

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMGRAD CIVIL**

Norton Appelt Solla

**LIGHT STEEL FRAMING – O POTENCIAL DE UM MÉTODO
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA UNIDADES
COMERCIAIS**

Porto Alegre
Dezembro 2017

NORTON APPELT SOLLA

**LIGHT STEEL FRAMING: O POTENCIAL DE UM MÉTODO
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA UNIDADES
COMERCIAIS**

Trabalho de Diplomação apresentado à COMGRAD-CIVIL da
Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil

Orientador: Luis Carlos Bonin

Porto Alegre
Dezembro 2017

NORTON APPELT SOLLA

**LIGHT STEEL FRAMING: O POTENCIAL DE UM MÉTODO
CONSTRUTIVO INDUSTRIALIZADO PARA UNIDADES
COMERCIAIS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela COMGRAD CIVIL da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2017

Prof. Luis Carlos Bonin
Mestre em Engenharia Civil pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)
Mestre em Engenharia pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Alexandre R. Pacheco (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela Pennsylvania
State University

Prof. José Alberto Azambuja (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela Universidade
Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Norton e Regina, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando durante os momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho, pela grande sabedoria transmitida e pelas horas dedicadas a discutir o conteúdo deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas e amigos pelo apoio durante o curso, com horas de estudos para encarar desafios que sozinhos não teríamos condições de superar.

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar
com mais inteligência.

Henry Ford

RESUMO

Este trabalho aborda as vantagens do sistema construtivo *Light Steel Framing* como solução alternativa para a construção de unidades comerciais assim como as limitações e dificuldades encontradas pelo sistema dentro de um mercado com pouca abertura para inovações. O trabalho é motivado pelo fato de que novos sistemas de construção mais industrializados podem agregar qualidade ao produto final e reduzir as grandes taxas de desperdícios e a baixa produtividade características do sistema tradicional utilizado no Brasil. O trabalho buscou na bibliografia nacional e internacional informações sobre o sistema *Light Steel Framing* identificando como as suas potencialidades podem ser decisivas na escolha do método construtivo utilizado para as construções de unidades comerciais. Além da pesquisa bibliográfica, foram feitas entrevistas com empresas do ramo atuantes na região do Rio Grande do Sul com o objetivo de analisar o cenário real do sistema dentro do estado. As empresas foram encontradas através de busca pela internet e indicação de profissionais do setor da construção civil, o que simula a procura de um cliente em potencial. Foram identificados uma série de fatores positivos e potenciais do sistema que geram claros benefícios ao cliente com interesses comerciais. No entanto, as entrevistas com as empresas revelaram um mercado ainda pouco desenvolvido e desorganizado, onde as boas práticas recomendadas pela literatura não são sempre observadas principalmente na fase de execução, que é caracterizada pela baixa qualificação de profissionais e falta de fiscalização por parte de corpo técnico qualificado. Por outro lado, o trabalho apresenta um caso de sucesso de utilização do sistema de estruturas leves de aço na construção de um estúdio de TV para os jogos olímpicos do Rio 2016. O caso demonstra que o potencial do sistema mencionado em estudos é atingível, desde que se invista em elaboração de projeto, treinamento de mão de obra e fiscalização dos processos.

Palavras-chave: Light Steel Framing. Inovação na Construção.
Construção Enxuta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático de edificação em LSF	14
Figura 2 – Projeto arquitetônico elaborado utilizando-se malha geométrica modular	22
Figura 3 – Edificação com fechamento em placas OSB	24
Figura 4 – Edificação térrea com fechamento em placas cimentícias	24
Figura 5 – Residência com acabamento em siding vinílico.....	26
Figura 6 – Componentes de sistema EIFS	27
Figura 7 – Detalhamento de paredes avaliadas por DATecs	29
Figura 8 – Tipologia de edificações destino de perfis de aço galvanizado para LSF	36
Figura 9 – Tipologia de edificações destino de perfis de aço galvanizado para Drywall.	37
Figura 10 – Manifestação patológica decorrente de interferência entre instalações de refrigeração e revestimento	42
Figura 11 – Preenchimento de vão com espuma expansiva	44
Figura 12 – Manifestação patológica decorrente da sobreposição de juntas das placas OSB e das placas cimentícias	44
Figura 13 – TV Tower construída para os jogos olímpicos do Rio de Janeiro	48
Figura 14 – Detalhamento de solução para paredes e lajes entre estúdios	49
Figura 15 – Detalhamento de solução adotada para laje e parede entre estúdio e ambiente externo	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Simulação de cronograma para equipe de 10 homens.....	17
Quadro 2 – Desempenho térmico obtido em testes pelas DATecs.....	31
Quadro 3 – TRRF mínimo por tipologia de edificação.....	34

LISTA DE SIGLAS

LSF – Light Steel Framing

CFSEI – Cold Formed Steel Engineers Institute

SFIA – Steel Frame Industry Association

OSB – Oriented Strand Board

EIFS – Exterior Insulation Finishing System

AISI – America Iron and Steel Institute

MSMA – Metal Stud Manufacturers Association

ST – Standard

RU – Resistente à Umidade

RF – Resistente ao Fogo

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

SiNAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

DATec – Documento de Avaliação Técnica

IPT – Instituto de Pesquisas Técnicas

TRRF – Tempo de Resistência de Reação ao Fogo

BIM – Building Information Modeling

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PVC – Polyvinyl Chloride

LISTA DE SÍMBOLOS

cm – Centímetros

mm – Milímetros

h – Horas

dB – Decibel

m² - Metro quadrado

% - Por cento

Ren/h – Renovações de ar por hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	10
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	10
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	10
2.2.1 Objetivo Principal	10
2.2.2 Objetivos Secundários	10
2.3 PRESSUPOSTO	10
2.4 PREMISA	11
2.5 DELIMITAÇÕES	11
2.6 LIMITAÇÕES	11
2.7 DELINEAMENTO	11
3 LIGHT STEEL FRAMING	13
3.1 HISTÓRICO.....	14
3.2 VANTAGENS DO SISTEMA CONSTRUTIVO.....	16
3.2.1 Velocidade de Produção.....	17
3.2.2 Sustentabilidade.....	18
3.2.3 Precisão e Desempenho.....	19
3.3 MÉTODO CONSTRUTIVO	19
3.3.1 Projeto	21
3.3.2 Fundações.....	22
3.3.3 Painéis.....	22
3.3.4 Laje.....	23
3.3.5 Cobertura.....	23
3.3.6 Fechamento Vertical.....	23
3.3.6.1 Placa OSB.....	23
3.3.6.2 Placa Cimentícia.....	24
3.3.6.3 Gesso Acartonado.....	24
3.3.7 Isolamento Térmico e Acústico.....	25
3.3.8 Instalações Elétricas e Hidrossanitárias.....	25
3.3.9 Acabamentos.....	25
3.3.9.1 Siding Vinílico.....	25
3.3.9.2 Exterior Insulation and Finishing System – EIFS.....	26
3.4 DESEMPENHO DO SISTEMA	27

3.4.1 Desempenho Estrutural.....	30
3.4.2 Estanqueidade a Água.....	30
3.4.3 Desempenho Térmico.....	30
3.4.4 Desempenho Acústico.....	32
3.4.5 Durabilidade e Manutenibilidade.....	32
3.4.6 Segurança ao fogo.....	33
4 CENÁRIO ATUAL DO SISTEMA	35
4.1 MERCADO REGIONAL – ENTREVISTA COM EMPRESAS.....	37
4.1.1 Empresa A.....	38
4.1.2 Empresa B.....	39
4.1.3 Empresa C.....	42
4.1.4 Empresa D.....	45
4.2 ANÁLISE CRÍTICA DO MERCADO	45
5 CASO TV TOWER.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	513
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O método construtivo é reflexo da cultura de um povo. No Brasil, devido às influências culturais europeias e à abundância de materiais, vemos o domínio de um sistema que se baseia em um processo com características artesanais. No entanto, esse método frequentemente apresenta problemas como uma baixa produtividade e muitos desperdícios. Com base nisso, o mercado tem percebido a necessidade e vem buscando fazer mudanças para melhorar esse paradigma, mas ainda de forma bem lenta (CRASTO, 2005).

No exterior, podemos observar diferentes métodos de construção com diversas vantagens competitivas ao sistema convencional brasileiro. Alternativas tecnológicas que prometem um produto final em um menor tempo, com uma mão de obra reduzida, com uma variabilidade de qualidade menor e até mesmo com características de sustentabilidade superiores. Uma dessas alternativas tecnológicas é o sistema em *Light Steel Framing*¹ (LSF), que é muito utilizado nos Estados Unidos e Japão e será o foco deste trabalho.

Segundo Gomes *et al.* (2016), embora o sistema LSF apresente diversas características competitivas frente os sistemas tradicionais, o sistema, que é muito aceito em países desenvolvidos, sofre com uma barreira no Brasil: o preconceito. E isso ocorre mesmo com o sistema podendo alcançar desempenho superior ao obtido por sistemas convencionais de construção.

Crasto (2005) afirma que mesmo que já exista no Brasil uma infraestrutura pronta para a produção deste sistema, ainda são poucas as informações disponíveis que orientem os arquitetos e engenheiros quanto ao sistema.

Milan *et al.* (2011) explicam que muitas empresas do ramo da construção civil ainda não usam o sistema pois acreditam que o desconhecimento do grande público quanto às técnicas

¹ Estruturas leves de aço

empregadas no LSF pode gerar uma insegurança do cliente final quanto ao desempenho da edificação.

Essa resistência ao sistema é menor dentro do público de maior poder aquisitivo e grau de escolaridade, devido estas pessoas reconhecerem o uso desse sistema em países desenvolvidos. Desta forma, este público de maior renda acaba ficando mais disposto a arriscar e investir mais para obter uma edificação de melhor desempenho (MILAN *et al.*,2011).

Analisando a bibliografia disponível sobre o sistema, percebe-se que muitos estudos já foram feitos sobre os benefícios do LSF nos últimos anos. Uma vez que o sistema possui características industriais e grande potencial para produção em escala, a possibilidade de usar o sistema em construções de habitações de interesse social foi recorrentemente estudada. No entanto, poucas foram as pesquisas que direcionaram a aplicabilidade do sistema em outras tipologias de edificação.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Nos próximos itens, estão descritas as diretrizes da pesquisa realizada.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão do trabalho é: quais aspectos do sistema *LSF* podem ser decisivos no processo de tomada de decisão quanto ao método construtivo a ser escolhido para a construção de unidades comerciais?

2.2 OBJETIVO DE PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão descritos nos itens a seguir sendo divididos em principal e secundários.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é identificar aspectos positivos e as limitações do sistema construtivo *LSF* na construção de unidades comerciais.

2.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) identificar como essa tecnologia tem sido aplicada no mercado regional;
- b) analisar uma obra modelo que demonstre o potencial técnico do sistema;

2.3 PRESSUPOSTO

Este trabalho pressupõe que os dados exibidos na bibliografia utilizada condizem com a realidade e determinam a melhor forma de execução possível em ordem de otimizar o desempenho das edificações dentro do sistema *LSF*.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem como premissa que a tecnologia ainda não é suficientemente difundida, inclusive dentro do próprio meio técnico, de modo que suas potencialidades ainda não são discutidas e consideradas no processo de tomada de decisões para a construção de unidades comerciais.

2.5 DELIMITAÇÕES

Este trabalho apontou resultados obtidos em estudos realizados por outros autores e pesquisadores sobre assuntos relacionados ao desempenho e comportamento do sistema, mas não foram feitos ensaios laboratoriais próprios que verifiquem os resultados divulgados pelos artigos usados como bibliografia.

Não faz parte da proposta de trabalho se aprofundar nos estudos de custos finais de produção, uma vez que esta informação é de difícil obtenção e alta variabilidade de acordo com a situação econômica, localidade e características arquitetônicas da unidade em estudo.

O trabalho não visa entrar em detalhes quanto aos processos executivos por considerar que tais informações se encontram consolidadas em outras bibliografias.

2.6 LIMITAÇÕES

O trabalho fica limitado pelos seguintes fatores:

- a) Pequena amostra de obras e empresas atuando em Porto Alegre com o sistema;
- b) Reduzida bibliografia com ensaios testando diferentes combinações possíveis pelo sistema;

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi elaborado a partir de três métodos de coleta de dados: análise de bibliografia, entrevistas com a comunidade e observação pessoal. Através do estudo da bibliografia nacional

e internacional existente sobre o sistema, foram identificadas as principais vantagens do sistema LSF.

Após o estudo do sistema e a compreensão de seus potenciais, foi feito o contato com as empresas do ramo e foram obtidos dados de como tem sido os resultados alcançados em comparação com os potenciais apontados. Esta parte da pesquisa visa tentar identificar os resultados obtidos pelo sistema dentro do mercado nacional. Para uma melhor avaliação, foram realizadas visitas às obras já realizadas pelas empresas, quando possível, e foram observados aspectos técnicos da construção.

