nossos lares contêm objetos de aço. Mais recentemente, construtores estão utilizando cada vez mais este material conformado a frio na construção civil, para os vigamentos de pisos, paredes e telhados. Apesar do recente aumento no interesse, os perfis de aço conformado a frio não são novos. Os perfis são um material comprovado em campo tanto para indústrias de construção comercial, como residencial.

Os recursos para a produção de aço conformado a frio são abundantes. A tecnologia foi aperfeiçoada de modo que a oferta do aço possa se manter crescente. O aço também pode ser produzido consistentemente para muitas residências, formas e dimensões específicas com pequenas margens de tolerância. Estes e outros fatores tornaram o aço um material estrutural viável para atender as exigências da indústria da construção civil.

No Brasil, a construção civil ainda é predominante artesanal, caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício de materiais. Apesar de sermos um dos maiores produtores mundiais de aço, o emprego deste material em edificações tem sido pequeno se comparado com o potencial da indústria brasileira. O mercado sinaliza que essa situação precisa mudar, já que o emprego de novas tecnologias é a melhor forma de industrializar e racionalizar os processos.

Este trabalho visa analisar o Sistema Construtivo *Light Steel Framing* – para a construção de obras públicas, nesse caso na área da Saúde, no estado de Minas Gerais – como alternativa de construção industrializada, de qualidade a qual atenda aos preceitos de sustentabilidade, fator esse, de grande necessidade para o setor da construção, haja visto que a tipologia empregada nas construções em Minas Gerais se encontra composta fortemente pelos sistemas construtivos convencionais. Este modo de construção favorece cada vez mais a geração de entulhos, um fator problemático não só para grandes centros urbanos, mas também para cidades de médio e pequeno porte. Percebe-se certo comodismo dos profissionais atuantes nessas construções e pouca influência de outros sistemas mais inovadores, produtivos e racionais, que minimizem o grande impacto ambiental causado pela indústria da construção.

O objetivo do *Light Steel Framing* é proporcionar mais eficiência na construção, com baixo índice de desperdício, que possa atender uma demanda crescente de alta produtividade e celeridade para cumprimento de prazos curtos.

Após estudos e pesquisas sobre o processo construtivo, foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de se identificar os aspectos mais relevantes, apresentados pela literatura, relativos à metodologia do sistema *Light Steel Framing* como tendência de mercado inovador na Construção Civil e comprovados cientificamente "in loco" na obra que foi material de estudo desse trabalho.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é abordar temas inerentes ao estudo desse caso, que trata de uma obra pública, mais especificamente de uma Unidade Básica de Saúde, que é o objeto de estudo por se tratar de uma obra sustentável onde é utilizada a metodologia de construção denominada Light Steel Framing.

2.1 Objetivo Geral

Identificar, caracterizar e monitorar as etapas construtivas da metodologia de construção denominada *Light Steel Framing* (LSF) na construção de Unidade Básica de Saúde (UBS) no município de Candeias-MG.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estudar as técnicas e aplicações do sistema construtivo;
- ✓ Analisar as vantagens e desvantagens do método construtivo LSF;
- ✓ Levantar informações sobre os obstáculos para implantação do Sistema LSF na construção de UBS no município de Candeias-MG.

3 JUSTIFICATIVA

Com o desenvolvimento do Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, que tem como objetivo principal aumentar o investimento em infraestrutura, em 2011 foi lançado o PAC 2, com os mesmos objetivos do anterior porém, com aporte de novos recursos, aumentando a parceria com Estados e Municípios. Nesse programa foi previsto a construção de mais de 3 mil Unidades Básicas de Saúde (UBS), além da ampliação de mais de 10 mil unidades já existentes.

A secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais para assegurar que a população desfrute do direito de assistência a saúde, decidiu que os municípios precisam estruturar seus serviços, acompanhando o desenvolvimento local, ou seja, equiparando a oferta de saúde com a demanda de usuários. Sendo assim a construção de UBS em todo o estado de Minas Gerais contribui decisivamente na prestação desse tipo de serviço.

Conforme o Edital nº 148/2013, onde o objeto de estudo e pesquisa se enquadra, tem como objeto o fornecimento e instalação dentro do Estado de Minas Gerais, de 105.630,00 m² (cento e cinco mil seiscientos e trinta metros quadrados), de módulos pré-fabricados autoportantes em sistema *Light Steel Framing*, composto por perfis metálicos de aço galvanizado estrutural (ZAR) conformado a frio tipo U enrijecido (Ue) e U simples (U), com espessura de chapa variando entre 0,80mm e 1,25mm, unidos entre si com parafusos autobrocantes. Seus perfis formam painéis de paredes, treliças, vigas, tesouras e lajes; contraventados e ancorados a fundação de forma rígida; e reforçados nas aberturas e nos encontros entre elementos. O revestimento externo das paredes é composto de placas cimentícias auto-clavadas (espessura mínima 10mm) e barreira de vapor; revestimento interno das paredes e forros com placas de gesso acartonado (espessura mínima de 12,5mm); isolamento termo acústico em lã de vidro ou similar em camada de 100mm nas paredes externas e camadas de 50mm nas paredes internas e forros; substrato de laje seca (quando houver) em OSB 18mm.

Com a crescente necessidade de agilizar as obras públicas, uma das formas encontrada pelo governo do estado foi alterar a maneira com que essas construções sejam executadas, dessa forma, esse trabalho justifica-se por apresentar de forma abrangente todas essas etapas dessa nova metodologia que cresce a cada dia nas obras implantadas em território brasileiro, servindo como avaliação para a escolha do método *Light Steel Framing* tanto na construção de UBS quanto em outras obras públicas, seja essa em qualquer área de aplicação.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Obra Pública

Segundo (BRASIL, 1993), que rege as licitações e contratações públicas, obra pública é toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de um bem público, a ser realizada no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, bem como nos órgãos da Administração Direta e Indireta.

- Construção – é o gênero, sendo toda obra executada pelo homem para atender determinado fim. No sentido técnico, significa executar um objeto projetado pela soma de material e trabalho.

- Edificação – é uma espécie de construção cuja destinação principal é o uso pelo homem.

- Reforma – trata da execução de melhoramento nas construções, colocando o objeto em condições normais de uso ou funcionamento, sem alterar ou ampliar a sua capacidade ou medidas originais.

- Ampliação – trata-se de obra que preserva o projeto originário, mas amplia a área ou a capacidade de construção.

- Fabricação – processo através do qual se obtém peças prontas e acabadas para utilização em outros objetos a serem executados.

- Recuperação – quando refaz parcialmente a obra de modo que possa garantir a forma e as características originais.

- Serviços – segundo o inciso III do art. 6º da Lei nº 8.666/93, é toda atividade destinada a obter determinada utilidade de interesse para a administração, tais como: demolição, conserto, montagem, instalação, operação, conservação, reparação, adaptação, manutenção, transporte, locação de bens, publicidade, seguro ou trabalhos técnico-profissionais.

- Serviços de Engenharia – são os serviços que só podem ser prestados por profissionais ou empresas devidamente inscritos no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA, e atendam às disposições da Lei Federal nº 5.194/66, que regula o exercício das profissões de Engenheiro, Engenheiro-Agrônomo e Agrimensor.

• Obras de grande vulto - segundo o inciso V do art. 6º da Lei nº 8.666/93, são aquelas obras cujo valor estimado seja superior a 25 (vinte e cinco) vezes o limite estabelecido na alínea 'c' do inciso I do art. 23 da mencionada Lei. Atualmente esse valor corresponde a R\$ 37.500.000,00, ou 25 vezes R\$ 1.500.000,00.

Resumindo, obra pública é qualquer intervenção espacial, urbana ou rural, empreendida pelo Poder Público e que possua, em geral, interesse público.

4.2 Unidade Básica de Saúde

Unidades Básicas de Saúde (UBS) são locais onde a população recebe atendimentos básicos gratuitos em pediatria, ginecologia, clínica geral, enfermagem e odontologia. Os principais serviços oferecidos pelas UBS são consultas médicas, inalações, injeções, curativos, vacinas, coletas de exames laboratoriais, tratamento odontológico, encaminhamentos para especialidades e fornecimento de medicação básica.

As UBS fazem parte da Política Nacional de Urgência e Emergência, lançada pelo Ministério da Saúde em 2003, estruturando e organizando a rede de urgência e emergência no país, para integrar a atenção às urgências. O objetivo desses postos é atender até 80% dos problemas de saúde da população, sem que haja a necessidade de encaminhamento para os hospitais.

Com os novos projetos da SES/MG estão sendo disponibilizados para os municípios até 3 tipos de UBS, e o que difere uma da outra além do tamanho das edificações é a quantidade de equipe de saúde que cada uma abriga, podendo cada uma ter de uma até três equipes. Veja exemplos da disposição entre o tipo e quantidade de equipes:

- T1A - UBS em aclive com uma equipe de saúde (podendo ter T2A e T3A)
- T2D - UBS em declive com duas equipes de saúde (podendo ter T1D e T3D)
- T3T - UBS térrea com três equipes de saúde (podendo ter T1T e T2T)

A tipologia utilizada como estudo de caso desse trabalho é a do tipo térrea e contém apenas uma equipe de atendimento, portanto denominada T1T.

4.3 Sustentabilidade

A palavra “sustentabilidade” é, sem dúvida, uma das mais faladas e comentadas neste novo milênio e, não por acaso, esse conceito tem invadido as mais diversas áreas do conhecimento e setores da economia.

A incorporação de práticas de sustentabilidade na construção civil é uma tendência crescente no mercado. Sua adoção é “um caminho sem volta”, pois diferentes agentes – tais como governos, consumidores, investidores e associações – alertam, estimulam e pressionam o setor da construção civil a incorporar essas práticas em suas atividades.

De acordo com Stachera e Casagrande (2006) a indústria da construção civil é de suma importância para o Brasil, não apenas pela imensa quantidade de dinheiro que circula no mercado construtivo, mas também pela quantidade considerável de recursos naturais e energéticos envolvidos para que a indústria funcione.

Segundo os mesmos autores, o desenvolvimento sustentável tem sido amplamente discutido. Um exemplo é o protocolo de Kioto¹ que tem como objetivo a redução de emissão de gases poluidores.

Porém a indústria da construção civil parece estar à margem disso, dado que um dos materiais mais comuns na construção civil, o bloco cerâmico, ao ser produzido emite uma quantidade considerável de CO₂, um dos gases causadores do efeito estufa (STACHERA E CASAGRANDE, 2006). Uma vez que, por mão de obra despreparada ou falta de planejamento, materiais sejam desperdiçados, a poluição ocorre duas vezes: na produção da matéria prima e na geração de lixo.

Jonh (2007) fala da grande importância dos materiais na construção civil. O valor dos materiais chega a superar 50% (cinquenta por cento) do custo final do produto. Com relação ao consumo destes materiais, deve-se prestar atenção na ineficiência do uso dos mesmos. Estas perdas podem ser reduzidas uma vez que se tenha conhecimento dos valores destas perdas e dos consumos presentes. Melhores posturas na gestão de materiais podem contribuir para uma diminuição dos custos finais da obra.

A construção civil possui ainda grande importância de cunho social por ser responsável pela geração de cerca de 15% (quinze por cento) dos empregos do país. O problema é que grande parte dos operários se encontra na faixa de pobreza e não dispõe de

¹ Tratado que compromete a uma série de nações industrializadas a reduzir suas emissões de gases do efeito estufa em 5,2% - em relação aos níveis de 1990 – para o período de 2008-2012 (GREENPEACE, 2011).

educação formal, o que dificulta consideravelmente a inserção de valores sócio-ambientais na cadeia produtiva (RIBEIRO et al, 2007). Para que haja um desenvolvimento sustentável na construção civil, além da modificação do sistema produtivo por si só, é necessário um investimento na formação do operário envolvido na cadeia produtiva. Com o conhecimento absorvido desta nova formação, irá melhorar a noção dos parâmetros de uma construção sustentável, a diminuição do desperdício de materiais torna-se possível e a inserção de um novo modelo construtivo pode ser mais facilmente aceita.

Um projeto sustentável vai mais além do que o aproveitamento de água de chuva, da ventilação natural e do uso da energia solar, seu projeto precisa ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito. Nesse sentido, podemos dizer que o projeto ecologicamente correto está no uso racional de todos os recursos que o meio ambiente nos proporciona, minimizando os impactos ecológicos negativos e potencializando os positivos sobre todas as etapas (projeto, obra, entrega e manutenção).

Ao tempo em que ele precisa ser economicamente viável, trazendo o justo retorno aos seus acionistas e investidores no curto, médio e longo prazo. Quanto ao projeto ser socialmente justo e culturalmente aceito, entendo que o compromisso com o respeito comunidade local bem como a disseminação do conhecimento adquirido e aplicado ao projeto, contribuam para o crescimento de todas as pessoas envolvidas.

4.4 Light Steel Framing

É uma designação utilizada internacionalmente para descrever um sistema construtivo que utiliza o aço galvanizado como principal elemento estrutural. São estruturas que não utilizam tijolo ou cimento, sendo que o concreto é empregue apenas nas fundações. O sistema também é conhecido como por estruturas em aço leve, construção LSF, construção com aço galvanizado ou simplesmente por construção seca.

4.4.1 Definição

A palavra “*Steel*” indica a matéria prima usada na estrutura, o aço. A inclusão de “*Light*”, ou leve, indica que os elementos em aço possuem pouca massa uma vez que são produzidos a partir de chapa de aço com espessura reduzida e pode-se associar também pelo fato de não se utilizar equipamentos e maquinaria pesada na construção. “*Framing*” é a palavra usada na língua inglesa para definir um esqueleto estrutural composto por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a funcionar em conjunto, para dar forma e suportar a edificação e seu conteúdo. O “*Light Steel Framing*” (LSF) não pode ser resumido apenas a sua estrutura, ele é composto de vários componentes como fundação, isolamento termoacústico, fechamento interno e externo, instalações elétricas e hidráulicas (FREITAS, 2006).

