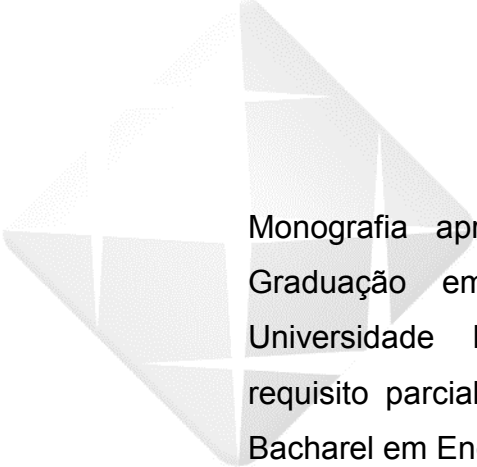


Felippe Mello Felizola
Rodolfo Cabral Pignaton

**Estudo de Viabilidade para Habitações de Interesse Social:
Light Steel Framing Comparado à Alvenaria Convencional**



Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estácio de Sá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Estácio

Orientador: Professor Eduardo Klatt Mattos, Engenheiro Civil

Rio de Janeiro

2018

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)

F387e Felizola, Felipe Mello
Estudo de viabilidade para habitações de interesse social: light steel framing comparado à alvenaria convencional. / Felipe Mello Felizola; Rodolfo Cabral Pignaton. - Rio de Janeiro, 2018.1.

127 f. il.; 30 cm.

Inclui 1 CDROM

Trabalho Monográfico (Bacharelado em Engenharia Civil) -
Universidade Estácio de Sá, 2018.1.

Bibliografia: f.114-119

1.Light steel framing. 2. Alvenaria. 3.Viabilidade.

II. Título.

690
CDD

Felippe Mello Felizola
Rodolfo Cabral Pignaton

**Estudo de Viabilidade para Habitações de Interesse Social:
Light Steel Framing Comparado à Alvenaria Convencional**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estácio de Sá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em 21 de Junho de 2018

Banca Examinadora:



Prof.º Eduardo Klatt Mattos, Engenheiro Civil
Faculdade de Engenharia – UNESA



Prof.ª Vanessa da Silva de Azevedo, MSc
Faculdade de Engenharia – UNESA



Prof.ª Sheila Ferreira Maria Campos, MSc
Faculdade de Engenharia – UNESA

Rio de Janeiro
2018

Dedico este trabalho para os meus familiares
que sempre me apoiaram nos momentos em
que eu mais precisei, sendo fundamental para
a minha formação.

Dedico este trabalho à Jaira, minha esposa,
cujo permanente apoio foi fundamental para a
conclusão do curso.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar uma pessoa muito importante na minha vida, minha avó Lea, que mesmo sem saber muito sobre da minha faculdade, sempre me perguntava e me apoiava, e todos os dias orava por mim em suas orações.

Agradeço aos meus pais Jorge e Mônica por me tornar o homem que sou, por me educar e sempre me apoiar em todas as minhas decisões, mesmo sabendo que poderia estar errado muitas das vezes. Deles tirei exemplos positivos e negativos que me ajudaram a amadurecer e enfrentar as dificuldades que tive até hoje.

Agradeço à minha namorada Fernanda, futura esposa e mãe dos meus filhos, que sempre entendeu as minhas prioridades, que sempre me apoiou e ajudou na minha formação. Agradeço aos meus irmãos, Thiago, Diego, Renan e Carollina por fazerem parte da minha vida e me darem sobrinhos maravilhosos que fortalecem mais ainda o nosso laço familiar.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, sem eles a caminhada seria mais difícil. Agradeço em especial ao Rodolfo, por acreditar no meu potencial e no projeto proposto, por nunca desistir de me ajudar, e me ensinar nos momentos em que tive dificuldade, tenho ele como um exemplo de ser humano, de pai e de profissional, com certeza uma pessoa que entrou na minha vida para se tornar eterno, um eterno amigo. E agradecer sua família, por abrir a porta da sua casa nesse período de estudo intenso.

Agradeço em geral, a todos os professores que tive a oportunidade de aprender. Ao nosso orientador, Prof. Eduardo Klatt Mattos, pela troca de experiências, pelo grande aprendizado e por acreditar em um trabalho tão complexo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Joira, minha esposa, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis, que muito me incentivou neste projeto, e esteve sempre ao meu lado, quando mais precisei.

Agradeço aos meus filhos, Bernardo e Giovanna, que muito me inspiram diariamente, e cujos sorrisos e abraços recarregam minhas energias vitais. E à minha filha Pietra (in memoriam), que está sempre olhando por nós.

Agradeço à minha família, por me apoiarem nos momentos mais difíceis, e compreenderem que em inúmeras ocasiões estive ausente devido aos estudos. Principalmente aos meus pais, Sonia e Vicente, que mesmo estando longe, sempre estão no meu coração. Agradeço à minha sogra e à minha cunhada, que incontáveis vezes se esforçaram para cuidar das crianças, para que eu pudesse estudar.

Agradeço aos meus amigos, em especial aos que caminharam comigo neste projeto, e puderam contribuir com meu crescimento profissional. Em especial ao Felipe, que me suportou durante todo o curso.

Agradeço também aos professores, que foram fundamentais para nossa formação. Em especial ao Prof. Eduardo Klatt Mattos, que desde o início aceitou ser nosso orientador, e muito contribuiu com nosso trabalho.

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho. ”

Abraham Lincoln

“Você pode encarar um erro como uma besteira a ser esquecida, ou como um resultado que aponta uma nova direção.”

Steve Jobs

RESUMO

FELIZOLA, F. M; PIGNATON, R. C. **Estudo de Viabilidade para Habitações de Interesse Social: Light Steel Framing Comparado à Alvenaria Convencional**. 127 f. Monografia, Universidade Estácio de Sá, 2018.

O grande déficit habitacional que acomete as camadas menos favorecidas da população brasileira é um desafio enfrentado pela Indústria da Construção Civil. O sistema construtivo convencional que utiliza concreto armado com alvenaria de blocos cerâmicos apresenta elevado consumo de matéria-prima, bem como altos índices de perda. Neste contexto, aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente são os principais objetivos da Indústria da Construção Civil. O Light Steel Framing (LSF) é uma alternativa para esta situação. Inovador, este sistema construtivo é consolidado em países desenvolvidos e traz mais vantagens aos empreendimentos, aumentando a produtividade e a eficiência dos métodos tradicionais, racionalizando o uso dos materiais, reduzindo os custos e amenizando os impactos ambientais. O referido sistema é estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, baseado na pré-fabricação. Isto garante a racionalização construtiva, possibilitando a produção seriada de residências para conjuntos habitacionais. Este estudo visa comparar o tempo previsto para concluir as unidades habitacionais, os custos estimados com mão de obra, os impostos incidentes, os insumos utilizados e as informações necessárias para a construção em ambos os métodos. Conclui-se que o método LSF é viável na segunda unidade habitacional, otimizando o tempo de construção, promovendo geração mínima de resíduo e menor custo final.

Palavras-chave: *Light Steel Framing*. Alvenaria. Viabilidade.

ABSTRACT

FELIZOLA, F. M; PIGNATON, R. C. **Estudo de Viabilidade para Habitações de Interesse Social: Light Steel Framing Comparado à Alvenaria Convencional**. 127 f. Monografia, Universidade Estácio de Sá, 2018.

The large housing deficit that affects the less favored layers of the Brazilian population is a challenge faced by the Civil Construction Industry. The conventional construction system that uses reinforced concrete with ceramic block masonry presents high consumption of raw material, as well as high loss rates. In this context, increasing productivity, reducing waste and meeting growing demand are the main objectives of the Construction Industry. Light Steel Framing (LSF) is an alternative to this situation. Innovative, this construction system is consolidated in developed countries and brings more advantages to enterprises, increasing productivity and efficiency of traditional methods, rationalizing the use of materials, reducing costs and mitigating environmental impacts. This system is structured in cold-formed galvanized steel profiles, based on pre-fabrication. This guarantees the constructive rationalization, allowing the serial production of residences for housing estates. This study aims to compare the estimated time to complete housing units, estimated labor costs, incident taxes, inputs used and the information required for construction in both methods. It is concluded that the LSF method is feasible in the second housing unit, optimizing the construction time, promoting minimum residue generation and lower final cost.

Keywords: Light Steel Framing. Brickwork. Availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Empreendimento de habitações de interesse social	26
Figura 2 – Exemplo de casa térrea da Tipologia 1	29
Figura 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro	29
Figura 4 – Zona Bioclimática 8	30
Figura 5 – Escantilhão montado para gabarito da montagem da parede	38
Figura 6 – Aplicação de argamassa de assentamento	38
Figura 7 – Projeto de instalação elétrica residencial	40
Figura 8 – Proteção com dispositivo diferencial-residual	41
Figura 9 – Componentes de uma instalação predial de esgoto, em corte esquemático	44
Figura 10 – Detalhes de um telhado para Alvenaria Convencional	46
Figura 11 – Exemplo de cálculo de quantidade de telhas	46
Figura 12 – Desenho esquemático de uma residência em LSF	50
Figura 13 – Perfis típicos para uso em LSF: U simples, U enrijecido e cartola.	53
Figura 14 – Componentes de painel de parede utilizando perfis Ue.	54
Figura 15 – Componentes de painel de entepiso.	54
Figura 16 – Contraventamento em X, com fitas de aço galvanizado.	55
Figura 17 – Transmissão de carga vertical à fundação.	56
Figura 18 – Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.	56
Figura 19 – Detalhes de um painel revestido em sua face externa	57
Figura 20 – Camadas de uma parede interna em LSF	58
Figura 21 – Desenho esquemático de instalação hidráulica com sistema PEX.	59
Figura 22 – Detalhes de um telhado para LSF	60
Figura 23 – Desenho esquemático de cobertura com telha <i>shingle</i>	60
Figura 24 – Fundação superficial em viga de fundação ou baldrame	63
Figura 25 – Painéis em LSF montados sobre fundação radier	63
Figura 26 – Pilar em concreto armado	64
Figura 27 – Painel estrutural em LSF	65
Figura 28 – Viga em concreto armado	66
Figura 29 – Detalhe de viga em LSF	66
Figura 30 – Exemplo de laje seca e laje mista para LSF.	68
Figura 31 – Camadas de argamassa em parede de Alvenaria Convencional	69
Figura 32 – Exemplos de tijolos cerâmicos	70

Figura 33 – Exemplo de quadro de distribuição.	71
Figura 34 – Sistema PEX.	72
Figura 35 – Instalação de forro de PVC	73
Figura 36 – Valores máximos das unidades habitacionais.....	75
Figura 37 – Exemplo de serviço – armadura de aço para estrutura de concreto armado.	76
Figura 38 – Relação de preços de insumos – Aço CA-50.....	77
Figura 39 – Exemplo de cronograma de obra	80
Figura 40 – Fundação rasa em viga baldrame.	82
Figura 41 – Planta do térreo.....	83
Figura 42 – Vigas superiores e laje com reservatório superior de 750 litros.	83
Figura 43 – Vista tridimensional da unidade habitacional no Autodesk Revit.	84
Figura 44 – Modelo tridimensional da edificação no CypeCAD.....	84
Figura 45 – Cargas referentes ao telhado nas vigas superiores.	85
Figura 46 – Edição da armação das vigas V-201 e V-202 no CypeCAD.	86
Figura 47 – Vigas V-201 e V-202 armadas com barras uniformes no CypeCAD.	86
Figura 48 – Deslocamento da laje.....	87
Figura 49 – Configuração de perfis estruturais no mCalcLSF.	88
Figura 50 – Posicionamento das guias no mCalcLSF.....	89
Figura 51 – Esquina com encontro de painéis de LSF.....	89
Figura 52 – Painel com contraventamento em “X” e vergas sobre as aberturas.....	90
Figura 53 – Vista superior do telhado em LSF.	91
Figura 54 – Vista tridimensional da unidade habitacional no mCalcLSF.....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensões dos principais blocos cerâmicos de vedação.....	37
Quadro 2 – Dimensões típicas segundo o espaçamento das tesouras de terças	45
Quadro 3 – Número de telhas em função do ângulo de inclinação do telhado	47
Quadro 4 – Revestimento mínimo para perfis formados a frio.	52
Quadro 5 – Dimensões nominais usuais dos perfis de aço para LSF.	53
Quadro 6 – Custos considerados para cada método construtivo.	61
Quadro 7 – Simplificação para cálculo de telhados convencionais de madeira	68
Quadro 8 – Dados para o cálculo simplificado de telhados LSF	69
Quadro 9 – Tabela de porcentagem de encargos para obras.	78
Quadro 10 – Tabela de pisos salariais, sem encargos.....	79
Quadro 11 – Dimensionamento das cargas do telhado em alvenaria convencional.	85
Quadro 12 – Quantidade de aço, formas e concreto para a estrutura em alvenaria convencional.	87
Quadro 13 – Dimensionamento das cargas do telhado em LSF.....	90
Quadro 14 – Quantidade de aço projetada para a estrutura em LSF.....	92
Quadro 15 – Consumo diário para habitação com dois quartos.....	92
Quadro 16 – Dimensionamento dos circuitos elétricos.	93
Quadro 17 – Custo com mão de obra por hora e mensal – <i>Light Steel Framing</i>	94
Quadro 18 – Custo com mão de obra por hora e mensal – Alvenaria Convencional.	95
Quadro 19 – Etapas do planejamento das obras.	96
Quadro 20 – Custo com fundação na alvenaria convencional.	97
Quadro 21 – Custo com fundação no LSF.	98
Quadro 22 – Comparativo de tempo de execução das fundações – AC x LSF.....	99
Quadro 23 – Relação das etapas estruturais em LSF.....	99
Quadro 24 – Relação das etapas estruturais em alvenaria convencional.....	100
Quadro 25 – Relação das etapas de instalações em LSF.	101
Quadro 26 – Relação das etapas de instalações em alvenaria convencional.....	102
Quadro 27 – Relação das etapas de fechamento e acabamento em LSF.	103
Quadro 28 – Relação das etapas de fechamento e acabamento em alvenaria convencional.	104
Quadro 29 – Comparativo de tempo e custo em ambos os métodos.....	104
Quadro 30 – Custo mensal com locação de equipamentos.	105
Quadro 31 – Custo total de ferramentas, considerando até 03 habitações.....	106

