



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

SAMARA MOREIRA GONÇALVES

LIGHT STEEL FRAMING

UBÁ / MG

2014

SAMARA MOREIRA GONÇALVES

LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: MSc. Israel Iasbik.

UBÁ / MG

2014

LIGHT STEEL FRAMING

RESUMO

Light Steel Framing é um sistema construtivo industrializado também conhecido como “Estruturas em Aço leve”, que utiliza como principal elemento estrutural o aço galvanizado. Devido a possibilidade da integração com diversos materiais, possibilita atender as necessidades específicas de cada projeto. A partir do momento histórico onde houve diminuição da disponibilidade e qualidade da madeira que era utilizada na construção, o aço torna-se um substituto promissor em função da sua abundância e praticidade. O sistema *light steel framing* surge visando aumentar a produtividade na construção de novas habitações através da utilização do aço e de métodos práticos, além de ser uma proposta para o desenvolvimento tecnológico da construção civil. Apresenta como principais características a redução do impacto ambiental através da diminuição de entulhos e a redução significativa do tempo necessário para execução do projeto tornando-o mais viável economicamente.

Palavras-chave: *Steel framing*. Estrutura. Aço.

LIGHT STEEL FRAMING

ABSTRACT

Light Steel Framing is an industrialized constructive system also known as "Structures in lightweight steel" which uses as its main structural element galvanized steel, and because of the possibility of integration with several different materials, this situation allows the perfect arrangement with the specific needs of each project. Since the historical moment of lack of availability and quality of the wood used in construction, the steel becomes a promising substitute based on its abundance and practicality. The light steel framing system appears in order to increase productivity in the construction of new housing throughout the use of steel and practical methods, and besides being a proposal for the technological development of construction. The main characteristics of this method are the reduction of the environmental impact by reducing the trash, and the significantly time reduction required to the project execution, turning the system to a more economically practicable one.

Keywords: Steel framing. Structures, Steel.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com a crescente demanda do setor da construção civil, tem-se a necessidade de se construir com maior rapidez e de maneira mais eficiente, evitando desperdícios e a geração de resíduos de construção. A preocupação com as questões ambientais e a necessidade de buscar alternativas sustentáveis para a indústria da construção civil apresentam limitações ao sistema construtivo tradicional gerando a necessidade de se investir em métodos construtivos que permitam a racionalização dos seus processos e possuam um alto nível de industrialização.

Crasto (2005) destaca que diante do grande crescimento populacional e dos avanços tecnológicos, o setor da construção civil tem buscado por sistemas mais eficientes e processos mais racionalizados, visando aumentar a produtividade, diminuir a geração de resíduos e atender a demanda crescente. Ainda segundo o autor, uma alternativa viável seria a utilização de sistemas construtivos com aço, caracterizados pelo alto índice de industrialização, com projetos detalhados e integrados, minimizando perdas e prazos na construção.

O sistema *Light Steel Framing* (Estrutura de Aço Leve), também conhecido pela sigla LSF, é uma alternativa para o setor da construção civil que vem sendo utilizado em diversos países e apresenta um crescimento notável no Brasil, que é um dos maiores produtores de aço do mundo.

Como nos esclarece TERNI; SANTIAGO; PIANHERI (2008),

O *Steel frame* é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios.

O LSF tem como principal característica a utilização de perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio, formando painéis estruturais que resistem aos esforços exigidos pela edificação. Após a montagem, ambas as faces da estrutura são fechadas com painéis de materiais variados como gesso, placas cimentícias, etc. e, em seguida, podem ser revestidas de acordo com o interesse do cliente. Os perfis de aço são de baixa espessura e refletem na redução do peso da estrutura e na facilidade do manuseio com o material. O resultado é uma rapidez no processo construtivo e uma diminuição no prazo de construção tornando-

o economicamente mais viável, além de reduzir o impacto ambiental, visto que não gera muito entulho e diminui o desperdício de material. Possui ainda como características positivas a facilidade de montagem e a flexibilidade da arquitetura.

1.1 Objetivos

O trabalho tem como objetivo apontar as vantagens da utilização do sistema construtivo *Light Steel Framing*, estudar as técnicas, aplicações e realizar a análise comparativa de custos entre este sistema e o sistema convencional atualmente utilizado como método construtivo para habitações.

1.2 Justificativa

A construção civil convencional é executada com materiais agressivos ao meio ambiente. Estes materiais são poluentes durante sua extração, no processo de produção e posteriormente – após a utilização na construção – produz grande volume de resíduos, o entulho da construção civil. Ultimamente, o impacto ao meio ambiente causado pela construção civil tem alertado os órgãos governamentais a criarem medidas mais severas para que os profissionais envolvidos na construção se conscientizem sobre o impacto do seu trabalho. Essa conscientização deve ser acompanhada de mudanças práticas menos agressivas.

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

O receio em construir uma residência estruturada em aço, na maioria das vezes, está relacionado ao se pensar que a estrutura ficará aparente, muitos usuários e projetistas descartam essa técnica de construção por achar que resultará em uma arquitetura muito peculiar, ou com aparência estranha a uma edificação convencional. Na construção de residências com o *Light Steel Framing*, o

detalhamento dos projetos também é fundamental para o melhor desempenho do sistema. Logo, na finalização da construção a estrutura nunca se apresenta aparente, já que os elementos estruturais que formam as paredes, pisos e tetos estão sempre encobertos pelos materiais de fechamento, assim o resultado final assemelha-se a de uma construção convencional, como pode ser observado na FIG. 1.

FIGURA 1. Residência construída com LSF



Fonte: Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA)

Dentre todas as técnicas de construção em aço, a opção pela tecnologia de utilização do *Light Steel Framing* se justifica pelo fato do uso de novas tecnologias serem uma alternativa para racionalizar e industrializar os processos construtivos. A construção com estruturas em aço, além de ser versátil e durável, está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentável. Utiliza técnica limpa, diminui impactos ambientais na etapa de construção e, concluída a obra, garante segurança e conforto aos ocupantes da edificação.

A justificativa primordial para a realização da pesquisa se deve ao fato que uma nova tecnologia deve atender às expectativas da sociedade, podendo assim, ser denominada uma “alternativa de construção”, é necessária a prévia investigação dos fatores determinantes para sua implementação na construção civil.