Este sistema construtivo é aberto, que permite a utilização de diversos materiais. Sendo flexível, não apresenta grandes restrições aos projetos, racionalizando e otimizando a utilização dos recursos e o gerenciamento das perdas. É moldável permitindo total controle dos gastos já na fase de projeto, além de ser durável e reciclável. Apresenta ótima resistência a incêndio, pois é revestido por placas de gesso acartonado, material com alta resistência ao fogo.

Apesar de o LSF ser um sistema construtivo bastante utilizado nas construções industrializadas, o Brasil ainda mantém seu sistema construtivo artesanal, e por isso não é difundido em nosso meio.

4.4.2 Histórico do Sistema

De acordo com o autor de “*Light Steel Framing*” o Engenheiro Civil, Alessandro de Souza Campo, para definir os antecedentes do *Light Steel Framing* é necessário voltar aos Estados Unidos, no Século XIX. Naqueles anos, a população do país multiplicou-se por dez, sendo necessário métodos práticos, rápidos e que utilizassem materiais locais para a produção das habitações. A madeira, que era já o material de eleição dos povos colonizadores, passou a ser utilizada com o método construtivo conhecido como “*Wood frame*”.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o aço era um material abundante e as empresas metalúrgicas haviam obtido grande experiência na utilização do metal devido ao esforço da guerra. Primeiro o aço foi utilizado em divisórias em edifícios com estruturas de ferro. O aço, que é mais leve usado nessas divisórias passou a substituir a estrutura inteira das moradias. Em 1991, a madeira usada na construção subiu 80% em relação ao seu preço, em quatro meses, o que levou muitos construtores a passar a usar o aço imediatamente.

Após este início, criaram-se associações de técnicos e construtores e o LSF passou a ser encarado profissionalmente. Essas associações foram criadas logo em seguida por Portugal. Com o aumento da consciência da população em relação à baixa qualidade das construções em alvenaria. Desde o início do LSF em Portugal, em 1995, a procura por casas com estrutura em aço tem sido constante. Nem sequer os fracassos e erros cometidos pelos pioneiros nesta área impediram o sucesso do LSF. Com a maior divulgação também passou a existir um melhor conhecimento por parte do público e um aumento nas pesquisas sobre o assunto bem como melhorias do processo e da técnica, beneficiando sempre o consumidor (HASS, 2011).

O Japão teve as primeiras construções em LSF após a segunda guerra mundial quando foi necessária e reconstrução de 4 milhões de moradias destruídas devido à guerra. Como anteriormente as casas eram construídas em madeiras, agravou-se os incêndios que se alastravam durante os ataques. Por isso o governo restringiu o uso de madeira nas construções a fim de proteger os recursos florestais, assim como evitar construções inflamáveis. Devido a isso o Japão possui um mercado e uma indústria siderúrgica bastante desenvolvida em perfis de aço leve.

No Brasil, a aplicação do LSF, somente teve início no final da década de 90 e desde então, vem ganhando projeção no mercado, encontrando-se em várias regiões do país diversos tipos de construções.

4.4.3 Característica do Light Steel Framing

Freitas (2006) define o LSF como um sistema construtivo de concepção racional e sua principal característica é sua estrutura constituída por perfis formados a frio (PFF) de aço galvanizado (montantes, guias, cantoneiras, chapas e fitas metálicas) que são utilizados na

composição de painéis estruturais ou não, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e outros componentes.

Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Devido a essas características o sistema LSF é também conhecido por sistema auto-portante de construção a seco.

O sistema construtivo em aço apresenta também as significativas características como:

- Maior área útil;

As seções dos pilares e vigas de aço são substancialmente menos esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fator muito importante principalmente em garagens.

- Flexibilidade;

A estrutura em aço mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc.

- Menor prazo de execução;

A fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais.

- Racionalização de materiais e mão de obra;

Numa obra, através de processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o desperdício seja sensivelmente reduzido.

- Alívio de carga nas fundações;

Por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações.

- Garantia de qualidade;

A fabricação de uma estrutura em aço ocorre dentro de uma indústria e conta com mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial.

- Organização do canteiro de obras;

Como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido entre outros à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais. O ambiente limpo com menor geração de entulho oferece ainda melhores condições de segurança ao trabalhador contribuindo para a redução dos acidentes na obra.

- Reciclabilidade;

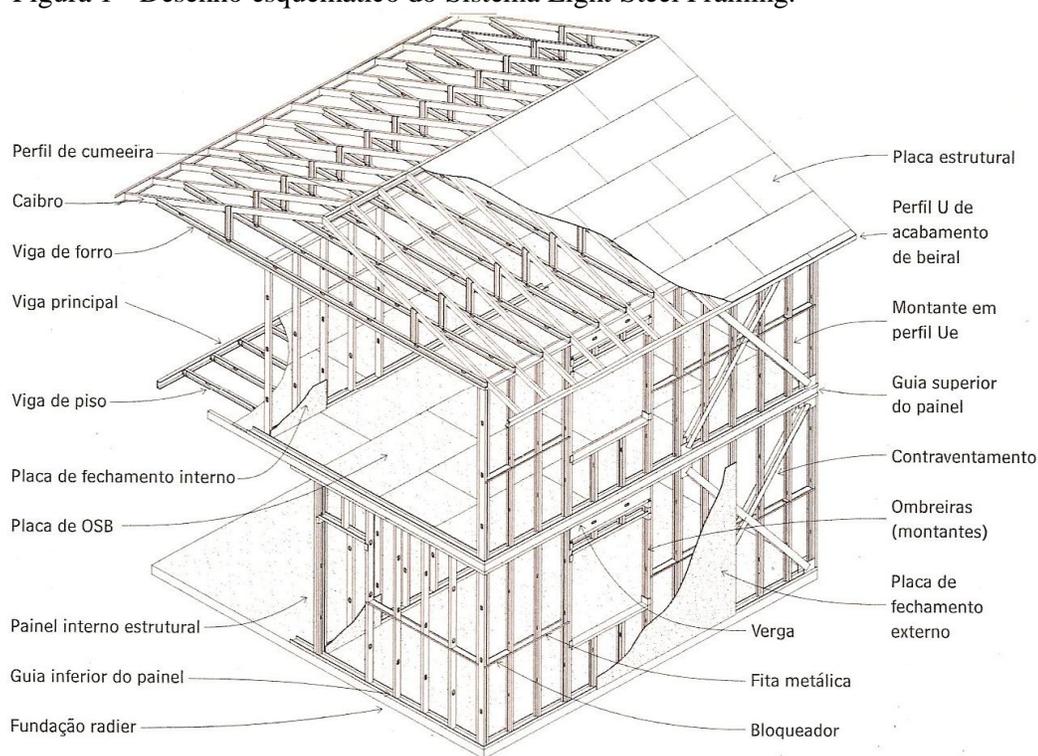
O aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos.

- Preservação do meio ambiente.

A estrutura em aço é menos agressiva ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora geradas pelas serras e outros equipamentos destinados a trabalhar a madeira.

No sistema construtivo em *Steel Framing*, os elementos estruturais estão interligados entre si desde o nível de piso a estrutura do telhado e perfeitamente alinhados, formando um conjunto monolítico leve e resistente, capaz de resistir aos esforços que solicitam a estrutura. (FIG. 1).

Figura 1 - Desenho esquemático do Sistema Light Steel Framing.



FONTE: Revista Técnica, edição 112, p. 61

4.4.4 Materiais

Conforme definido por Hernandez (2004), o sistema construtivo LSF tem como conceito construtivo básico o emprego de componentes industrializados na construção civil, aliados a uma metodologia executiva desses componentes que promovem um controle do processo do produto final mais apurado. A participação do aço no sistema é significativa, pois a superestrutura – paredes e estruturas de telhado – da obra é composta de perfis de aço galvanizado formados a frio (PFF).

Esses perfis formados a frio (PFF) são obtidos através do dobramento, em prensa dobradeira, ou por perfilagem em conjunto de matrizes rotativas (FIG. 2), de tiras de aço cortadas de chapas, bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas ou não e possibilitam a formação de seções variadas na sua forma e/ou dimensão. Por essas operações ocorrerem com o aço na temperatura ambiente, advém o termo "formado a frio" (FREITAS, 2006).

Figura 2 - Fabricação por perfilagem de perfis seção Ue.



FONTE: www.stam.it/sistemas-para-perfis-estruturais.php

No sistema LSF é utilizado o conceito de carga distribuídas para distribuição dos esforços gerados pelas edificações. A estrutura composta por PFF de aço galvanizado denominados montantes e guias, formam os painéis auto-portantes das paredes e estrutura de telhado, constituindo um conjunto monolítico leve e resistente (HERNANDES, 2004), conforme apresentado na FIG. 3.

Para os demais componentes existe uma grande gama de produtos e materiais, largamente detalhados na bibliografia, notadamente nos manuais CBCA Steel Framing: Arquitetura – (FREITAS, 2006) e Steel Framing: Engenharia (RODRIGUES, 2006).

4.4.5 Etapas Construtivas

O sistema construtivo *Light Steel Framing* é constituído por perfis leves de aço galvanizado de forma racional, que formam paredes estruturais e não-estruturais. Os painéis são constituídos por perfis metálicos (montantes, guias, cantoneiras, chapas e fitas metálicas), que depois de montado se assemelha muito com uma espécie de esqueleto, que nada mais é do que a estrutura da edificação (FIG. 3).

Figura 3 - Imagem da estrutura da edificação



Fonte: <http://www.cemear.com.br/produtos/steel-frame/>

4.4.5.1 Fundação

Uma das vantagens é o peso da edificação que tende a ser uma estrutura leve, onde temos a vantagem de adotar uma fundação de maneira geral mais simples. Visto que a transmissão de cargas da estrutura à fundação se dá uniformemente pelos painéis. Dentre as fundações mais adotadas para essa metodologia, podemos citar:

4.4.5.1.1 Radier

É um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno (FIG. 4), na qual toda estrutura se apoia. Geralmente, é dimensionado com base no modelo de placa sobre base elástica, isto é, o solo é visto como um meio elástico formando infinitas molas que agem sobre o inferior da placa, gerando uma reação proporcional ao deslocamento.

Figura 4 - Fundação tipo Radier

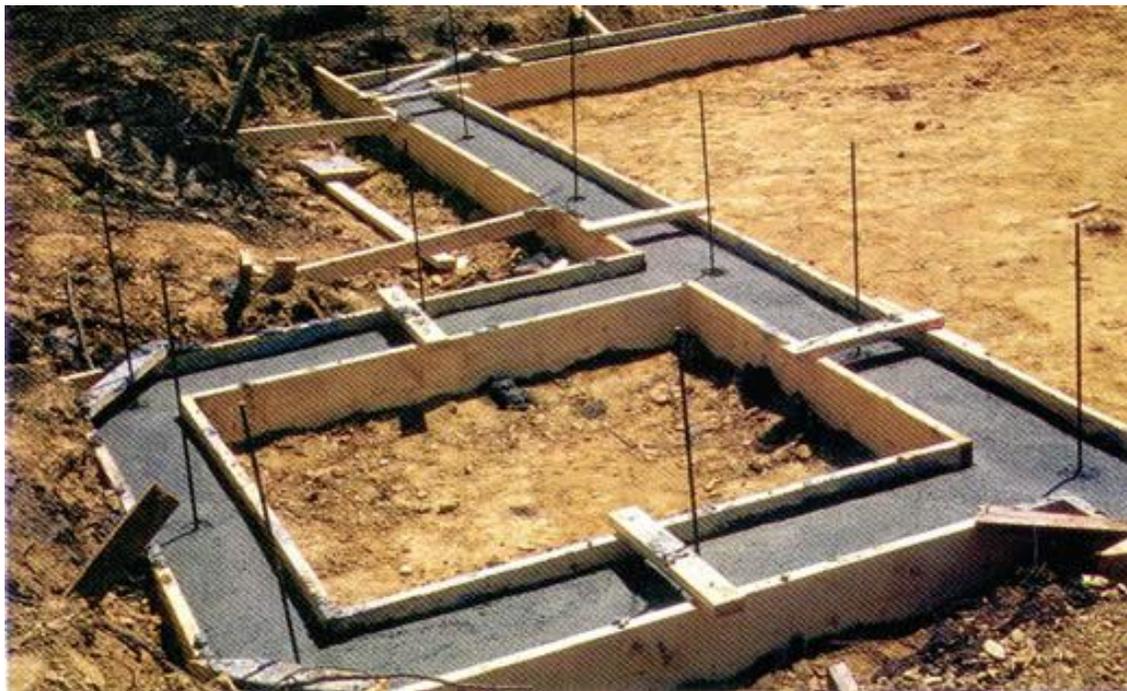


FONTE: Acervo do autor (2014)

4.4.5.1.2 Sapata Corrida

É um tipo de fundação rasa contínua que recebe as ações dos painéis e as transmite ao solo. Pode-se dizer que é uma viga de concreto armado de base alargada (aba), para melhor distribuir a ação oriunda do painel (ou parede) ao solo. É construída numa vala sobre um solo cuja resistência é condizente com a intensidade de carregamento a ela transmitida pela largura da aba da sapata, de acordo com a FIG. 5. O solo do fundo da vala deve ser apiloado e um lastro de concreto magro geralmente é colocado. Normalmente utilizada como apoio direto de paredes, muros e de pilares alinhados, próximos entre si.