3 LIGHT STEEL FRAMING

O sistema denominado LSF ou *Cold Formed Steel Framing*²(CFSF), pode ser definido como um método construtivo a seco, onde perfis de aço formados a frio são responsáveis por suportar a estrutura da edificação (figura 1). Os perfis de aço utilizados nesse tipo de construção caracterizam-se por sua pequena seção transversal, o que os torna bastante leves e facilmente manipuláveis.

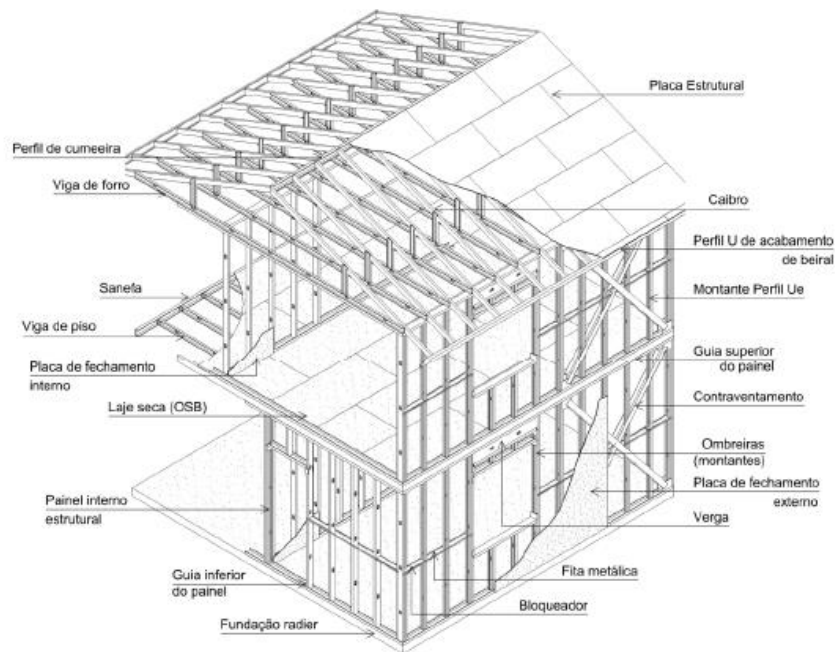
A utilização destes perfis de pequena área resistente é possível devido ao conceito de modelagem de estrutura do sistema que utiliza um grande número de perfis estruturais com espaçamentos relativamente pequenos. Além dos perfis estruturais, que dão nome ao sistema, existem outros subsistemas que agregam diferentes propriedades contribuindo para o desempenho final da edificação.

Segundo Freitas e Crasto (2006, p12), o sistema pode ser definido como:

O Light Steel framing (LSF) ou Steel Framing, assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais componentes. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema Steel Framing também pode ser denominado de sistema autoportante em aço de construção a seco.

² Estrutura de aço conformado à frio

Figura 1 - Desenho esquemático de edificação em LSF



(fonte: CRASTO, 2005)

3.1 HISTÓRICO

Para se entender o sistema e avaliar como ele pode vir a se comportar dentro do mercado nacional, é necessário entender como se deu o surgimento e estabilização do sistema em outros países. Afinal, embora muitos acreditem que o sistema LSF seja algo extremamente inovador e moderno, o conceito do sistema tem aparecido desde o século XIX.

Durante a corrida pelo ouro, que ocorreu no início do século XIX nos EUA, foi muito utilizado o sistema Wood Frame, que possui grande semelhança com o sistema LSF. Para Jardim e Campos (2005) os colonizadores precisavam de um método construtivo rápido e prático para construir suas casas nos novos territórios ocupados. Como havia grande abundância de madeira devido as imensas reservas florestais, o Wood Frame se consolidou como método construtivo.

Segundo o *Cold-formed Steel Engineers Institute*³ – CFSEI (2017), uma das prováveis primeiras aparições do aço conformado a frio no mercado da construção civil aconteceu durante a corrida pelo ouro da Califórnia, quando um telhadista nova iorquino chamado Peter Naylor começou a anunciar a venda de casas portáteis de ferro, que se acredita na verdade que eram de aço. No entanto, não existem documentos oficiais que comprovem essa primeira aparição.

Segundo o *Steel Framing Industry Association*⁴ – SFIA (2017), a primeira edificação que documentadamente usou perfis conformados a frio, foi um hospital construído em 1925 em Lynchburg, Virginia. As paredes foram construídas em alvenaria, mas o piso utilizava perfis de aço conformados a frio.

A aparição definitiva do sistema aconteceu mesmo em 1933, em uma exposição em Chicago, a World's Fair. Nesta exposição, na seção “casas do futuro” foi exposta uma casa inteiramente estruturada em aço conformado a frio. O projeto do arquiteto Howard T. Fisher teve grande repercussão na mídia, gerando inclusive comparações entre seu feito e o do famoso gênio da indústria automotiva, Henry Ford (CFSEI, 2017).

Com a intenção de impulsionar o mercado, a *American Iron And Steel Institute* - AISI patrocinou um estudo e o conseqüente desenvolvimento de uma bibliografia que deveria nortear o projeto de estruturas em LSF. Em 1946, após sete anos de pesquisa, foi publicado a primeira edição do “*Specification for the Design of Light Gage Structural Members*”⁵. O momento não poderia ser melhor, pois coincidiu com o fim da segunda guerra mundial (CFSEI, 2017).

A indústria siderúrgica americana havia crescido muito durante a guerra e com seu fim necessitava de um novo produto para impulsionar sua enorme capacidade produtiva. Sobre isso, Crasto (2005, p 35) afirma:

O crescimento da economia americana e a abundância na produção de aço no período pós 2a. Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio, e uso dos perfis de aço substituindo os de madeira passou a ser vantajoso devido a maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir a catástrofes naturais como terremotos e furacões.

Segundo Freitas e Crasto (2006), o LSF também teve papel decisivo no processo de reconstrução do Japão após o final da II Guerra Mundial. A utilização do sistema se deu devido

³ Instituto dos engenheiros de aço conformado à frio (tradução livre)

⁴ Associação da indústria de estruturas de aço (tradução livre)

⁵ Especificações para o projeto de elementos estruturais de pequena espessura (tradução livre)

às restrições estabelecidas pelo governo japonês ao uso de madeira nas construções. As restrições foram feitas por que a madeira que era utilizada tradicionalmente no setor da construção civil japonês foi um fator agravante para os incêndios decorrentes dos bombardeios ocorridos na guerra. Atualmente, o Japão é um dos países com maior conhecimento e domínio do sistema LSF.

Ao mesmo tempo, o desenvolvimento da tecnologia de placas de gesso acartonado conferiam ao sistema um acabamento de melhor qualidade. Durante a década de 50, os avanços feitos com o desenvolvimento dos parafusos auto-atarracháveis e as ferramentas específicas para este pode ser considerado o grande passo para o domínio do mercado de paredes incombustíveis (CFSEI, 2017).

No entanto, com a grande variedade do mercado, havia certa confusão quanto as características do sistema. Muitas empresas produziam seus perfis com características próprias, o que fazia com que o arquiteto ou engenheiro devesse projetar a edificação considerando especificamente um fornecedor de perfis. Esse problema só foi resolvido com a criação de um catálogo padrão de perfis, que foi definido pelo *Metal Stud Manufacturers Association*⁶ - MSMA na década de 90 (CFSEI, 2017).

Em 2001, o AISI lançou sua última versão de uma bibliografia que visa guiar os projetistas. O “*North American Specification for the Design of Cold- Formed Steel Structural Members*”⁷ é a atual versão utilizada no Canadá, Estados Unidos e México para a elaboração de projetos em LSF (CFSEI, 2017).

3.2 VANTAGENS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema do LSF apresenta várias vantagens competitivas quando comparado com sistemas convencionais de construção. Esses benefícios devem ser conhecidos e considerados pelo corpo técnico no momento de tomada de decisão sobre como será construída determinada edificação. Nas seções a seguir identificou-se algumas vantagens do sistema com enfoque na ótica de construção de unidades comerciais.

⁶ Associação dos fabricantes de elementos de suporte de metal (tradução livre)

⁷ Especificações Norte-americanas para projeto de elementos estruturais em aço conformado à frio (tradução livre)

3.2.1 Velocidade de Produção

O sistema *LSF* possui uma velocidade de produção muito maior que o sistema convencional de construção. A possibilidade de pré-fabricar elementos fora do local de obra confere grande aceleração ao processo. Por exemplo, o sistema permite que se comece a fabricação dos painéis estruturais concomitantemente à execução das fundações. Ressaltando-se que a montagem das estruturas fora do canteiro de obras torna sua fabricação independente das condições metrológicas diferentemente de estruturas montadas pelo método convencional. Dependendo do grau de pré-fabricação utilizado, é possível reduzir o prazo de execução em até um terço do período de uma obra pelo método convencional (GOMES *et al.*, 2016).

Utilizando as etapas de fechamento, revestimento e estrutura como parâmetro podemos verificar a grande diferença de produtividade entre o LSF e o sistema convencional. Enquanto o sistema convencional tem uma produção de 5,16 homem hora/m², a produtividade do sistema LSF é de 1,38 homem hora/m² (DOMARASCKI; FAGIANI,2009).

Utilizando os dados de produtividade apresentados, pode-se fazer um cálculo que revele o efeito potencial dessas diferentes taxas. Supondo-se uma situação em que precisa-se fazer uma estrutura de 100 m² e outra de 1.000 m². Considerando-se uma equipe de 10 homens em ambos os cenários, pode-se facilmente chegar aos números apresentados no quadro 01.

Quadro 1 - Simulação de cronograma para equipe de 10 homens

OBRA	SISTEMA	PRODUTIVIDADE DA EQUIPE		PRAZO DE EXECUÇÃO ESTIMADO		DIFERENÇA [dias]
				[h]	[dias]	
100 m ²	LSF	0.138	h/m ²	13.8	2	5
	CONVENCIONAL	0.516	h/m ²	51.6	7	
1000 m ²	LSF	0.138	h/m ²	138	18	47
	CONVENCIONAL	0.516	h/m ²	516	65	

(fonte: elaborado pelo autor)

O objetivo da simulação do quadro 1 não é definir prazos exatos de duração de obras nos dois sistemas, mas sim ilustrar os efeitos que as diferentes taxas de produtividade podem trazer conforme é aumentado o tamanho de uma obra. No caso simulado, talvez a diferença de cinco dias de prazo não venha a ser um fator relevante e decisivo para o cliente. No entanto, uma diferença de 47 dias de prazo de execução certamente já se torna um ponto a ser considerado.

Portanto, é possível perceber que as diferenças absolutas entre um sistema produtivo industrializado e um sistema artesanal crescem conforme se aumenta a escala.

Embora a redução do prazo de entrega seja uma característica desejável em todas as tipologias de edificações, sob a ótica da construção de uma unidade comercial, essa característica se torna ainda mais atraente. Isso se deve ao fato de que com um menor prazo de entrega, o cliente tem a possibilidade de iniciar suas atividades mais cedo, gerando receitas e recuperando seu investimento antecipadamente.

Outra excelente característica de sistemas pré-fabricados, como o LSF, é a grande precisão orçamentária e cronológica. A concepção racional do sistema lhe confere alta precisão orçamentária o que gera segurança no investidor que está fazendo seus planejamentos financeiros. Além disso, o cronograma dificilmente é alterado, o que dá muita segurança e comodidade ao cliente, principalmente proprietários de negócios. Para Milan *et al.* (2011), essa maior confiabilidade de entrega, junto com os prazos mais curtos, pode gerar um maior interesse em construções em LSF para os clientes do segmento comercial.

3.2.2 Sustentabilidade

O sistema LSF confere a edificação uma característica de edificação sustentável. Isto se deve, primeiramente, ao fato de que o aço é um dos poucos materiais que podem ser 100% reciclados sem que suas características sejam perdidas (CASTRO, 2007).

Em segundo, essa afirmação se deve ao alto grau de racionalização possível de ser alcançada com o sistema. Segundo Gomes *et al.* (2016) o sistema consegue reduzir os desperdícios e perdas em obra para números inferiores a 5%. Além disso, o sistema reduz os consumos de energia utilizados para movimentar materiais dentro da obra, segundo Milan *et al.* (2011).

Essa característica de edificação sustentável pode agregar ao marketing da empresa que for utilizar a edificação. Segundo Gomes e Lacerda (2014) a sustentabilidade é um tópico que cada dia ganha mais relevância no mundo dos negócios e gestão, sendo responsável por realizar grandes mudanças de paradigmas em relação às práticas convencionais.