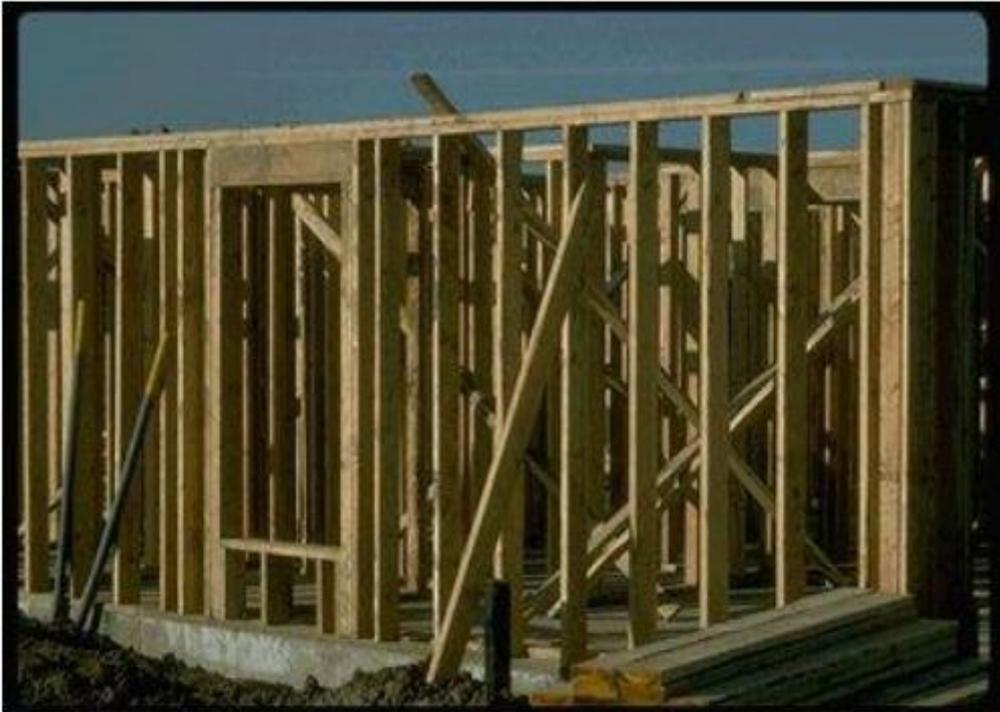
2 DESENVOLVIMENTO

2.1 O sistema *Light Steel Framing*

2.1.1 Histórico

Apesar de ser considerada uma tecnologia nova, a origem do sistema em *Framing* remonta ao século XIX, entre os anos de 1810, quando os Estados Unidos começaram a conquista do território americano em 1860, quando a imigração chegou à Costa Oeste, ou seja, ao Oceano Pacífico. Nessa ocasião, para atender a forte demanda por habitação, devido ao grande crescimento da população em um período curto de tempo, recorreu-se à utilização dos materiais existentes no local (madeira) utilizando conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na revolução industrial e adaptados às construções industrializadas.

Esse método consistia na utilização de estrutura constituída por peças de madeira serrada de pequena seção transversal conhecido por "*Ballon Framing*" e fechados por peças de madeira, originando o sistema construtivo "*Wood Frame*" que se tornou a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos, como ilustra a FIG. 2.

FIGURA 2. *Wood Frame*

Fonte: PENNA, 2009

Ao terminar a Segunda Guerra Mundial, o aço era um recurso abundante e a siderurgia havia obtido grande experiência na utilização do metal devido ao esforço da guerra. Inicialmente utilizado em divisórias dos grandes edifícios com estrutura em ferro, o aço moldado a frio passou a ser usado em divisórias de edifícios de habitação e acreditava-se que poderia substituir a estrutura de madeira nas moradias. Um grande impulso foi dado nos anos de 1980 quando diversas florestas mais antigas foram vedadas à indústria madeireira. Isso levou ao declínio da qualidade da madeira empregada na construção e a grandes flutuações no preço desta matéria prima. Em 1991, o custo da madeira usada na construção subiu 80% em quatro meses, o que levou muitos construtores a usar o aço imediatamente (BELIVAQUA, 2005).

Em 1993, a indústria norte-americana do aço foi alavancada pela alta dos preços da madeira. Nessa época criaram-se associações de técnicos e construtores e o LSF passou a ser encarado profissionalmente. Nesse mesmo ano foi publicado um estudo pela *National Association of Home Builders* (NAHB, 1993), identificando que o aço representava a melhor opção para a construção de residências no sistema em “*framing*”. Nesse contexto, o LSF ganhou grande aplicabilidade,

substituindo a madeira com as vantagens de baixo peso, produção em larga escala e homogeneidade do material, além da alta performance estrutural proporcionada pelo sistema (BELIVAQUA, 2005).

O LSF chegou ao Brasil no início da década de 90, sendo inicialmente aplicado em edificações destinadas aos padrões de renda média e alta. A maior difusão do sistema e o conseqüente aumento da escala de produção dos materiais nele utilizados propiciaram um custo final da construção consideravelmente inferior, deste modo possibilitando a expansão de sua utilização também para habitações populares.

2.1.2 Características gerais

Por se tratar de um sistema industrializado, o LSF pode reduzir custos, porque, além de racionalizar o uso de materiais, diminuindo consideravelmente as perdas, otimiza o tempo de fabricação e de montagem da edificação, em que se podem executar vários serviços concomitantemente, ou seja, enquanto as fundações estão sendo feitas no local da construção, os painéis das paredes ou, até mesmo, as tesouras da cobertura podem ser preparadas em fábrica e, posteriormente, montadas na obra.

As construções em LSF exigem um elevado nível de detalhamento em projeto, essencial para que a montagem da edificação seja racionalizada, prática e veloz. Esses fatores favorecem o gerenciamento de perdas e o cumprimento dos cronogramas previstos para a obra, aspectos que são imprescindíveis para tornar o LSF uma opção viável. É importante que se observe que tanto a estrutura metálica quanto as placas de fechamento são fornecidas em tamanhos parametrizados como múltiplos e submúltiplos de 3, fator essencial que deve ser previsto em projeto para que medidas que se diferenciem dessa parametrização não sejam utilizadas e se evite o corte desnecessário de perfis e de placas e, conseqüentemente, o seu desperdício.

Outra importante característica desse sistema construtivo é a sua sustentabilidade, pois todo o aço utilizado para se construir uma edificação em LSF é 100% reciclável, sem contar que já pode vir da reciclagem. Isso diminui os impactos ambientais tanto por causa da economia da energia que seria gasta para se produzir esse aço, quanto dos resíduos nas construções que não serão

despejados no meio ambiente. Além do aço, outros materiais, como o gesso acartonado, que é comumente utilizado no fechamento de edificações em LSF, podem ser reciclados e reutilizados para outros fins. Convém enfatizar que esse sistema não utiliza água, o que é sobremaneira relevante nos tempos atuais. já que o mundo luta contra o seu desperdício.

Crasto (2005) elenca os principais benefícios e vantagens do LSF, quais sejam:

- Padronização e industrialização dos elementos construtivos, em que a matéria-prima utilizada passa por rigorosos processos de controle de qualidade;
- O aço é um material de comprovada resistência e de alto controle de qualidade, tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, o que permite mais desempenho estrutural e precisão dimensional;
- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio, já que são amplamente utilizados pela indústria;
- Durabilidade e longevidade da estrutura proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis;
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos;
- Construção a seco, o que minora o uso de recursos naturais e o desperdício;
- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas;
- Melhores níveis de desempenho termo-acústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- Facilidade na execução das ligações;
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- O aço é um material incombustível;
- O aço pode ser reciclado diversas vezes, sem perder suas propriedades;
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico que não limita a criatividade do arquiteto.