Figura 5 - Fundação tipo Sapata Corrida



FONTE: www.clubedoconcreto.com.br

4.4.5.1.3 Viga Baldrame

Também conhecida como viga de fundação, é considerada um tipo de fundação rasa. Constitui-se de uma viga, que pode ser de alvenaria, de concreto simples ou armado,

construída diretamente no solo (FIG. 6). Essa estrutura se apoia em blocos de fundação geralmente sobre estacas. As estacas são geralmente brocas executadas de maneira tradicional. A opção por viga baldrame, em conjunto com os blocos de fundação, se dá quando a resistência do solo só é encontrada em profundidades maiores.

Figura 6 - Fundação tipo Viga Baldrame



FONTE: Acervo do autor (2012)

Como qualquer fundação, requer uma boa impermeabilização a fim de se evitar a passagem de infiltrações e umidade para a superestrutura. Deverão ser consideradas as diretrizes estabelecidas pelas normas NBR 9575 - Projeto de Impermeabilização e NBR 9574 - Execução da Impermeabilização.

Embora o radier seja o mais utilizado, o cálculo estrutural indicará o tipo mais adequado de fundação (sapata corrida e/ou viga baldrame). Por se tratar de um sistema autoportante, a fundação deve estar perfeitamente nivelada e em esquadro, permitindo a correta transmissão das ações da estrutura.

4.4.5.2 Perfis

O sistema LSF traz uma proposta de racionalizar a concepção da estrutura da edificação utilizando-se perfis dobrados a frio. Os elementos metálicos utilizados são fabricados a partir de bobinas de aço de alta resistência e revestidos com zinco ou liga de alumínio-zinco. A montagem dos painéis é apresentada na FIG. 7. Geralmente são executados anteriormente em fábricas, o que garante uma melhor produtividade, qualidade e melhores condições de trabalho. Porém, o sistema oferece a possibilidade de execução destes painéis junto ao canteiro de obras, não sendo esta, no entanto, a condição ideal de trabalho.

Figura 7 - Pré-montagem dos perfis na fábrica.



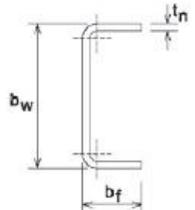
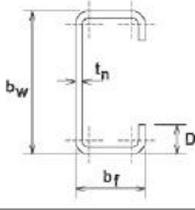
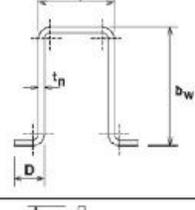
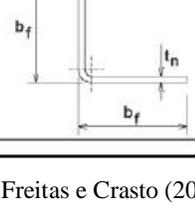
FONTE: Acervo do autor (2014)

As chapas possuem espessuras que variam de 0,8mm a 3,0mm, sendo mais utilizada a de 0,95mm. As seções, espessuras usuais e propriedades geométricas de perfis para steel frame são definidas pelas normas NBR 15253 – Perfis de Aço Formados a Frio, com

Revestimento Metálico para Painéis Reticulados em Edificações: Requisitos Gerais e a NBR 6355 – Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio: Padronização.

O perfil U simples é formado pela alma de comprimento " b_w " e a mesa de comprimento " b_f ". A mesa também pode ser chamada de flange ou aba. O perfil Ue enrijecido, além da alma e da mesa, possui enrijecedores de comprimento D , sendo extensões da mesa. O perfil cartola possui dois enrijecedores de borda, duas almas e uma mesa. A cantoneira é o perfil formado por duas abas de mesma espessura que podem possuir ou não comprimentos iguais. Os perfis são os elementos principais desse tipo de construção e os mais utilizados estão representados com configurações e designações conforme o quadro abaixo.

Quadro 1 - Tipos de perfis.

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples $U\ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $Ue\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola $Cr\ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L\ b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

FONTE: Freitas e Crasto (2006)

De acordo com o Guia do Construtor “Steel Frame” disponibilizado pela CBCA, o conceito estrutural dessa metodologia consiste em dividir as cargas em um maior número de elementos estruturais, sendo cada um desses projetado para receber uma pequena parcela de

carga, o que possibilita a utilização de perfis conformados com chapas finas de aço. A modulação destes perfis, usualmente, é de 400mm ou 600mm, o que permite o controle de utilização e a minimização do desperdício dos materiais complementares industrializados, que estão enquadrados no módulo 600mm, tais como: fechamentos em placas cimentícias, OSB ou placas de gesso acartonado.

Na montagem dos painéis, pisos e tesouras constituídos por perfis são utilizados parafusos autotarraxantes e autoperfurantes. Esses parafusos possuem cabeça larga e baixa do tipo lentilha e ponta broca (FIG. 08). Já nas ligações entre painéis, peças de apoio de tesouras e enrijecedores são utilizados o parafuso com cabeça sextavada e ponta broca, também conhecido como parafuso estrutural (FIG. 09).

Figura 8 – Parafuso cabeça lentilha e ponta broca.



FONTE: Acervo do autor (2104)

Figura 9 – Parafuso estrutural - cabeça sextavada e ponta broca.



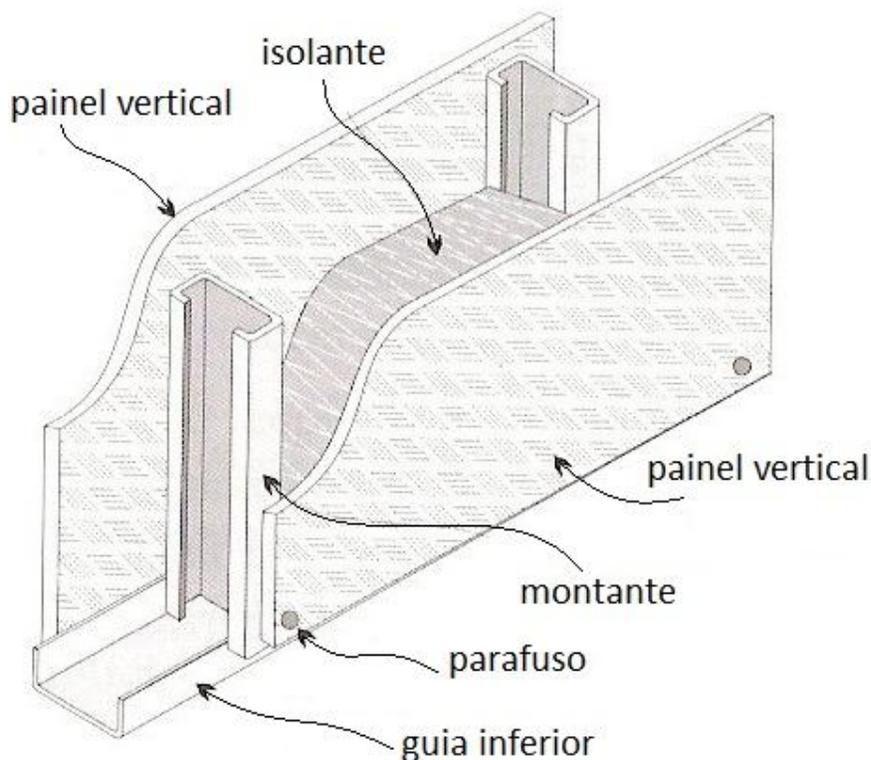
FONTE: Acervo do autor (2104)

4.4.5.3 Fechamento

No sistema LSF, os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves, compatíveis com o conceito dimensionado para suportar vedações de baixo peso próprio. Os painéis instalados na vertical são utilizados como paredes (FIG. 10), e na horizontal como pisos. Os verticais, na sua maioria, são portantes, trabalhando como parte da estrutura da edificação, recebendo as cargas e dando estabilidade ao conjunto.

Tanto a disposição dos montantes dentro da estrutura dos painéis, como suas características geométricas, de resistência e sistema de fixação entre as peças, fazem com que este esteja apto a absorver e transmitir cargas tanto verticais como horizontais. A concepção do sistema LSF proporciona o trabalho conjunto dos painéis, travando-se entre si e gerando uma integridade na estrutura.

Figura 10 - Detalhe isométrico dos painéis verticais



FONTE: Dias (1997)

Os elementos estruturais mais utilizados para garantir a estabilidade estrutural dos painéis e consecutivamente da edificação do sistema são os contraventamentos e as placas de fechamento estruturais.

4.4.5.3.1 Siding Vinílico

É um revestimento muito utilizado nas casas norte-americanas e podem ser fabricados a partir do PVC, madeira, placas cimentícias e Wood Plastic Composite – WPC (composto de madeira e plástico) e usualmente são aplicados sobre as placas OSB (Oriented Strand Board). Sua principal vantagem é oferecer uma alternativa de construção mais rápida e limpa que os revestimentos convencionais. Em sua instalação os fabricantes disponibilizam vários acessórios que facilitam a fixação das régua e execução das interfaces com as esquadrias e cantos. É fornecido no mercado em painéis compostos com régua duplas com as configurações ilustradas na FIG. 11, com aparência que pode imitar a madeira, porém possui diversas formas, texturas, cores e tamanhos.

Figura 11 - Peças utilizadas no fechamento em siding vinílico



	Peça	Dimensão (m)	Peso (kg)	Cores
1	Siding Vinílico	0,20x3,80	1,54	Branco Bege
2	Cantoneira Externa	3,00	1,40	Branco
3	Cantoneira Interna	3,00	0,96	Branco
4	Perfil de Início	3,80	0,96	Branco
5	Perfil de Arremate	3,80	0,76	Branco
6	Perfil de Término	3,80	0,62	Branco
7	Moldura	3,80	0,34	Branco

4.4.5.3.2 Oriented Strand Board (OSB)

Para o lado externo, usualmente são utilizados chapas de madeira prensada OSB, que de acordo com DIAS (2007), são constituídas de camadas cruzadas unidas entre si por resinas fenólicas aplicadas sob alta pressão e temperatura, apresentando diversas possibilidades de uso em virtude da sua resistência mecânica e rigidez. As chapas OSB pode ser revestidas com qualquer material utilizado habitualmente.

Os painéis estruturais de pranchas de madeiras são compostos de chapas de OSB fixadas por parafusos a uma malha metálica formada pelos PFF, conforme a FIG. 12. As bordas dos painéis vêm de fábrica seladas por um impermeabilizante, com o objetivo de impedir a absorção de umidade, razão pela qual é recomendável também selar as bordas das placas cortadas, durante a sua instalação, com pintura a óleo ou esmalte compatível com o revestimento a ser aplicado. Através desse processo de engenharia automatizado, os painéis permanentemente controlados e testados para verificar seus níveis de acordo com os padrões de qualidade. As placas de OSB podem ser empregadas nos forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado, sendo utilizadas também tanto no fechamento interno quanto no externo, desde que nesse haja um tratamento impermeável evitando o contato direto com as intempéries. É um painel ecologicamente correto.

Figura 12 - Fechamento estrutural externo em OSB



4.4.5.3 Placas Cimentícias

São produzidas com uma mistura homogênea de cimento Portland e fios sintéticos, através da tecnologia CRFS – Cimento Reforçado com Fio Sintético. Seu processo de fabricação também é industrializado o que proporciona um padrão de qualidade elevado de acordo com os padrões de qualidade. Podem ser fixadas tanto na horizontal quanto na vertical, porém usualmente é utilizada sua fixação na horizontal conforme visto na FIG. 13, o que proporciona uma amarração melhor e mais distribuídas entre os painéis que trabalham de forma estruturada na edificação.

Figura 13 - Fechamento estrutural externo em Placas Cimentícias



FONTE: Acervo do autor (2014)

4.4.5.3.4 Gesso Acartonado

No sistema LSF, pode-se utilizar placas de gesso acartonado para constituição do fechamento vertical da face interna dos painéis estruturais e não-estruturais que compõe o invólucro da edificação, e também o fechamento das divisórias internas. Os painéis internos não estruturais podem ser construídos empregando o sistema “Drywall” o qual é constituído de perfis U e Ue de aço galvanizado, porém de menores dimensões, pois suportam o peso do fechamento e de peças suspensas fixadas em sua estrutura.

As chapas de gesso acartonado são fabricadas industrialmente e compostas de uma mistura de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâmina de cartão, que confere ao gesso resistência à tração e flexão. As chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural e sua densidade superficial varia de 6,50 Kg/m² a 14,00 Kg/m² dependendo de sua espessura. (ABRAGESSO, 2004, p.15).

O gesso acartonado tem como sua principal função revestir as paredes internas, tetos e não é utilizado como suporte para estruturas da edificação, como apresenta a FIG. 14.

Figura 14 - Fechamento interno em Gesso Acartonado



FONTE: <http://www.google.com/imghp?hl=pt-BR>

Segundo FREITAS (2006), que diz que para os fechamentos internos das paredes, o gesso acartonado é o material mais indicado. Podemos encontrar no mercado brasileiro 3 tipos diferentes de placas de gesso:

- Placas resistentes a umidade: também chamadas de placas verdes, são indicadas para ambiente úmidos;
- Placas resistente ao fogo: utilizada quando há a necessidade de proteção passiva, são diferenciadas pela cor vermelha do cartão envelopador do gesso.
- Placas comuns: utilizadas em áreas secas, apresentam o cartão na cor natural;

Figura 15 - Tipos de placas de Gesso Acartonado



VERDE (RU)
Com silicone e aditivos fungicidas misturados ao gesso, permite a aplicação em áreas úmidas (banheiro, cozinha e lavanderia)

ROSA (RF)
Resiste mais ao fogo por causa da presença de fibra de vidro na fórmula. Por isso, vai bem ao redor de lareiras e na bancada do cooktop

BRANCO (ST)
É a variedade mais básica (Standard), amplamente empregada em forros e paredes de ambientes secos

FONTE: Revista Arquitetura & Construção (2014, p. 108)

Sobre as placas de gesso podem ser aplicados revestimentos usuais como cerâmica, pintura e textura entre outros usualmente aplicados na construção civil convencional. O revestimento externo também pode receber a aplicação dos materiais de acabamento, usualmente empregados, como pastilhas, pedras (mármore ou granito) ou mesmo até mesmo reboco e pintura.