3.2.3 Precisão e Desempenho

O sistema confere a precisão e qualidade da produção industrial ao produto, minimizando patologias decorrentes da variabilidade dos materiais ou da imprecisão humana. Os componentes possuem precisão dimensional, e conforme maior o grau de pré-fabricação imposto, menores são as chances de existir uma falha de montagem humana. Como Milan *et al.* (2011) afirma, o sistema possui características que beneficiam o gerenciamento de produção e o controle de qualidade se alinhando aos princípios da Construção Enxuta.

No entanto, essa característica de precisão dimensional exclui a possibilidade de se fazer alterações em canteiro, prática comum na construção convencional. Conforme Crasto (2005, p 217) ressalta: “... sistemas industrializados são incompatíveis com improvisações no canteiro de obras, e a reparação dos erros pode acarretar em prejuízos tanto financeiros como de qualidade do produto final”.

O sistema permite ao projetista, especificar variações de combinações de subsistemas que compõem os elementos para obter diferentes graus de desempenho. Cada elemento que faz parte das paredes do sistema possui uma função e agrega determinada característica. A utilização de elementos termo-acústicos como a lã de rocha, é um exemplo de aumento de desempenho através da especificação de componentes com função específica. Esse aspecto será melhor explorado no item 3.4.

3.3 MÉTODO CONSTRUTIVO

O método construtivo empregado no sistema LSF é muito simples, porém complexo. Embora pareça contraditória, essa definição descreve bem as características do processo construtivo deste sistema. O método é simples pois sua montagem se baseia em posicionar, encaixar e aparafusar elementos pré-fabricados. Essas atividades são bastante simples, quando se utiliza o equipamento adequado, não exigindo que o operador seja uma pessoa de habilidades extraordinárias que requerem anos de experiência para serem desenvolvidas. Ao mesmo tempo, o sistema é altamente complexo pois possui uma série de exigências quanto ao espaçamento e posicionamento de seus elementos.

Como Castro (2007) define, o sistema construtivo é simplesmente a composição de vários subsistemas pré-fabricados que atuam de forma inter-relacionada, sendo os perfis de aço os responsáveis por formar os quadros que formam os painéis portantes.

Segundo Crasto (2005), existem três maneiras de se construir utilizando o sistema LSF:

- a) Método Stick: nesse método os componentes são entregues na obra e são montados dentro do canteiro. É conhecido regionalmente como método comercial, uma vez que utiliza perfis em elementos tamanho padrão disponibilizados comercialmente pelos fabricantes. Os perfis podem até chegar com os furos para as tubulações já feitos, mas o seu corte e a montagem dos elementos (painéis, lajes, contraventamentos, tesouras, etc.) é toda realizada no local. Embora este método dispense a necessidade de pré-fabricação e facilite o transporte das peças, o método requer uma mão de obra mais especializada no canteiro e acaba resultando em uma montagem muito mais lenta. Este método permite maior flexibilidade de projeto, sendo possível a tomada de decisões em canteiro. Conforme afirma Vivan *et al* (2010), a utilização de produtos industrializados por si só, não faz a construção ser industrializada. Portanto, pode-se concluir que esse método é prejudicial ao sistema, uma vez que abre mão de uma série de vantagens construtivas de um sistema de concepção industrializada para construir de uma maneira mais próxima da convencional.
- b) Método por painéis: nesse método os perfis são entregues na obra já montados conforme o projeto dos elementos (painéis, lajes, contraventamentos, tesouras, etc.). Até mesmo alguns materiais de acabamento podem já vir aplicados de fábrica. A grande vantagem deste método, quando comparado com a construção convencional ou o método stick, é que ele confere agilidade, precisão e qualidade ao processo construtivo ao mesmo tempo que reduz a mão de obra necessária. Esse método, no entanto, exige do construtor uma oficina para a pré-fabricação dos elementos e uma estrutura para o transporte dos mesmos.
- c) Construção Modular: nesse método as unidades são totalmente pré-fabricadas. A unidade é dividida em módulos que são completamente produzidos em fábrica conforme projeto. Os módulos podem chegar ao canteiro com todos os acabamentos internos e externos, instalações elétricas e hidrossanitárias executadas. Existem registros do uso desse método na construção de banheiros prontos para obras de grande porte.

Além disso, Crasto (2005) explica que existem duas maneiras de se projetar a montagem das estruturas. As duas formas de concepção são:

- a) *Balloon framing*: nessa forma as estruturas do piso são ligadas nas laterais dos montantes. Isso resulta em painéis grandes que compreendem mais de um pavimento.
- b) *Platform framing*: nessa forma se constrói sequencialmente os pisos e paredes de cada pavimento. Ou seja, os elementos de estrutura do piso são ligados diretamente aos montantes, transmitindo suas cargas axialmente.

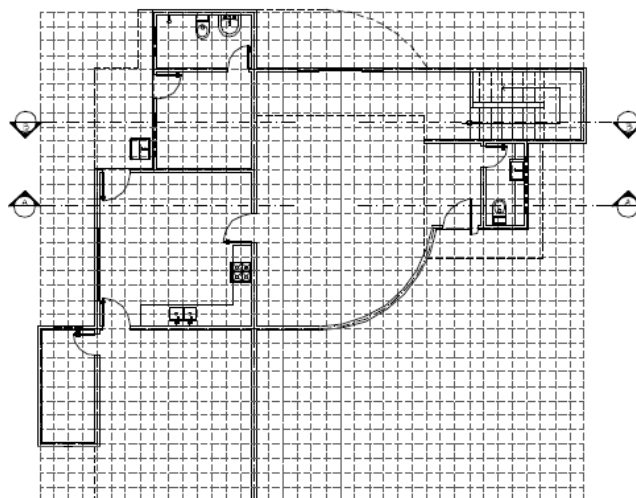
3.3.1 Projeto

A chave para o sucesso do sistema, e sua simplificação, é a elaboração de um projeto com riqueza de detalhes, tentando extinguir qualquer possível dúvida do colaborador e possível tomada de decisão dentro do canteiro. Infelizmente, segundo Gomes *et al.* (2016), não é o que tem acontecido no mercado:

Erroneamente no Brasil, as edificações em LSF estão sendo produzidas apenas com os projetos do produto. Isto deprecia as atividades de montagem das edificações, uma vez que as sequencias e decisões de produção ficam a cargo do operário que muitas vezes não possui a competência necessária para tanto. Sendo um sistema amplamente aceito e utilizado em países desenvolvidos, a essência de produção LSF de características extremamente práticas, exige que todo o processo de construção seja determinado durante o processo de projeto que, por sua vez, está condicionado pelo rompimento com as práticas tradicionais na construção civil. Dessa forma, no que tange o processo de projeto e as experiências observadas no projeto, os autores consideram que montar edificações em LSF somente com projetos do produto, não satisfaz a tecnologia por trás do sistema construtivo. Para tanto, faz-se necessário que o profissional tenha em mente a necessidade de projetar os processos de montagem dos painéis do LSF a fim de que a qualidade e a economia proporcionadas pelo sistema sejam garantidas.

Uma boa forma de se projetar uma edificação em LSF, segundo Crasto (2005) é fazendo o uso de técnicas de coordenação modular. Por exemplo, através de uma malha ou reticulado de 120 cm x 120 cm consegue-se garantir que a otimização do aproveitamento tanto dos perfis metálicos, que ficam espaçados em 40 ou 60 cm, quanto das placas de fechamento, que normalmente são comercializadas com largura padrão de 120 cm (figura 2). Para maiores informações quanto as diretrizes de projeto para uma construção em LSF, é recomendável a leitura do item 8.5 da obra de Crasto (2005).

Figura 2 - Projeto arquitetônico elaborado utilizando-se malha geométrica modular



(fonte: CRASTO, 2005)

3.3.2 Fundações

As fundações são feitas conforme o projeto feito por profissional capacitado e segue os métodos convencionais de execução. Todavia, devido a leveza da estrutura de edificações em LSF, as fundações são pouco exigidas e normalmente são utilizadas soluções simples como o radier ou sapatas corridas. É importante lembrar que como as paredes são os elementos responsáveis por transmitir as cargas da estrutura as fundações, e a estrutura tem suas cargas transmitidas pelos painéis portantes, torna-se necessário que as fundações sejam contínuas (CRASTO, 2005).

3.3.3 Painéis

Os painéis formam os quadros estruturais das paredes. Essa estrutura é formada por perfis metálicos tipo Ue denominados montantes, que são instalados verticalmente, em espaçamentos de 400 ou 600 mm. Os montantes são responsáveis pela transmissão das cargas da estrutura à fundação. Os montantes são ligados a perfis do tipo U denominados guias em suas extremidades superiores e inferiores. As guias têm a função de fixar os montantes e formar o quadro estrutural (CRASTO, 2005).

Crasto (2005) afirma que os quadros precisam ser contraventados para garantir seu desempenho estrutural. O contraventamento é feito ou com fitas metálicas que são parafusadas aos montantes

formando um “X”, ou pela utilização de placas de fechamento estrutural que podem agir como diafragma rígido.

3.3.4 Laje

As lajes do sistema também têm sua formação através de quadros estruturais. Nesse caso, os elementos que devem suportar as cargas são denominados vigas de piso. As vigas de piso devem ter seu espaçamento e comprimento de alma definidos conforme projeto, sendo que normalmente se utiliza o mesmo espaçamento que o dos painéis das paredes para se ter uma estrutura alinhada onde predominam esforços axiais (CRASTO,2005).

Além das vigas de piso, outros elementos compõe o quadro estrutural das lajes como as sanefas (guias), os enrijecedores de alma, as vigas caixa de borda e as vigas compostas (FREITAS; CRASTO, 2006).

3.3.5 Cobertura

A execução das coberturas no sistema LSF se assemelha muito ao do sistema convencional, havendo a troca das estruturas em madeira por estruturas em aço conformado a frio. Assim como nos outros elementos, é importante se observar o alinhamento da estrutura da cobertura com os perfis das lajes e dos painéis (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

3.3.6 Fechamento Vertical

Os elementos de fechamento vertical são um subsistema muito importante para o desempenho das edificações em LSF. Existem diversos tipos de fechamentos verticais, normalmente disponibilizados em placas modulares, que podem exercer diferentes funções dentro do conjunto do sistema. Portanto, é importante o conhecimento de cada elemento e os detalhes construtivos necessários para seu correto funcionamento.

3.3.6.1 Placa OSB (Oriented Strand Board)

As placas OSB tem desempenho estrutural e acústico e podem ser utilizadas para contraventamento, reforço e fechamento externo e interno de paredes, coberturas e lajes no sistema LSF. Embora resistente à umidade, a placa normalmente necessita de uma proteção com uma membrana impermeável quando utilizada em situações que está exposta à umidade (LP OSB HOME).

Figura 3 - Edificação com fechamento em placas OSB



(fonte: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013b)

3.3.6.2 Placa cimentícia

As placas cimentícias podem ser usadas para fechamento interno e externo, possuindo boa resistência à umidade e impactos. Internamente, elas substituem as placas de gesso acartonado devido sua maior resistência à umidade podendo ser utilizadas até mesmo para o piso. Externamente, elas são uma boa solução por aceitarem acabamentos parecidos com os de construções convencionais (CRASSTO, 2005).

Figura 4 - Edificação térrea com fechamento em placas cimentícias



(fonte: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013)

3.3.6.3 Placa de gesso acartonado

As placas de gesso acartonado são utilizadas para o fechamento de painéis internos. Existem algumas variações deste produto que conferem características especiais à chapa. Além da chapa

ST, comum, existem ainda as chapas RU e RF, que prometem melhor desempenho quanto a exposição à umidade e ao fogo, respectivamente (GYPSUM).

3.3.7 Isolamento Térmico e Acústico

O isolamento termoacústico é importante para o conforto do usuário da edificação. Enquanto em uma construção convencional procura-se obter esse isolamento através de materiais robustos, no LSF se faz uso dos princípios de isolamento multicamadas. Portanto, o isolamento não se faz através do emprego de materiais de grande massa e densidade, mas sim através de placas de fechamento afastadas entre si, gerando espaços a serem preenchidos com um material isolante como uma lã de rocha, por exemplo (CRASTO, 2005).

3.3.8 Instalações Elétricas e Hidrossanitárias

As instalações elétricas e hidrossanitárias em uma edificação feita com perfis de aço conformados a frio se assemelha ao método convencional. A vantagem se encontra na possibilidade de embutir essas instalações dentro dos painéis e lajes antes do seu fechamento, eliminando a necessidade de rasgos de paredes e reduzindo os resíduos gerados (VALIM, 2014).

3.3.9 Acabamento Final

São diversos os tipos de acabamentos que podem ser aplicados a uma construção em LSF. A seguir, são apresentados alguns tipos de acabamentos que são empregados no mercado atualmente. Embora sejam utilizados acabamentos com argamassa, optou-se por não citar o mesmo nesse texto por se entender, assim como Crasto (2005), que tal prática foge dos conceitos de construção limpa e racional característicos do sistema LSF.