Quadro 32 – Custo com equipamentos de proteção individual.	107
Quadro 33 – Cronograma para 3 habitações – alvenaria convencional.	108
Quadro 34 – Cronograma para 3 habitações – LSF.....	109
Quadro 35 – Cronograma para 3 habitações – LSF.....	110
Quadro 36 – Fluxo de caixa para a alvenaria convencional em 3 habitações.	111
Quadro 37 – Fluxo de caixa para o LSF em 3 habitações.	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Alvenaria Convencional
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano
CEF	Caixa Econômica Federal
CUB	Custo Unitário Básico
DDR	Dispositivo Diferencial–Residual
FNHIS	Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social
HIS	Habitação de Interesse Social
ICMS	Imposto Sobre Circulação Mercadorias e Serviços
IFP	Instituto Federal do Paraná
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISS	Imposto Sobre Serviço
ITBI	Imposto de Transmissão de Bens Imóveis
ITCD	Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação de Quaisquer Bens ou Direitos
LSF	<i>Light Steel Framing</i>
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PPF	Perfil Formado a Frio
PLANAB	Plano Nacional de Habitação

PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PVA	Acetato de Polivinilo
PVC	Policloreto de Vinila
ROI	<i>Return on Investment</i> - Retorno do Investimento
RRT	Registro de Responsabilidade Técnica
SAS	Sistema de Aquecimento Solar
SCO-RIO	Sistema de Custos de Obras e Serviços de Engenharia
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio de Janeiro
SNHIS	Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
TCPO	Tabela de Composições de Preços para Orçamentos

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetro
cm ²	Centímetro Quadrado
g/m ²	Gramas por Metro Quadrado
Hz	Hertz
kg	Quilograma
kgf/m ²	Quilograma Força por Metro Quadrado
kW	Quilowatt
m	Metro
M	Módulo Dimensional
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico
MPa	Mega Pascal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Contextualização	22
1.2	Situação problema	23
1.3	Hipóteses	23
1.4	Meios de pesquisa	23
1.5	Objetivo geral e objetivo específico	24
1.6	Justificativa e relevância do tema	24
1.7	Escopo do trabalho	25
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1	Habitações de interesse social	26
2.1.1	Critérios para aprovação de projetos para HIS	27
2.1.2	Especificações para empreendimentos para HIS	27
2.1.3	Especificação da tipologia 1.....	28
2.1.4	Desempenho térmico para HIS.....	29
2.2	Planejamento e controle de obras	30
2.2.1	Etapas do PCO	31
2.2.1.1	Estudo de viabilidade	31
2.2.1.2	Orçamento da obra	31
2.2.1.3	Cronograma físico-financeiro	33
2.2.1.4	Regularização da obra	33
2.2.1.5	Acompanhamento da obra.....	33
2.2.2	Tempo produtivo, improdutivo e ocioso da mão de obra	34
2.3	Alvenaria Convencional	34
2.3.1	Serviços preliminares.....	34
2.3.2	Fundação	35
2.3.3	Estruturas de concreto armado	35
2.3.4	Alvenaria de fechamento	36
2.3.4.1	Argamassa de assentamento	38
2.3.4.2	Verga e contra verga	39
2.3.5	Instalações elétricas	39
2.3.6	Instalações hidráulicas.....	42
2.3.6.1	Consumo diário calculado.....	42
2.3.6.2	Reservatório superior e reservatório inferior	42

2.3.6.3	Água quente.....	43
2.3.6.4	Sistema de aquecimento solar.....	43
2.3.6.5	Esgoto sanitário.....	44
2.3.7	Cobertura.....	45
2.3.8	Acabamento.....	47
2.3.8.1	Argamassa.....	47
2.3.8.2	Pintura.....	48
2.3.8.3	Pisos e azulejos.....	48
2.3.8.4	Esquadrias.....	49
2.4	<i>Light Steel Framing</i>	49
2.4.1	Fundação.....	50
2.4.2	Estrutura metálica.....	51
2.4.3	Painéis estruturais ou autoportantes.....	55
2.4.4	Acabamento.....	57
2.4.5	Instalações elétricas e hidráulicas.....	59
2.4.6	Cobertura.....	60
3	METODOLOGIA.....	61
3.1	Empreendimento.....	61
3.2	Dimensionamento estrutural.....	62
3.2.1	Fundação.....	62
3.2.2	Pilares.....	64
3.2.3	Vigas superiores.....	65
3.2.4	Laje de suporte ao reservatório superior.....	67
3.2.5	Cobertura.....	68
3.3	Paredes.....	69
3.4	Instalações elétricas.....	70
3.5	Instalações hidráulicas e de esgoto.....	71
3.6	Esquadrias.....	72
3.7	Acabamentos.....	73
3.7.1	Forro.....	73
3.7.2	Pintura.....	74
3.7.3	Pisos e azulejos.....	74
3.8	Planejamento e controle da obra.....	74
3.8.1	Tabelas de composições de preços para orçamentos.....	75
3.8.2	Tabelas de composição de preços.....	77

3.8.3	Custos com mão de obra	78
3.8.4	Cronograma da Obra	79
4	DESENVOLVIMENTO	81
4.1	Programas de computador utilizados.....	81
4.2	Empreendimento.....	81
4.3	Projeto arquitetônico e cálculo estrutural	82
4.3.1	Alvenaria convencional	82
4.3.2	<i>Light Steel Framing</i>	88
4.4	Dimensionamento hidráulico.....	92
4.5	Dimensionamento elétrico.....	93
4.6	Planejamento e controle de obra	93
4.6.1	Mão de obra alocada em cada método construtivo	94
4.6.2	Etapas da obra - cronograma	96
4.6.3	Consulta de custo e tempo de execução das etapas da obra.....	97
4.6.4	Comparativo entre as etapas de cada método para uma unidade habitacional	99
4.6.5	Comparativo entre as etapas de cada método para o empreendimento	105
4.6.6	Fluxo de caixa – alvenaria convencional x LSF	111
5	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
	ANEXO 1 – Cronograma AC - Casa 01	120
	ANEXO 2 – Cronograma LSF- Casa 01	121
	ANEXO 3 – Custo com material e mão de obra - AC- Casa 01	122
	ANEXO 4 – Custo com material e mão de obra - LSF- Casa 01.....	123
	ANEXO 5 – Resumo empreendimento em AC- Casas 01 a 03.....	124
	ANEXO 6 – Resumo empreendimento em LSF - Casas 01 a 03	125
	ANEXO 7 – Alocação da mão de obra – AC	126
	ANEXO 8 – Alocação da mão de obra - LSF	127

1 INTRODUÇÃO

Muitos fatores influenciam na escolha do método construtivo para um empreendimento, portanto as empresas que almejam permanecer competitivas no mercado da construção civil, precisam eventualmente verificar a viabilidade econômica de um método construtivo, em substituição a outro já utilizado (SALGADO, 1996).

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), a construção civil no Brasil ainda é predominantemente artesanal e caracterizada pela baixa produtividade, e o mercado construtivo tem sinalizado que esta situação deve ser revertida através do emprego de novas tecnologias.

Para o Plano Nacional de Habitação – PLANAB (2009), os empreendimentos desenvolvidos para Habitações de Interesse Social (HIS), viabilizam moradias dignas e sustentáveis para a população de menor renda, e são financiados com recursos públicos, principalmente pela Caixa Econômica Federal (CEF), o que exige um rígido controle no custo final de construção, tornando a busca constante por métodos inovadores uma necessidade das empresas construtoras.

Para Oliveira (2009), a CEF não especifica o método que será utilizado nos projetos que pretendem obter financiamento deste banco, o que possibilita às construtoras escolherem o melhor método, visando obter maior relação custo-benefício no empreendimento.

Conforme a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (2015), o Brasil ainda apresenta enorme déficit habitacional, onde estima-se que 6,4 milhões de unidades habitacionais sejam necessárias para sanar este déficit.

De acordo com o PLANAB (2009), estima-se que até o ano 2023, serão necessárias 31,3 milhões de novas habitações para atender à demanda populacional brasileira, sendo que as habitações de interesse social representam 16,9 milhões deste montante.

Devido à situação crítica, é importante investir em métodos construtivos que possam cumprir prazos mais enxutos dentro do orçamento previsto, e estejam de acordo com as Normas Brasileiras (NBR), instituídas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (PLANAB, 2009).

Este trabalho consiste em comparar um método consolidado no mercado, a alvenaria convencional (AC), com um método ainda pouco aplicado no Brasil, o *Light*

Steel Framing (LSF), para construção de habitações de interesse social, e realizar o comparativo físico-financeiro da aplicação destes dois métodos, buscando determinar a quantidade mínima de unidades habitacionais que torna viável economicamente a aplicação do LSF, em substituição à AC.

Segundo Hunecke (2015), devido à precisão do sistema LSF, o método cumpre todas as exigências da ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais, e ainda é possível reduzir em 50% o tempo de execução de uma habitação construída em LSF, se comparada aos sistemas tradicionais.

O LSF, por ser um sistema inovador no Brasil, ainda tem baixa participação nos programas de habitação popular. Há também a questão da isonomia tributária, pois o aço, por ser um material industrializado, ainda paga mais impostos que os materiais produzidos em obra (SCALZO, 2015).

Para Jardim (2015), o LSF pode ser perfeitamente aplicado em habitações populares, oferecendo a rigidez necessária, mantendo a leveza, e cumprindo todas as exigências da norma de desempenho.

1.1 Contextualização

A escolha do método construtivo é estratégica para a construtora responsável pelo empreendimento. Adotar um método que traga maior racionalidade e lucratividade, além de cumprir o cronograma de entregas, é importante para manter-se competitivo no mercado da construção civil (SALGADO, 1996).

Para Ribas (2006), no mercado de construção civil, nem sempre os profissionais estão preparados para utilizarem tecnologias de construção sistêmica e industrializada, como o LSF. Estes profissionais vão desde os que projetam, incluindo os envolvidos no processo de execução, até os que realizam a manutenção das edificações. Eles deveriam compreender melhor a filosofia construtiva e obter uma visão global da construção.

De acordo com o PLANAB (2009), a quantidade de unidades habitacionais necessárias para a população carente ainda é muito grande, e métodos que consigam entregar habitações com maior agilidade, desde que cumprindo as exigências legais, podem ser o diferencial para amenizar o problema habitacional brasileiro. Para tanto,

é importante identificar o quantitativo mínimo de unidades no método LSF, o tornando uma opção mais viável na substituição da AC.

1.2 Situação problema

O déficit habitacional brasileiro representa uma grande oportunidade para utilização de métodos que apresentem maior eficiência na construção, e é necessário recorrer ao LSF para reduzir ou eliminar este déficit (FUTURENG, 2018).

De acordo com Mariutti (2010), o LSF apresenta bons resultados quando é necessária a repetição das unidades, obtendo ganhos de produção e redução de custos, conforme a Vila Dignidade em Avaré, interior paulista, que contou com o LSF para construção de 22 habitações populares destinadas a idosos de baixa renda, que possuía prazo contratual de 8 meses para construção, e usando o LSF, pôde ser entregue em apenas 3 meses, cumprindo todos os requisitos exigidos no projeto da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) do Estado de São Paulo.

1.3 Hipóteses

Elaborar o projeto arquitetônico e estrutural de unidade padrão para habitação de interesse social, utilizando os métodos construtivos estudados, planejando toda a execução da obra, buscando obter o quantitativo mínimo de unidades habitacionais que possibilite a escolha do LSF em substituição à alvenaria convencional.

Para Hunecke (2015), é possível reduzir os custos e o tempo de execução da obra, quando o LSF é escolhido como método construtivo.

1.4 Meios de pesquisa

Este trabalho consiste numa pesquisa quantitativa, obtendo dados da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPOweb), do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), do Custo Unitário Básico (CUB) para a construção civil no Estado do Rio de Janeiro, do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Rio de Janeiro (SINDUSCON-RIO), além de cumprir

as exigências da legislação específica para a habitação de interesse social e as Normas Brasileiras aplicáveis a estes tipos de empreendimentos.