4.4.5.3.5 Alvenaria

A alvenaria pode ser empregada para vedação independente da estrutura (FIG. 16) e funciona como um invólucro vinculado a ela por meio de conectores metálicos.

Freitas e Castro (2006, p.84) demonstram que a utilização da alvenaria,

[...] diverge da proposta do sistema LSF em trabalhar com uma obra “seca” com rapidez de execução e métodos industrializados que diminuem o desperdício de material e mão-de-obra, a alvenaria acabou ficando restrita a elementos decorativos de tijolos aparentes em fachada.

Figura 16 - Fachada decorativa em Alvenaria aparente

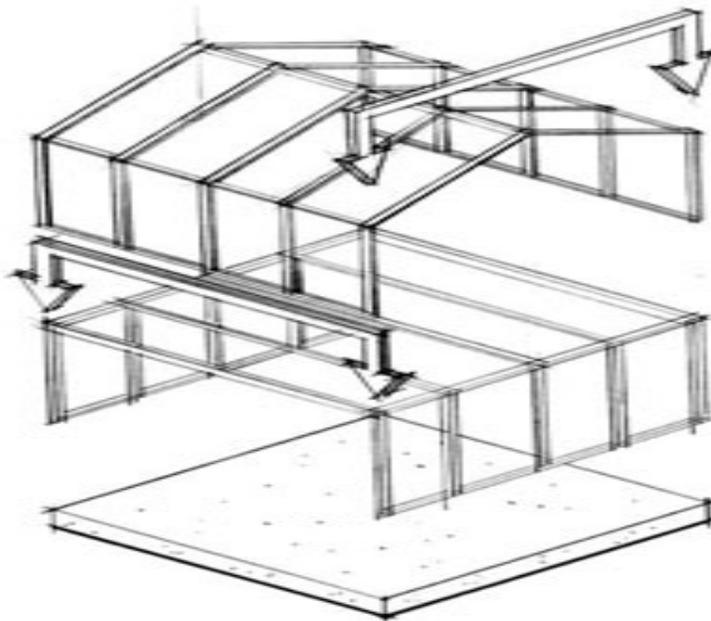


FONTE: <http://www.google.com/imghp?hl=pt-BR>

4.4.5.4 Lajes

Segundo RODRIGUES (2006) o conceito estrutural do Sistema "*Light Steel Framing*", que consiste em dividir as cargas entre os perfis, também é utilizado para os elementos que suportam as lajes e coberturas. Seus elementos trabalham bi-apoiados e deverão, sempre que possível, transferir as cargas continuamente, ou seja, sem elementos de transição, até as fundações. Caso o projeto arquitetônico o permita, a solução mais indicada é dividir as sobrecargas da cobertura em uma direção e as do piso abaixo em outra, não concentrando o carregamento em apenas uma parede. A FIG. 17 mostra o esquema de distribuição de cargas. Sendo o ideal, as cargas de cobertura seguem diretamente até a fundação, através dos montantes.

Figura 17 - Esquema de divisão de cargas entre os perfis



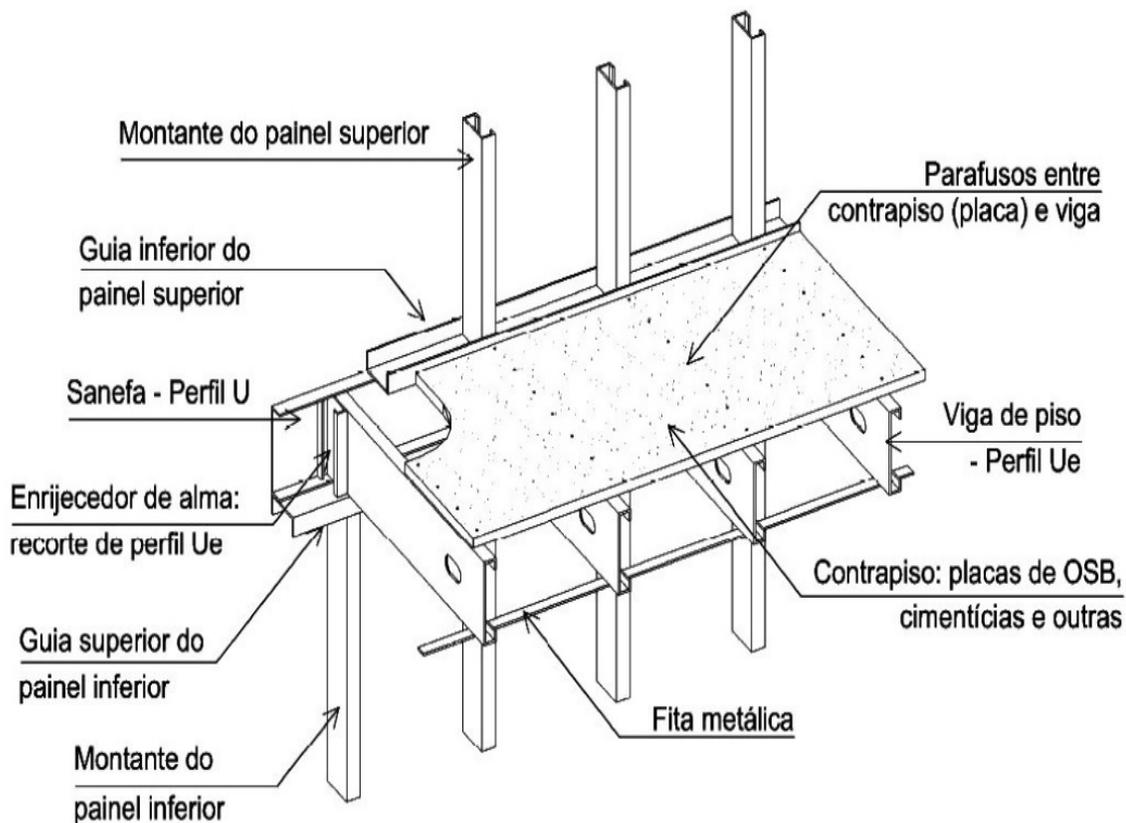
FONTE: Crasto (2005)

Para essa metodologia, existem dois tipos distintos de laje, a seca e a úmida.

4.4.5.4.1 Laje Seca

A laje "seca" compõem-se dos perfis de aço galvanizado e placas rígidas. É um material leve, de fácil e rápida instalação. Entre as duas camadas de chapas fixadas em sentido alternativo existe uma proteção acústica, geralmente manta de polietileno expandido de lã de vidro. As placas rígidas podem ser composta por painéis de madeira (OSB ou outros) ou placas cimentícias, que aparafusadas a estrutura do piso, serve de contrapiso. (FIG. 18).

Figura 18 - Desenho esquemático de laje seca

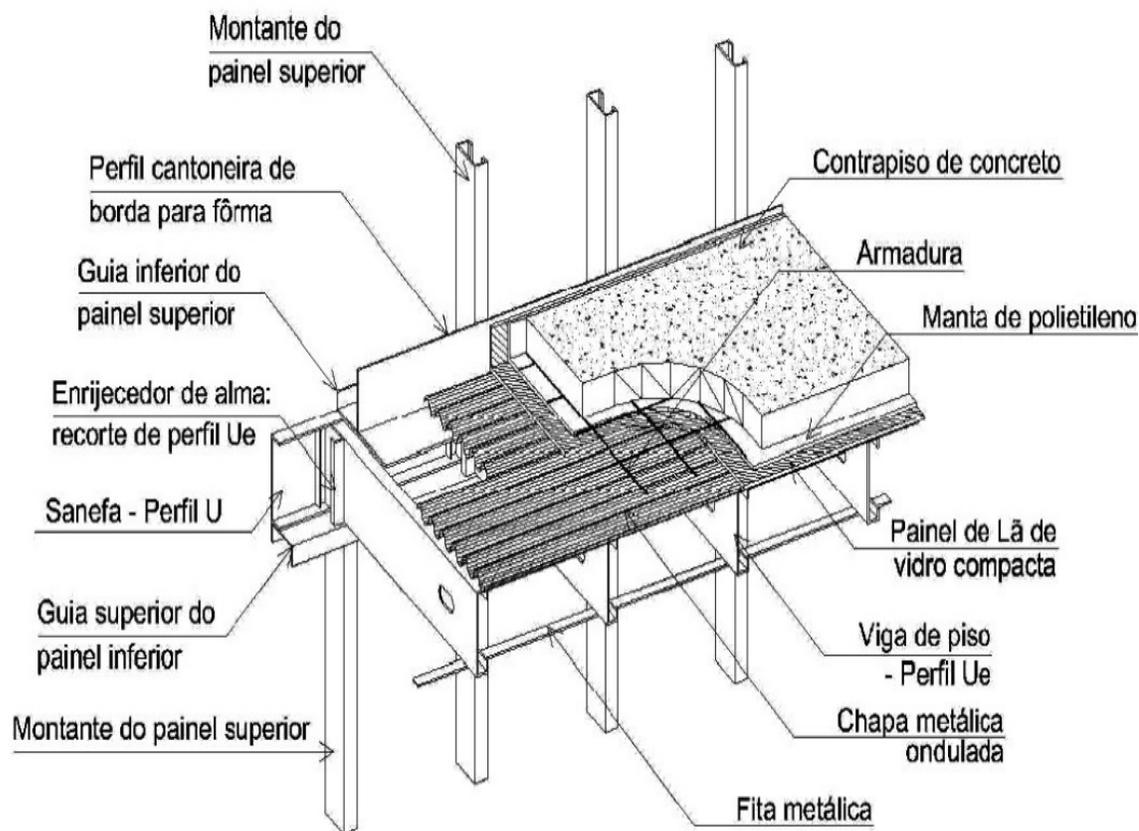


FONTE: Crasto (2005, p.79)

4.4.5.4.2 Laje Úmida

A laje "úmida" é composta por formas de aço (telhas galvanizadas) que são parafusadas às vigas da estrutura do piso e preenchidas com concreto, servindo de base para o contrapiso. Para obter conforto acústico adequado, utiliza-se material isolante (geralmente lã de vidro compactada) entre a forma de aço e o concreto conforme FIG. 19, conhecida também por "steel deck".

Figura 19 - Desenho esquemático de laje úmida



FONTE: Crasto (2005, p.77)

4.4.5.5 Coberturas

A cobertura pode ser calculada para suportar qualquer tipo de telha, sejam elas metálicas, cerâmicas, fibrocimento, entre outras. Deve-se ressaltar que cada tipo de cobertura deve ser tratada dentro de suas especificidades.

4.4.5.5.1 Telhado Cerâmico

A telha cerâmica exige um isolamento hidrófugo que deverá ser apoiado em algum substrato (FIG. 20) que garanta sua integridade (OSB, placa cimentícia ou outros) e este apoiado em uma subestrutura de perfis de aço.

Figura 20 - Aplicação do substrato em OSB para receber a Telha Cerâmica



FONTE: stylo-e-art-pinturas.negociol.com

4.4.5.2 Telhado Metálico

As coberturas em telhas de aço, devido a sua capacidade de vencer grandes vãos e ao seu baixo peso, propiciam estruturas de cobertura mais leves e, conseqüentemente, mais econômicas. Uma variação desse tipo de telha é o telhado tipo sanduíche (FIG. 21), composto por telhas metálicas preenchidas com material isolante, como o poliuretano ou o poliestireno (isopor). Este recheio confere à cobertura características isolantes, térmica e acústica, que resultam num ambiente refrigerado e silencioso.

Figura 21 - Cobertura em telha de aço tipo "sanduíche"



FONTE: Acervo do autor (2014)

4.4.5.3 Telhado Fibrocimento

As telhas de fibrocimento (FIG. 22) são fabricadas, em diversos modelos, tamanhos e espessuras, e por sua versatilidade apresentam como diferencial a possibilidade de vencer vãos consideráveis sem o uso de apoio intermediário. Importante destacar que são leves, resistentes e podem receber pintura para melhorar a estética ou o comportamento térmico.

Figura 22 - Cobertura em telha de fibrocimento



FONTE: <http://www.google.com/imghp?hl=pt-BR>

4.4.5.4 Telhado Shingle

Um tipo de telha muito usual em imóveis construídos com LSF é a do tipo *shingle* (FIG. 23). Essas telhas proporcionam um isolamento térmico e acústico superior às convencionais, alta resistência mecânica, resistência à força dos ventos. Elas não absorvem umidade e têm menor peso. Essas características proporcionam maior versatilidade e adaptação aos diversos projetos e durabilidade superior. São fabricadas com grãos de cerâmica pré-pintados, em véu estrutural de fibra de vidro embebido em emulsão asfáltica. A área de exposição é revestida de grânulos minerais coloridos, de diversas colorações (NOVA TÉCNICA, 2009).