3.3.9.1 Siding Vinílico

Segundo a LP, este acabamento é feito com um revestimento de PVC disponibilizado em régua leve de fácil instalação. Para Crasto (2005), este é o acabamento que melhor se adapta ao fechamento em placas OSB, exigindo pouca manutenção. Na figura 05, é mostrada uma residência com este tipo de acabamento.

Figura 5 - Residência com acabamento em siding vinílico



(fonte: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013b)

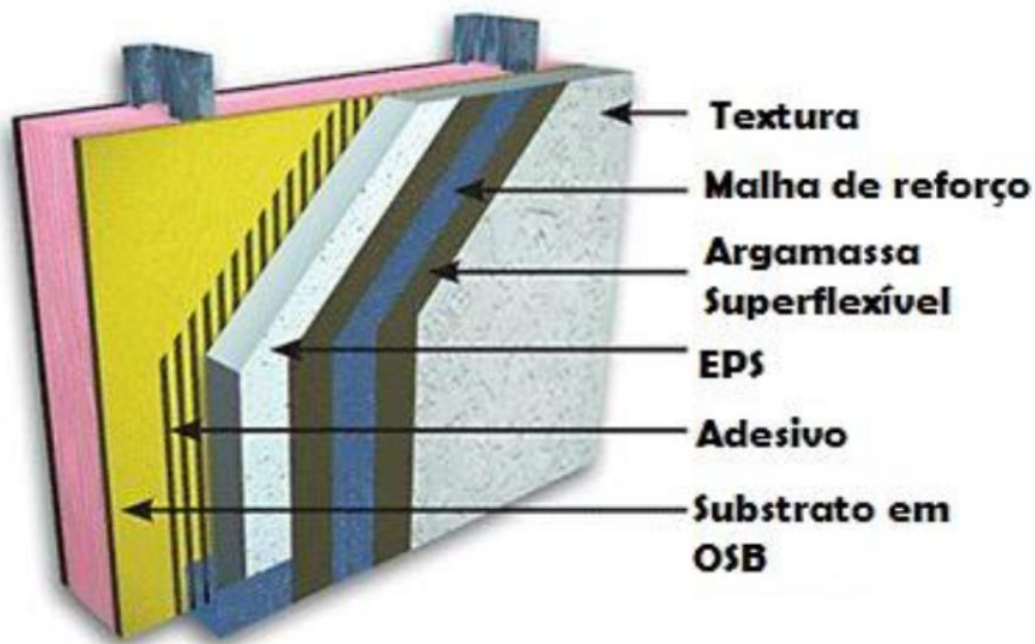
3.3.9.2 Exterior Insulation and Finishing System - EIFS

O EIFS, sigla que significa, em inglês, sistema de isolamento e acabamento externo, é uma opção de acabamento em edificações LSF que têm aparência semelhante à de uma edificação convencional com a vantagem de uma baixa incidência de patologias (SANTIAGO, 2008).

O sistema é explicado por Wolfart (2015, p 28):

O sistema EIFS é composto, permitindo algumas variações, por um substrato em OSB fixado mecanicamente aos perfis metálicos que compõem a estrutura do LSF; seguido de aplicação de uma membrana impermeável que auxilia na proteção e cria uma barreira líquida para o ar e umidade que pode incidir sobre o substrato; adesivo de base cimentícia modificado com polímero; aplicação de placas de EPS (Poliestireno Expandido) de espessuras variáveis; aplicação de camadas finas do mesmo adesivo de base cimentícia utilizado para fixação do EPS, reforçado com malha de fibra de vidro álcali-resistente, visando estruturar o revestimento que tem, em média, de 4 a 6 mm de espessura e aplicação de revestimento monocamada.

Figura 6 - Componentes de sistema EIFS



(fonte: WOLFART, 2015)

3.4 DESEMPENHO DO SISTEMA

Alvo de grande desconfiança, o sistema tem sido estudado e testado para determinação de seu desempenho. Embora não haja uma norma que regularize especificamente o desempenho de edificações comerciais, aconselha-se, de maneira facultativa, que se observem os índices de desempenho exigidos pela NBR 15.575/2013.

Devido as suas características industriais, que permitem escalabilidade, muitas empresas nacionais de LSF voltaram seus esforços para a construção de condomínios residenciais, onde o mesmo modelo seria construído diversas vezes. Para conseguir que seus projetos fossem aprovados e financiados pela CAIXA, as empresas tiveram que pôr seus produtos em teste uma vez que ainda não existe uma norma reguladora específica do sistema LSF. Nesse ponto entra o PBQP-H e o SiNAT.

O PBQP-H⁸, segundo seu próprio site, tem como meta melhorar a qualidade do setor e promover a modernização produtiva. Através de um de seus projetos, o SiNAT, são avaliados novos produtos e sistemas construtivos. Conforme destaca em seu próprio site: “O SiNAT é proposto para suprir, provisoriamente, lacunas da normalização técnica prescritiva, ou seja, para avaliar produtos não abrangidos por normas técnicas prescritivas”.

Os produtos propostos pelas empresas para integrar sistemas de aço conformado a frio, ou LSF, devem estar de acordo com a Diretriz SiNAT nº 003. Os DATec's são documentos que informam o desempenho dos sistemas testados conforme orientações propostas.

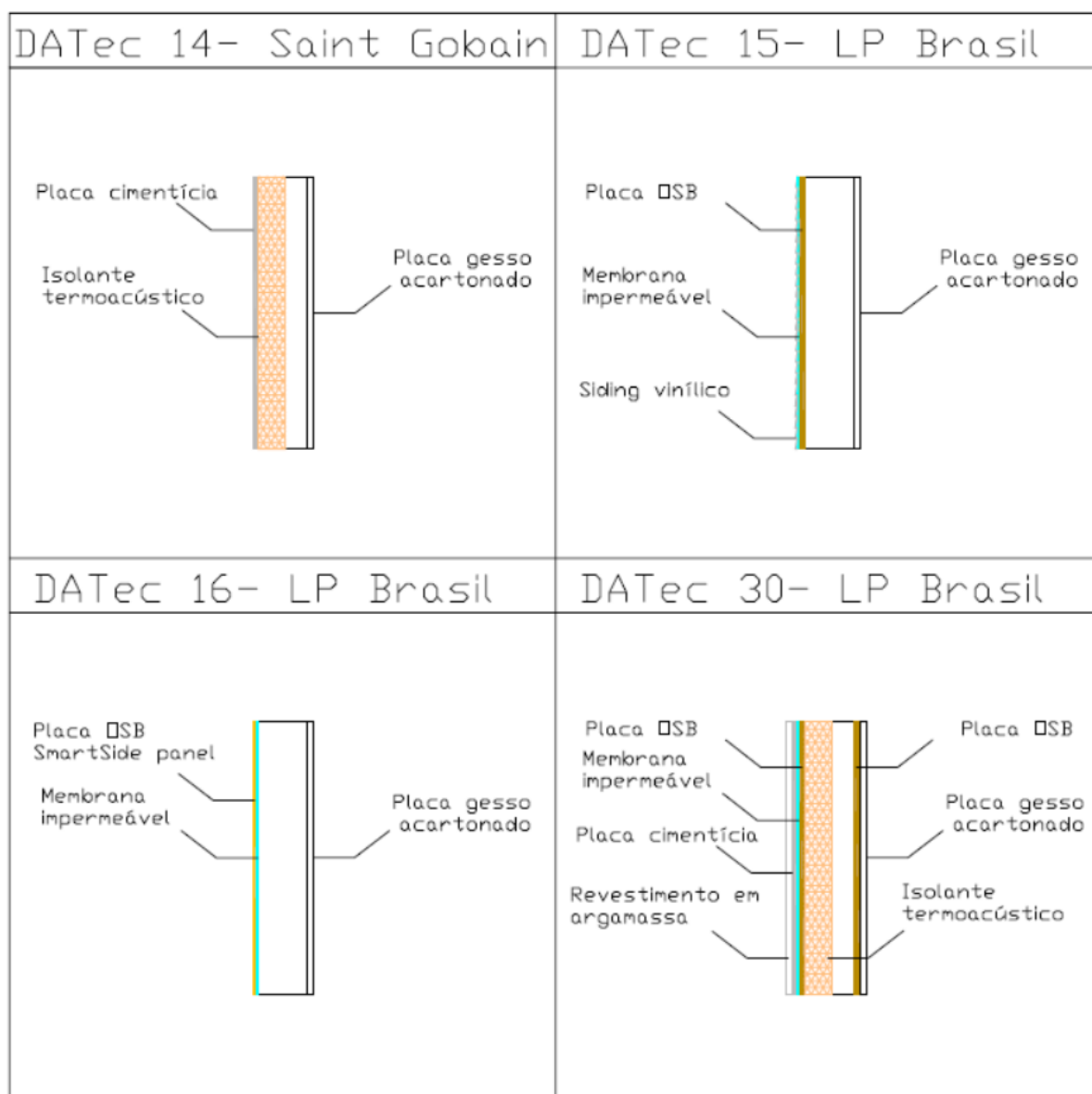
Até o presente momento, existem quatro documentos de avaliação técnica (DATec) de sistemas construtivos do tipo LSF. Os documentos encontram-se disponíveis no site do PBQP-H denominados como:

- DATec nº 014 -A - Sistema Construtivo a seco SAINT-GOBAIN - Light Steel Frame (Prazo de validade VENCIDO)
- DATec nº 015 - Sistema construtivo LP BRASIL OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de OSB revestidas com siding vinílico (Prazo de validade VENCIDO)
- DATec nº 016 - Sistema construtivo LP BRASIL OSB em Light Steel Frame e fechamento em SmartSide Panel (Prazo de validade VENCIDO)
- DATec nº 030 - Sistema Construtivo LP Brasil OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de OSB revestidas com placa cimentícia

Essas soluções foram testadas em diferentes aspectos e comparadas com as exigências da Diretriz nº003 SiNAT. Na figura 7 temos o detalhamento das paredes externas de cada solução, distinguidos pela DATec a qual se referem.

⁸ PBQP-H. PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: 29 jun. 2014

Figura 7 - Detalhamento de paredes avaliadas por DATecs



(fonte: elaborado pelo autor)

Serão discutidos nos tópicos a seguir os resultados obtidos pelos testes executados sobre determinados aspectos. Embora os DATec's sejam destinados à avaliação visando unidades residenciais, os seus resultados foram utilizados como referência para atestar o desempenho obtido pelo sistema.

3.4.1 Desempenho estrutural

Segundo as DATecs, as IPTs responsáveis avaliaram o desempenho estrutural dos sistemas de acordo com a verificação do projeto estrutural e pela verificação da resistência das paredes aos testes de:

- Impacto de corpo mole
- Impacto de corpo duro
- Esforços de compressão excêntrica
- Solicitação de peças suspensas
- Solicitação transmitidas por portas

Conforme os documentos divulgados, todos os sistemas alvos de estudo tiveram comportamento satisfatório para todos os testes de desempenho estrutural. Este é um resultado muito importante para o sistema, uma vez que o mesmo sofre com questionamentos quanto à sua resistência devido sua característica de ser um sistema leve.

3.4.2 Estanqueidade à água

Nesta seção são avaliados, segundo as DATecs, os comportamentos dos sistemas de paredes quando expostos a fontes de umidade externa e interna. Novamente, essa avaliação é feita através de ensaios laboratoriais e verificações de projetos, sendo concluído que todos os sistemas objetos de estudo atendem às exigências da Diretriz N° 003 - SiNAT.

3.4.3 Desempenho térmico

O desempenho térmico tem sido um desafio para as construções em LSF que foram submetidas aos testes. No entanto, Ferreira (2015) afirma que devido à concepção do sistema LSF, existe a possibilidade de se chegar a desempenhos térmicos melhores caso se utilize materiais com mais tecnologia.

O quadro 2 resume os resultados encontrados nas DATecs.

Quadro 2 - Desempenho térmico obtido em testes pelas DATecs

SISTEMA	ZONA	SOMBRA	VENTILAÇÃO	CONFORMIDADE
DATEC 14	1,2,3,5 e 6	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	NÃO ATENDE
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	CORES CLARAS OU MÉDIAS
			5 Ren/h	CORES CLARAS OU MÉDIAS
	4	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	CORES CLARAS
			5 Ren/h	CORES CLARAS OU MÉDIAS
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	QUALQUER COR
			5 Ren/h	QUALQUER COR
	7	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	QUALQUER COR
			5 Ren/h	QUALQUER COR
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	QUALQUER COR
			5 Ren/h	QUALQUER COR
	8*	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	NÃO ATENDE
C/ SOMBREAMENTO		1 Ren/h	CORES CLARAS	
		5 Ren/h	CORES CLARAS	
DATEC 15 E 16	1,3 e 8*	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	NÃO ATENDE
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	CORES CLARAS
	2,4,5,6 e 7	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO TESTADO
			5 Ren/h	NÃO TESTADO
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO TESTADO
			5 Ren/h	NÃO TESTADO
DATEC 30	1	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	NÃO ATENDE
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	CORES CLARAS
	2,4,5,6 e 7	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	CORES CLARAS
			5 Ren/h	CORES CLARAS
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	CORES CLARAS
			5 Ren/h	CORES CLARAS
	3 e 8	S/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO ATENDE
			5 Ren/h	CORES CLARAS
		C/ SOMBREAMENTO	1 Ren/h	NÃO TESTADO
			5 Ren/h	CORES CLARAS

(fonte: elaborado pelo autor)

Podemos dizer que o sistema cumpriu as exigências, mas com limitações de cor, sombreamento e ventilação.