2.2 Etapas construtivas

2.2.1 Fundações

A solução geralmente mais empregada para fundações, quando se fala de habitações econômicas é o *radier* conforme FIG. 3, executada sobre isolamento hidrófugo e com as alimentações elétricas e hidráulicas já instaladas.

O sistema de fundação tipo *radier* é um tipo de fundação rasa, constituída de uma laje em concreto armado com cota bem próxima da superfície do terreno, que recebe e distribui os esforços e, embora seja o mais utilizado, o cálculo estrutural indicará o tipo mais adequado de fundação.

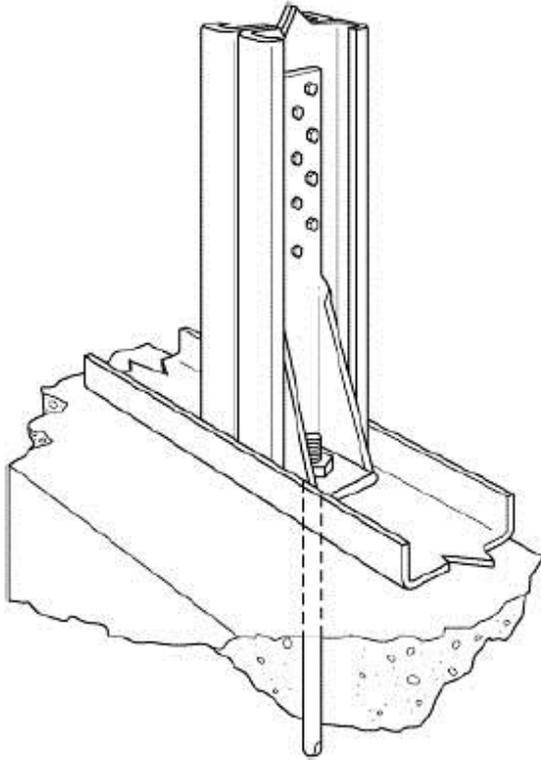
FIGURA 3. Fundação *radier*



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA)

Após a fabricação dos painéis de aço, os mesmos são fixados à fundação através de chumbadores. Os chumbadores são responsáveis por garantir a transferência das cargas da edificação para a fundação, e dessa, para o terreno, conforme esquematizado na FIG. 4. Para tanto, devem estar devidamente ancorados à fundação e aos painéis de aço, nos pontos e formas definidos pelo cálculo. São confeccionados com chapas mais espessas e, geralmente, instalados nas extremidades dos painéis que recebem os contraventamentos.

FIGURA 4. Esquema de fixação por chumbadores



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA)

Por ser um sistema autoportante, a fundação deve estar perfeitamente nivelada e em esquadro, permitindo a correta transmissão das ações da estrutura.

FIGURA 5. Fixação dos painéis



Fonte: Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA)

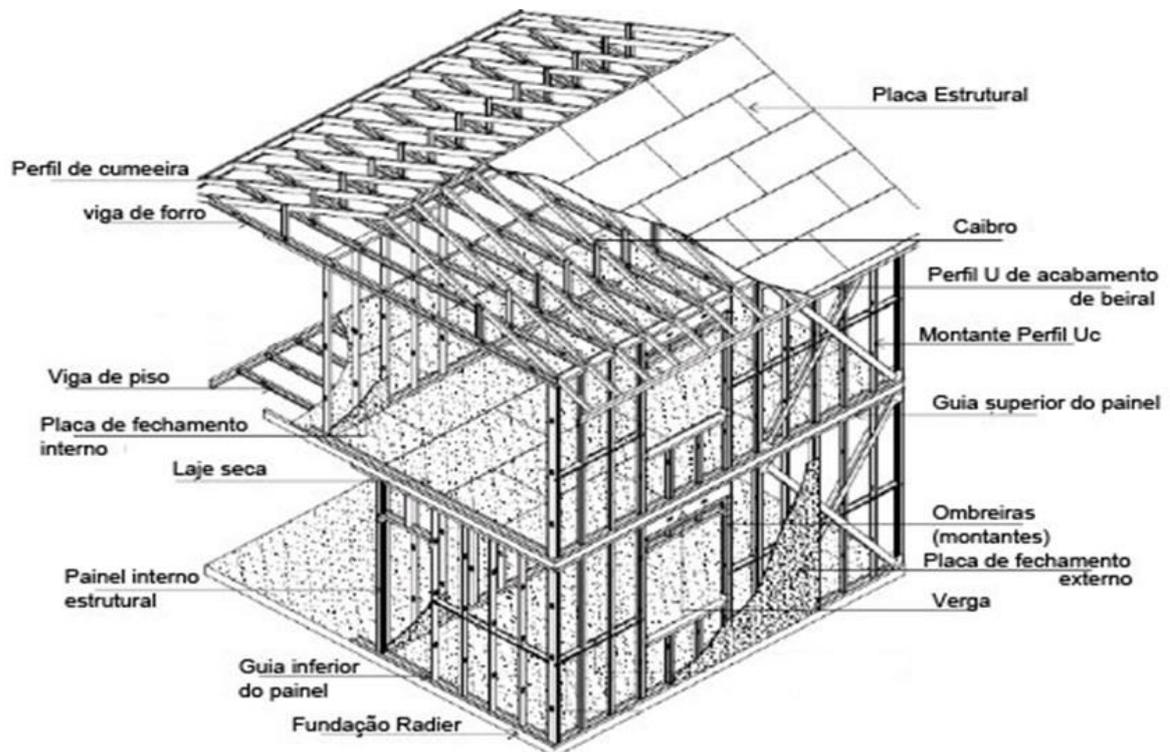
2.2.2 Estrutura

De maneira geral, qualquer edificação necessita de um sistema estrutural que possibilite mantê-la estável e em condições normais de utilização quando sujeita a diversas ações.

O sistema *steel frame* é uma proposta para racionalizar a concepção da estrutura da edificação utilizando-se perfis dobrados a frio. As chapas têm entre 0,8 mm e 3,0 mm de espessura, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 mm.

O LSF é composto basicamente por três tipos de subestruturas: os pisos estruturais, as paredes estruturais e o sistema de cobertura. Na FIG. 6, apresenta-se uma ilustração básica de cada uma dessas subestruturas componentes do sistema, já detalhando alguns de seus elementos.