Figura 23 - Cobertura em telhado tipo Shingle



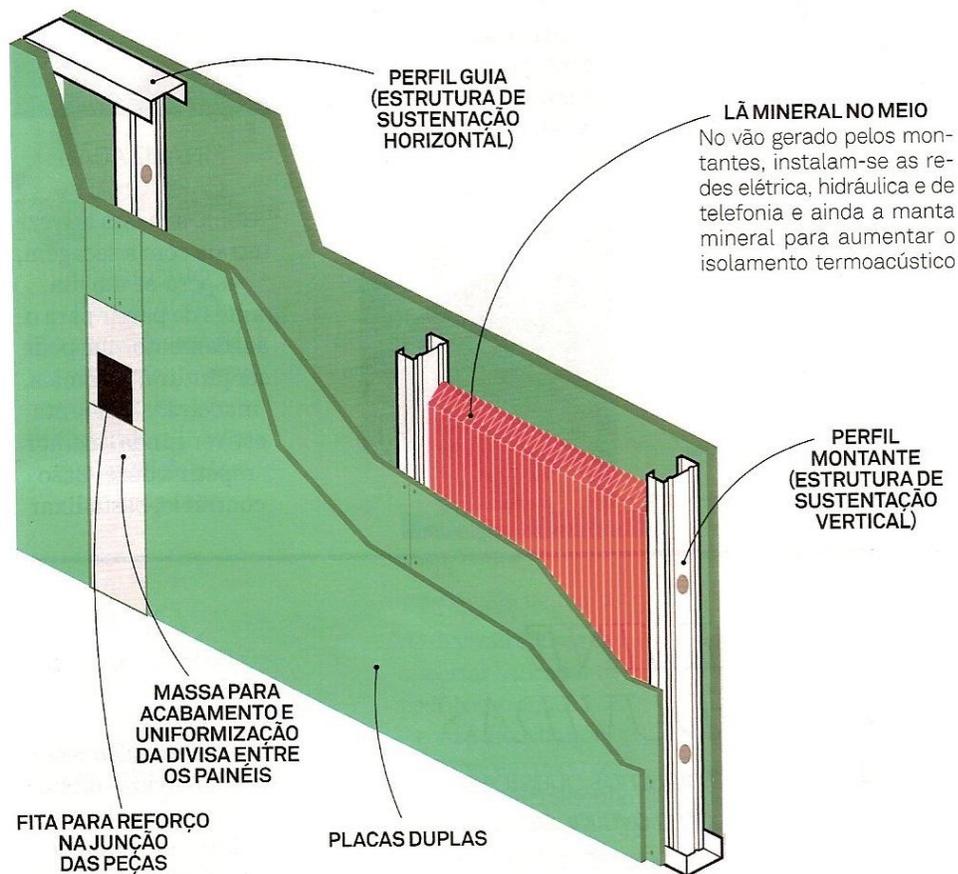
FONTE: <http://www.google.com/imghp?hl=pt-BR>

4.4.5.6 Isolamento Térmico e Acústico

FREITAS (2006) diz que o conceito de isolamento baseava-se na utilização de materiais com grande massa e espessura. Hoje, com o avanço tecnológico dos produtos e processos de cálculo, consegue-se mensurar a real necessidade do isolamento e quantificar o material isolante necessário.

Segundo SANTIAGO (2008), diferentemente de conceitos de isolamento, onde a massa da parede é o fator determinante de seu desempenho, nas construções em LSF os isolantes térmicos e acústicos baseiam-se no conceito de isolação multicamada (FIG. 24), que consiste em combinar placas leves de fechamento, sendo o espaço entre elas preenchido com material isolante.

Figura 24 - Esquema de isolamento em estrutura a seco



FONTE: Revista Arquitetura & Construção (2014, p. 109)

4.4.5.6.1 Lã de Vidro e Lã de Rocha

Os materiais intermediários mais comuns nesse tipo de aplicação são a lã de vidro ou a lã de rocha. A montagem desse isolante, geralmente é feita após a execução de uma das faces do fechamento. Esse material é fornecido em rolos, onde são cortado e alocados entre os montantes (FIG. 25). Logo em seguida é instalada a outra face, já que esse material é muito sensível a intempéries e a poeira.

Figura 25 - Instalação de isolamento em lã de vidro



FONTE: Isover (2007)

A forma como os painéis deverão ser executados, deve ser feita na fase de projeto, já que isso influencia no seu desempenho.

4.4.5.7 Acabamento

Defini-se como acabamento o tratamento final sobre as chapas de drywall instaladas em forros, paredes e revestimentos, podendo este ser uma pintura, cerâmica, laminados, papel de parede, dentre outros.

O drywall possibilita diversos níveis de qualidade para aplicação do acabamento. É importante especificar em projeto o nível desejado que possa implicar preços distintos na contratação desse serviço. Dentre esses níveis podemos citar:

- Nível A – acabamento de qualidade superior: onde as juntas deverão ser tratadas normalmente incluindo o lixamento, além da preparação da superfície com produtos que garantam maior planicidade. Este nível de acabamento proporciona superfícies com excelente desempenho mesmo com a incidência de luz, seja essa natural ou artificial. É utilizado em vedações de ambientes com necessidade de alta qualidade no acabamento.
- Nível B – acabamento tecnicamente correto: as juntas devem ser tratadas normalmente incluindo o lixamento. Este nível de acabamento proporciona superfícies de boa planicidade, atendendo a exigências táteis e visuais. É utilizado em vedações de ambientes de uso comum.
- Nível C – acabamento tecnicamente necessário: as juntas e os parafusos devem ser tratados com fita e massa de rejunte sem necessidade de lixamento. Este nível de acabamento atende as exigências mínimas de resistência mecânica, proteção ao fogo e isolamento térmico e acústico. É utilizado em vedações que receberão revestimentos cerâmicos ou outros materiais de grande espessura (absorventes acústicos, mármore, granito, madeira, etc.), ou ainda em vedações sem maiores necessidade de acabamento (depósito, áreas técnicas, etc.).

O acabamento em drywall não difere em nada do realizado em alvenaria, alguns exemplos de acabamentos em paredes utilizando essa tecnologia podem ser vistos na FIG. 26.

Figura 26 - Acabamento em paredes drywall



FONTE: <http://www.google.com/imghp?hl=pt-BR>

5 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos que serão adotados para a descrição dos métodos e materiais propostos neste trabalho, foram verificados e comprovados “in loco” e a partir de então foram descritos tanto sua composição quanto sua forma de aplicação, de acordo com os objetivos propostos.

5.1 Fundação tipo Radier

Para o estudo de caso demonstrado, a fundação escolhida foi o radier (FIG. 27). Nela é possível locar as instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de telefonia, conforme o projeto. Essas instalações devem ser precisas em relação às posições e diâmetros dos furos, evitando causar transtornos na montagem dos painéis, nas instalações das tubulações e nos serviços subseqüentes.

Figura 27 - Radier com as tubulações hidráulicas já instaladas.



FONTE: Acervo do autor (2014)

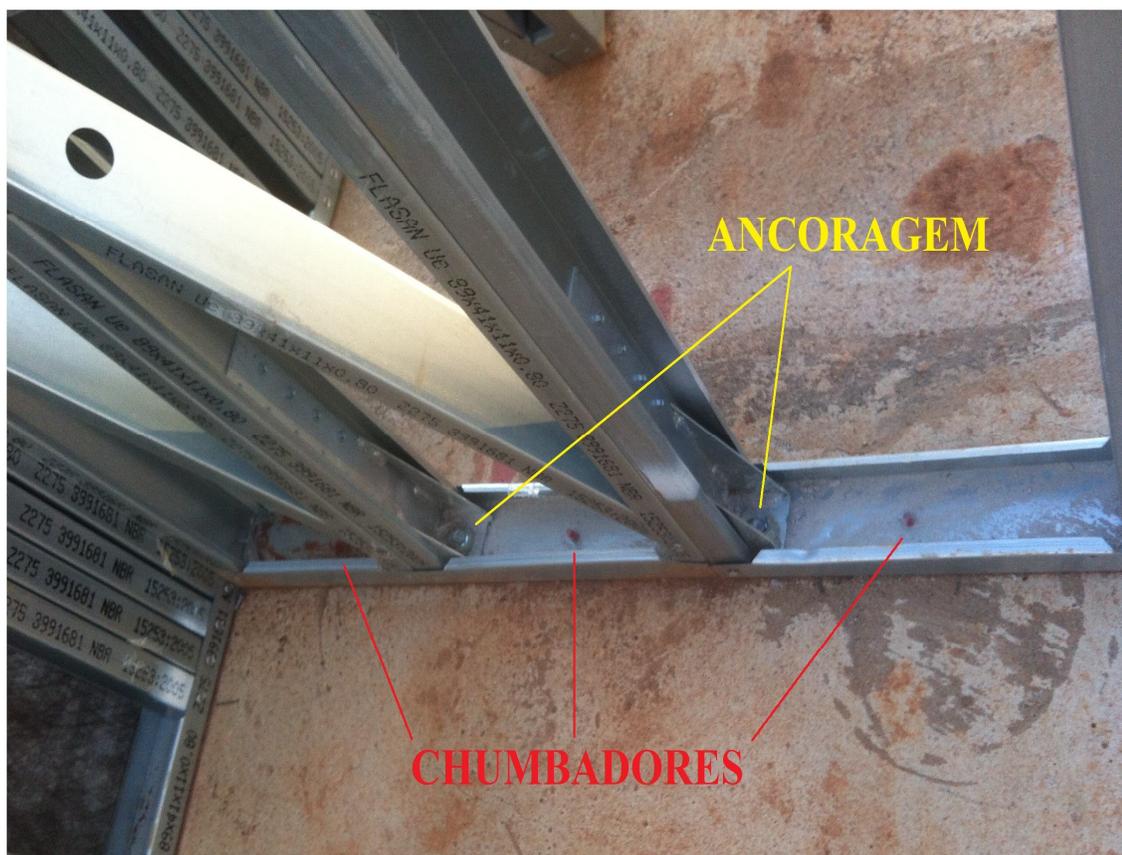
Após a fabricação dos painéis de aço, os mesmos serão fixados à fundação através de chumbadores (FIG. 28), que são responsáveis em garantir a transferência das cargas da edificação para a fundação e dessa para o terreno. Para tanto, a estrutura em si, deve estar devidamente ancorada a fundação, nos pontos e formas definidos pelo cálculo.

Figura 28 - Parafusos utilizados como chumbadores



FONTE: Acervo do autor (2014)

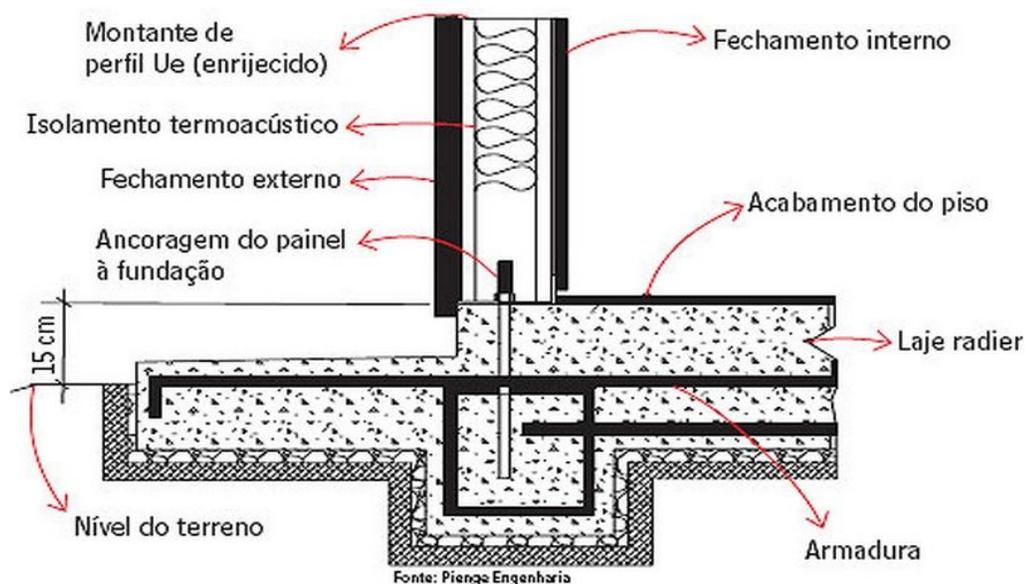
Figura 29 - Chumbadores e a ancoragem dos perfis metálicos ao radier "in loco"



FONTE: Acervo do autor (2014)

Ancoragem é a maneira construtiva que a estrutura deve se prender a fundação e permitir que a transmissão de esforços impeça qualquer deslocamento indesejável. Toda ancoragem é feita num perfil estrutural na posição horizontal e nele são presos os montantes ou chamados perfis verticais, conforme esquematizado na FIG. 30.

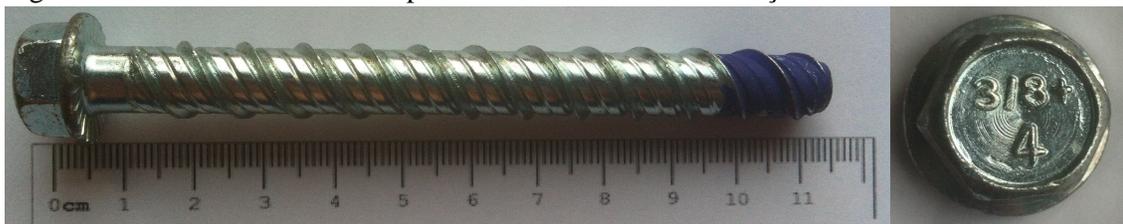
Figura 30 - Esquema de ancoragem dos perfis metálicos ao radier



FONTE: Google Imagens

A ancoragem foi realizada através de chumbadores mecânicos tipo parafuso, conforme FIG. 31. Esse chumbador é composto de peça única, em aço médio carbono, temperado e revestido, que lamina a rosca no concreto alcançando excelente desempenho. Sua instalação é rápida e fácil devido à rosca dupla com inclinação de 30°, a distância é reduzida na borda e entre ancoragens, pois não há expansão, pode ser removido e reutilizado, possui identificação das dimensões gravadas na cabeça do chumbador facilitando inspeções, possui um melhor acabamento por ter cabeça sextavada de perfil baixo e sua aderência é atribuída por todo seu corpo, suportando até 30% a mais de carga se comparado aos chumbadores expansíveis.