Trata-se de um Estudo de Cenário, onde serão abordados custos previstos na construção de dois métodos diferentes, e comparando estes custos de acordo com os fundamentos de planejamento e controle de obra.

O projeto arquitetônico será realizado através do Autodesk Revit.

O mCalcLSF, será utilizado para o dimensionamento estrutural no método em LSF, quanto na alvenaria convencional, será usado o CypeCAD.

Para o planejamento e controle da obra, será necessário o Microsoft Project com auxílio do Microsoft Excel.

1.5 Objetivo geral e objetivo específico

O objetivo geral será identificar a quantidade mínima de unidades habitacionais de interesse social, que torna o LSF viável economicamente como método construtivo em substituição à alvenaria convencional.

O objetivo específico será comparar os métodos construtivos, desde a elaboração do projeto com auxílio do Autodesk Revit, CypeCAD e mCalcLSF, o planejamento e controle da obra com o Microsoft Project e Excel, o comparativo orçamentário usando o TCPOweb e o SINAPI.

1.6 Justificativa e relevância do tema

A necessidade de modernização da construção civil, adotando métodos mais inteligentes e eficientes, é essencial para obter melhores resultados. A alvenaria convencional pode ser chamada de método artesanal, sem prejuízo do método, por ainda apresentar forte dependência da ação humana para obtenção de resultados padronizados (ABCP, 2018).

A contrapartida a estes problemas, são os métodos industrializados que crescem no mercado, e oferecem maior padronização às construções, além de agilidade e maior controle da execução do projeto (FUTURENG, 2018).

Para Perez (2017), a aplicação de métodos artesanais, como a alvenaria convencional, não permitirá à construção civil brasileira encontrar solução para o déficit habitacional. É necessário aumentar a produtividade, industrializar as

construções, evitar desperdícios, especializar a mão de obra, planejar e racionalizar a construção.

As habitações de interesse social, embora financiadas pelo poder público, possuem enorme limitação no custo final, o que torna o empreendimento muito suscetível a falhas orçamentárias, se não adotar um método racional e que apresente resultados financeiros mais sólidos (PITA, 2011).

1.7 Escopo do trabalho

No capítulo inicial, será abordado o problema do déficit habitacional brasileiro, e a necessidade de adotar métodos mais eficientes para construção de habitações de interesse social, visando obter maior agilidade, racionalidade, sustentabilidade e lucratividade ao empreendimento.

O segundo capítulo trata do referencial teórico, e abordará as habitações de interesse social e os métodos estudados, LSF e alvenaria convencional, explicando as características destes métodos.

No terceiro capítulo, fez-se necessário demonstrar a metodologia aplicada para este estudo, onde são apresentados os métodos de pesquisa utilizados para a realização do trabalho, que são dados obtidos sobre custos da construção, estimativas de produtividade de cada método, impostos incidentes, materiais necessários à cada tipo de habitação, que cumpra o padrão estabelecido pela CEF para aprovação do projeto, planejamento desde a montagem do canteiro de obras, até a entrega das chaves.

Para o quarto capítulo, no que tange o desenvolvimento do trabalho, é apresentado um estudo de cenário com os dados obtidos, que serão trabalhados para que se obtenha os custos de acordo com o planejamento realizado, e identificando o quantitativo mínimo que torna o LSF mais vantajoso economicamente. Serão estudados os custos começando em 1 (uma) unidade habitacional, e acrescentando unidades ao planejamento, até que o LSF se torne o melhor método para o empreendimento.

No quinto capítulo, é apresentada a conclusão sobre o estudo proposto, identificando a quantidade que torna o método em LSF mais vantajoso que a alvenaria convencional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma habitação, no sentido mais amplo, significa abrigo, e desde os primórdios da civilização, os seres humanos necessitaram se abrigar, usando cavernas e até copas de árvores. Ao longo do tempo estes abrigos foram aprimorados, chegando ao que chamamos hoje de habitação. Para habitações urbanas, este conceito abrange também serviços que atendam às necessidades coletivas de abastecimento de água, distribuição de energia elétrica, coleta de esgoto e transporte coletivo, além de sistema viário e instalações educacionais, de saúde e de lazer. (ABIKO, 1995).

2.1 Habitações de interesse social

De acordo com o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (2017), a Lei 11.124 de 2005, criou o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) e o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS), que têm como um de seus princípios, a utilização prioritária de terrenos públicos na implantação de habitações de interesse social (HIS) e são destinadas às famílias de baixa renda (Figura 1).

Com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), instituído pela Lei 11.977 de 2009, parte dos recursos destinados à construção de moradias populares, foram direcionadas ao SNHIS.

Figura 1 – Empreendimento de habitações de interesse social



Fonte: Vieira, 2013.

2.1.1 Critérios para aprovação de projetos para HIS

Conforme a CEF (2017), o PMCMV tem abrangência em capitais e regiões metropolitanas, com municípios com mais de 100 mil habitantes, podendo contemplar também municípios com mais de 50 mil habitantes, de acordo com o seu déficit habitacional. Projetos prioritários necessitam de menor valor de aquisição das unidades habitacionais, existência prévia de infraestrutura no local, atendimento a regiões que recebam impacto de grandes empreendimentos como usinas, hidrelétricas e portos, e por último, porém não menos importante, atendimento a áreas atingidas por catástrofes definidas pela defesa civil.

De acordo com a CEF (2017), os projetos do PMCMV são priorizados seguindo critérios onde os estados e municípios oferecem maior contrapartida financeira, infraestrutura para o empreendimento, o terreno e desoneração fiscal de Imposto Sobre Circulação Mercadorias e Serviços (ICMS), Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação de Quaisquer Bens ou Direitos (ITCD), Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) e Imposto Sobre Serviço (ISS).

Para o Ministério das Cidades (2016), o PMCMV é dividido em quatro faixas de renda, e neste trabalho serão abordadas as habitações da faixa 1, cujos beneficiários são famílias com renda de até R\$ 1.800,00 mensais.

2.1.2 Especificações para empreendimentos para HIS

Conforme a CEF (2017) determina, as habitações de interesse social podem ser casas térreas ou prédios de acordo com as características, especificações e custos pré-definidos. Os empreendimentos com casas, possuem limitação de 500 unidades por módulo, e os prédios devem ter no máximo 250 unidades por condomínio.

As habitações de interesse social são padronizadas e divididas em:

- Tipologia 1: casa em 35,00 m², com área útil interna de 32,00 m²;
- Tipologia 2: apartamento com 42,00 m², com área útil de 37,00 m².

Neste trabalho será analisada apenas a Tipologia 1 – Casa Térrea - 35,00 m².

2.1.3 Especificação da tipologia 1

De acordo com a CEF (2017), as habitações de interesse social que estejam enquadradas na Tipologia 1, devem possuir obrigatoriamente sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios e área externa com tanque. A unidade terá área total de 35,00 m², e área interna de 32,00 m².

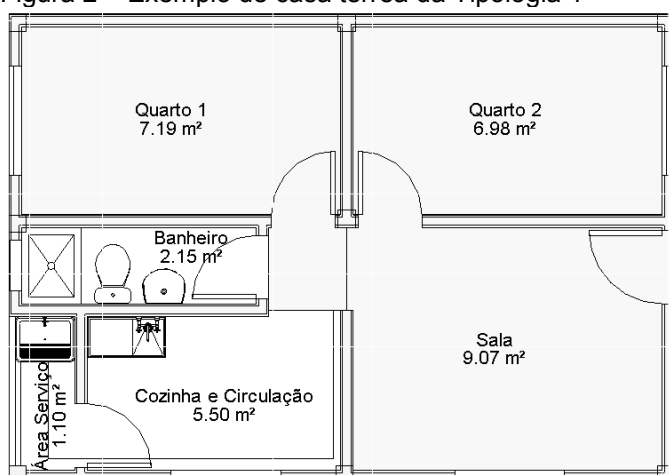
O Ministério das Cidades (2016), determina que o projeto de uma habitação de interesse social que atende os seguintes requisitos:

- a) o piso da cozinha e do banheiro deve ser cerâmico;
- b) o piso dos demais cômodos podem ser entregues somente com pisos cimentados;
- c) o revestimento de alvenarias deve conter reboco interno e externo com pintura em Acetato de Polivinilo (PVA);
- d) para paredes hidráulicas e *box*, necessita colocação de azulejo até 1,5m de altura;
- e) o forro pode ser feito de laje de concreto, forro de madeira ou Policloreto de Vinila (PVC);
- f) a cobertura deve ser preferencialmente de telha cerâmica;
- g) as esquadrias das janelas podem ser de ferro ou alumínio;
- h) as portas são de madeira;
- i) o pé-direito da cozinha e do banheiro deve ser de 2,20 m;
- j) o pé-direito dos demais cômodos devem ter 2,50 m;
- k) as dimensões dos compartimentos devem ser compatíveis com mobiliário mínimo;
- l) deverá contar com passeio de 0,50 m no perímetro da construção.

A CEF (2017) também determina que as instalações hidráulicas devem contar com medição independente, e número de pontos definidos. As instalações elétricas precisam atender às especificações mínimas de materiais, e ter número de pontos definidos. Deverá ter aquecimento solar/ térmico, e entregue com o kit completo instalado.

A Figura 2 mostra um exemplo de casa térrea da Tipologia 1.

Figura 2 – Exemplo de casa térrea da Tipologia 1



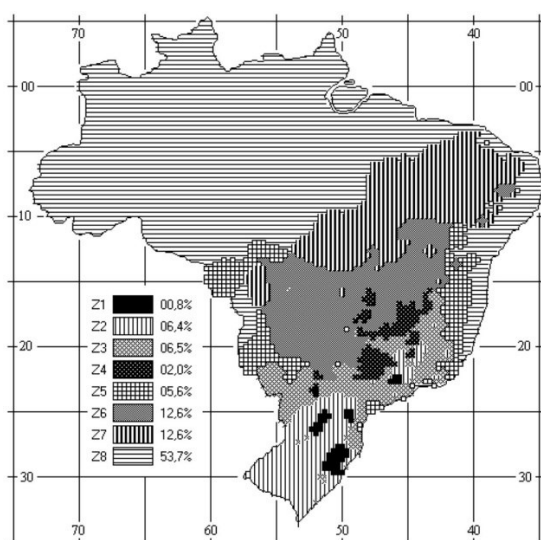
Fonte: Elaborado pelos Autores, 2018.

2.1.4 Desempenho térmico para HIS

Os parâmetros climáticos para habitações com até três pavimentos, são definidos na ABNT NBR 15220:2005 - Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

A norma divide o território nacional em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima (Figura 3). Para cada uma destas zonas, a norma estabelece recomendações técnico-construtivas, visando otimizar o desempenho térmico das edificações. Estas recomendações são apenas orientativas, sem caráter normativo.

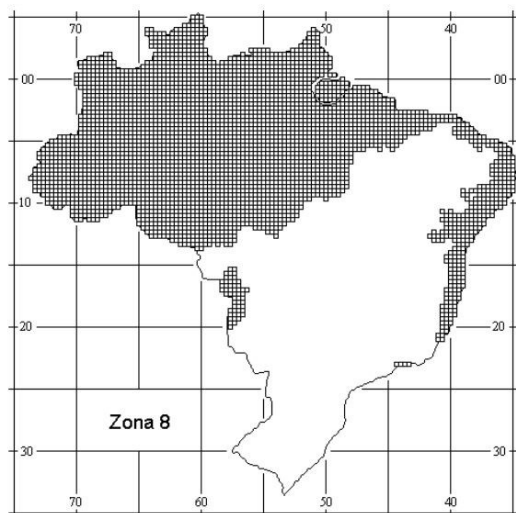
Figura 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2005.

A Zona Bioclimática 8, que compreende a cidade do Rio de Janeiro, está identificada na Figura 4,

Figura 4 – Zona Bioclimática 8



Fonte: ABNT NBR 15220-3, 2005.

Ainda conforme a ABNT NBR 15220-3:2005, para a Zona 8, a norma recomenda que:

- a) as aberturas para ventilação sejam grandes, correspondendo a mais de 40% da área de piso, e tenha sombreamento nas aberturas;
- b) as vedações externas, tanto de paredes, quanto de cobertura, devem ser da categoria leve refletora;
- c) as coberturas com telha de barro, sem forro, as telhas não podem ser pintadas ou esmaltadas, devem ser instaladas em estado natural, para permitir a absorção de água, e auxiliar na dissipação do calor;
- d) a disposição de portas e janelas deve permitir a ventilação cruzada permanente.

2.2 Planejamento e controle de obras

Para Lima (2017), o Planejamento e Controle de Obras (PCO) não se resume a prever datas e prazos, e sim tarefas mais complexas e que envolvem todos os aspectos de uma obra, e quando bem planejadas, podem evitar perdas, atrasos e até acidentes.