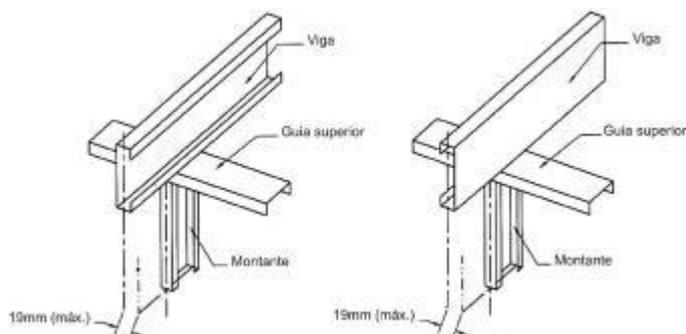
FIGURA 6. Subestruturas do LSF



Fonte: Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA)

As subestruturas de piso são basicamente compostas por vigas apoiadas sobre as paredes estruturais, vencendo os vãos entre elas. As cargas aplicadas sobre essas vigas são os carregamentos permanentes e acidentais de pisos, e os modelos estruturais geralmente utilizados para o dimensionamento desses elementos são os de viga bi apoiada ou viga contínua. A FIG. 7 ilustra o apoio dessas vigas sobre paredes centrais.

FIGURA 7. Vigas apoiadas sobre paredes centrais



Fonte: Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA)

Outra subestrutura do LSF são as paredes estruturais, que é basicamente composta por montantes, que suportam as vigas de piso. No entanto, os detalhes construtivos para esses elementos são inúmeros, sempre ligados à arquitetura das edificações contendo aberturas de janela, portas e ventilação. Os carregamentos atuantes são oriundos do apoio das vigas de piso. Os montantes das paredes externas também estão sujeitos ao carregamento de vento, que atuam diretamente sobre as paredes. Logo, esses elementos estruturais são dimensionados como se fossem colunas sujeitas a carregamentos de compressão e flexão.

Por último, tem-se a subestrutura de cobertura. Basicamente, essas subestruturas são compostas de treliças e/ou caibros vencendo os vãos de telhado.

Os perfis são fixados entre si, através de parafusos autobrocantes, compondo painéis de paredes, lajes de piso/forro e estrutura de telhado. Constituindo dessa forma, um conjunto monolítico de grande resistência e apto a absorver as cargas e esforços solicitados pela edificação e agentes da natureza como vento e chuva (FIG. 8).

FIGURA 8. Estrutura em *Steel Frame*



Fonte: Revista Técnica, edição 137

2.2.3 Fechamento e Revestimento

O conceito estrutural do sistema *Light Steel Framing* é dividir as cargas em um maior número de elementos estruturais, sendo que cada um é projetado para

receber uma pequena parcela de carga, o que possibilita a utilização de perfis conformados com chapas finas de aço.

A modulação ou malha de distribuição destes perfis, usualmente, é de 400mm ou 600mm. Essa modulação permite o controle de utilização e a minimização do desperdício dos materiais complementares industrializados, que estão enquadrados no Módulo Fundamental de 600 mm, tais como: fechamentos em placas cimentícias, OSB (*Oriented Strand Board*) ou placas de gesso acartonado.

Tanto a disposição dos montantes dentro da estrutura dos painéis, como suas características geométricas, de resistência e sistema de fixação entre as peças fazem com que este esteja apto a absorver e transmitir cargas verticais e horizontais.

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

Os painéis são, geralmente, executados anteriormente em fábricas, o que garante uma melhor produtividade, qualidade e melhores condições de trabalho. Porém, o sistema oferece a possibilidade de execução desses painéis junto ao canteiro de obras, não sendo esta, no entanto, a condição ideal de trabalho.

2.2.3.1 Isolamentos

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

As atuais crises energéticas veem reforçar a necessidade de utilização de materiais e procedimentos eficientes de forma a garantir o isolamento e conservação de energia. Não se trata, porém, de não consumir energia e, sim, de consumi-la melhor, mediante adoção de técnicas que permitam gastar menos para o mesmo fim. Atualmente, o conceito de isolamento dá-se por barreira, contrapondo-se com o antigo conceito de isolamento por massa.

Várias são as maneiras de conservação energética em uma construção, são elas: conter infiltrações de água e a passagem de vento, evitar penetração e

formação de umidade, adequado projeto de circulação de ar dentro da edificação ou ainda, reduzir as perdas térmicas entre o meio interno e externo.

Abaixo, apresentam-se alguns sistemas de isolamento, a fim de garantir a conservação de energia na edificação:

- Barreira de água e vento;
- Barreira de vapor;
- Áticos ventilados;
- Isolantes térmicos.
- Seladores;
- Acondicionamento acústico.

2.2.3.2 Fechamento/Acabamentos

Para o revestimento e fechamento da estrutura de aço, são mais utilizados atualmente três tipos de painéis: as placas cimentícias, os painéis de madeira, comercialmente denominados OSB (*Oriented Strand Board*), e as placas de gesso acartonado.

As placas cimentícias são placas delgadas de concreto, fabricadas a partir de argamassas especiais contendo aditivos e uma elevada porcentagem de cimento. Geralmente são confeccionadas a partir de moldes metálicos, utilizando a mesma tecnologia do concreto pré-moldado (FIG. 9).

FIGURA 9. Fechamento em placas cimentícias



Fonte: Revista Técnica, Edição 156

A placa cimentícia, embora proporcione uma superfície mais bem-acabada, demanda uma estrutura mais travada (FIG. 10). Isso significa que os perfis precisam de mais contraventamento, com treliças nas laterais e fitas. O consumo de aço e, conseqüentemente, o custo, são maiores.