Figura 31 - Chumbador utilizado para fixar a estrutura na fundação



FONTE: Acervo do autor (2014)

5.2 Perfis 0,80mm

Os perfis estruturais utilizados nessa obra foram os de 0,80mm. Esses perfis são perfilados e pré-montados na própria fábrica, contendo diversas informações, bem como a obra na qual será utilizado (UBS), a tipologia da obra (T1T), a cidade da edificação (Candeias), a espessura desses painéis (0,80mm) e a numeração do painel no qual ele deverá ser alocado de acordo com a planta estrutural (Pn75), conforme mostrado na FIG. 32.

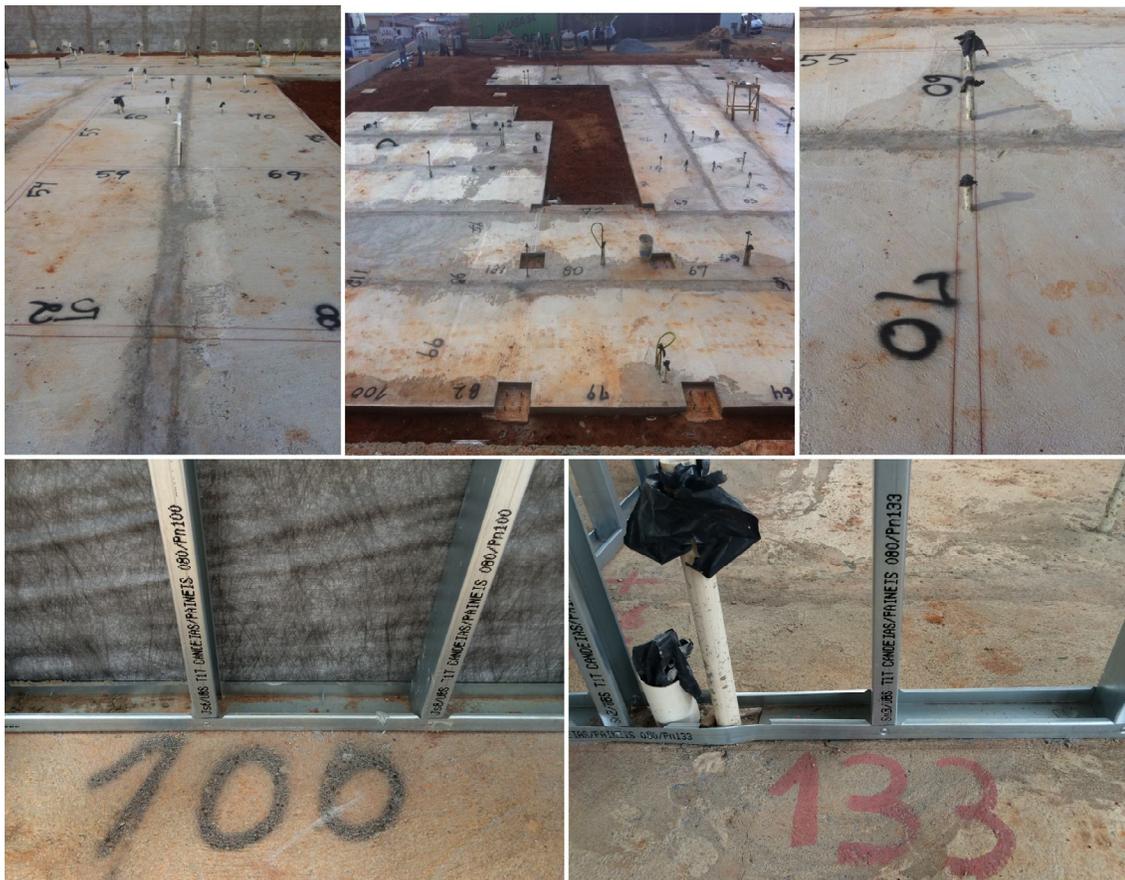
Figura 32 - Painéis estruturais da obra, mas especificamente o de número 75.



FONTE: Acervo do autor (2014)

Depois da marcação utilizando giz de linha para gabaritar os locais onde serão fixados os painéis, é marcado também no radier a numeração nesses gabaritos, os quais receberão os perfis destinados àquela posição (FIG. 33). Esse processo facilita e agiliza a montagem desses painéis aos quais podemos comparar com um quebra-cabeça gigante.

Figura 33 - Marcação do gabarito e seus respectivos painéis



FONTE: Acervo do autor (2014)

5.3 Painéis e Placas

Para a construção da Unidade Básica de Saúde, foram utilizadas placas cimentícias com espessura de 10mm, as quais estão dentro das especificações do fabricante para o fechamento externo da obra. Apesar do caderno de especificações sugerir que as placas utilizadas fossem de 12mm, essas foram substituídas pelo fato de não encontrarmos essa espessura no mercado, devido à demanda de materiais específicos para essa metodologia de construção. Porém o fato foi comunicado a SES/MG e essa deu um parecer favorável a nossa justificativa aprovando a substituição.

As placas utilizadas possuem 2.400mm de comprimento por 1.200mm de largura mostradas na FIG. 34, estando dentro do parâmetro de modulação utilizado nesse tipo de construção.

Figura 34 – Placas Cimentícias.



FONTE: Acervo do autor (2014)

5.4 Lajes e Coberturas

Foram utilizadas nessa edificação dois tipos de lajes. A laje úmida foi utilizada somente na laje que sustenta a caixa d'água, ocupando uma área de 17,25m² de um total de 440,83m² de laje e a do tipo seca foi utilizada no restante da edificação.

Por se tratar de uma edificação do tipo térrea, isto é, onde não existe nenhum outro pavimento além daquele que está sobre a fundação, não houve a necessidade da aplicação de uma área maior de laje úmida, já em outras obras acompanhadas, por se tratarem de edificações em aclave e/ou declive, onde existia um pavimento tipo sobre outro, foi necessária a aplicação de uma área maior de laje úmida nos ambientes onde havia a sobreposição dos pavimentos.

Apesar do pórtico não ter nenhuma função estrutural na edificação, o emprego desse para sustentar as caixas d'água foi de extrema importância para a segurança dessa obra.

Figura 35 - Pórtico da caixa d'água



FONTE: Acervo do autor (2014)

A cobertura utilizada nesse estudo de caso foi a metálica (FIG. 36), com chapas onduladas simples que foram encomendadas para essa obra, possuindo 1.100mm de largura por 2.700mm de comprimento, conforme FIG. 37.

Figura 36 - Estrutura do telhado



FONTE: Acervo do autor (2014)

Figura 37 - Telhado coberto com telhas metálicas



FONTE: Acervo do autor (2014)

5.5 Esquadrias

Para essa obra foram adotados três tipos de esquadrias, sendo elas de madeira, metálica e a composta de alumínio e vidro.

As esquadrias de madeira compuseram as 30 portas que separam os ambientes dessa edificação, e dentre elas existem portas de uma e duas folhas, tanto de correr quanto de abrir. Já as esquadrias metálicas continham menor número, e foram compostas de 5 portas, de uma ou duas folhas, ambas são de veneziana, e um alçapão de ferro.

A esquadria mais onerosa dessa obra foi a de alumínio e vidro. Deste tipo utilizou-se em 28 janelas, tanto de correr quanto basculante, compostas de vidro temperado com 8 mm de espessura e 6 portas tanto de abrir quanto de correr, porém essas possuem a espessura de 9 mm.

Figura 38 - Esquadrias de alumínio e vidro



FONTE: Acervo do autor (2014)

5.6 Instalações Elétricas e Hidráulicas

As instalações elétricas (FIG. 39) e hidráulicas (FIG. 40) no sistema LSF são projetadas e executadas seguindo os mesmos parâmetros e materiais utilizados na construção convencional.

Figura 39 - Instalação Elétrica



FONTE: Acervo do autor (2014)

Foi utilizado eletrodutos metálicos e eletrocalhas lisas com tampas, que além de atender às prescrições da norma, melhora muito a questão de possíveis interferências eletromagnéticas.

A parte hidráulica como podemos ver na imagem abaixo, é passada pelos locais pré-definidos nos perfis metálicos, o que facilita muito sua instalação.

Figura 40 - Instalação Hidráulica



FONTE: Acervo do autor (2014)

A passagem dos eletrodutos e tubos acontecem sem nenhuma geração de entulho (quebradeira) e interferências com as demais instalações. Para evitar transtornos, o ideal é iniciar essa fase após a finalização completa da estrutura das paredes e lajes e, se possível, quando os revestimentos externos e a cobertura já estiverem instalados, pois dessa forma, evita-se que as intempéries danifiquem os materiais e aumentando assim o risco de acidentes.

5.7 Isolamento Térmico e Acústico

Entre a estrutura do telhado e as chapas metálicas foi instalado um isolante térmico (FIG. 41) composto por polietileno, extremamente durável, resistente a rasgos e rupturas, podendo se manter estável em suas características e propriedades ao suportar temperaturas que variem de -73°C até 100°C , além disso, esse isolante utilizado possui uma exclusiva característica de respirabilidade que permite a passagem do vapor d'água e umidade, evitando assim a formação de mofo, bolor e possibilitando a secagem desse isolante com maior eficiência.

Figura 41 - Isolante térmico instalado entre a estrutura e o telhado



FONTE: Acervo do autor (2014)

Tanto nas paredes externas quanto internas foi aplicado o isolamento termoacústico com feltros flexíveis, constituídos de lã de vidro aglomerados com resinas sintéticas especiais

para utilização em temperaturas médias (até 150°C). É um material leve e flexível, fornecido sob a forma de rolos (FIG. 42), em várias densidades e espessuras. Nessa obra foi utilizado o feltro com densidade de 12,00 kg/m³ e espessura de 50 mm que são disponibilizados em rolos com 12,50m de comprimento por 1,20m de largura.

Quanto à propriedade física, possui alta capacidade de resiliência, recuperando sua espessura original após a retirada da força que causou a deformação e é muito resistente à água, pois repele essa no estado líquido devido aos aditivos adicionados ao produto.

Possui como características a total estabilidade dimensional, não são atacados por insetos ou roedores, não favorecem a proliferação de fungos ou bactérias, não apodrecem, não afetam as superfícies em que mantêm contato e a linha de feltros utilizadas FSB-12 ainda recebem a classificação de incombustíveis.

Figura 42 - Estocagem do isolante termoacústico - lã de vidro.

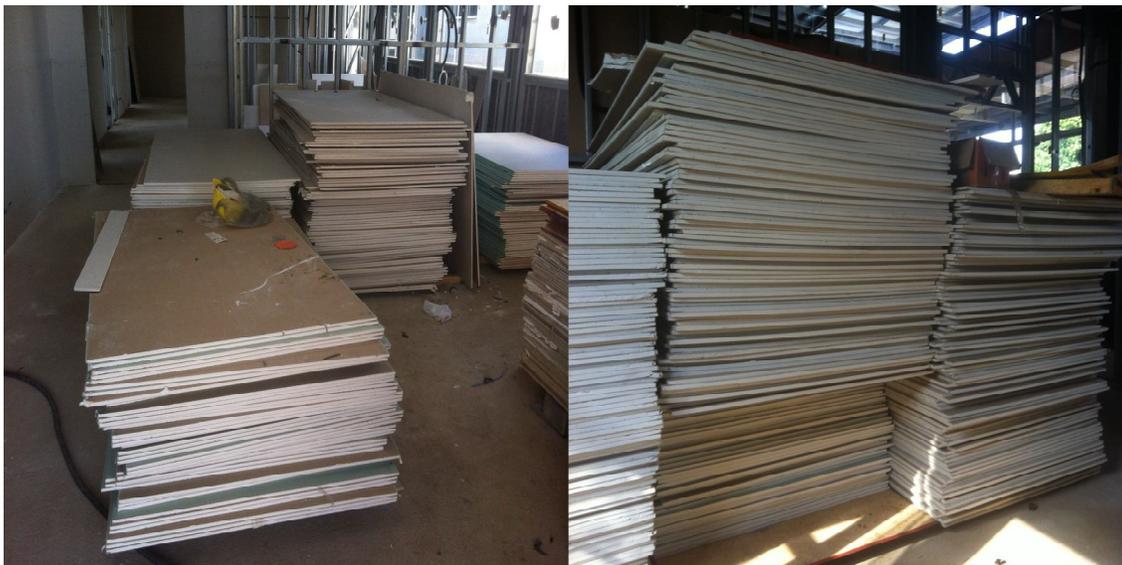


FONTE: Acervo do autor (2014)

5.8 Acabamento

Para o fechamento interno dessa obra, foram utilizadas placas de gesso acartonado, fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas lâminas de cartão, em que uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra, conferindo ao gesso uma resistência à tração e flexão. É um material muito utilizado tanto em obras dessa metodologia quanto em obras convencionais, são as mesmas utilizadas no sistema *drywall* e não desempenham função estrutural.

Figura 43 - Estocagem das placas de gesso acartonado na obra.



FONTE: Acervo do autor (2014)

As paredes em *drywall* são constituídas por essas chapas de gesso, aparafusadas em ambos os lados de uma estrutura de aço galvanizado que pode ser simples ou dupla, se porventura for utilizada a chapa simples, essa deverá ter no mínimo 12,5 mm de espessura. Essas chapas de gesso são comercializadas com espessuras de 9,5, 12,5 e 15 mm, largura de 1200mm e comprimentos que podem variar de 1800 a 3600 mm.