2.2.1 Etapas do PCO

De acordo com Lima (2017), a indústria da construção civil enfrenta problemas frequentes, tais como: entrega de projetos no prazo, orçamentos com custo acima do esperado e atrasos por falta de material. Isso pode decorrer da falta de planejamento e controle da obra.

2.2.1.1 *Estudo de viabilidade*

Conforme Sant'Ana (2016) esclarece, para obter maior confiabilidade no estudo de viabilidade econômica, é necessário reunir o máximo de informações possíveis sobre o que pretende construir, tornando o projeto e o memorial descritivo, ferramentas essenciais para o estudo de viabilidade econômica, e relacionar:

- a) Equipamentos e ferramentas que serão utilizados;
- b) Custo para execução da fundação;
- c) Custos e orçamentos para preparação do terreno;
- d) Custos de terceirização e/ou contratação de mão de obra;
- e) Prazos para cada etapa da obra;
- f) Taxa de remuneração da construtora;
- g) Custos dos projetos arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidrossanitários, prevenção de incêndio, ambientais, entre outros;
- h) Custos da regularização e licenciamento de obra;
- i) Possibilidades de financiamento e condições de pagamento;
- j) Cálculo de Orçamento de Obra;
- k) Cronograma de Obra organizado;
- l) Cálculo de Retorno de Investimento;
- m) Cálculo de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI);
- n) Planejamento de vendas.

2.2.1.2 *Orçamento da obra*

Para Lima (2017), após a análise da viabilidade e a decisão de construir, torna-se necessário o elaborar um orçamento para a obra.

De acordo com Mattos (2006), um orçamento deve ter as seguintes características e propriedades:

- a) **aproximação**, pois é baseado em previsões e estimativas, não necessitando ser exato, e sim preciso;
- b) **especificidade**, pois é específico para as condições analisadas;
- c) **temporalidade**, pois representa a projeção dos recursos necessários para a produção de uma obra em dado momento. Não é válido para condições distintas daquelas consideradas.

Para Baeta (2012), os orçamentos são classificados conforme o grau de precisão, podendo ser:

- a) **estimativa de custo**, sendo uma avaliação com base em custos históricos e comparação com projetos similares;
- b) **orçamento preliminar**, que é mais detalhado que a estimativa de custo, por identificar os serviços mais expressivos e atualizar os preços dos principais insumos;
- c) **orçamento discriminado ou detalhado**, que visa chegar a um valor muito próximo ao valor real da obra, com reduzida margem de incerteza.

De acordo com a CEF (2017), um orçamento é estruturado da seguinte forma:

- a) **custos diretos**, que é a soma de todos os custos necessários para a execução física da obra, incluindo materiais, equipamentos e mão de obra com encargos;
- b) **custos indiretos**, que inclui os custos com logística, infraestrutura e gestão da obra;
- c) **despesas indiretas**, que são decorrentes da atividade empresarial e incidem de forma percentual sobre os custos da obra, tal como impostos, remuneração do risco do capital aplicado e a compensação de despesas financeiras ocasionadas pelo intervalo entre gasto, medição e recebimento;
- d) **lucro ou bonificação**, que representa a remuneração da empresa pelo desenvolvimento de sua atividade econômica, também chamado de *Return on Investment* (ROI), ou Retorno do Investimento,

Os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), inclui as despesas indiretas e o lucro ou bonificação, e cada projeto pode apresentar um BDI específico.

2.2.1.3 *Cronograma físico-financeiro*

Para Lima (2017), o cronograma físico-financeiro é responsável por distribuir os custos por data e etapa da obra, prevendo quanto tempo os serviços irão durar e quanto irão custar.

Conforme Sant'Ana (2016), com o cronograma físico-financeiro, é possível:

- a) mapear todas as atividades e custos relacionados desde o começo até o fim da obra;
- b) identificar custos mensais acumulados;
- c) ter um planejamento de obra mais realista;
- d) melhorar o fluxo de caixa;
- e) melhorar a previsibilidade da obra.

2.2.1.4 *Regularização da obra*

A burocracia para obter licenças, alvarás, certidões, Anotações de Responsabilidade Técnicas – ARTs, atestados e demais documentos, pode empurrar os prazos para frente e causar alterações no projeto, além de receber multas que impactam no orçamento. É necessário identificar tudo que será necessário para o projeto e providenciar de forma ágil (LIMA, 2017).

2.2.1.5 *Acompanhamento da obra*

Para Mattos (2006), o acompanhamento constante da obra é fundamental para obter sucesso no planejamento. Podendo identificar ociosidade de mão de obra não prevista e riscos referentes a segurança do trabalho. Além de fornecer o diário de obra, que é uma ferramenta importante no PCO.

De acordo com Lima (2017), o cumprimento dos prazos depende do acompanhamento da obra, assim como as revisões destes prazos em caso de atrasos ou adiantamentos de tarefas.

Conforme Ribeiro (2017), é através das medições da obra, que são identificadas as tarefas que estão previstas e que foram realizadas, assim como as que estão pendentes, classificando como atrasadas ou dentro do prazo.

2.2.2 Tempo produtivo, improdutivo e ocioso da mão de obra

Conforme a CEF (2017), para determinar o tempo de execução de uma tarefa, é necessário considerar o tempo efetivo de execução do serviço, assim como o tempo improdutivo, tal como: paralisação para instrução da equipe, preparação e troca de frente de trabalho, deslocamento no canteiro, entre outros.

A versão disponível para consulta através da internet, da Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPOweb), considera o tempo produtivo e o tempo improdutivo. Porém exclui eventos extraordinários que causam ociosidade, tal como: greves, acidentes de trabalho, esforços de retrabalho, impactos de chuvas e ociosidades oriundas da má gestão da obra.

De acordo com Lima (2017), a indústria da construção civil enfrenta problemas frequentes, tais como: entrega de projetos no prazo, orçamentos com custo acima do esperado e atrasos por falta de material. Isso pode decorrer da falta de planejamento e controle da obra.

2.3 **Alvenaria Convencional**

Marinoski (2011) define a alvenaria como a “arte ou ofício de pedreiro ou alvanel, ou tipo de construção constituído de pedras naturais, irregulares, justapostas e superpostas”. Sendo um sistema construtivo formado de um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos, unidos entre si, com ou sem uso de argamassa de ligação, dispostos em filas horizontais, sobrepostas uma sobre as outras.

Uma construção em alvenaria convencional deve seguir as etapas a seguir:

2.3.1 Serviços preliminares

De acordo com o Instituto Federal do Paraná - IFP (2010), os serviços preliminares são o conjunto de atividades e providências tomadas como preparação para o início da obra, que podem incluir: demolições, sondagens, limpeza do terreno, terraplenagem, contenções e implantação de canteiro de obra e instalações para operários.

A execução de sondagem no terreno é importante para definir a resistência do solo, e dimensionar a fundação que será aplicada na construção. A ABNT NBR

15.492:2007 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento, apresenta os métodos mais comuns de sondagem, e descreve estes métodos de perfuração para a caracterização ambiental de áreas.

Um dos métodos de ensaio mais usado é a *Standard Penetration Test* (SPT), que consiste na sondagem de simples reconhecimento, e é abordado na ABNT NBR 6484:2001 – Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. A montagem dos equipamentos para ensaio SPT.

A Norma Regulamentadora (NR) que estabelece diretrizes administrativas, de planejamento e organizacionais, com objetivo de implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil, é a NR-18 de 1978.

Nos serviços preliminares, a NR-18 estabelece parâmetros a serem seguidos nos casos de demolições, limpeza do terreno e implantação do canteiro de obras.

2.3.2 Fundação

As fundações mais comuns em residências unifamiliares, são as fundações superficiais, que não ultrapassam 3,00 m de escavação (VOTORANTIM, 2016). E podem ser por:

- a) sapata (corrida ou associada): um elemento de concreto armado, cuja projeto prevê que as tensões sejam resistidas pela armadura, e não pelo concreto;
- b) bloco de fundação: tem base quadrada ou retangular, absorve a carga distribuindo-a sem necessidade de armadura;
- c) radier: é uma placa que abrange toda a área da construção, recebendo a carga completa e transmitindo uniformemente ao terreno;
- d) viga de fundação: é um elemento comum a vários pilares, cujos centro estão no mesmo alinhamento.

2.3.3 Estruturas de concreto armado

O concreto armado é a técnica mais utilizada no mundo para construção de estruturas. Surgiu da necessidade de aliar a resistência à compressão e durabilidade da pedra, com as características do aço, resultando em um material que tem como

vantagens poder assumir qualquer forma com rapidez e facilidade, além de proporcionar proteção contra a corrosão para o aço. (MARCELLINO, 2018).

No Brasil, duas normas técnicas definem como utilizar estruturas de concreto armado, são elas: a ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento e a ABNT NBR 14931:2004 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

O concreto armado é a combinação do concreto com o aço, onde cada peça da estrutura possui uma armação de aço coberta de concreto. Enquanto o aço resiste à tração, o concreto resiste à compressão. Em residências unifamiliares, o sistema estrutural de concreto armado mais utilizado é pilar-viga-laje, que formam a superestrutura da construção, suportando todas as cargas permanentes ou eventuais do projeto (PRA CONSTRUIR, 2018).

Para Bastos (2006), pilares são importantes elementos estruturais, pois além de transmitirem as cargas para as fundações, podem fazer parte do sistema de contraventamento, que garante a estabilidade global da estrutura, referente às ações verticais e horizontais.

As vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Elas geralmente têm a função de receber cargas provenientes de lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, e até de pilares (BASTOS, 2006).

As cargas que atuam sobre a laje, são predominantemente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em: distribuídas na área, que corresponde ao peso próprio ou revestimento do piso; distribuídas linearmente, que normalmente são as paredes; ou forças concentradas, que podem ser pilares apoiados sobre a laje (BASTOS, 2015).

2.3.4 Alvenaria de fechamento

A principal função da alvenaria é adequar e estabelecer a separação entre ambientes, especialmente a alvenaria externa, que precisa apresentar resistência à umidade, às variações de temperatura, à pressão do vento, oferecer conforto acústico e segurança para os usuários e ocupantes. (MARINOSKI, 2011)

Para Kantor (2014), é o método construtivo mais utilizado atualmente no Brasil, e consiste basicamente em estruturar a edificação com pilares e vigas de concreto, e

realizar a vedação com blocos cerâmicos ou tijolos comuns, separando ambientes e fachadas

Para Zulian, Doná e Vargas (2002), os materiais que definem a alvenaria podem ser pedras naturais, irregulares ou regulares, e pedras artificiais, que engloba blocos de concreto, blocos silicocalcário, blocos de concreto leve, tijolos cerâmicos e blocos de solo-cimento.

A ABNT NBR 8545:1984 – Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos – Procedimento, estabelece as condições para execução da alvenaria convencional, tal como o tipo de junta utilizada:

- a) de amarração, quando os componentes da alvenaria não possuem as juntas verticais contínuas;
- b) juntas de prumo, quando as juntas verticais dos componentes são contínuas.

De acordo com a ABNT NBR 15270:2017 – Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos, determina as dimensões que os blocos podem ter, e especifica o módulo dimensional (M) como sendo $M = 10,00$ cm, podendo usar também submódulos $M/2$ e $M/4$. As dimensões de fabricação seguem, em largura, comprimento e altura, os múltiplos do módulo dimensional M, menos 1,00 cm, conforme pode ser visto no Quadro 1.

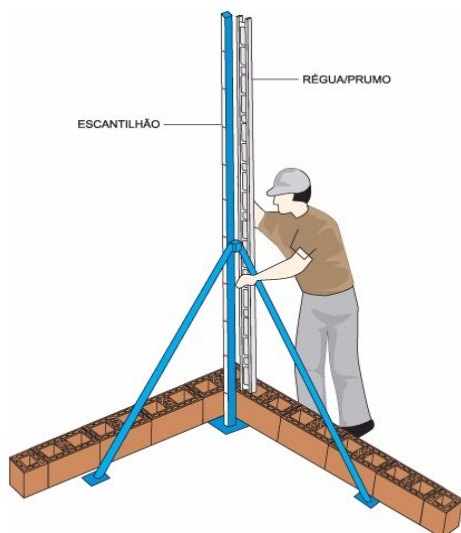
Quadro 1 – Dimensões dos principais blocos cerâmicos de vedação.

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação (cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19

Fonte: ABNT NBR 15270-1, 2017, adaptado pelos autores.

O escantilhão é uma régua de madeira, medindo o mesmo comprimento da altura da parede (do piso ao teto) do pavimento, que serve de gabarito para o assentamento, por possuir graduação com distâncias iguais à altura nominal do bloco ou tijolo, acrescido da espessura da junta, conforme Figura 5 (GUEDES, 2018).

Figura 5 – Escantilhão montado para gabarito da montagem da parede



Fonte: Real Kraft, 2018.

2.3.4.1 Argamassa de assentamento

De acordo com a ABNT NBR 8545:1984, a argamassa de assentamento deve ser plástica e apresentar consistência para suportar o peso dos tijolos ou blocos, mantendo-os alinhados enquanto correr o assentamento. Visando evitar a perda de plasticidade e consistência da argamassa, o volume de argamassa preparado deve ser adequado ao que se deseja utilizar (Figura 6). A argamassa deve ser utilizada em curto período após a preparação.