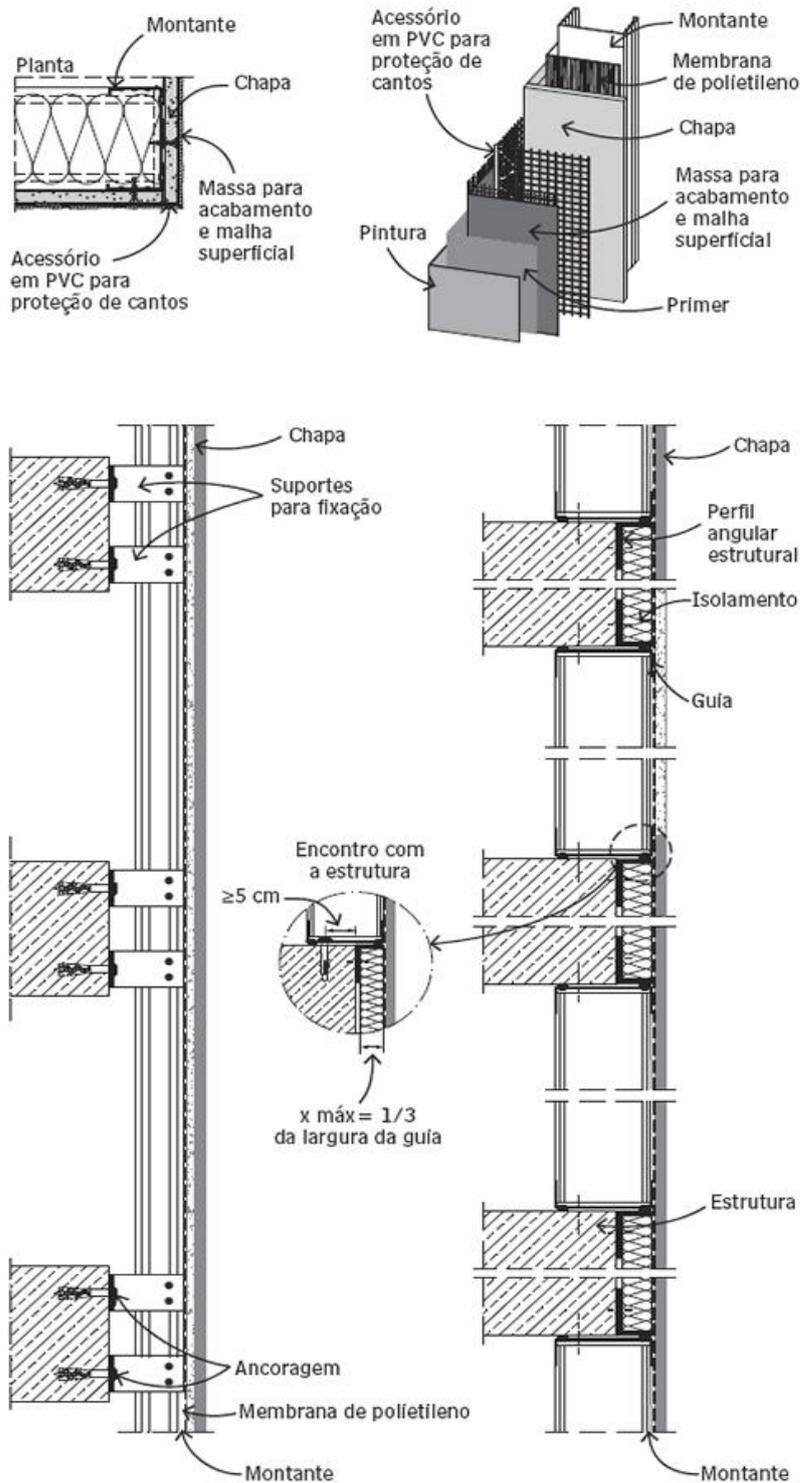
FIGURA 10. Fechamento em placas cimentícias



Fonte: Revista Técnica, edição 186

As placas cimentícias também podem ser empregadas como fechamento sem função estrutural em edifícios de estrutura metálica ou de concreto (FIG. 11), sem restrição de altura. O que garante a rigidez ao sistema nesses casos é a estrutura para fixação dos painéis (guias e montantes) normalmente de aço, mas que também podem ser de madeira.

FIGURA 11. Detalhes construtivos de sistema de fachada



Fonte: Revista Técnica, edição 186

Como componentes dos fechamentos externos, podemos citar as placas OSB (FIG. 12), é um tipo de painel de madeira fabricado com três a cinco camadas de

tiras de madeira reflorestada, cruzadas perpendicularmente, prensadas e unidas com resinas (TECHNE 2009).

FIGURA 12. Fechamento externo de OSB



Fonte: Revista Técnica, edição 79

As chapas de gesso acartonado começaram a ser produzidas no Brasil, no início da década de 1970. O produto foi inventado nos Estados Unidos por Augustine Sackett, ainda no final do século 19, mais só na década de 1940 se disseminou seu uso em divisórias interna de casas e escritórios.

O gesso acartonado é fabricado a partir do minério de gesso ou Gipsita, em duas fases. Na primeira fase é feita a moagem e a calcinação da Gipsita, enquanto que a segunda etapa consiste na fabricação dos painéis propriamente ditos.

Podemos encontrar no mercado brasileiro três tipos diferentes de placa de gesso (FIG. 13):

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

FIGURA 13. Placas de gesso acartonado



Fonte: Casa abril

Sobre as placas gesso podem ser aplicados revestimentos usuais como cerâmica, pintura e textura entre outros usualmente aplicados na construção civil convencional (FIG. 14).

O revestimento externo também pode receber a aplicação dos materiais de acabamento, usualmente empregados, como pastilhas, pedras (mármore ou granito) ou mesmo até mesmo reboco e pintura.

FIGURA 14. Fechamento em gesso acartonado



Fonte: Revista Técnica, edição 79

No *steel frame*, podemos dividir o sistema de vedação vertical em três partes: a primeira corresponde aos fechamentos externos que delimitam as áreas molháveis; a segunda refere-se aos isolantes térmicos e acústicos, que são

colocados entre as placas e entre os montantes e, por último, os fechamentos internos, instalados nas áreas secas ou úmidas, mas não molháveis.

2.2.4 Instalações Sanitárias, Hidráulicas e Elétricas

As instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, para edificações com sistema construtivo *steel frame* são as mesmas utilizadas em edificações convencionais e apresentam o mesmo desempenho, não variando em razão do sistema construtivo. Assim, os materiais empregados e princípios de projeto também são os mesmos aplicados em edificações convencionais e, portanto, as considerações para projeto, dimensionamento e uso das propriedades dos materiais não divergem do tratamento tradicional nessas instalações.

2.2.5 Cobertura

A cobertura destina-se proteger as edificações da ação das intempéries. Pode ser vista também como um dos elementos de importância estética do projeto, merecendo, por isso, materiais que atendam tanto ao desempenho técnico como às exigências arquitetônicas. A definição da cobertura da edificação depende, entre outros fatores, de: dimensões dos vãos que deverão ser vencidos; ações da natureza; opções arquitetônicas e estéticas; condições locais e a relação custo-benefício. (TÉCHNE, 2008)

De um modo geral, os elementos das coberturas são a vedação propriamente dita (telhas), que podem ser de diversos materiais, a armação ou conjunto de elementos que dão suporte à cobertura, como as ripas, caibros, terças, tesouras, treliças, elementos de contraventamento e o sistema de escoamento das águas pluviais, como condutores, calhas e rufos.

Construtivamente, as coberturas próprias para *steel frame* possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais. Portanto, podem ser utilizadas com telhas metálicas, cerâmicas, fibrocimento e *shingle*, entre outras. As coberturas prontas para *steel frame*, por sua leveza e versatilidade, podem ser utilizadas em edificações de sistemas construtivos tradicionais e são capazes de vencer grandes vãos, inclusive podem ser empregadas em galpões e edificações de usos gerais de serviços.