3.4.4 Desempenho acústico

O desempenho acústico de alto padrão é citado por Ferreira (2015) como uma das grandes virtudes do sistema. O uso de materiais específicos de isolamento acústico no LSF, permitem que as paredes atinjam maiores graus de desempenho com uma dimensão muito menor que as paredes convencionais de alvenaria.

Nas DATecs disponíveis, foi constatado que o sistema cumpre com as exigências da Diretriz SiNAT 003, mesmo sem o emprego de material isolante em alguns dos sistemas testados. É importante observar que as soluções propostas e alvo de avaliação pelas DATecs, utilizadas como referência bibliográfica nesse texto, são para edificações mais simples. O emprego de elementos isolantes tem o potencial de atingir padrões bem mais altos de isolamento acústico quando combinados com outros elementos e projetado com esse propósito. Por exemplo, a parede de alto desempenho acústico anunciada pela Gypsum em seu site, segundo o catálogo técnico consegue chegar a um índice de isolamento de até 63 dB com uma espessura de parede de 30 cm.

3.4.5 Durabilidade e Manutenibilidade

A durabilidade e manutenibilidade é verificada, segundo as DATecs, através da análise dos detalhes construtivos e resultados de ensaios das paredes e dos componentes. As paredes são submetidas a ensaios de ação de calor, choque térmico e observação do comportamento ao envelhecimento natural ou acelerado, dependendo da DATec. Os elementos construtivos são testados isoladamente também para corrosão e ataques de cupins e fungos.

As análises de todos os documentos atestam o atendimento das exigências do SiNAT aos sistemas. Vale ressaltar que embora as placas OSB tenham sido reprovadas quanto a sua resistência ao ataque de fungos apodrecedores e emboloradores, os detalhes construtivos garantem o desempenho do sistema em conjunto. Logo, é através do conhecimento das características dos elementos e do uso de detalhes construtivos que o sistema atende as exigências. Essa situação exemplifica algo muito importante sobre o sistema e que vale ser

destacado: a importância de se conhecer a função de cada elemento dentro do conjunto e, portanto, fazer uso das melhores práticas em ordem de garantir o desempenho exigido.

3.4.6 Segurança ao fogo

As edificações alvo de estudos pelas DATecs tem sua segurança ao fogo analisada com base nos ensaios de reação ao fogo e tempo de resistência de reação ao fogo.

Por ser composta de materiais incombustíveis, a reação ao fogo é um aspecto no qual o sistema não encontra dificuldades em atingir os padrões. Segundo os documentos de avaliação técnica já mencionados, todos os sistemas atendem as exigências da Diretriz SiNAT 003.

O TRRF, por outro lado, é um ponto um pouco mais delicado. Embora o sistema tenha passado nos testes, as marcas atingidas não qualificam a utilização do sistema para todas as tipologias de edificações, pelo menos não na configuração apresentada. Para edificações de uso comercial, existem exigências maiores, que variam de acordo com características de risco da ocupação, conforme Instrução Técnica 008 do Corpo de Bombeiros de São Paulo. O quadro 3 determina os TRRF's exigidos conforme tipo de uso de cada edificação.

Podemos notar que os tempos de resistência de 30 e 45 minutos atingidos nos ensaios das DATecs não seriam suficientes para tornar viável a utilização do sistema em diversas outras tipologias de edificações.

Embora o sistema de drywall consiga atingir tempos de resistência de até 120 minutos através da utilização de placas de gesso acartonado especiais, segundo GYPSUM (2014), não foi possível localizar bibliografia nacional que comprove que o mesmo desempenho pode ser atingido quando os painéis estão exercendo função estrutural. Foi feito contato com fabricantes e distribuidores, porém os mesmos apenas disponibilizaram laudos de TRRF para paredes sem função estrutural. A questão que se promove é como os perfis de aço, material que facilmente perde suas características resistentes com temperaturas elevadas, se comportarão em situações de incêndio quando carregados.

Quadro 3 - TRRF mínimo por tipologia de edificação

Grupo	Ocupação/Usos	Divisão	Profundidade do subsolo hs		Altura da edificação h							
			Classe S ₂ hs > 10 m	Classe S ₁ hs ≤ 10 m	Classe P ₁ h ≤ 6 m	Classe P ₂ 6 m < h ≤ 12 m	Classe P ₃ 12 m < h ≤ 23 m	Classe P ₄ 23 m < h ≤ 30 m	Classe P ₅ 30 m < h ≤ 80 m	Classe P ₆ 80 m < h ≤ 120 m	Classe P ₇ 120 m < h ≤ 150 m	Classe P ₈ 150 m < h ≤ 250 m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
C	Comercial varejista	C-1	90	60	60	60	60	90	120	150	150	180
		C-2 e C-3	90	60	60	60	60	90	120	150	150	180
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60	30	60	60	90	120	120	150	180
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60	30	30	60	90	120	120	150	180
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6, F-8 e F-10	90	60	60	60	60	90	120	150	180	-
		F-3, F-4 e F-7	90	60	ver item A.2.3.3.		30	60	60	90	120	-
		F-9	90	60	30	60	60	90	120	-	-	-
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60	30	60	60	90	120	120	150	180
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60	30	30	30	30	60	120	120	150
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 e H-4	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
		H-2, H-3 e H-5	90	60	30	60	60	90	120	150	180	180
I	Industrial	I-1	90	60	30	30	30	60	120	-	-	-
		I-2	120	90	30	30	60	90	120	-	-	-
		I-3	120	90	60	60	90	120	120	-	-	-
J	Depósitos	J-1	60	30	ver item A.2.3.4.		30	30	60	-	-	-
		J-2	90	60	30	30	30	30	60	-	-	-
		J-3	90	60	30	60	60	120	120	-	-	-
		J-4	120	90	60	60	90	120	120	-	-	-
L	Explosivos	L-1, L-2 e L-3	120	120	120							
		M-1	150	150	150							
M	Especial	M-5	120	90	60	60	90	120	-	-	-	-
		M-3	120	90	90	90	120	120	120	150	-	-

NOTAS:

1. Casos não enquadrados serão definidos pelo SIVCI do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo;
2. O TRRF dos subsolos não pode ser inferior ao TRRF dos pavimentos situados acima do solo (ver item 5.10);
3. Para edificações de madeira: verificar item 5.20;
4. Para indústria ou depósito com inflamáveis, considerar I-3 e J-4, respectivamente.

(fonte: SÃO PAULO, 2011)

4 CENÁRIO ATUAL DO SISTEMA

Apesar de extremamente utilizado e popularizado em países desenvolvidos, o sistema LSF ainda ocupa uma tímida faixa do mercado da construção civil do Brasil. Isso é uma consequência da desconfiança da comunidade com o sistema e suas promessas. Muitos consumidores finais, que em geral são leigos, fazem, de maneira equivocada, a associação de que materiais mais leves significam estruturas de pior qualidade e menos resistentes. Além disso, até mesmo dentro da comunidade técnica, o sistema sofre com grande resistência.

Desde 2014, o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) divulga anualmente uma pesquisa que tem como objetivo quantificar a atual condição das empresas atuantes nesse mercado. As empresas participantes do estudo contribuem voluntariamente para a pesquisa e contabilizaram um total de 23 empresas no estudo de 2017 (CBCA, 2017).

Segundo a pesquisa do CBCA (2017), a região Sudeste do Brasil possui participação majoritária no mercado nacional, sendo responsável pela produção de 50% dos perfis para construções em LSF produzidos no país.

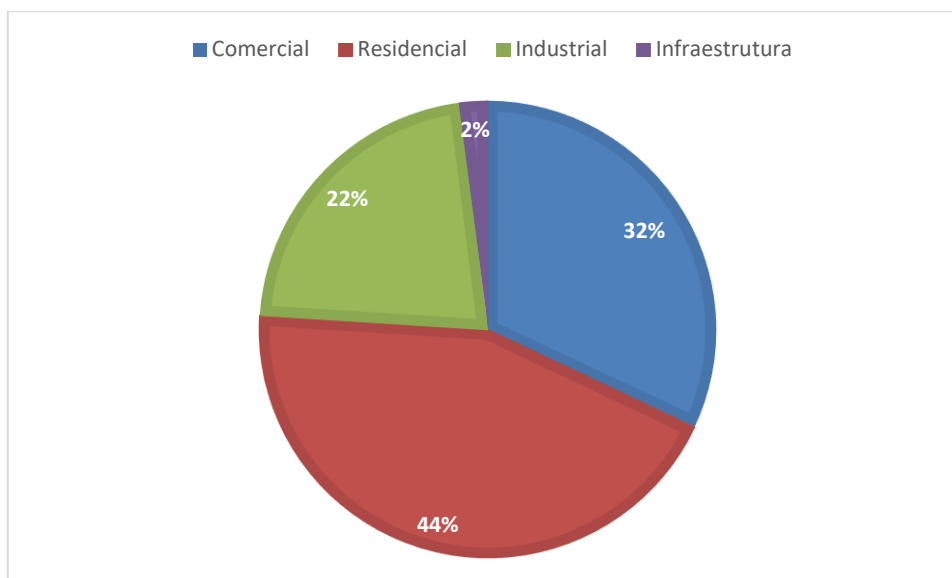
A análise da evolução do volume de produção demonstra uma grande diminuição na taxa de crescimento se comparado com a taxa de anos anteriores. Enquanto em 2013, quando o estudo começou, as empresas participantes relataram uma produção de 36,7 mil toneladas de aço para perfis de LSF, no ano de 2016 teve uma produção de apenas 12,7 mil toneladas.

As empresas salientam ainda que as taxas de produção estão bem abaixo da capacidade produtiva das mesmas. Nos levantamentos feitos e divulgados pelo CBCA (2017), as empresas estão atuando com apenas 25% de sua capacidade produtiva, sendo menos que os 47% com os quais se trabalhava em 2013.

As empresas ainda informaram quais as naturezas das obras que absorvem sua produção, sendo possível notar um maior equilíbrio no estudo de 2017 do que no de 2016, onde o segmento industrial gerava 69% da demanda. No estudo divulgado em 2017, o segmento residencial foi o maior consumidor de perfis LSF conforme gráfico apresentado na figura 8. No entanto, as

empresas entrevistadas acreditam que são nas obras de setor comercial que as características do LSF o fazem um sistema mais competitivo (CBCA, 2017).

Figura 8 - Tipologia de edificações destino de perfis de aço galvanizado para LSF

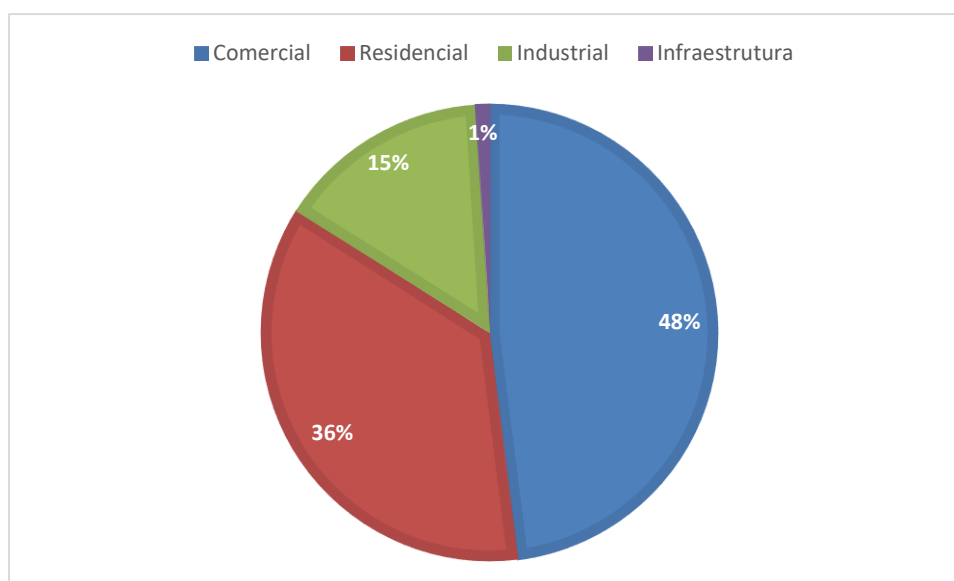


(fonte: adaptado de CBCA, 2017)

Nos EUA, de acordo com SFIA (2017), estima-se que 30 a 35% das edificações de uso não-residencial construídas, utilizam o sistema de aço conformado a frio em painéis estruturais e não-estruturais.