Figura 6 – Aplicação de argamassa de assentamento



Fonte: ProntoMix, 2012.

A argamassa é utilizada para ligar as peças entre si, visando garantir aderência, resistência e estanqueidade. Para paredes de tijolos, é necessário utilizar argamassa em toda a superfície do tijolo. Para paredes em blocos de cimento, é necessário somente em ambos os lados das bordas superiores (PRONTOMIX, 2012).

2.3.4.2 *Verga e contra verga*

A verga e a contra verga são elementos estruturais presentes na alvenaria, para distribuição de cargas e tensões em vãos como portas e janelas. As vergas ficam acima do vão de portas, janelas ou demais aberturas. As contra vergas ficam abaixo das janelas ou outros vãos que demandem um peitoril (CERAMICA CITY, 2017).

A ABNT NBR 8545:1984, determina que as vergas e contra vergas devem exceder a largura do vão, em pelo menos 20 cm de cada lado, e possuir altura mínima de 10 cm.

2.3.5 Instalações elétricas

Em construções com fins residenciais, cuja carga total instalada não supere 50 kW, além dos engenheiros eletricitas e técnicos em eletrotécnica, também estão habilitados a realizar o projeto de instalações elétricas, os profissionais da engenharia civil e da arquitetura. Para os engenheiros e técnicos, é necessário emitir uma Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e aos arquitetos, o Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), referentes ao projeto (VANDERSON, 2011).

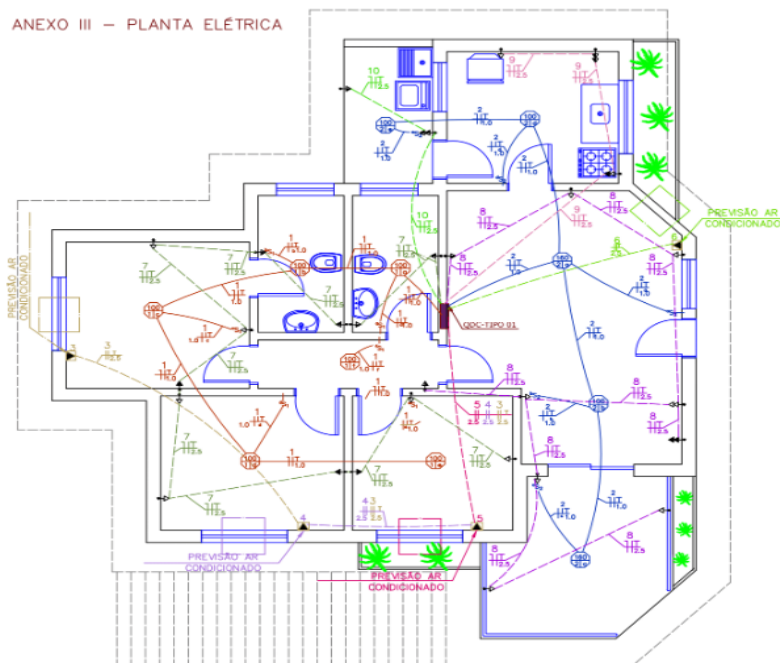
A ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, exige ART para os projetos de instalações elétricas, exceto para os seguintes casos:

- a) Entradas individuais isoladas, exclusivamente residenciais, com carga instalada de até 15 kW, em região urbana, monofásicas ou polifásicas ligadas em sistema 220/127 V;
- b) Entradas individuais isoladas, exclusivamente residenciais, com carga instalada de até 15 kW, em região rural, monofásicas a 2 ou 3 fios, ligadas em sistema 230-115 V.

O projeto de instalações elétricas (Figura 7), é a previsão escrita e gráfica da instalação, com todos os detalhes, localização dos pontos de utilização da energia

elétrica, trajeto dos condutores, separação dos circuitos e respectivas cargas de cada circuito, especificação de condutores e carga total (JÁCOME, 2008).

Figura 7 – Projeto de instalação elétrica residencial



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2018.

A ABNT NBR 5410:2004, determina que os disjuntores sigam o padrão estabelecido na ABNT NBR ICE 60947:2013 – Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores e na ABNT NBR ICE 60898:2004 – Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares, e que sejam certificados no Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Eles devem ser capazes de prover simultaneamente proteção contra correntes de sobrecarga e de curto-circuito, e devem estar instalados à jusante (após) a medição, em caixas padronizadas pela Light, em ambiente selado, impedindo sua substituição ou a alteração da calibração do equipamento.

A Light (2016), recomenda, mas não obriga o uso do Dispositivo Diferencial-Residual (DDR), que é responsável pela proteção contra correntes de fuga, instalado em caixa padronizada da concessionária, com ambiente selado.

O equipamento medidor e os acessórios destinados a medir o consumo de energia elétrica, são fornecidos pela concessionária, e devem estar em conformidade com a Resolução nº 414/2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Para habitações de interesse social, de acordo com o tipo de instalação elétrica que será usada neste projeto, a CEF (2014) determina a instalação do DDR, conforme Figura 8.

Figura 8 – Proteção com dispositivo diferencial-residual

PROTEÇÃO COM DISPOSITIVO DIFERENCIAL-RESIDUAL						
Tensão de fornecimento	Entrada individual	Entrada coletiva				
		Proteção geral de entrada	Proteção geral da medição de serviço	Proteções parciais (após a proteção geral)	Proteções individuais das unidades consumidoras	Proteções internas do QGBT de cada unidade consumidora
230-115 V	Recomendado (ver obs.)	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Ver NBR5410 (ver obs.)
220/127 V	Recomendado (ver obs.)	Recomendado (ver obs.)	Recomendado (ver obs.)	Recomendado (ver obs.)	Recomendado (ver obs.)	Ver NBR5410 (ver obs.)
380/220 V	Obrigatório	Obrigatório	Obrigatório	Recomendado (ver obs.)	Obrigatório	Ver NBR5410 (ver obs.)

Fonte: Light, 2016.

A ABNT NBR 5410:2004, estabelece que as instalações de entrada de energia elétrica, devam ser aterradas. Junto à caixa de medição, como parte integrante da instalação, é obrigatória a construção de malha de terra constituída de uma ou mais hastes interligadas entre si, no solo, à qual devem estar permanentemente ligados, o condutor neutro do ramal de entrada de energia elétrica, e o condutor de proteção. Como eletrodo de aterramento, deve ser utilizada haste de aço cobreada, com comprimento de 2,40 m e diâmetro de 5/8”.

Conforme Jácome (2008) explica, para o correto desenvolvimento de um projeto de instalações elétricas, é necessário analisar o projeto arquitetônico e localizar os pontos de luz, interruptores, tomadas e quadros de distribuição. A avaliação da potência (carga) de cada ponto e o cálculo da demanda, são importantes para solicitar corretamente à concessionária fornecedora, a ligação de entrada de energia elétrica que atenda à demanda prevista.

É imprescindível efetuar a divisão da carga em circuitos parciais, dimensionar os condutores elétricos, e assim dimensionar os eletrodutos. Por último, porém não menos importante, dimensionar os alimentadores, a proteção dos circuitos e identificar os materiais necessários para a execução do projeto (LARA, 2012).

2.3.6 Instalações hidráulicas

De acordo com a ABNT NBR 5626:1998 – Instalações hidráulicas de água fria, as instalações hidráulicas de água fria devem ser projetadas para que durante a vida útil da edificação, atendam aos seguintes requisitos:

- a) Preservar a potabilidade da água;
- b) Garantir o fornecimento contínuo de água, em quantidade adequada, e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) Promover a economia de água e energia;
- d) Permitir manutenção econômica e de fácil realização;
- e) Evitar que a tubulação emita ruídos em níveis inadequados à ocupação do ambiente;
- f) Proporcionar conforto aos usuários, prevendo adequadamente as peças de utilização, suas localizações, com fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.

2.3.6.1 *Consumo diário calculado*

Para Carvalho Junior (2015), aspectos culturais da população e a disponibilidade de acesso ao abastecimento, são fatores que influenciam no consumo de água. E consumo diário, para residências e apartamentos, considera a taxa de ocupação de duas pessoas por dormitório, e o consumo *per capita* de 150,00 litros por dia.

2.3.6.2 *Reservatório superior e reservatório inferior*

Em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, o abastecimento de água é feito diretamente pela rede pública, o que não ocorre no Brasil, onde possui falhas recorrentes no sistema de abastecimento, e que necessita de um reservatório para garantir a disponibilidade da água, em caso de interrupção do fornecimento de água pela concessionária deste serviço (CARVALHO JUNIOR, 2015).

Na ABNT NBR 5626:1998, define que a capacidade dos reservatórios deve ser estabelecida de acordo com o padrão de consumo de água na edificação e, onde for

possível obter informações, a frequência e duração de interrupções do abastecimento. O reservatório mínimo para residência de pequeno porte deve ser de 500,00 L.

Carvalho Junior (2015), ainda recomenda que, para projetos com reservatórios superiores e inferiores, a distribuição da reservação indique 60% do volume para o reservatório inferior, e 40% para o reservatório superior. Esta diferença entre os reservatórios, serve para alívio à estrutura. O volume mínimo de reservação, deve ser suficiente para dois dias de consumo

2.3.6.3 *Água quente*

A ABNT NBR 7198:1993 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente, estabelece as normas aplicáveis ao projeto de instalação hidráulica de água quente para uso humano, cuja temperatura seja de até 70°C.

Para Bohn (2018), a temperatura mínima com que a água deve ser fornecida depende do uso a que se destina, sendo aconselhável estar entre 35°C e 50°C, quando se trata de uso pessoal e para banho.

De acordo com a CEF (2014), em habitações de interesse social, o aquecimento da água para banho, é realizado por chuveiro elétrico e pelo Sistema de Aquecimento Solar (SAS).

2.3.6.4 *Sistema de aquecimento solar*

O Ministério das Cidades, através da Portaria Nº 643, de 2017, dispõe sobre sistemas alternativos de geração de energia, que podem ser através de energia de biomassa, eólica, solar ou oceânica, e devem ser instalados em habitações de interesse social, visando a sustentabilidade ambiental dos empreendimentos, obtendo maior eficiência energética e contribuindo para a economia de energia e redução de despesas dos beneficiários.

Para a CEF (2011), o SAS, é composto pelo coletor solar, reservatório térmico, caixa redutora de pressão, integração entre estes elementos e suportes necessários.

O Ministério das Cidades (2017), determina que o coletor deve ser:

- a) resistente à temperatura de estagnação e à pressão de trabalho;
- b) ser capaz de produzir 150 kWh/mês, em média, para a Região Sudeste do Brasil;

- c) ter vidro com espessura nominal maior ou igual a 3 mm;
- d) caixa em alumínio, aço inoxidável ou material resistente à corrosão e às intempéries;
- e) ser devidamente fixado à estrutura do telhado, conforme indicação do fornecedor;
- f) reservatório térmico deve ter capacidade nominal de 200,00 litros.

2.3.6.5 Esgoto sanitário

A rede de esgoto tem como objetivo coletar o esgoto doméstico e direcioná-lo à rede pública, ou caso o local não possua tal infraestrutura de saneamento, à estação de tratamento própria, por exemplo, fosse séptica (ROCHEDO, 2018).

A ABNT NBR 8160:1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, é responsável por estabelecer as exigências e recomendações relativas ao projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, para atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança e conforto dos usuários, tendo em vista a qualidade destes sistemas (Figura 9).

Figura 9 – Componentes de uma instalação predial de esgoto, em corte esquemático



Fonte: Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura, 2015.

Os esgotos sanitários podem ser destinados para um sistema particular de recebimento e pré-tratamento em regiões que não dispõem de sistemas de coleta e transporte de esgoto, ou pode ser destinado diretamente para a rede pública coletora de esgotos (CARVALHO JUNIOR, 2015).

Em HIS, o projeto de esgoto sanitário deve conter no mínimo:

- a) pontos de esgoto para vaso sanitário, *box* de banho e pia do banheiro;
- b) ponto de esgoto para pia da cozinha;
- c) ponto de esgoto para a máquina de lavar e tanque, na área de serviço;
- d) ralos, caixas sifonadas e passagens de tubulações devidamente impermeabilizados;
- e) caixas de passagem e de gordura bem assentadas, sem quebras ou trincas, e de fácil acesso para manutenção;
- f) tubulação de ventilação para a rede de esgoto.

2.3.7 Cobertura

O termo cobertura é utilizado para designar todo o conjunto da obra que tem a finalidade de resistir às intempéries. A cobertura é o conjunto de telhas, estruturas principais e estruturas secundárias de apoio às telhas (LOGSDON, 2002).

O telhado é uma categoria de cobertura, caracterizado por possuir um ou mais planos inclinados em relação ao plano horizontal, se diferenciando das lajes planas e das cúpulas. Sua função principal é proteger o espaço interno do edifício das intempéries do ambiente exterior, tal como: chuva, neve, vento e etc. É necessário ainda que conceda privacidade e conforto térmico e acústico, aos usuários (CARMO, 2018).