Figura 44 - Placas de gesso acartonado assentadas no corredor principal da obra



FONTE: Acervo do autor (2014)

Nessa obra foi realizado um acabamento interno com placas de gesso acartonado (1200 x 2400mm) com espessura de 12,5 mm. Em 66% desse fechamento interno foi utilizada a placa comum (cor natural) própria para áreas secas e os 34% restantes foi utilizada as placas resistentes a umidade (cor verde) que foram aplicadas em ambientes úmidos que além do cuidado específico da colocação desse tipo de placa nesses ambientes ainda foi aplicado um acabamento em cerâmica branca conforme FIG. 45.

Figura 45 - Revestimento cerâmico aplicado sobre o placa de gesso verde



FONTE: Acervo do autor (2014)

Tanto na parte interna quanto externa, constava como acabamento final realizado em pintura látex, essa sendo aplicada em 3 demãos. Na parte interna da obra essa situação se comporta de forma satisfatória, pois não há ação de intempéries diretamente nesse acabamento, já na parte externa, mesmo constando na planilha que esse acabamento deveria ser realizado em pintura látex, o construtor resolveu aplicar outro acabamento, pelo fato dessa pintura estar diretamente em contato com as intempéries, isso acarretaria num desgaste que com o passar do tempo deixaria aparente as emendas das placas utilizadas no fechamento externo (placas cimentícias). Foi utilizado então um acabamento em textura (FIG. 46), que foi autorizado pela Secretaria Estadual da Saúde, desde que essa mudança não onerasse o valor licitado.

Figura 46 - Acabamento externo feito em textura



FONTE: Acervo do autor (2014)

6 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a evolução e o acompanhamento da obra, notou-se algumas vantagens dessa metodologia em relação ao método convencional em diversos aspectos.

Por se tratar de um sistema construtivo industrializado, a estrutura dos perfis de aço é produzida seguindo as normas da ABNT e sua pré-montagem é realizada por uma mão-de-obra qualificada na própria indústria, o que minimiza a geração de entulhos no canteiro de obras que por si só fica em torno de 3% nessa metodologia, muito diferente do método convencional onde temos um desperdício de 20% em média e sua fabricação é realizada por uma mão-de-obra pouco qualificada e predominantemente artesanal.

O LSF é um sistema construtivo classificado como construção energitérmica sustentável (CES), devido a sua grande eficiência energética, associada ao seu menor impacto ambiental, já que sua matéria prima possui um alto potencial de reciclabilidade (principalmente o aço) e o consumo de água é mínimo. Na construção convencional, se gasta muita água no preparo da matéria prima e seus componentes possuem um baixo potencial de reciclabilidade que nos leva a classificar esse sistema com graves problemas de insustentabilidade.

Em se tratando de uma estrutura leve, onde até o telhado possui perfis de aço na sua estrutura, esse tipo de construção em média pesa 80 kg/m² construído, as fundações são superficiais, com distribuição de cargas lineares e custo equivalente a 5% e 7% do total da obra. Já a construção em alvenaria que tem seu telhado geralmente composto por estrutura de madeira, pesa aproximadamente 225 kg/m² (com paredes de 15 cm) e as fundações podem ser profundas e não superficiais, com distribuição de cargas pontuais com custo de 10% a 15% do total da obra.

Na questão sobre o isolamento térmico e acústico esses podem atingir desempenhos maiores através da utilização de materiais industrializados com maiores resistências tanto térmica quanto acústica e na obra em alvenaria essa fica condicionada a resistência térmica e acústica dos materiais utilizados em sua construção (tijolo e cimento).

Quanto à segurança da edificação, digamos que o sistema LSF é mais resistente a abalos sísmicos, chegando a ser de uso obrigatório em regiões sujeitas a terremoto, além de sua estrutura ser mais resistente em casos de inundação e deslizamento de terra, sendo muitas vezes arrastada inteira com a estrutura intacta. O aço que compõe a estrutura da edificação é um excelente condutor para descarga elétrica, logo é resistente a raios também. Já o método

convencional não é adequado para regiões sujeitas aos abalos sísmicos e sua estrutura está mais sujeita ao desabamento em casos de inundação e deslizamento de terra, sem mencionar que essa estrutura não possui nenhuma resistência à queda de raios, muitas vezes sendo necessário realizar o aterramento com a colocação de pára-raios.

Quanto à manutenção, o sistema proposto é mais barato, fácil e rápido para reparos de defeitos ocultos (vazamentos, infiltrações, problemas elétricos, entupimentos, etc), com corte da placa de gesso, conserto, recolocação da placa, retoque e pintura, tendo a possibilidade de reaproveitamento dos materiais de construção. Caso o reparo seja feito em área molhadas (banheiros e cozinhas) o reparo pode ser realizado pelo lado externo da parede, sem necessidade de quebra do revestimento. Na alvenaria a manutenção para reparos de defeitos ocultos é mais onerosa, difícil e demorada, com quebra da parede, conserto, preenchimento do espaço, emassamento, lixamento, retoque e pintura, não havendo a possibilidade de reaproveitamento dos materiais e caso o reparo seja em área molhadas, esse é realizado pelo lado interno da parede, com a necessidade de quebra do revestimento.

No Steel Frame há possibilidade de obtenção de grandes vãos livres sem coluna, pelo fato das paredes internas não serem estruturais, característica essa que também possibilita a mudança e disposição de praticamente todas as paredes internas, a fim de aumentar ou diminuir ambientes. Na construção convencional é necessário a utilização de colunas de sustentação, dificultando a obtenção de grandes vãos livres e impossibilidade de mudança na disposição da maioria das paredes internas.

O prazo mais curto de execução da obra é o mais interessante dessa nova metodologia, chegando-se facilmente a uma média de 5 m² ou mais de área construída por dia de trabalho, muito diferente dos 1,5 m² obtidos em média na construção convencional.

Devemos levar em conta que tanto a construção em Steel Frame quanto a realizada em Alvenaria, ambas se encontram em acordo com o Código de Defesa do Consumidor (Lei 8.078/1990) e o Novo Código Civil (Lei 10.406/2002), e seguem as normas da ABNT quando nos referimos à resistência ao fogo e possuem uma durabilidade acima de 300 anos.

A própria Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, em sua premiação que acontece ao final de cada ano, destacou no ano passado na categoria sistemas construtivos essa metodologia construtiva (LSF), enfatizando a velocidade de execução, a redução do custo com mão de obra e desperdício de material, além da emissão de CO₂ na natureza, que chega a ser 80% menor em comparação ao sistema construtivo tradicional.

Em se tratando de uma metodologia nova e também por fazer parte do primeiro lote de UBS disponibilizadas pelo Estado de Minas Gerais, essa construção teve alguns percalços

inerentes, por se tratar dos primeiros projetos e planilhas padrões referentes a essa metodologia elaborado pelo Governo de Minas Gerais. Quanto aos projetos, esses continham alguns erros simples do tipo: a laje na entrada da construção não constava em planta, porém estava na planilha, faltava a indicação de alguns layout's dentre outros erros pequenos de elaboração de projetos. Na planilha orçamentária, houve um erro grosseiro na quantidade de ferro que comporia os pórticos, sendo que foi planilhado a quantidade de 2.690 kg de aço corten e que na verdade seriam necessários 8.479,42 kg, o que acarretaria num aumento de R\$95.369,10 (noventa e cinco mil trezentos e sessenta e nove reais e dez centavos), conforme ofício de solicitação de aditamento de valores encaminhado a Secretaria de Planejamento/Obras do Município de Candeias (ANEXO I).

A Prefeitura Municipal de Candeias/MG não teria condições de arcar com esse aporte de recursos, dessa maneira foi sugerido ao construtor a substituição dessa estrutura maciça (perfil I) por uma mais leve formada por perfis U enrijecidos de 200mm unidos uns aos outros formando um perfil caixa, já que essa estrutura não teria nenhuma função estrutural, somente estética para a obra. Um ponto de grande valia nesse trabalho foi o reconhecimento do Estado de Minas Gerais de que sua planilha continha esse erro e que a partir da nossa comunicação essa unidade federativa adotou essa alternativa para outros municípios que não teriam condições de arcar com essa contrapartida. Sendo assim, foi corrigido tanto os projetos quanto as planilhas do segundo lote de UBS disponibilizadas pelo Governo do Estado de Minas Gerais.

O tempo de execução dessa obra não seguiu os parâmetros inerentes a essa metodologia, pois vários foram os fatores justificáveis que ocorreram para esse acontecimento. Por se tratar de uma metodologia inovadora, o mercado da construção civil não estava preparado para atender a demanda de materiais de construção utilizados no sistema construtivo *Light Steel Framing*, o que ocasionou em um atraso significativo na obra. Outro fator relevante foi o atraso no pagamento da segunda parcela de repasse do Governo do Estado de Minas Gerais, já que a primeira parcela (30%) foi disponibilizada no momento em que enviamos a Ordem de Início de Serviço a essa Unidade Federativa e a segunda parcela (70%) só foi disponibilizada 3 meses depois, com a justificativa de que por se tratar de ano eleitoral, os repasses oriundos do Estado de Minas Gerais sofreriam um atraso. Esse fato ocorreu sem maiores informações e/ou explicações aos municípios contemplados com essas obras. Portanto os municípios ficaram de mãos atadas diante dessas duas justificativas e dessa forma o período de execução que a princípio deveria ser de 6 meses, levará 11 meses para sua conclusão.

Retirando essas ressalvas, essa metodologia, possui muito mais vantagens, pois como mencionado no início desse tópico, essas são inúmeras, é rápida, limpa, as peças vêm gabaritadas e cortadas, e as instalações elétricas e hidráulicas são bem simples.

A viabilidade técnica foi demonstrada nesse trabalho, e creio que a viabilidade econômica não demorará a se comparar com a do sistema convencional, já que essa diferença não é tanta, principalmente se considerarmos a redução do período de execução da construção.

7 CONCLUSÃO

Inicialmente cabe destacar a importância do trabalho de conclusão de curso, em que o acadêmico agrega o conhecimento necessário para a vida profissional, englobando a teoria e prática neste tipo de estudo.

Neste sentido, com os resultados obtidos, foi possível verificar a viabilidade técnica na construção não só de Unidades Básicas de Saúde e sim em qualquer tipo de obra, seja essa pública ou privada.

A escolha por estudar o sistema *Light Steel Framing* para construções públicas se deve ao fato da necessidade em incluir um tipo de sistema que seja eficiente durante e após a execução da obra, atendendo requisitos como durabilidade, racionalização e principalmente sustentabilidade. Essa metodologia é caracterizada por sua típica industrialização, agilidade, versatilidade, leveza e praticidade, requisitos esses essenciais para se construir bem.

A construção sustentável, se dá com a minimização do consumo de recursos naturais e a maximização da sua reutilização, o uso de recursos renováveis e recicláveis, a proteção do ambiente saudável e não tóxico e a qualidade na criação do ambiente construído. De acordo com estes princípios são definidas as linhas gerais que conduzem a uma construção mais sustentável.

Por se tratar de um material 100% sustentável, o aço preserva totalmente o ambiente construído com rapidez e limpeza, pois as peças vem gabaritadas, cortadas e sua montagem é muito simples, além de apresentar obras secas, de onde dificilmente vazam líquidos contaminantes.

Este trabalho foi elaborado num período em que a sociedade passa por enormes dificuldades perante a escassez de água, ainda não estamos no padrão de culturas que já assumiram mais cuidado com esse recurso e estamos pagando hoje pelo uso abusivo e desenfreado dos últimos anos.

Essa metodologia apresentada é uma forma da construção civil se sobressair diante da escassez de recursos hídricos atual.

Agir para que o presente e o futuro sejam sustentáveis é responsabilidade de todos!

REREFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6355** - Perfis estruturais de aço formados a frio: Padronização. ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 9574** - Execução da impermeabilização. ABNT, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9575:2010** - Impermeabilização: Seleção e projeto. ABNT, Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 15253** - Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE BLOCO E CHAPAS DE GESSO – Abragesso. Manual de montagem de sistemas drywall. São Paulo: PINI, 2004.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 25 abr. 2014.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Frame**. 2005. 231f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem / Luís Andrade de Mattos Dias**. São Paulo: Zigurate Editora, 1997. 297p.

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CASTRO, Renata C. Morais de. **Steel Framing: Arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

HERNANDES, H. Palestra Steel Framing, CBCA, 2004.

JOHN, Vanderley. M.*et al.* (Org.). **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. Projeto FINEP 2386/4. São Paulo, 2007.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado da Saúde. Subsecretaria de Vigilância e Proteção a Saúde. Superintendência de Vigilância Sanitária. Diretoria de Infraestrutura Física. **Projeto Unidade Básica de Saúde**. Belo Horizonte: SES/MG, 2012.

RIBEIRO, Lubienska Cristina Lucas Jaquiê; JACINTO, Ana Elisabeth Paganelli Guimarães de Avila; LINTZ, Rosa Cristina; GACHET - BARBOSA, Luisa Andréia; VALLIN, Júlio Jim Ti. **Sustentabilidade na construção civil brasileira**. Brasil - Feira de Santana, BA. 2009. 14p. ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO, 2009. Feira de Santana, BA.

REVISTA ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO Editora Abril, Edição Abril/2014.

REVISTA TÉCNICA, **Como construir**. Steel Frame - fundações, parte 1. **Técnica**. v. 16 n. 135 p. 77-80, junho 2008.

REVISTA TÉCHNE, **Como construir**. Steel Frame - estrutura, parte 2. **Téchne**. v. 16 n. 137 p. 84-88, agosto 2008.