No entanto, é importante notarmos que, segundo as informações fornecidas pelas próprias empresas, essa distribuição de faixas de mercado se altera quando analisamos os principais tipos de construção geradores de demanda para perfis drywall (figura 9). Neste estudo, as edificações comerciais são as principais geradoras de demanda por perfis de aço conformado a frio, consumindo 48% da produção, segundo o CBCA.

Figura 9 - Tipologia de edificações destino de perfis de aço galvanizado para Drywall



(fonte: adaptado de CBCA, 2017)

Segundo o SFIA (2017), o drywall possui tamanha dominância dentro do mercado que 81% das paredes divisórias internas das construções nos EUA, utilizam o sistema de aço conformado a frio para sua estrutura.

Nos Estado Unidos, ainda existe um grande esforço por parte das organizações para difundir ainda mais o uso do sistema. Segundo o CFSEI (2017), diversas organizações ainda estão trabalhando no desenvolvimento de novos códigos de construção e projeto no sistema. A indústria segue procurando soluções de engenharia para melhorar o desempenho do sistema no âmbito térmico e estrutural. No entanto, o mais interessante é o esforço no desenvolvimento de softwares para criação de projetos em LSF. A utilização de ferramentas BIM incorporadas ao sistema de aço conformado a frio gera um salto qualitativo nos projetos do mesmo, facilitando o processo de desenvolvimento do projeto e execução da obra.

4.1 MERCADO REGIONAL – ENTREVISTAS COM EMPRESAS

As entrevistas com empresas que trabalham com o sistema dentro do estado do Rio Grande do Sul foram feitas para que se pudesse avaliar as condições do sistema no mercado. As entrevistas

com as empresas permitiram o conhecimento do viés prático da aplicação do sistema e sua situação no mercado. A pesquisa por empresas foi feita tanto pela internet quanto por indicação de pessoas do ramo da construção.

4.1.1 Empresa A

A empresa A atua há muito tempo no mercado como distribuidora de materiais para LSF e drywall. Os materiais distribuídos são de marcas conceituadas como LP, Knauf, Isover, Tarkett Fadamac, Eternit, Eucatex, Illbruck e Plasbil.

A entrevista foi feita com o funcionário do setor comercial, que esclareceu alguns pontos do funcionamento da empresa e, conseqüentemente, do mercado do LSF.

A empresa atua exclusivamente com a distribuição de materiais e projetos. Essa foi uma decisão administrativa que entendeu que esta posição do mercado seria mais segura e lucrativa uma vez que a demanda por material vinda dos instaladores era maior que a por instalação propriamente dita. Segundo o entrevistado, a mão de obra é difícil de encontrar, e essa decisão permitiu que a empresa restringisse a sua folha. De acordo com o representante da empresa, existe ainda uma grande predominância na demanda por drywall, que chega a ser responsável por aproximadamente 90% das atividades da empresa. Esta situação é um reflexo da disparidade entre drywall e LSF dentro do mercado nacional. Enquanto um está consolidado pelo mercado e possui grande aceitação das empresas, o outro ainda é visto com desconfiança.

Os projetos elaborados na empresa são feitos por uma técnica em edificações, que se baseia no projeto arquitetônico para definir os quantitativos de materiais necessários. Nenhuma mudança no projeto é feita visando otimizar a utilização de material, ou seja, não são aplicados conceitos de coordenação modular. A empresa não possui um engenheiro ou arquiteto registrado em folha, mas conta com parceiros que têm essa mão de obra que é contatada quando necessário. Os montadores são indicados pela empresa quando o cliente pede, sendo que a empresa trabalha com parceiros de diferenciados portes. Os projetos possuem instruções de montagem mas contemplam apenas o projeto arquitetônico e estrutural, não sendo consideradas as interferências detalhadas com instalações elétricas, hidrossanitárias ou de refrigeração. Estas interferências ficam por conta do montador, o que pode vir a ser um problema, pois o desempenho do sistema passa a ficar atrelado ao conhecimento técnico do montador e sua capacidade de tomada de decisão.

Pelo fato de ser apenas distribuidora, a empresa não possuía dados de obras já executadas para repassar. De acordo com o entrevistado, a empresa não dá garantias além das fornecidas pelo fabricante do material, sendo a execução de plena responsabilidade do executor e da mão de obra que ele contratar.

Os parceiros e clientes são de diferentes características de complexidade: de construtoras a montadores. O entrevistado ressaltou que o principal método de construção procurado pelos parceiros é o stick devido dois motivos principais para a utilização deste sistema e não de um sistema mais industrializado, como o de painéis. Primeiramente, o método de painéis tem problemas com o transporte. Devido às más condições das estradas brasileiras, o caminhão de transporte tem muita trepidação, isso resulta na deformação dos painéis, que acabam perdendo o prumo e alinhamento correto devido o enfraquecimento de suas ligações. O outro ponto levantado foi o fato de o radier nem sempre ter a precisão no acabamento desejado, ocorrendo frequentemente a necessidade de correção dos desníveis do radier através do ajuste das dimensões dos montantes.

O entrevistado ainda salientou os principais interesses dos clientes finais em realizar obras com o LSF. Segundo o funcionário da empresa A, os clientes costumam procurar o sistema principalmente por sua velocidade, que aliada com a modernidade, a limpeza de obra e o conforto final, tornam o investimento atrativo. Embora tenha sido recorrentemente mencionado o alto desempenho termoacústico, o entrevistado não possuía informações quanto ao baixo desempenho térmico identificado nos DATec's, inclusive desconhecendo os dados.

4.1.2 Empresa B

A empresa B possui forte consolidação no mercado de LSF, sendo especializada e focada apenas no sistema. A empresa atua como fornecedora de materiais e projetos estruturais para LSF. O representante que foi entrevistado é um dos sócios da empresa e possui formação em engenharia.

Assim como a empresa A, a empresa B atua apenas como distribuidora por também entender que este posicionamento lhe permite maior lucratividade e demanda. A mão de obra também é considerada escassa e pouco qualificada pelo entrevistado, o que também é um motivo para não se envolver com a execução. A mão de obra desqualificada é apontada como o principal fator para o surgimento de patologias nas edificações de LSF, como problemas de tratamentos de

juntas em acabamentos que visam aparência semelhante a de uma construção convencional. No entanto, a empresa fornece cursos de treinamento de mão de obra mensalmente, com duração de uma semana, visando mudar essa situação e ampliar o mercado.

A empresa é responsável apenas pelo projeto estrutural, onde utiliza normas européias e australianas para os cálculos, além da bibliografia nacional pertinente. O quadro de funcionários conta com quatro engenheiros e um técnico em edificações, que entregam projetos com alto grau de detalhamento e instruções para a montagem, como posicionamento de cada barra e parafuso assim como os tipos de parafusos apropriados para cada ligação. A empresa não costuma alterar os projetos arquitetônicos para obter coordenação modular, uma vez que costuma ser difícil fazer esse tipo de alterações junto com o arquiteto que tem resistência a intervenções em seu projeto devido seus objetivos e conceitos utilizados na concepção do projeto original.

Embora os projetos sejam bastante detalhados e possuam instruções de montagem, a empresa não se responsabiliza pela execução. Nenhum funcionário da empresa é responsável por acompanhar as obras e fiscalizar a execução dos projeto, embora o entrevistado diga que recomenda ao cliente que seja feito o acompanhamento da obra por profissional capacitado. Esse posicionamento de não fiscalizar a execução só é alterado caso o cliente solicite. No entanto, mesmo que a empresa visite a obra ela não emite ART de execução. No entendimento da empresa B, é incumbência dos arquitetos projetistas a fiscalização da obra, uma vez que este serviço normalmente é cobrado pelo arquiteto junto ao valor de elaboração de projeto e emissão de ART.

O entrevistado afirma que a maioria dos clientes que procura o sistema LSF, o faz para fugir da construção convencional e seus problemas característicos: obras longas, sujas, com muitos imprevistos, aditivos orçamentários e problemas executivos. Os principais projetos que são realizados pela empresa são para unidades residenciais de alto padrão, onde o cliente muitas vezes conhece o sistema por experiência pessoal no exterior com o mesmo. A construção rápida, limpa, com baixo índice de desperdícios e poucos problemas executivos costuma atrair os clientes. O entrevistado afirma que se consegue reduzir o prazo de entrega para um terço do de uma construção em alvenaria para obras que durariam a partir de um ano pelos métodos convencionais.

Por entender que nem sempre a mão de obra é qualificada o suficiente, a empresa costuma recomendar a utilização do sistema por painéis montados em fábrica. Os problemas de transporte são resolvidos com a utilização de rebites, que aumentam a resistência dos quadros às deformações das ligações devido o chacoalhar do caminhão. O entrevistado salienta que a utilização dos rebites para fixação de algumas ligações é importante até mesmo quando os perfis são mandados apenas cortados e identificados para obra. O rebite garante que o montador fará uma ligação com encaixe correto, como a prevista em projeto, uma vez que os elementos pré marcados exigem a precisão. Segundo o entrevistado, quando utilizam parafusos, os montadores conseguem ligar peças desalinhadas ou posicionados incorretamente o que não ocorre com o rebite. Portanto, fica bem clara a preocupação com a baixa qualidade de mão de obra e a tentativa de minimizar falhas de montagem aumentando o grau de pré-fabricação.

Embora o projeto estrutural e a fabricação dos perfis considere o posicionamento dos pontos elétricos e hidrossanitários mostrados no projeto arquitetônico, não existe uma compatibilização destes projetos. Isso acaba sendo um problema uma vez que deixa ao encargo do montador a tomada de decisão para a solução de possíveis interferências entre projetos. Um exemplo é a figura 10 onde podemos ver que a solução adotada para a passagem da tubulação de refrigeração da condicionadora de ar e o dreno foram incorretamente adotados, deixando o sistema vulnerável à ação da umidade.

Figura 10 – Manifestação patológica decorrente de interferência entre instalações de refrigeração e revestimento



(fonte: própria do autor)

4.1.3 Empresa C

A terceira empresa entrevistada se define como montadora de LSF. A empresa atualmente atua no ramo da mão de obra para LSF e na execução de forros de gesso e paredes de drywall. O entrevistado foi o proprietário da empresa que revelou a intenção de em um período de dois anos se dedicar exclusivamente ao LSF.

A empresa conta com oito montadores, todos com anos de experiência dentro da própria empresa e treinamento especializado para trabalhar com o sistema. O entrevistado afirma não trabalhar com terceirizados visando garantir um padrão de qualidade superior, uma vez que a mão de obra qualificada é muito escassa. Além da equipe de montagem, existe um suporte administrativo e financeiro de dois funcionários e o próprio dono da empresa, que já trabalhou como montador no início de sua carreira. A empresa não conta com nenhum profissional de engenharia ou arquitetura que fiscalize as equipes atualmente, embora o proprietário manifeste interesse em criar tal posto em breve. A ART emitida pelos serviços é fornecida por um

engenheiro parceiro do dono da empresa, mas o profissional em questão não participa de nenhuma parte do processo em questão, confiando no conhecimento do proprietário da empresa.

Os clientes da empresa normalmente são construtoras e proprietários de imóveis. Os serviços tendem a ser normalmente da tipologia residencial, principalmente nos últimos anos, quando a crise acabou fechando muitas empresas e diminuindo a demanda para construção de unidades comerciais.

No entanto, a empresa estava trabalhando no fechamento da fachada de um hotel, utilizando o sistema. Segundo o entrevistado, a construtora do hotel optou pelo LSF para reduzir os prazos de construção e adiantar sua data de inauguração, para conseguir começar a faturar o mais cedo possível. Devido ao número de andares, a construção foi feita de forma mista, com a estrutura em concreto e apenas os fechamento vertical de cada pavimento feito em LSF com o “framecad”. Nesse modelo, os perfis são levados desmontados, porém previamente cortados, furados e demarcados, garantindo a precisão dos quadros estruturais. A impossibilidade de fazer ajustes no canteiro acabaram, no entanto, gerando dificuldades nessa situação. Em visita a obra, foi possível verificar que devido a viga e a laje em concreto não possuem a mesma precisão dimensional que o sistema em aço leve, houve uma incompatibilidade entre os dois sistemas. A solução adotada foi o preenchimento do vão entre a viga de concreto e a guia superior do quadro com espuma expansiva, conforme figura 11.

A solução foi adotada em obra pelo supervisor da equipe de montagem, segundo um funcionário da empresa, entrevistado durante a visita à obra. Tal solução bota em dúvida o desempenho da parede executada, uma vez que se afasta das condições padrão projetadas, onde todas as guias eram chumbadas com parabolts diretamente na estrutura de concreto.