Para projeto de telhado de madeira, com telha cerâmica, é necessário observar o que as normas brasileiras ABNT NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira, ABNT NBR 8039:1983 – Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa, e ABNT NBR 15310:2009 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio, estabelecem (Quadro 2).

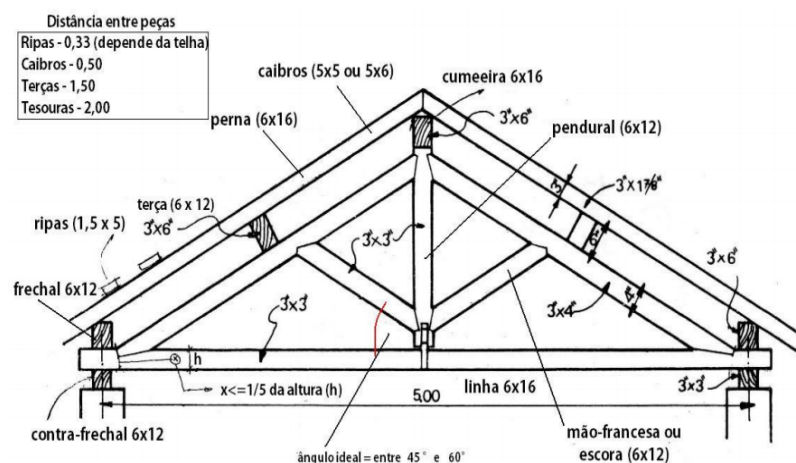
Quadro 2 – Dimensões típicas segundo o espaçamento das tesouras de terças

Distância entre terças	Distância entre tesouras			
	2,50 m	3,00 m	3,50 m	4,00 m
1,50 m	6 x 12 cm	6 x 16 cm	6 x 16 cm	6 x 18 cm
2,00 m	6 x 16 cm	6 x 16 cm	6 x 18 cm	8 x 24 cm
2,50 m	6 x 16 cm	6 x 18 cm	8 x 24 cm	10 x 24 cm
3,00 m	6 x 18 cm	8 x 24 cm	10 x 24 cm	10 x 24 cm

Fonte: Barbosa, 2010, adaptado pelos autores.

A principal carga acidental que incide sobre os telhados, é a força do vento. Esta força é transmitida às estruturas principais, porém é necessário que seja feito o contraventamento desta estrutura, que pode ser temporário, que é realizado durante a montagem da estrutura, ou permanente, que faz parte da estrutura final do telhado. Na Figura 10 esta estrutura pode ser observada (LOGSDON, 2002).

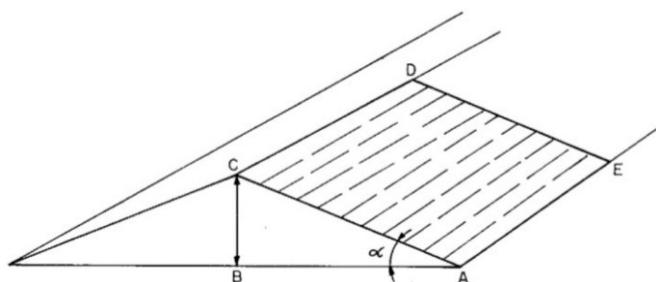
Figura 10 – Detalhes de um telhado para Alvenaria Convencional



Fonte: Logsdon, 2002.

Para o correto cálculo da quantidade de telhas necessárias para uma estrutura de telhado, deve-se atentar à Figura 11 e ao Quadro 3.

Figura 11 – Exemplo de cálculo de quantidade de telhas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Na Figura 11, a quantidade de telhas por metro quadrado é igual a 16 unidades. Devemos considerar:

$$\overline{AB} = \text{vão livre do telhado (m)}$$

$$\overline{CD} = 1,00 \text{ m (largura da faixa de telhado que é utilizada como base de cálculo)}$$

$$\overline{AC} = \overline{AB} / \cos \alpha \text{ (m)}$$

$$\text{Número de telhas da área do telhado } \overline{ACDE} = \overline{AC} \times \overline{AB} \times 16 \text{ telhas}$$

Quadro 3 – Número de telhas em função do ângulo de inclinação do telhado

\overline{AB} (m)	\overline{CD} (m)	Ângulo de inclinação (%)	Declividade (°)	\overline{AC} (m)	Número de telhas da área \overline{ACDE}
3,00	1,00	30	17	3,138	$3,138 \times 1,00 \times 16 = 51$
4,00	1,00	32	18	4,206	$4,206 \times 1,00 \times 16 = 68$
5,00	1,00	34	19	5,285	$5,285 \times 1,00 \times 16 = 85$
6,00	1,00	36	20	6,383	$6,383 \times 1,00 \times 16 = 103$
7,00	1,00	38	21	7,795	$7,795 \times 1,00 \times 16 = 120$
8,00	1,00	40	22	8,630	$8,630 \times 1,00 \times 16 = 139$
9,00	1,00	42	23	9,772	$9,772 \times 1,00 \times 16 = 157$
10,00	1,00	45	25	11,038	$11,038 \times 1,00 \times 16 = 177$

Nota. O grau de declividade do telhado está diretamente relacionado ao vão livre \overline{AB} do telhado. Podem ser usadas declividades superiores às indicadas acima, porém as telhas devem estar amarradas à estrutura de madeira do telhado.

Fonte: Barbosa, 2010, adaptado pelos autores.

2.3.8 Acabamento

A fase de acabamento de uma edificação, consiste no momento de colocar pisos, forros, louças, metais sanitários, pintura, armários, esquadrias e etc (DUARTE, 2018).

2.3.8.1 *Argamassa*

A ABNT NBR 13281:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, especifica os parâmetros exigíveis para a argamassa ser utilizada em assentamento e revestimento de paredes e tetos. Abrangendo a argamassa industrializada, a dosada em central e a preparada em obra.

Para Vacchiano (2014), uma parede precisa de três camadas de argamassa:

- a) chapisco, preparo da base para receber as camadas posteriores, evitando a soltura das partes;
- b) emboço, camada de nivelamento e correção;
- c) recobo, sendo a última camada, mais fina, de melhor acabamento, para economizar na aplicação de massa corrida.

De acordo com Duarte (2018), nas paredes externas, além do efeito estético, o revestimento é importante para evitar umidade da água da chuva nos tijolos. Nas

paredes internas, como não há exposição à umidade e à água, o efeito estético se torna o item mais importante para determinar a aplicação do revestimento.

A ABNT NBR 13753:1996, Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento, é a norma que estabelece os parâmetros necessários para aplicação da argamassa do piso.

O contrapiso é uma camada de espessura de 2,00 cm, para a regularização do piso onde serão colocados pisos cerâmicos, que deve ser feito com argamassa no traço 1:5 (t-5), com cimento e areia média sem peneirar (VACCHIANO, 2014).

A argamassa colante é utilizada para unir a peça cerâmica ao substrato (contrapiso), além de absorver deformações naturais do sistema de revestimento. Deve ter boa trabalhabilidade, aderência e capacidade de absorver deformações (MORAES, 2018).

Após a aplicação da peça cerâmica, é necessário utilizar a argamassa de rejuntamento, para vedar as juntas entre as peças, e permitir a substituição delas, se necessário (PEREIRA, 2007).

2.3.8.2 *Pintura*

A tinta deve ter as seguintes características: estabilidade, aplicabilidade, rendimento e cobertura, durabilidade, lavabilidade, secagem, nivelamento e alastramento (HIDRACOR, 2018).

Para Pereira (2007), a pintura desempenha três papéis fundamentais: ajuda na beleza estática da edificação, na impermeabilização e no conforto térmico.

2.3.8.3 *Pisos e azulejos*

Os azulejos permitem fácil limpeza das paredes e superfícies com baixa necessidade de manutenção, em comparação às superfícies pintadas (PEREIRA, 2007).

Tanto para piso cerâmico, quanto para azulejos, a aplicação deve ocorrer cinco dias após a conclusão do revestimento de argamassa e do contrapiso. Em áreas em que haja necessidade de impermeabilização, ela deve estar concluída e testada para que seja aplicado o piso ou o azulejo (VACCHIANO, 2014).

2.3.8.4 *Esquadrias*

A CEF (2014), especifica que as portas devem ser de madeira, e as esquadrias das janelas de ferro, alumínio ou PVC.

As esquadrias são todos os caixilhos utilizados na obra, para janelas ou portas, sendo de metal, madeira, PVC e etc (VACCHIANO, 2014).

2.4 *Light Steel Framing*

O sistema *Light Steel Framing* possui dois conceitos básicos. *Frame* é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo formados pelos perfis formados a frio (PFF), que são componentes leves. *Framing* é o processo de união e vinculação destes *frames*. Na Europa, este sistema é conhecido como *Light Steel Frame Housing*, e nos Estados Unidos como *Residential Cold-Formed Steel Framing* (RODRIGUES e CALDAS, 2016).

Para Crasto, Freitas e Santiago (2012), o LSF é um sistema construtivo de concepção racional, caracterizado por uma estrutura de PFF de aço galvanizado, compondo painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes.

Conforme Rodrigues e Caldas (2016), o que diferencia o LSF dos sistemas tradicionais, é sua composição por elementos ou subsistemas, que podem ser estruturais, de isolamento, de acabamento interior ou exterior e de instalação, que funcionam em conjunto.

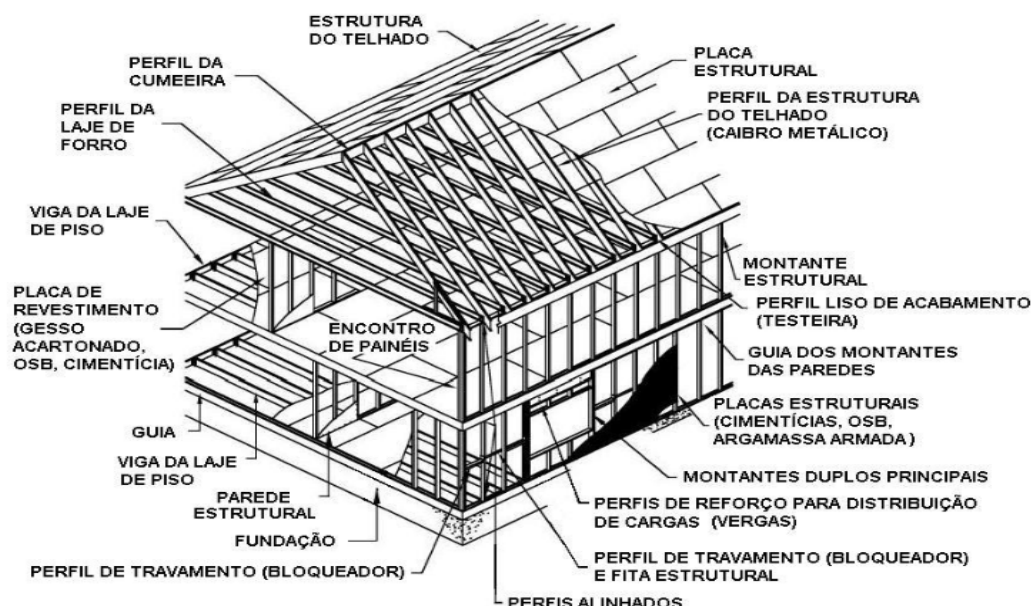
O LSF é considerado um sistema inovador, que utiliza tecnologia nova, porém sua origem está no século XIX, sendo uma derivação do *Wood Framing*, sistema tradicional nos Estados Unidos, e que utiliza madeira para estruturar a edificação. É um sistema muito empregado em países onde a construção civil é predominantemente industrializada (CRASTO, FREITAS e SANTIAGO, 2012).

Para projetar edificações em LSF no Brasil, é necessário seguir as normas ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio e a ABNT NBR 15253:2014 – Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais.

O LSF pode ser utilizado em construções residenciais, industriais e armazéns, além de reformas em edificações antigas, aliviando as cargas que atuam em lajes, vigas e pilares, aproveitando o baixo peso da estrutura em LSF, reduzindo custos inerentes à utilização de concreto armado ou aço pesado (FUTURENG, 2018).

A definição do LSF para Crasto, Freitas e Santiago (2012), é um “processo pelo qual compõe-se um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a dar forma à edificação e a resistir às cargas que a solicitam”, conforme a Figura 12.

Figura 12 – Desenho esquemático de uma residência em LSF



Fonte: Rodrigues e Caldas, 2016.

Para Rodrigues e Caldas (2016), o PFF é amplamente adotado nas construções metálicas brasileiras, em barras de estruturas treliçadas de coberturas, usadas para postos de gasolina e edifícios industriais. Recentemente, sua aplicação em construções residenciais está crescendo, levando siderúrgicas e fabricantes de estruturas a desenvolverem novos conceitos de soluções construtivas, o que inclui as habitações de interesse social.

2.4.1 Fundação

Para Pescarini (2011), o radier é “uma fundação rasa, que atua como laje monolítica, estruturada em placa contínua de concreto armado, e que transmite

uniformemente as cargas da estrutura para o terreno”. Como elimina escavações, o contrapiso e o passeio, o radier oferece excelente relação custo-benefício.