REVISTA TÉCHNE, **Como construir**. Steel Frame - fechamento, parte 3. **Téchne**. v. 16 n. 139 p. 77-80, outubro 2008.

REVISTA TÉCHNE, **Como construir**. Steel Frame - cobertura, última parte. **Téchne**. v. 16 n. 144 p. 77-80, março 2009.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia / Francisco Carlos Rodrigues**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 127p. 29 cm. - (Série Manual de Construção em Aço). ISBN 85-89819-11-6.

STACHERA JUNIOR, Theodozio; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy. **A emissão de gases causadores do efeito estufa no processo de produção de algumas indústrias do setor de cerâmica vermelha de Curitiba**. Brasil - Florianópolis, SC. 2006. 10 p. Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 11., 2006, Florianópolis.

GLOSSÁRIO

Aço zincado por eletrodeposição: Aço obtido em um processo contínuo de galvanização, onde a chapa de aço é revestida em uma ou em ambas as faces, por uma camada de zinco aplicado por eletrodeposição, adquirindo um revestimento zincado e grande resistência à corrosão.

Aço zincado por imersão a quente: Aço obtido em um processo contínuo de galvanização, onde a chapa de aço mergulha em um pote de zinco líquido, adquirindo um revestimento zincado e grande resistência a corrosão.

Alinhamento dos perfis: Método de estruturação onde todos os elementos que recebem cargas horizontais e verticais estão alinhados de forma a transferir adequadamente a carga.

Alma: parte do perfil situado entre as abas.

Ancoragem: Barra de metal, cabo, tira ou pino que prende peças estruturais (como vigas e treliças) a suas bases estruturais (como fundações).

Argamassa armada : Sistema de revestimento constituído de telas expandidas de aço zincado fixadas por meio de grampos ao painel base, servindo de ancoragem para o revestimento em argamassa projetada.

Autoportante: que se sustenta com o apoio de apenas uma extremidade.

Balanço: ver Platibanda / Beiral.

Bloqueador: bloco sólido ou pedaço de material colocado entre elementos estruturais para prover reforço lateral como ponte ou suporte de canto para os fechamentos.

Cantoneira: Chapa de metal em ângulo (normalmente reto - 90°), usada comumente para ligações.

Carga Axial: força longitudinal que atua em um elemento. Exemplos podem ser as cargas que atuam sobre as colunas ou perfis.

Chapas de Gesso Acartonado : Chapas fabricadas industrialmente mediante um processo de laminação contínua de uma mistura de gesso, água e aditivos entre duas laminas de cartão, onde uma é virada sobre as bordas longitudinais e colada sobre a outra.

Diafragma: sistema de cobertura ou piso desenhado para transmitir esforços laterais para as paredes ou elementos verticais estruturais.

Diagonais ou montantes da estrutura do telhado: Conexões entre os caibros ou terças e os perfis de laje do forro.

Drywall: significa em português "parede seca", é uma tecnologia que substitui as vedações internas convencionais (paredes, tetos e revestimento) de edifícios de quaisquer tipos, consistindo de chapas de gesso aparafusadas em estruturas de perfis de aço galvanizado.

Enrijecedor: A parte do perfil C que é dobrada para dentro após a mesa e que serve para enrijecer o perfil.

Enrijecedor da alma: conectores ou reforços colocados para evitar flambagem do perfil.

Encontro dos perfis de laje com apoio comum: dois ou mais perfis colocados sobre um suporte comum, onde o trecho final de um perfil está fixado no trecho final do outro.

Espessura do material (aço): Espessura da chapa de aço excluindo qualquer revestimento.

Junta: ponto de ligação entre duas peças ou perfis.

Guia: montante horizontal em forma de U simples, utilizado como perfil de topo ou de base

Furo ou abertura nas almas: ver recorte.

Fechamento estrutural: todo fechamento que tenha também função estrutural fixado nos montantes das paredes.

Mesa: a parte do perfil C (montante) ou da guia que é perpendicular a alma.

Montante: perfil vertical.

Montante auxiliar: Perfil estrutural vertical que não tem a altura total da parede e serve de apoio para os perfis da bandeira das esquadrias (verga).

Montante intermediário dos vãos de esquadrias: pedaço de montante colocado entre a guia superior (verga) e a esquadria ou entre a esquadria e a guia inferior da parede para a distribuição dos esforços e a fixação de fechamentos.

Montante mestre ou Principal: Perfil estrutural vertical com altura igual ao pé direito e que suporta cargas verticais e laterais. Normalmente localizado na extremidade de um perfil de verga ou encabeçamento e adjacente ao montante auxiliar.

Oitão: paredes triangulares que fazem o fechamento e suporte das inclinações do telhado.

OSB - "Oriented Strand Board" : Painel de madeira com uma liga de resina sintética, feita de quatro camadas prensadas cruzadas com tiras de madeira, ou “strands”, alinhadas em escamas, de acordo com o EN 300 OSB (Pré-Norma Européia).

Parede de cisalhamento ou diafragma: Parede vertical montada para resistir a esforços laterais de vento ou abalos sísmicos que atuam paralelos ao plano da parede.

Paredes estruturais: paredes que suportam cargas.

Paredes não estruturais: paredes divisórias que não suportam cargas.

Perfil C ou montante: forma básica de Perfil conformado a frio usado para a estrutura (como montante, viga, verga e caibros).

Perfil de laje: Perfil estrutural horizontal que suporta as cargas no piso.

Perfil de laje de forro: perfil estrutural horizontal que suporta as cargas do telhado e sótão.

Perfil de laje contínuo: um perfil de laje de piso ou forro que ultrapassa seus apoios.

Perfil estrutural de aço formado a frio: Perfil obtido por dobramento, em prensa dobradeira, de tiras cortadas de chapas ou bobinas, ou por conformação contínua em conjunto de matrizes rotativas, a partir de bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas ou não, sendo ambas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente.

Placa Cimentícia : Painel para fechamento interno ou externo de paredes, composto de cimento Portland, agregados naturais , reforçados por fios e/ou fibras sintéticas e/ou naturais e que pode ser parafusado diretamente nos perfis de aço zincado do *Sistema Construtivo em Steel Frame*.

Platibanda ou balanço: uma extensão da estrutura de telhado (beiral) ou piso, sem apoio.

Ponte ou ligação: tira de aço cruzada ou bloqueador colocado entre os perfis de laje para suportar esforços laterais.

Radier: é um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno, na qual toda estrutura se apoia. Geralmente, é dimensionado com base no modelo de placa sobre base elástica, isto é, o solo é visto como um meio elástico formando infinitas molas que agem sobre o inferior da placa, gerando uma reação proporcional ao deslocamento.

Recorte (ou furo): Uma abertura na alma do perfil de aço que permite a passagem instalações elétrica e hidráulica e de utilidades. Este furo pode ser feito durante a fabricação do perfil de forma automática ou na própria obra com furadeira manual, serra ou outra ferramenta adequada.

Reforço de cumeeira: reforço utilizado para perfis de estrutura do telhado próximos a cumeeira.

Rincão: A linha horizontal formada pelo alinhamento do topo das terças, no encontro de duas águas do telhado.

Sapata Corrida: é um tipo de fundação rasa contínua que recebe as ações dos painéis e as transmite ao solo. Pode-se dizer que é uma viga de concreto armado de base alargada (aba), para melhor distribuir a ação oriunda do painel (ou parede) ao solo. É construída numa vala sobre um solo cuja resistência é condizente com a intensidade de carregamento a ela transmitida pela largura da aba da sapata. O solo do fundo da vala deve ser apiloado e um lastro de concreto magro geralmente é colocado.

Siding Cimentício: Sistema de revestimento composto de lâminas de cimento Portland, agregados naturais, reforçados por fios e/ou fibras sintéticas e/ou naturais. Com a mistura destes materiais se obtém um produto homogêneo, de superfície lisa e de alta resistência.

Siding Vinílico : Sistema de revestimento composto de perfis de PVC fabricados com aditivos especiais que garantem resistência e durabilidade adequadas aos padrões de habitabilidade. O material já vem em cores e não necessita de pintura. Vem sendo utilizado há mais de 20 anos nos Estados Unidos.

Sistema Construtivo em Steel Framing: Sistema construtivo de concepção racional, para a fabricação e montagem industrializada e em grande escala, quase todo a seco, onde os perfis estruturais formados a frio em aço zincado são utilizados para a composição das paredes estruturais, vigas secundárias e vigas de piso, e perfis não estruturais formados a frio em aço zincado podem ser utilizados para as paredes.

Steel Deck : forma metálica de aço zincado para a fabricação de lajes de concreto com forma incorporada.

Terça ou caibro: Perfil de aço estrutural (normalmente inclinado) que suporta o peso do telhado.

Tesoura metálica: tesoura feita com perfis U enrijecido e simples.

Tira de Chapa: tira lisa com largura específica e sem dobras. Muito usada como contraventamento e tirantes para a transferência de carga.

Vão: distancia entre dois apoios.

Vão múltiplos: O vão vencido por um perfil contínuo com apoios intermediários.

Vão simples: o vão vencido por um único perfil sem apoios intermediários.

Verga: Conjunto de perfis estruturais usados sobre aberturas em parede ou telhado para transferir as cargas incidentes para a estrutura subjacente.

Viga Baldrame: é uma estrutura que se apoia em blocos de fundação geralmente sobre estacas. As estacas são geralmente brocas executadas de maneira tradicional. A opção por viga baldrame, em conjunto com os blocos de fundação, se dá quando a resistência do solo só é encontrada em profundidades maiores.

ANEXOS

ANEXO I – Pedido de Aditivo Financeiro



Oliveira, 24 de Abril de 2014.

À

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANDEIAS

ATT. SR. SECRETÁRIO DE PLANEJAMENTO/OBRAS

ASSUNTO: CONTRATO PAL 243/2013 – CONSTRUÇÃO DE UBS EM LIGHT STEEL FRAMING

STRADA SINALIZAÇÕES E CONSTRUÇÕES LTDA, detentora do contrato em epígrafe para construção de UBS no sistema Light Steel Framing, vêm requerer e justificar aditamento do contrato referente a realização do seguinte item da planilha.

02.01 – código CAH 9205 – Fornecimento, fabricação, transporte e montagem de estrutura metálica aparente em aço Corten, conforme projeto, unidade KG, quantidade a ser aditivada 5.789,42 kg conforme planilha (8.479,42 – 2.690,00 kg = 5.789,42), relatório fotográfico e memória de cálculos anexados.

Tal aditivo se torna necessário em virtude de erro de cálculo do peso conforme comprovado pelos documentos anexados.

O valor a ser aditivado é (5.789,42 x 12,92 x 4% (adm. local) x 25% (BDI)) de R\$ 95.369,10 (noventa e cinco mil, trezentos e sessenta e nove reais e dez centavos).

Pede deferimento.

Atenciosamente

Strada Sinalizações e Construções Ltda

Márcio Pires de Souza – Responsável Técnico – Crea-MG 65.648/D

ANEXO II – Resumo da Planilha Orçamentária

PLANILHA DE PREÇOS - RESUMIDA			
UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE - UBS T1T		DATA:	26/10/2012
MUNICÍPIO: CANDEIAS - MG		DATA BASE:	SET/2012
ITEM	DESCRIÇÃO	%	VALOR
01.	MOVIMENTO DE TERRAS	0,87%	R\$ 9.517,00
02.	INFRA-ESTRUTURA: FUNDAÇÕES	8,36%	R\$ 90.982,26
03.	SERVIÇOS PRELIMIARES	1,30%	R\$ 14.178,58
04.	ESTRUTURAS DE CONCRETO E METÁLICA	16,11%	R\$ 175.430,63
05.	FECHAMENTOS E DIVISÕES	13,03%	R\$ 141.935,08
06.	COBERTURAS	3,12%	R\$ 34.004,20
07.	IMPERMEABILIZAÇÕES E ISOLAMENTO	0,95%	R\$ 10.311,32
08.	INSTALAÇÃO HIDRO-SANITÁRIA	4,88%	R\$ 53.182,46
09.	PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO	0,13%	R\$ 1.429,27
10.	DRENAGEM	1,13%	R\$ 12.334,41
11.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	4,52%	R\$ 49.194,92
12.	CABEAMENTO ESTRUTURADO	0,66%	R\$ 7.232,78
13.	CFTV E SONORIZAÇÃO	0,13%	R\$ 1.404,76
14.	SPDA	1,11%	R\$ 12.042,52
15.	CLIMATIZAÇÃO	0,19%	R\$ 2.074,14
16.	ESQUADRIA DE MADEIRA	1,66%	R\$ 18.072,13
17.	ESQUADRIA DE ALUMINIO E VIDRO	2,87%	R\$ 31.303,48
18.	ESQUADRIA METÁLICA	0,56%	R\$ 6.043,61
19.	REVESTIMENTOS INTERNO E EXTERNO	2,12%	R\$ 23.096,25
20.	PISOS	5,14%	R\$ 55.946,38
21.	ESPELHOS	0,14%	R\$ 1.555,75
22.	PINTURA INTERNA / EXTERNA	4,17%	R\$ 45.377,86
23.	BANCADAS	1,11%	R\$ 12.094,51
24.	MARCENARIA	0,12%	R\$ 1.300,00
25.	SINALIZAÇÃO	0,22%	R\$ 2.391,98
26.	URBANIZAÇÃO E OBRAS COMPLEMENTARES	3,66%	R\$ 39.870,98
27.	LIMPEZA GERAL	0,16%	R\$ 1.720,80
	TOTAL DA PLANILHA:		R\$ 854.028,06
28.	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	1,57%	R\$ 17.080,56
	TOTAL GERAL (BDI 25%):	100,00%	R\$ 1.088.885,78

ANEXO III – Planta Baixa da Edificação