Outra situação interessante nessa obra foi o surgimento de fissuras em uma das fachadas do pavilhão anexo, também executado em LSF. A aparição de fissuras ocorreu mesmo com a utilização da tela recomendada nas juntas e o basecoat (acabamento argamassado especial) do fabricante sobre todas as placas cimentícias. Segundo o encarregado pela equipe de montagem, que conduziu a visita na obra, foi posteriormente identificado por um representante técnico que a paginação das placas OSB coincidia com a das placas cimentícias, o que resultou nas fissuras das juntas. A solução foi desmontar parte do plaqueamento mais externo, e fazer com que as juntas passassem a se “desencontrar”. Essa patologia poderia ter sido evitada se a execução da montagem tivesse sido fiscalizado por profissional com conhecimento técnico e o projeto

contivesse instruções claras quanto a importância de obedecer determinada paginação. É importante observar que este erro de montagem acaba impactando em prazo e custo de obra, uma vez que há desperdício de material e mão de obra.

Figura 11 – Preenchimento de vão com espuma expansiva



(fonte: própria do autor)

Figura 12 – Manifestação patológica decorrente da sobreposição de juntas das placas OSB e das placas cimentícias



(fonte: própria do autor)

4.1.4 Empresa D

O entrevistado da empresa D foi o engenheiro e proprietário da empresa. A empresa trabalha com fornecimento de material e mão de obra. No entanto é mais focada na montagem de drywall uma vez que o volume de demanda pelo sistema LSF é muito pequeno para tornar a dedicação exclusiva ao sistema viável financeiramente. Segundo o entrevistado, ainda é muito difícil quebrar a cultura regional de que paredes feitas com materiais leves são de pior qualidade.

No entanto, o entrevistado afirma já ter realizado algumas obras em LSF. A mão de obra utilizada é a mesma que ele utiliza para a execução dos serviços de drywall, sendo que ele mesmo fornece o treinamento para a montagem no sistema LSF. O entrevistado disse ter participado de cursos de montagem e utilizar o manual do fornecedor que obteve nessa oportunidade como bibliografia para o treinamento. No entanto essa bibliografia foi elaborada há cerca de dez anos atrás. Mesmo com o treinamento, a supervisão constante se faz necessária, uma vez que nem sempre o montador acaba assimilando todos os conceitos e procedimentos. Segundo o proprietário da empresa, um dos pontos mais críticos é a instalação da fita de contraventamento, que necessariamente precisa estar esticada e posicionada corretamente.

4.2 ANÁLISE CRÍTICA DO MERCADO

O mercado do LSF no Rio Grande do Sul está em processo de desenvolvimento, com algumas partes do processo produtivo ainda em condições deficientes. Em todas as empresas entrevistadas, nenhuma entregava o produto completo para o cliente final. A falta de mão de obra qualificada foi recorrentemente citada como uma das principais dificuldades do sistema atualmente. A falta de mão de obra qualificada mencionada não se restringe à equipe de montadores, mas também faltam profissionais de engenharia e arquitetura com conhecimento técnico no sistema envolvidos principalmente com a etapa de execução.

Se formos analisar as distribuidoras de material, percebemos uma grande diferença de domínio técnico. Enquanto uma empresa possui uma equipe de engenharia especializada no sistema, a outra apenas repassa material e possui pouco conhecimento sobre as especificações técnicas e o que o sistema de fato entrega. A Empresa B demonstra domínio do sistema e a utilização de boas práticas de projeto, se preocupando em entregar um produto ao cliente com a menor possibilidade de erros de montagem através do sistema *framecad* (perfis cortados e nomeados

em fábrica). No entanto, ao não entregar o sistema completo, incluindo a montagem, abre mão do controle de qualidade do produto final permitindo que o sistema acabe não alcançando seu real potencial. A empresa poderia fiscalizar a construção para melhorar o produto final ao cliente, mas geralmente não o faz.

Um problema encontrado nos projetos fornecidos é a não compatibilização prévia do sistema com outros projetos como hidráulico, elétrico e de refrigeração, o que pode gerar soluções em canteiro que comprometam o desempenho e a durabilidade da edificação. Embora os perfis tenham esperas para a passagem de tubulações, a solução para a retirada das tubulações para o meio externo normalmente não é previamente detalhada, e depende do conhecimento técnico do montador, o que pode gerar patologias como as observadas na figura 10.

Ao analisarmos as montadoras entrevistadas, percebemos uma relação muito próxima entre as montadoras de LSF e a de drywall, principalmente devido a semelhança entre os produtos e ferramentas utilizados na construção dos elementos. Essa proximidade garante uma saúde financeira melhor às empresas, uma vez que a demanda por montagem de LSF é pequena o que dificulta a manutenção de uma empresa com dedicação exclusiva ao sistema. No entanto, essa proximidade é perigosa, pois ao mesmo tempo que os sistemas possuem semelhanças, possuem grandes diferenças quanto a montagem e as exigências técnicas dos elementos. O LSF conta com uma série de subsistemas interligados que não são comuns ao sistema drywall, tornando muito mais complexa a sua montagem. Um montador de drywall não está qualificado automaticamente a montar LSF. É preocupante a falta de corpo técnico especializado fiscalizando o processo de execução conforme relatado pela empresa C. Existe uma série de detalhes que devem ser observados como posicionamento e tipo dos parafusos utilizados, orientação de placas e coordenação de juntas, reforços de zonas críticas e impermeabilização de superfícies. Como todas as empresas entrevistadas reconheceram que a mão de obra qualificada é escassa, a fiscalização do processo de montagem e a elaboração de projetos detalhados é de vital importância para o sucesso dos empreendimentos.

5 O CASO TV TOWER

Nos dias 6 e 7 de novembro de 2017, ocorreu no campus da Unisinos o I Encontro Regional de Construção à Seco – LSF. O evento contou com a participação de muitos profissionais envolvidos no mercado da construção à seco, que conduziram palestras expondo suas experiências e visões quanto ao sistema e seu posicionamento dentro da indústria da construção civil. As vantagens produtivas e o desempenho elevado foram recorrentemente mencionados durante as apresentações, utilizando obras realizadas como exemplos.

Dentre as várias apresentações, um caso de obra apresentado foi particularmente interessante por se enquadrar na tipologia de construção foco deste trabalho e possuir elevado grau de exigência técnica: a apresentação da arquiteta Helena Rodrigues sobre o TV Tower. A arquiteta Helena foi a representante do GYP Group no encontro e apresentou o caso da TV Tower construída para os jogos olímpicos do Rio de Janeiro (figura 13). A apresentação trouxe uma série de detalhes do processo de licitação, projetos e execução que serão discutidos nesse item. O caso é um exemplo de sucesso do LSF empregado na construção de unidades comerciais.

Durante a concorrência, foram impostas as necessidades técnicas do prédio e as características desejadas. A solução em LSF concorreu com outras soluções tecnológicas como a construção por containers, em andaimes e em aço pesado. Os pontos considerados para a escolha do método eram: o prazo, o preço, a possibilidade de se ter medidas personalizadas, a facilidade de desmontagem e o alto grau de desempenho acústico. O LSF foi escolhido como o sistema mais indicado por reunir as características citadas.

O prédio deveria ter quatro pavimentos e abrigar 16 estúdios de transmissão de diversas redes de televisão do mundo, em uma área de 3200 m². A altura total do prédio chegava aos 20 m, contando com pés direitos de até 5 m. Além disso, os estúdios precisavam de grandes vãos de esquadrias chegando a ter estruturas de 10 m de vão livre (no único estúdio duplo).

Figura 13 – TV Tower construída para os jogos olímpicos do Rio de Janeiro



(fonte: RODRIGUES, 2017, p 3)

O prazo era um desafio, cinco meses para elaboração do projeto e execução. Para isso, foi necessária uma grande atenção aos detalhes e desenvolvimento de projetos executivos. O detalhamento e fabricação de perfis com medidas precisas foi elaborado cuidadosamente para se minimizar a possibilidade de ocorrência de algum problema executivo que gerasse atrasos. Essa estratégia fez com que se mudasse o planejamento inicial, que considerava um mês de projeto e quatro de execução. A direção escolheu investir mais no detalhamento do projeto, usando dois meses do prazo apenas para projeto e três para execução. Essa estratégia é muito interessante. A empresa apostou em resolver todas as interferências e possíveis dificuldades de construção na etapa de projeto visando aumentar tanto a qualidade do produto final quanto a produtividade da execução.

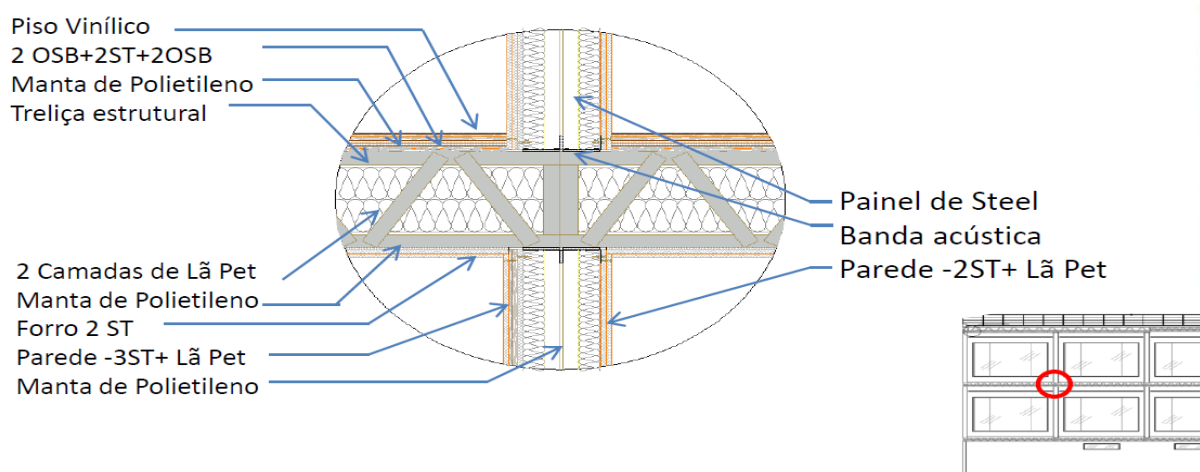
A altura do prédio como um todo, com pés direitos elevados, e a localização próxima da Lagoa da Barra fizeram com que um cuidado especial fosse tomado quanto ao cálculo estrutural do contraventamento. Outra característica interessante deste projeto quanto à estrutura era a elevada sobrecarga, uma vez que os equipamentos utilizados são muito pesados.

O isolamento acústico e o controle de vibrações também foram um desafio de projeto. As vibrações acústicas deveriam ser consideradas, não podendo as atividades de um estúdio interferirem no desempenho dos estúdios vizinhos. A solução encontrada foi fazer vigas contínuas com três pontos de apoio para o estúdio duplo. Paredes duplas foram projetadas com a utilização de 5 chapas, lã de PET, manta de polietileno e banda acústica (ver detalhes das fig 14 e 15). Uma observação importante é quanto a utilização de chapa de gesso ST no piso. Essa solução foi utilizada para alcançar o desempenho acústico desejado e tendo em vista que o prédio era provisório, uma vez que não é usual tal especificação para empreendimentos permanentes.

No entanto, uma parte do projeto não foi realizada apenas com a tecnologia do Light Steel Frame. Devido às exigências técnicas do fabricante de elevadores, que não instalava em estruturas leves, foi necessário utilizar outros sistemas para essa parte do projeto. Para o elevador de carga foi executado uma torre de Grua independente, enquanto que a estrutura para o elevador social foi feita em estrutura metálica pesada

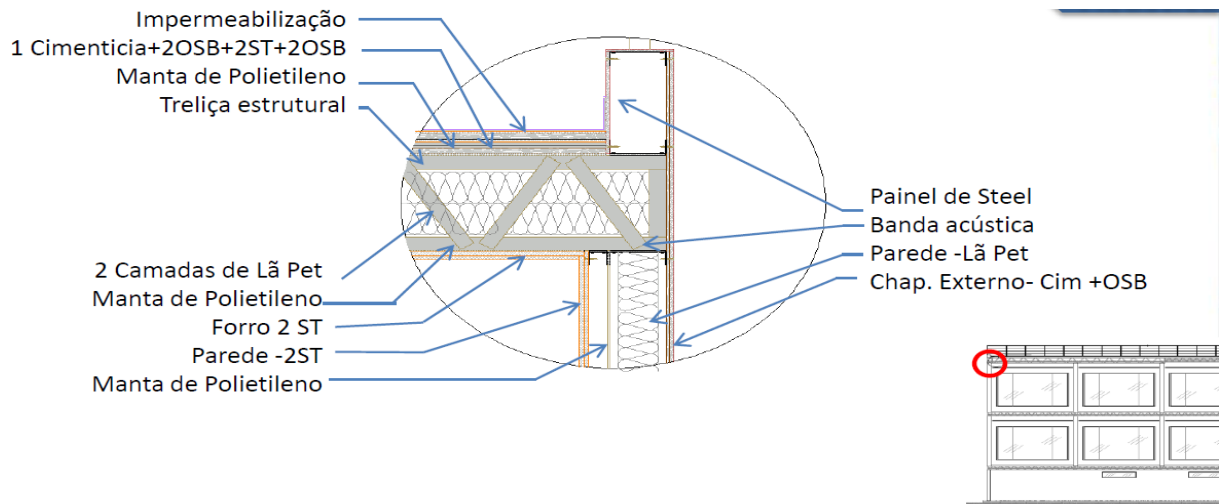
Ao fim das olimpíadas, foi feita a desmontagem de toda a unidade dentro do prazo de dois meses, conforme exigência. O material foi praticamente totalmente reaproveitado, com exceção das placas cimentícias e de gesso acartonado que tiveram alguma perda durante a desmontagem. Essa acaba sendo uma característica interessante para a construção de unidades comerciais, uma vez que exemplifica a viabilidade para a construção de empreendimentos provisórios. Seria o caso de construções de unidades cuja a necessidade seja sazonal. Empreendimentos temporários que visam atender uma demanda momentânea como empreendimentos na praia durante o verão, por exemplo.