Para executar estruturas de coberturas de *steel frame* utilizam-se os mesmos perfis de aço galvanizado empregados na estrutura das paredes, que são os perfis U e Ue, com alma de 90 mm, 140 mm ou 200 mm de altura. O conceito de alinhamento das cargas, empregado na execução do restante da estrutura da construção, deve valer também para a cobertura. Os perfis metálicos devem se posicionar entre si de tal forma que gerem o mínimo de excentricidade e transmitam as ações citadas sem gerar efeitos substanciais de segunda ordem. Para tanto, construtivamente, os perfis que compõem a tesoura, treliça ou conjunto de caibros devem ter suas almas alinhadas às almas dos montantes das paredes que as suportam, para que os esforços não produzam efeitos não avaliados no dimensionamento.

FIGURA 15 - Estrutura de cobertura em *steel frame*



Fonte: Revista Técnica edição 137

2.3 Comparativo e vantagens da utilização do sistema LSF

2.3.1 Vantagens no uso do LSF

Segundo Crasto (2005) as vantagens são as seguintes: os produtos são produzidos industrialmente e passam por controles de qualidade bem rigorosos; o

aço possui resistência, precisão e melhor desempenho na estrutura; por serem muito utilizados, os perfis são facilmente encontrados; devido sua leveza possui facilidade de montagem, manuseio e transporte; construção seca, ou seja, redução de recursos naturais e desperdício; as instalações hidráulicas e elétricas são fáceis de serem instaladas, pois além dos perfis serem furados também são utilizados painéis de gesso acartonado; devido a combinações de materiais de fechamento, os níveis de desempenho térmico e acústico podem ser melhorados; rapidez na execução; o aço pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder suas propriedades e também é incombustível; permite flexibilidade no projeto arquitetônico.

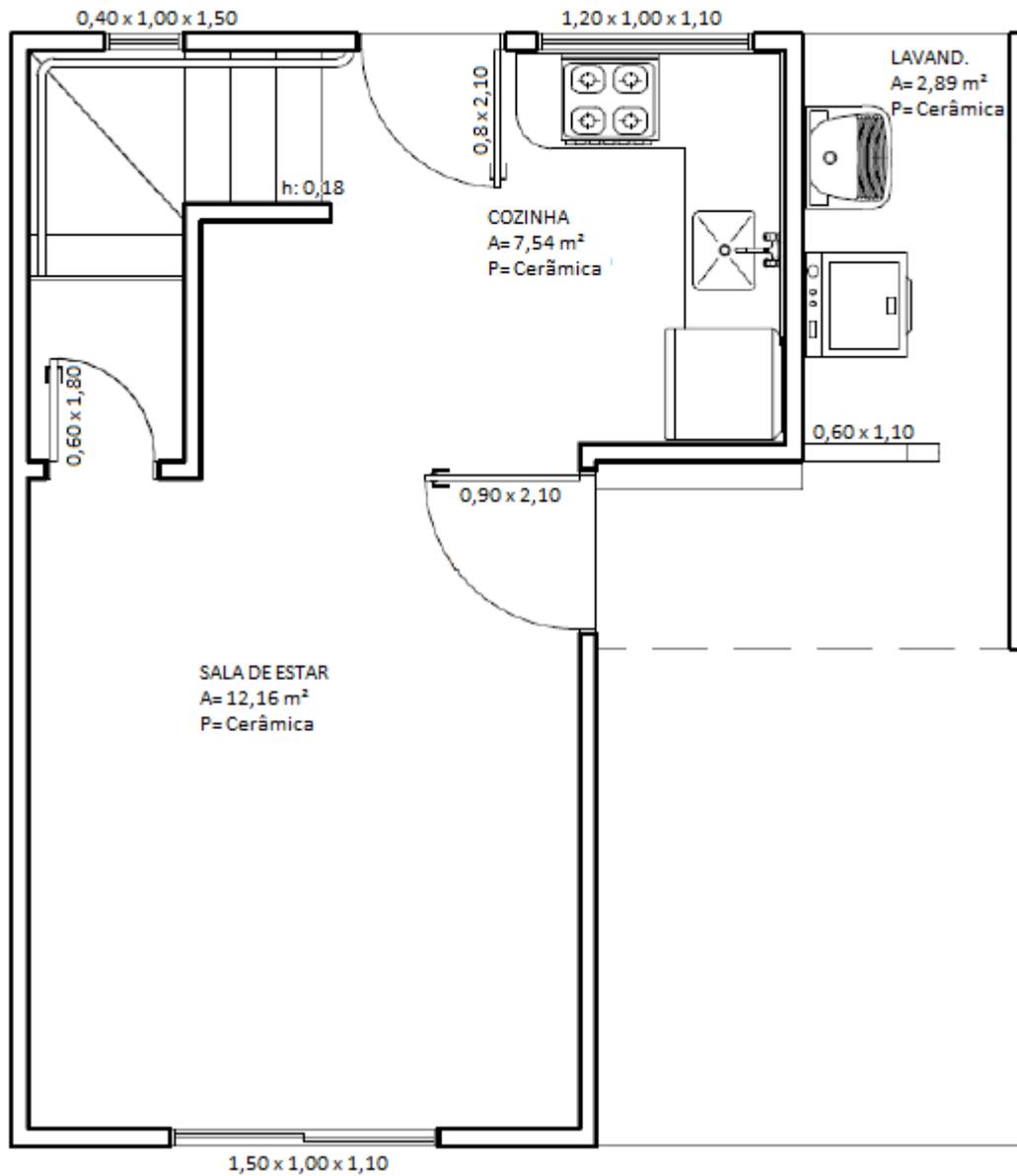
2.3.2 Comparativo Orçamentário

O estudo de caso abordou o projeto e a execução da obra de um condomínio multifamiliar composto por oito residências de 63,01 m² com um alto padrão de acabamento, localizado na Rua Albino Brendler, Bairro Jardim, Itajuí – RS.

O projeto arquitetônico foi desenvolvido visando a viabilidade construtiva, onde foram concebidas oito unidades habitacionais de casas geminadas unifamiliares em um condomínio fechado desenvolvido exclusivamente para a execução em *Light Steel Framing*. A composição de cada unidade foi distribuída da seguinte forma:

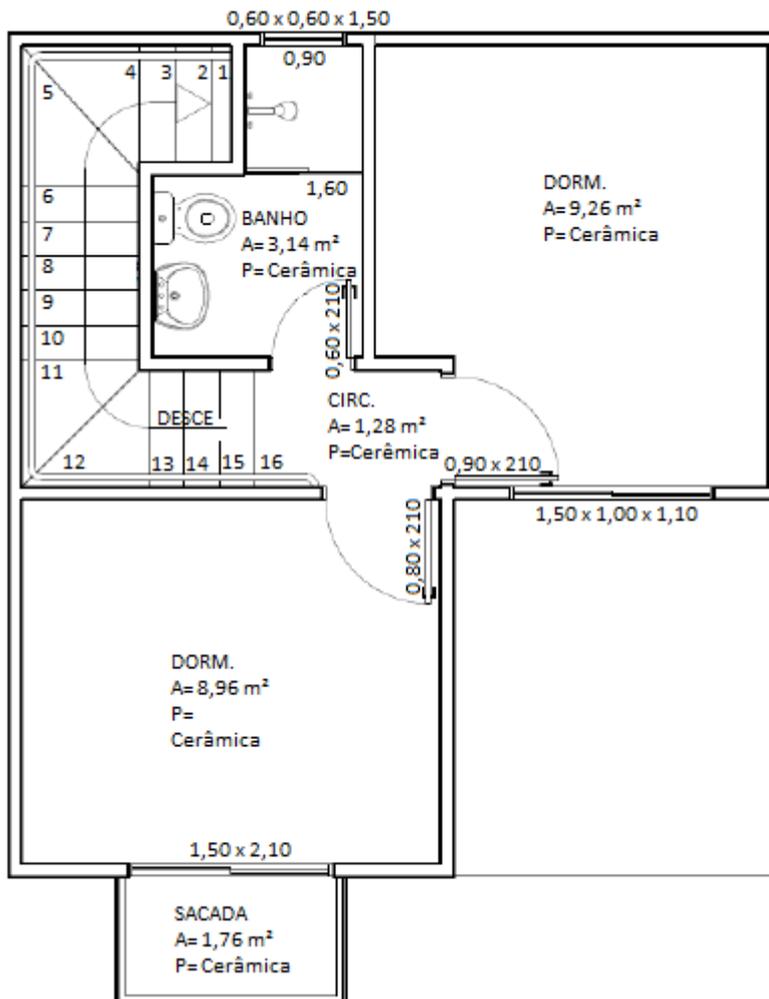
- o primeiro pavimento com sala de estar e jantar, cozinha e lavanderia;
- o segundo pavimento era composto por dois quartos, sendo que um de casal e o outro de solteiro, e um banheiro de uso comum para as dependências da casa;
- a área total deste projeto arquitetônico foi de 504,69 m² e sendo que deste total, 63,01 m² por unidade habitacional conforme FIG. 16 e 17.

FIGURA 16. Projeto arquitetônico primeiro pavimento



Fonte: PETERSEN, 2012

FIGURA 17. Projeto arquitetônico segundo pavimento



Fonte: PETERSEN, 2012

Baseados no projeto arquitetônico foram desenvolvidos cronogramas de obras e orçamentos quantitativos conforme a Tabela SINAPI. Ela é adotada atualmente pela Caixa Econômica Federal, a nível nacional, para o cálculo de valores necessários para a execução da obra, conforme o método construtivo adotado, ou seja, um dos quatro sistemas supracitados.

No levantamento de dados quanto ao material, mão de obra e tempo gastos para a execução do cronograma dentro dos quatro sistemas estabelecidos para esse trabalho de conclusão de curso, foi comprovado através das tabelas de orçamentos e cronogramas que o mais econômico (TAB. 1 e 2) é o *Light Steel Framing*, por ser um método construtivo praticamente industrializado permitindo maior rapidez na montagem das estruturas e, conseqüentemente, diminuindo o

custo da mão de obra em relação aos outros sistemas que possuem um método de construção mais artesanal.

Tabela 1 – Orçamento e cronograma do sistema *light steel frame*

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DE SERVIÇOS	VALOR DOS SERVIÇOS (R\$)	PESO %	MÊS - 1		MÊS - 2	
				SIMPL. %	ACUM. %	SIMPL. %	ACUM. %
				1	SERV. PRELIMINARES GERAIS	R\$ 1.500,00	3,09%
2	INFRA-ESTRUTURA	R\$ 6.754,16	13,92%	100,00	100,00		
3	SUPRA-ESTRUTURA	R\$ 6.472,42	13,34%	30,00	30,00	70,00	100,00
4	PAREDES E PAINÉIS						
4.1	Perfis e placas	R\$ 4.544,60	9,37%	10,00	10,00	90,00	100,00
4.2	Esquadrias metálicas	R\$ 2.811,00	5,79%			100,00	100,00
4.3	Esquadrias de madeira	R\$ 1.661,50	3,42%			100,00	100,00
4.4	Ferragens	R\$ 110,00	0,23%			100,00	100,00
4.5	Vidros	R\$ 372,00	0,77%			100,00	100,00
5	COBERTURA						
5.1	Telhados	R\$ 2.417,72	4,98%			100,00	100,00
5.2	Impermeabilizações	R\$ 280,00	0,58%	80,00	80,00	20,00	100,00
5.3	Tratamentos	R\$ 492,92	1,02%	100,00	100,00		100,00
6	REVESTIMENTO						
6.1	Revestimentos internos	R\$ 1.702,40	3,51%	25,00	25,00	75,00	100,00
6.2	Azulejos	R\$ 900,00	1,86%	10,00	10,00	90,00	100,00
6.3	Revestimentos externos	R\$ 3.148,80	6,49%	10,00	10,00	90,00	100,00
6.4	Forros	R\$ 1.641,60	3,38%	10,00	10,00	90,00	100,00
6.5	Pinturas	R\$ 4.469,28	9,21%			100,00	100,00
6.6	Especiais						
7	PAVIMENTAÇÃO						
7.1	Madeiras						
7.2	Cerâmicas	R\$ 1.855,00	3,82%	50,00	50,00	50,00	100,00
7.3	Carpets						
7.4	Cimentados	R\$ 225,00	0,46%	50,00	50,00	50,00	100,00
7.5	Rodapés, soleiras e peitoris	R\$ 876,51	1,81%			100,00	100,00
7.6	Pavimentações especiais						
8	INSTALAÇÕES						
8.1	Elétrica	R\$ 1.950,00	4,02%	50,00	50,00	50,00	100,00
8.2	Hidráulica	R\$ 1.000,00	2,06%	50,00	50,00	50,00	100,00
8.3	Sanitária	R\$ 2.200,00	4,53%	50,00	50,00	50,00	100,00
8.4	Elevadores/Mecânicas			50,00	50,00	50,00	100,00
8.5	Aparelhos	R\$ 530,00	1,09%				
9	COMPLEMENTAÇÕES						
9.1	Calafete/Limpeza	R\$ 100,00	0,21%			100,00	100,00
9.2	Ligações e habite-se	R\$ 500,00	1,03%			100,00	100,00
9.3	Outros						
TOTAL		R\$ 48.514,91	100,00	32,93	32,93	65,98	98,91