Conforme Silva (2013) acrescenta, o radier pode ser concluído em apenas dois dias, com auxílio de apenas seis funcionários, sendo um dia e meio para montagem, e meio dia para a concretagem.

2.4.2 Estrutura metálica

De acordo com Rodrigues e Caldas (2016), os elementos que compõem o sistema LSF são:

- a) **Bloqueador**: perfil utilizado horizontalmente no travamento lateral de montantes e vigas.
- b) **Fita**: Fita de aço galvanizado empregada na diagonal como elemento de contraventamento de painéis de parede, de piso e de cobertura. Em combinação com os bloqueadores, é também utilizada na horizontal para diminuir os comprimentos efetivos de flambagem global por torção e de flambagem global em relação ao eixo y do montante, e para o travamento lateral das vigas de piso ou cobertura.
- c) **Guia ou guia enrijecida**: Perfil utilizado como base e topo de painéis de parede, como encabeçamento de painéis de entrepisos e de telhados e aberturas em painéis de parede.
- d) **Montante**: Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de parede.
- e) **Montante auxiliar (king)**: Montante fixado à ombreira ou utilizado nos limites laterais das aberturas de painéis.
- f) **Montante de composição (cripple)**: Perfil utilizado verticalmente na composição de painéis de parede, sobre e abaixo das aberturas.
- g) **Ombreira (jack)**: Perfil utilizado verticalmente para apoio da verga ou de painel de parede sobre abertura.
- h) **Perfil enrijecedor de alma**: Perfil utilizado verticalmente no apoio de vigas.
- i) **Ripa**: Perfil onde apoiam as telhas e é suportada pelos caibros.
- j) **Sanefa**: Perfil utilizado para encabeçamento de painéis de pisos.
- k) **Terça**: Perfil que suporta os caibros e transmite o carregamento para as tesouras. As terças são peças horizontais colocadas na direção

perpendicular às tesouras e recebem o nome de cumeeiras quando são colocadas na parte mais alta do telhado (cume).

- l) **Viga:** Perfil ou composição de perfis utilizados horizontalmente para transmitir forças.
- m) **Verga:** perfil utilizado horizontalmente no limite superior das aberturas (portas, janelas e outras).

Para Crasto, Santiago e Freitas (2012), o LSF tem concepção racional, permite a fabricação e montagem industrializada e possibilita a produção em larga escala. Os PFF do tipo U enrijecido (Ue) ou U dobrado de Chapa (UDC) são muito utilizados como montantes para a composição dos painéis reticulados, que formam paredes com função estrutural, além de estruturas de pisos, telhados e fachadas.

Para fabricação dos PFF, devem ser empregadas bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco, pelo processo contínuo de imersão à quente, conforme determina a ABNT NBR 15253:2014, conforme apresentado no Quadro 4. A norma determina que os perfis devem ser homogêneos, sem fissuras, sem descontinuidades ou defeitos que afetem seu uso. Sua resistência à corrosão está diretamente relacionada à massa e ao tipo de revestimento.

Quadro 4 – Revestimento mínimo para perfis formados a frio.

Tipo de revestimento	Perfis Estruturais	
	Massa mínima de revestimento g/m ²	Designação do revestimento conforme normas
Zincado por imersão a quente	275	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150	AZ150 (ABNT NBR 15578)

Nota. A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo).

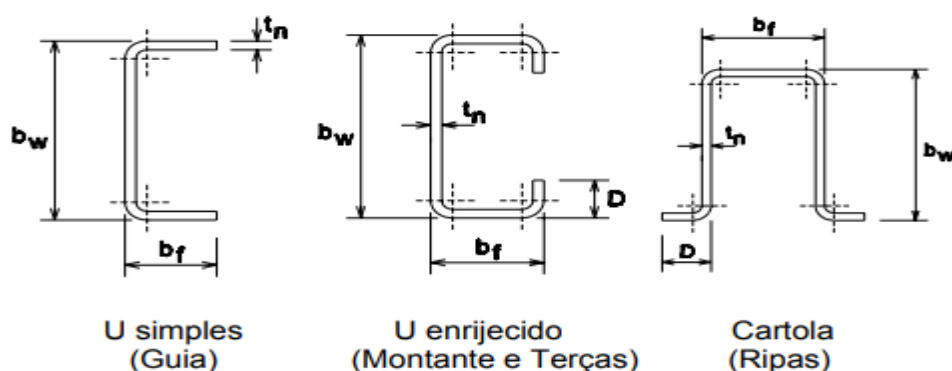
Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

A ABNT NBR 15253:2014, determina que o aço usado para perfil estrutural, deve ter:

- a) Resistência ao escoamento mínima de 230 MPa.
- b) As bobinas utilizadas como matéria-prima para a fabricação dos perfis, devem ter espessura nominal mínima de 0,80 mm, exceto as ripas.
- c) A espessura nominal máxima de 3,00 mm

Na Figura 13 estão representados os perfis típicos do sistema LSF.

Figura 13 – Perfis típicos para uso em LSF: U simples, U enrijecido e cartola.



Fonte: Rodrigues e Caldas, 2016.

De acordo com Rodrigues e Caldas (2016), os montantes para formarem um painel reticulado com função estrutural, devem ser posicionados verticalmente equidistantes de 400,00 mm ou 600,00 mm. Esta distância é definida em projeto, de acordo com as cargas incidentes na estrutura. Estas duas distâncias compatibilizam a estrutura com os painéis de fechamento, fabricados com 1200,00 mm de largura.

O sistema estrutural total de um edifício pode ser dividido em dois grupos de subsistemas, os verticais e os horizontais. Sendo os subsistemas horizontais suportados pelos subsistemas verticais. No LSF, os subsistemas verticais são geralmente esbeltos quanto a uma ou ambas as dimensões da seção transversal, porém não são muito estáveis por si próprios. Eles dependem dos subsistemas horizontais para serem mantidos em posição correta (CRASTO, 2005).

No Quadro 5 são apresentadas dimensões nominais de PFF para LSF.

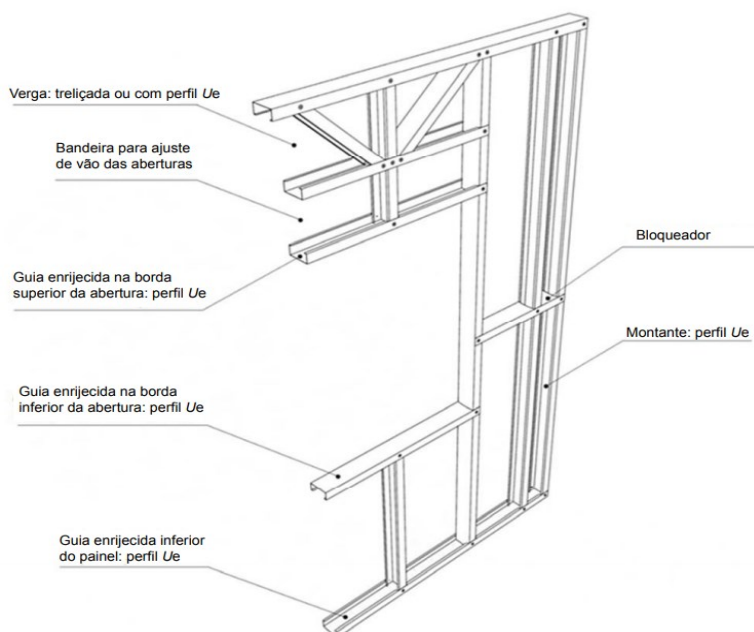
Quadro 5 – Dimensões nominais usuais dos perfis de aço para LSF.

Dimensões (mm)	Designação	Largura da Alma b_w (mm)	Largura da Mesa b_f (mm)	Largura do Enrijecedor de Borda – D (mm)
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue 140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12
L 150x40	Cantoneiras de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneiras de abas desiguais	200	40	-

Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

A ABNT NBR 15253:2004, estabelece para um painel de parede, a estrutura necessária (Figura 14).

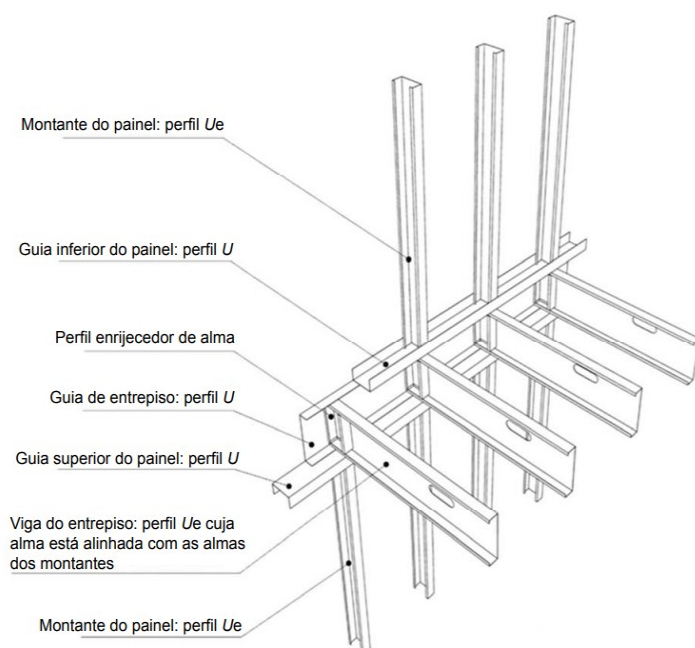
Figura 14 – Componentes de painel de parede utilizando perfis Ue.



Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

No caso de vigas de piso, a ABNT NBR 15253:2014, determina a estrutura usando os perfis mais encontrados (Figura 15).

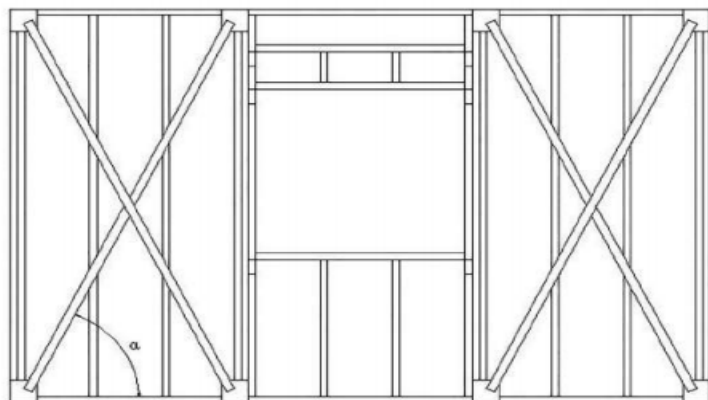
Figura 15 – Componentes de painel de entrepiso.



Fonte: ABNT NBR 15253, 2014.

Conforme Rodrigues e Caldas (2016), no Manual de Engenharia CBCA, afirmam que para o contraventamento, a fita de aço deve estar entre 30° e 60° , em relação ao plano. E, se necessário, deve-se aumentar a seção transversal da fita, afim de atender às necessidades dos projetos.

Figura 16 – Contraventamento em X, com fitas de aço galvanizado.



Fonte: Rodrigues e Caldas, 2016.

Na Figura 16, pode ser verificado o sistema de contraventamento em “X” para painel estrutural. Além do sistema de contraventamento, a estrutura deve ser fixada na fundação, através de chumbadores químicos (SANTIAGO, FREITAS e CRASTO, 2012).

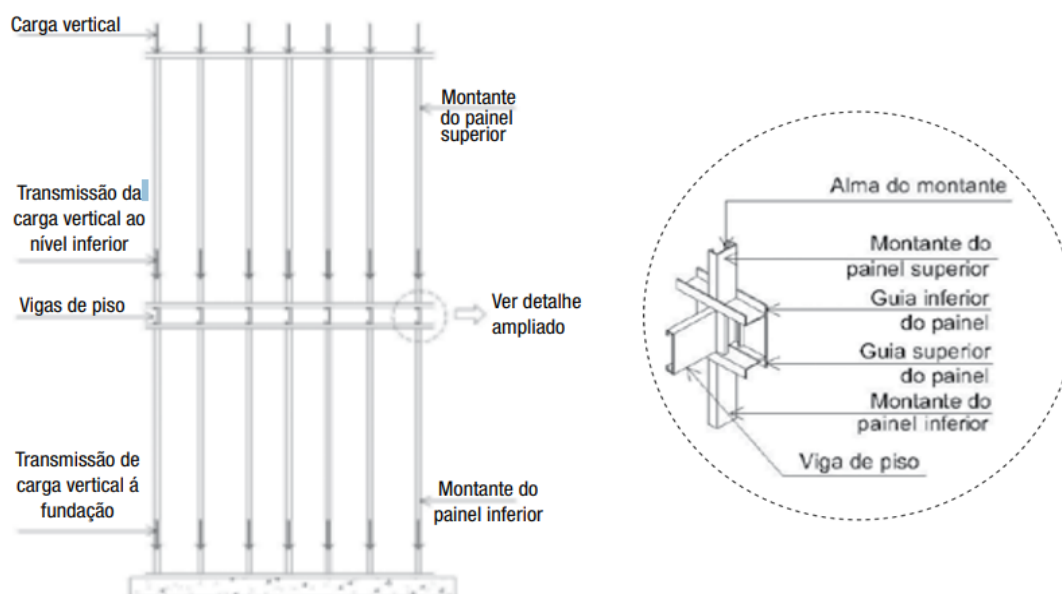
De acordo com a Brasilit (2014), há três métodos para construção em LSF:

- a) Método stick: quando os perfis são cortados no canteiro de obras. Os painéis, lajes e colunas, contraventamento e tesouras de telhados são montados no local;
- b) Método por painéis: contraventamento, lajes, perfis e tesouras de telhados, podem ser fabricados fora do canteiro de obras, agilizando a montagem;
- c) Construção modular: os painéis podem ser completamente pré-fabricados, e entregues no local da obra com todos os acabamentos internos, inclusive instalações hidráulicas e elétricas.