Figura 14 – Detalhamento de solução para paredes e lajes entre estúdios



(fonte: RODRIGUES, 2017, p 47)

Figura 15 – Detalhamento de solução adotada para laje e parede entre estúdio e ambiente externo



(fonte: RODRIGUES, 2017, p 48)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo principal o conhecimento das vantagens e limitações do sistema construtivo LSF sob a ótica de construções comerciais. Foi possível determinar esses parâmetros através da consulta bibliográfica e entrevista com profissionais que atuam com o sistema.

A principal vantagem do sistema LSF para o segmento comercial quando comparado com sistemas convencionais é sua velocidade de produção. Os entrevistados das empresas B e C afirmam que esse fator é decisivo para o acerto de obras dessa tipologia. O prazo mais curto de construção resulta em um começo de retorno financeiro antecipado para o cliente, que começa a atuar mais cedo. A rentabilidade gerada pela diferença de prazo entre a construção convencional e a construção em LSF muitas vezes supera a diferença de custos entre os sistemas. Portanto, a tomada de decisão quanto ao sistema passa por uma avaliação do plano de negócios do cliente final.

No entanto, o prazo mais curto gera uma necessidade de desembolso mais rápido também, afetando diretamente o fluxo de caixa. A tecnologia não aceita paralisações devido problemas financeiros. Uma paralização durante o emplacamento em OSB, por exemplo, pode gerar a perda do material devido à exposição à intempéries sem a proteção da membrana hidrófuga. Portanto, deve-se considerar o planejamento financeiro da obra com muito cuidado para evitar patologias e desperdícios.

Outra vantagem do sistema construtivo LSF que foi possível verificar é a maior confiabilidade quanto ao cronograma e custos da obra. Esse ponto foi recorrentemente citado pelos entrevistados como ponto que atrai os clientes. Para unidades comerciais, a precisão de custos e prazo permitem o planejamento estratégico da atividade comercial de forma mais exata. O cliente final pode programar a sua inauguração com fornecedores e atividades de divulgação com mais segurança. Os entrevistados dizem que o cliente usual do sistema LSF normalmente tem como principal motivação fugir da desorganização e imprevisibilidade recorrentes no sistema tradicional.

A sustentabilidade não chega a ser um ponto decisivo para os clientes finais, segundo os entrevistados. Embora seja considerado algo positivo, não chega a ser um ponto que de fato conquiste cliente. No entanto, como podemos ver no caso TV Tower apresentado no capítulo 5 deste trabalho, a tecnologia permite o reaproveitamento do material utilizado na construção de edificações. Essa característica torna o sistema LSF uma alternativa interessante para construção de unidades provisórias que visam atender demandas temporárias.

Outro objetivo do trabalho era conhecer melhor como tem funcionado o mercado do LSF na região do Rio Grande do Sul. Essa parte do trabalho foi feita conhecendo as empresas e entrevistando seus funcionários, comparando as metodologias empregadas em cada empresa com as recomendações de boas práticas presentes na bibliografia disponível sobre o tema.

Das empresas entrevistadas que aceitaram participar da pesquisa, nenhuma entregava o produto completo ao cliente: projeto, material e execução. Essa condição torna mais complicado para o cliente final investir no sistema, uma vez que o produto é segmentado entre várias empresas que nem sempre cooperam entre si, conforme relatado pelos próprios entrevistados.

O arquiteto projetista normalmente não projeta a edificação para o sistema LSF. Ao mesmo tempo esse profissional frequentemente não está disponível para o projetista estrutural, que costuma fazer a conversão. Essa dificuldade de cooperação entre a concepção arquitetônica em um sistema e a conversão para o sistema LSF gera atrasos no processo de tomada de decisões e, conseqüentemente, na entrega do projeto.

Além disso, devido a concepção inicial do projeto arquitetônico geralmente não ser para o sistema LSF, acaba-se perdendo a oportunidade de otimizar a utilização do material através de um projeto com coordenação modular própria para o sistema. Não projetar com coordenação modular gera um aumento dos desperdícios de materiais, perda de produtividade da mão de obra e um maior risco na incidência de patologias. O projeto que normalmente é produzido também não conta com a compatibilização com projetos elétricos, hidráulicos e de refrigeração. Embora os perfis possuam furações prévias para a passagem das tubulações, a não compatibilização prévia e o detalhamento das interferências entre os projetos permite a tomada de decisões em obra, o que nem sempre é feita da forma tecnicamente mais recomendada.

O projetista estrutural que é especializado no sistema, por sua vez, não possui equipe de montagem própria e não fiscaliza a execução, deixando a qualidade do produto final na perícia

e conhecimento técnico do montador. Essa é uma das partes mais sensíveis do processo, uma vez que todos os entrevistados afirmaram que a mão de obra é pouco qualificada. Embora os projetos tenham detalhamento de posicionamento e fixação de cada componente, a ausência de uma fiscalização técnica constante aumenta o risco de erros de montagem devido falta de conhecimento por parte dos montadores.

Esse risco é ainda maior quando se percebe que a maioria dos montadores são profissionais que trabalham com um sistema semelhante porém com especificações e exigências técnicas completamente diferentes: o drywall. Ou seja, a mão de obra frequentemente não é especializada na montagem de LSF, mas sim em um sistema parecido. O drywall possui muito menos exigências quanto a ligações e contraventamentos, além de uma variabilidade menor de componentes. A montagem não supervisionada pode gerar erros simples que colocam o desempenho do sistema em risco, como o exemplo citado pelo entrevistado da empresa D de que a fita de contraventamento frequentemente é instalada com folga quando não supervisionada, não cumprindo sua função corretamente.

A falta de mão de obra especializada não se limita a equipe de montadores, mas também em profissionais de arquitetura e engenharia com conhecimento técnico para supervisionar o processo de execução. Isto se deve pela baixa divulgação do sistema de forma geral até mesmo dentro do meio técnico, e também pela característica do setor que é resistente a mudanças. O mercado conta com cursos de treinamento de mão de obra, que são uma opção interessante para resolver esse problema de escassez. Os cursos tem duração variavel entre três dias a uma semana e são uma solução para a baixa qualificação da mão de obra de montadores e supervisionadores capacitados no sistema.

No entanto, apesar das dificuldades encontradas no mercado regional, o sistema possui um imenso potencial que é possível de ser atingido. Esse potencial é demonstrado pelo caso da torre para as emissoras de TV nos jogos olímpicos do Rio de Janeiro. O caso mostra uma série de vantagens do sistema sendo aplicadas como solução para um projeto com elevadas exigências técnicas e condicionantes diversas. A obra demonstra que as boas práticas, principalmente no que diz respeito ao detalhamento e elaboração cuidadosa do projeto e planejamento, permitem que o sistema atinja seu grande potencial aqui mesmo no Brasil. O caso é um exemplo da utilização do LSF para realizar um empreendimento com alto grau de desempenho acústico e

conforto ao usuário, realizado em um prazo muito curto, com uma baixa taxa de desperdícios, e mesmo assim tendo um custo final competitivo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério das cidades. Secretaria Nacional da Habitação. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas. **Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos nº 03**. Brasília, dez. 2013
- CASTRO, Eduardo Munhoz De Lima. Light Steel Framing para uso em habitações. **Revista Construção Metálica**, v. 84, fev. 2007.
- SÃO PAULO. Resistência ao fogo dos elementos de construção. **INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 08/2011**, 2011. Disponível em: <http://www.cbm.rs.gov.br/wp-content/uploads/2015/08/IT_08_2011.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- CBCA, **Cenário dos fabricantes de Perfis Galvanizados para LSF 2017**, 2017. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/publicacoes-cenario-fabricantes-perfis-galvanizados.php>>. Acesso em: 21 jan. 2018
- CBCA, **Cenário dos fabricantes de Perfis Galvanizados para LSF 2016**, 2016. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/publicacoes-cenario-fabricantes-perfis-galvanizados.php>>. Acesso em: 20 ago. 2017
- CFSEI: COLD FORMED STEEL ENGINEERS INSTITUTE. History. Disponível em: <<http://www.cfsei.org/history>>. Acesso em: 12 jun. 2017
- CRASTO, R. C. M. de. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- CRASTO, R. C. M.; FREITAS, Arlene Maria Sarmano. Construções de light steel frame. **Revista Técnica**, Ouro Preto, jul. 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285545-5.aspx>>. Acesso em: 06 mai. 2017.
- DOMARASCKI, Conrado Sanches; FAGIANI, Lucas Sato. Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional. **Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos**, Barretos, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAfqcMAC/estudo-comparativo-dos-sistemas-construtivos-steel-frame-concreto-pvc-sistema-convencional?part=3#>>. Acesso em: 06 mai. 2017.
- FERREIRA, RAFAELA COSTA LIMA. Desempenho de vedações verticais em light steel framing e alvenaria de blocos cerâmicos: estudo comparativo. **TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - UFRGS**, dez. 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/138294/000989536.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

FUTUR ENG. **Desempenho do sistema Isf**. Disponível em:
<<http://www.futureng.pt/desempenho>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

GOMES, C. E. M. et al. Overview: o light steel frame como alternativa para produção de moradias. **Construção Metálica**, [S.L], abr./fev. 2017. Disponível em:
<<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7246>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

GOMES, Jefferson De Oliveira; LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos. UMA VISÃO MAIS SUSTENTÁVEL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS NO BRASIL.: **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 167-186, nov. 2014. Disponível em:
<<http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/viewFile/469/357>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNOLÓGICAS. **Documento de Avaliação Técnica nº 014**. São Paulo, 2013a.

_____. **Documento de Avaliação Técnica nº 015**. São Paulo, 2013b.

_____. **Documento de Avaliação Técnica nº 016**. São Paulo, 2013c.

MAGALHÃES, Ruane Fernandes. Edificações em light steel frame isoladas externamente com EIFS : avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013. **Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2015. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000897013&loc=2013&l=aa4c7e98d3db49ad>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

MILAN, Gabriel Sperandio; NOVELLO, Roger Vagner; REIS, Zaida Cristiane Dos. A VIABILIDADE DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAME PARA CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS. **Revista Gestão Industrial**, [S.L], v. 07, n. 01, p. 189-209, jan. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/538/647>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

RODRIGUES, Helena. Conceito estrutural e soluções tecnológicas: TV Tower - Parque olímpico. **I Encontro Regional de Construção a Seco**, São Leopoldo, nov. 2017. Disponível em: <<http://bit.ly/SlidesLSF2017>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

STEEL FRAME INDUSTRY ASSOCIATION. History. Disponível em:
<<https://sfia.memberclicks.net/history>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

TESIS. **Documento de Avaliação Técnica nº 030**. São Paulo, 2016.

WOLFART, Geovâni Luis. Sistema construtivo em light steel frame com revestimento externo em EIFS : aspectos e gargalos do processo executivo. **Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001002269>>.

Acesso em: 03 mai. 2017.

VALIM, Vinicius Gadini. Light steel framing : viabilidade técnica da utilização de um sistema inovador na construção civil [recurso eletrônico]. **Trabalho de conclusão(graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Curso de Engenharia Civil**, Porto Alegre, dez./mar. 2015. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000952057&loc=2015&l=b3d238a3dacf7c05>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos; NOVAES, Celso Carlos. VANTAGEM PRODUTIVA DO SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING: DA CONSTRUÇÃO ENXUTA À RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA. **ENTAC 2010**, [S.L], out. 2010. Disponível em: <<https://www.aea.com.br/blog/vantagem-produtiva-do-sistema-light-steel-framing-da-construcao-enxuta-a-racionalizacao-construtiva/>>. Acesso em: 21 jun. 2017.