Fonte: PETERSEN, 2012

Tabela 2 – Orçamento e cronograma do sistema com blocos de concreto

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DE SERVIÇOS	VALOR DOS SERVIÇOS (R\$)	PESO %	MÊS - 1		MÊS - 2		MÊS - 3		MÊS - 4		MÊS - 5	
				SIMPL.	ACUM.	SIMPL.	ACUM.	SIMPL.	ACUM.	SIMPL.	ACUM.	SIMPL.	ACUM.
				.%	%	.%	%	.%	%	.%	%	.%	%
1	SERV. PRELIMINARES GERAIS	R\$ 1.500,00	2,81	20,00	20,00	20,00	40,00	20,00	60,00	20,00	80,00	20,00	100,00
2	INFRA-ESTRUTURA	R\$ 5.454,16	10,21	100,00	100,00		100,00		100,00		100,00		100,00
3	SUPRA-ESTRUTURA	R\$ 3.183,00	5,96	50,00	50,00	50,00	100,00		100,00		100,00		100,00
4	PAREDES E PAINÉIS												
4.1	Perfis e placas	R\$ 6.938,29	12,99			100,00	100,00		100,00		100,00		100,00
4.2	Esquadrias metálicas	R\$ 2.811,00	5,26							100,00	100,00		100,00
4.3	Esquadrias de madeira	R\$ 1.661,50	3,11							100,00	100,00		100,00
4.4	Ferragens	R\$ 110,00	0,21							100,00	100,00		100,00
4.5	Vidros	R\$ 372,00	0,70									100,00	100,00
5	COBERTURA												
5.1	Telhados	R\$ 4.201,57	7,86					100,00	100,00		100,00		100,00
5.2	Impermeabilizações	R\$ 488,00	0,91	100,00	100,00		100,00		100,00		100,00		100,00
5.3	Tratamentos	R\$ 126,62	0,24					100,00	100,00		100,00		100,00
6	REVESTIMENTO												
6.1	Revestimentos internos	R\$ 5.562,40	10,41					100,00	100,00		100,00		100,00
6.2	Azulejos	R\$ 1.050,00	1,97							100,00	100,00		100,00
6.3	Revestimentos externos	R\$ 3.523,20	6,59					50,00	50,00	50,00	100,00		100,00
6.4	Forros	R\$ 1.701,00	3,18					30,00	30,00	70,00	100,00		100,00
6.5	Pinturas	R\$ 4.081,23	7,64							80,00	80,00	20,00	100,00
6.6	Especiais												
7	PAVIMENTAÇÃO												
7.1	Madeiras												
7.2	Cerâmicas	R\$ 1.855,00	3,47%									100,00	100,00
7.3	Carpets												
7.4	Cimentados	R\$ 902,00	1,69									100,00	100,00
7.5	Rodapés, soleiras e peitoris	R\$ 1.078,00	2,02							50,00	50,00	50,00	100,00
7.6	Pavimentações especiais												
7.7													
8	INSTALAÇÕES												
8.1	Elétrica	R\$ 1.950,00	3,65	20,00	20,00	10,00	30,00	20,00	50,00	30,00	80,00	20,00	100,00
8.2	Hidráulica	R\$ 1.000,00	1,87	20,00	20,00	10,00	30,00	20,00	50,00	30,00	80,00	20,00	100,00
8.3	Sanitária	R\$ 2.600,00	4,87	20,00	20,00	10,00	30,00		30,00	40,00	70,00	30,00	100,00
8.4	Elevadores/Mecânicas												0,00
8.5	Aparelhos	R\$ 680,00	1,27									100,00	100,00
9	COMPLEMENTAÇÕES												
9.1	Calafete/Limpeza	R\$ 100,00	0,19									100,00	100,00
9.2	Ligações e habite-se	R\$ 500,00	0,94									100,00	100,00
9.3	Outros												
TOTAL		R\$ 53.428,97	100,00	16,74	16,74	17,56	34,30	24,43	58,73	27,35	86,09	13,91	100,00

Fonte: PETERSEN, 2012

Analisando o orçamento e cronograma do sistema LSF o gasto total é de R\$ 48.514,91 e para o sistema convencional executada com blocos de concreto é de R\$ 53.428,97. Observa-se que o mesmo apresenta um acréscimo de aproximadamente 10% no custo, ficando comprovada a economia do LSF. Outro ponto relevante da pesquisa foi o tempo de execução da obra, onde o tempo de execução foi de dois meses para o LSF, enquanto que para o sistema com blocos de concreto foi de cinco meses. Tal fato comprova a versatilidade do LSF, visto que é um sistema industrializado, pois na obra é realizado somente o encaixe e travamento da estrutura.

Atualmente, o tempo de execução de obras é um fator muito importante na construção civil, o sistema *Light Steel Framing* tem se mostrado bastante competitivo.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema “*Light Steel Framing*” é a proposta de construção que alia rapidez com o diferencial competitivo técnico, mercadológico e de negócios. A adoção de metodologias científicas, como a construção enxuta, possibilita que os processos envolvidos nas construções se equiparem aos da indústria de manufatura. Essencialmente, a vinculação do processo de projeto a tal filosofia potencializa a busca pela racionalização construtiva como razoável representante da industrialização do subsetor de edificações.

Com grande superioridade produtiva e qualitativa sobre os sistemas tradicionais, o LSF promove maior eficácia na utilização da construção enxuta como filosofia de trabalho e de suas ferramentas, garantindo às obras um caráter essencialmente de montagem que potencializa a construção de conjuntos habitacionais, cujos processos poderão ser efetivamente racionalizados viabilizando o ideal industrial moderno para a construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 6355. Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

BELIVAQUA, R. **Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas aporticado e "light steel framing"**. 2005. 225 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CAIXA. **Sistema construtivo em painéis reticulados estruturado com perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico (light steel framing): requisitos mínimos para financiamento pela Caixa**. Caixa Econômica Federal, 2003.

CASA ABRIL - Disponível em: <<http://casa.abril.com.br>>. Acesso em: 01 de nov. 2014.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO - Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br>>. Acesso em: 11 de out. 2014.

COELHO, R. A. **Sistemas construtivos integrado em estrutura metálica**. 2003. 140 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. 2005. 231 f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

PENNA, F. C. F. **Sistema light steel framing na execução de habitações de interesse social: uma abordagem pragmática**. 2009. 92 f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

PETERSEN, R. L. **Sistema "light steel framing": comparativo de execução e custos com os sistemas convencionais em blocos de concreto, tijolos seis furos e tijolos maciços**. 2012. 68 f. Monografia – Departamento de Ciências Exatas e

Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

TÉCHNE. Fast construction. São Paulo: Pini, n 79, out. 2003.

TÉCHNE. Industrialização do Concreto. São Paulo: Pini, n 137, ago. 2008.

TÉCHNE. Solo contaminado. São Paulo: Pini, n 156, mar. 2010.

TÉCHNE. Superretenção. São Paulo: Pini, n 186, set. 2012.

TERNI, A. W; SANTIAGO, A. K; PIANHERI, J. Engenharia high tech. **Revista Téchné**, São Paulo, n 141, p 80-84, dez. 2008.