2.4.3 Painéis estruturais ou autoportantes

Para a Brasilit (2014), os painéis no LSF podem somente compor as paredes da edificação, como também funcionar como sistema estrutural. Neste caso, eles suportam cargas da edificação (Figura 17).

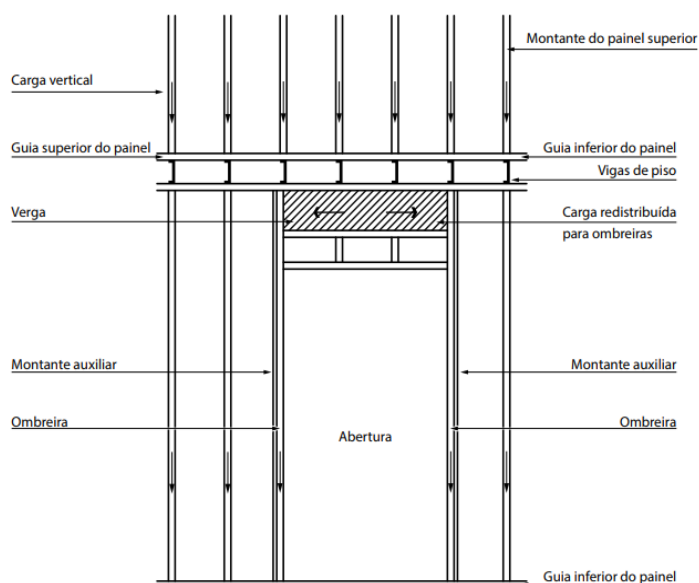
Figura 17 – Transmissão de carga vertical à fundação.



Fonte: Brasilit, 2014.

O Manual de Arquitetura CBCA, de Santiago, Freitas e Crasto (2012), determina que para aberturas de vãos nos painéis estruturais, há a necessidade de elementos estruturais como vergas, para redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos para os montantes laterais ao vão, que foram as ombreiras (Figura 18).

Figura 18 – Distribuição dos esforços através da verga para ombreiras.



Fonte: Brasilit, 2014.

A verga deve ser dimensionada ao momento fletor, à força cortante, e combinação de força cortante com momento fletor. Ela pode ter várias combinações,

mas basicamente é composta por dois perfis UDC conectados por peça aparafusada em cada extremidade (RODRIGUES e CALDAS, 2016).

As ombreiras servem para apoio das vergas. A quantidade de ombreiras necessárias deve ser definida por cálculo estrutural e será em função do tamanho da abertura. Por aproximação, o número de ombreiras a cada lado da abertura, será igual ao número de montantes interrompidos pela verga, dividido por dois (CRASTO, 2005).

2.4.4 Acabamento

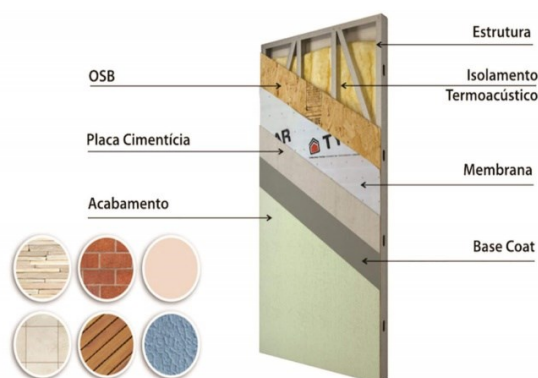
Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), os componentes de fechamento vertical devem ser compostos por elementos leves, compatíveis com o conceito esperado para o LSF. Estes componentes são posicionados externamente à estrutura.

Conforme Rodrigues e Caldas (2016), os painéis internos são revestidos com gesso acartonado nas duas faces. Para as paredes externas, são aplicadas placas cimentícias na face externa, e gesso acartonado na parte interna.

Ainda de acordo com os autores, nas paredes de banheiros e cozinhas, nas faces úmidas, deve ser aplicada placa cimentícia revestida com cerâmica.

Sob a placa o *Oriented Strand Board* – OSB, é um painel estrutural de tiras de madeira, orientadas em três camadas perpendiculares, aumentando a rigidez e resistência mecânica. As tiras são unidas com resina e prensadas sob alta temperatura. Um painel revestido com OSB pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 – Detalhes de um painel revestido em sua face externa



Fonte: Acartonale, 2018.

O OSB é uma placa estrutural, utilizada para fechamento externo ou interno, além de ser usada em lajes. O OSB oferece alta resistência a impactos, eleva o

conforto térmico e acústico, resiste à umidade e possibilita rápida aplicação à estrutura (LP BRASIL, 2012).

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), uma parede externa em LSF contém várias partes além da estrutura. Entre os montantes, devem ser inseridos os seguintes componentes:

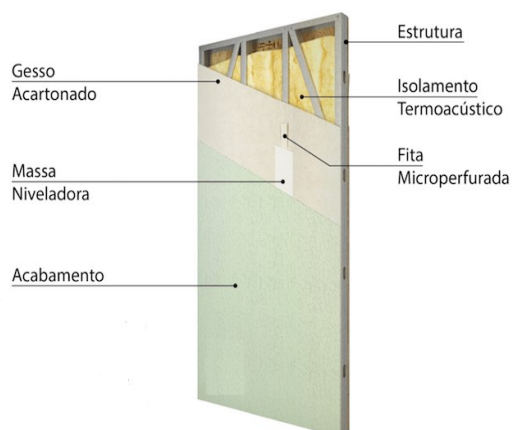
- a) lã de vidro ou lã de *pet* – para o isolamento termo acústico;
- b) OSB – placa de madeira prensada;
- c) Membrana hidrófuga – é aplicada sobre o OSB, que auxilia na estanqueidade de chamas e protege a placa OSB da umidade;
- d) placa cimentícia – camada de concreto leve ($1400,00 \text{ kg/m}^3$) reforçada por camada de tecido de fibra de vidro em cada face;
- e) *base coat* – argamassa usada na etapa de nivelamento e revestimento de fachadas;
- f) acabamento – que pode ser pintura, textura ou outro material de finalização.

A *American Iron and Steel Institute* – AISI e a *North American Steel Framing Alliance* – NASFA, determinam que a espessura mínima do OSB que reveste externamente uma parede diafragma, deve ser de 12,00 mm. No Brasil, por não haver norma que permita considerar o OSB estruturalmente, podem ser utilizadas espessuras menores.

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), a padronização dos espaçamentos dos montantes em múltiplos de 400,00 mm ou 600,00 mm, facilita o dimensionamento das placas OSB, que possuem largura padrão de 1200,00 mm.

Sobre o OSB, é aplicada membrana para proteção à umidade.

Figura 20 – Camadas de uma parede interna em LSF



Fonte: Acartonale, 2018.

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), na parte interna da parede (Figura 20), pode ocorrer o fechamento com os itens relacionados acima, ou com o uso do isolamento termo acústico e placa OSB, aliados a:

- a) gesso acartonado – placa de gesso e papel cartão;
- b) fita micro perfurada – feita de papel micro poroso e micro perfurado;
- c) massa niveladora – impermeabilizante que corrige imperfeições profundas;
- d) acabamento – que pode ser pintura, textura ou outro material de finalização.

2.4.5 Instalações elétricas e hidráulicas

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), as instalações elétricas e hidráulicas em construções de LSF, podem ser realizadas de forma similar à alvenaria convencional, além de poder utilizar inovadores sistemas hidráulicos e elétricos.

Ainda de acordo com os autores, para instalações hidráulicas no sistema a seco, podem ser usados o PVC (policloreto de vinila), o PEX (polietileno reticulado), o PPR (poliprolileno copolímero random), o CPVC (policloreto de vinila clorotado) e o cobre.

Conforme a Tigre (2018) informa, o sistema PEX por se tratar de um tubo flexível, permite a redução no número de conexões, reduzindo o custo e o tempo de instalação. A resistência da tubulação à altas temperaturas e a ataques químicos, diferencia o sistema, quando comparado ao PVC (Figura 21).

Figura 21 – Desenho esquemático de instalação hidráulica com sistema PEX.



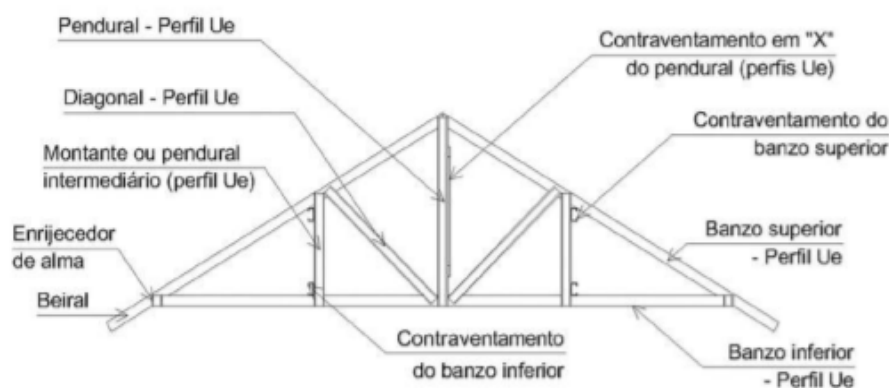
Fonte: Tigre, 2018.

A Amanco (2018) lista como benefícios do PEX, o fato dos tubos serem flexíveis, possibilitando fazer curvas sem necessidade de joelhos, apresentarem baixa perda de calor, ser um material leve, de fácil transporte, estocagem e manuseio, além de ser compatível com diversos métodos construtivos.

2.4.6 Cobertura

Sobre a estrutura do telhado, é necessário instalar o OSB e a membrana para proteção. A estrutura do telhado está representada na Figura 22.

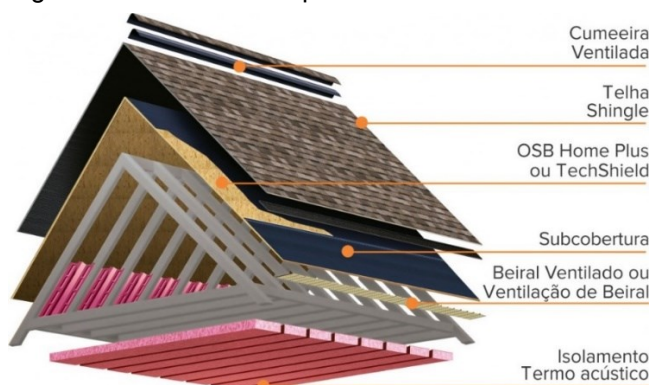
Figura 22 – Detalhes de um telhado para LSF



Fonte: RODRIGUES e CALDAS, 2016.

Por fim, é instalada a telha escolhida para a cobertura da estrutura. A telha *shingle*, é muito comum em habitações em LSF, conforme Figura 23. Ela se destaca por ser muito leve, durável e de fácil instalação, e sem restrições à grandes inclinações do telhado (ESPAÇO SMART, 2018).

Figura 23 – Desenho esquemático de cobertura com telha *shingle*.



Fonte: Espaço Smart, 2018.

3 METODOLOGIA

Para realizar o estudo de viabilidade em habitações de interesse social, comparando os custos dos métodos construtivos em *Light Steel Framing* e Alvenaria Convencional, será necessário projetar uma edificação em cada método, e verificar os custos correspondentes ao processo construtivo em cada método.

Este trabalho busca identificar o quantitativo de unidades habitacionais que torne o LSF mais vantajoso em relação à Alvenaria Convencional, aplicado às habitações de interesse social.

3.1 Empreendimento

De acordo com a CEF (2017), para empreendimentos de casas para HIS, o limite por módulo é de 500 unidades habitacionais.

Para este trabalho, serão considerados os custos dos itens do Quadro 6.

Quadro 6 – Custos considerados para cada método construtivo.

Alvenaria Convencional	<i>Light Steel Framing</i>
Serviços Preliminares	Serviços Preliminares
Fundação (Viga Baldrame)	Fundação (Radier)
Estrutura	Painel estrutural e Cobertura
Alvenaria	Instalações elétricas
Cobertura	Instalações Hidráulicas
Esquadrias	Instalações Solares
Instalações Elétricas	Fechamento
Instalações Hidráulicas	Esquadrias
Revestimento	Revestimento Interno e Externo
Pintura	Pintura
Aparelhos e metais	Aparelhos e metais
Limpeza da Obra	Limpeza da Obra

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para este trabalho, alguns custos serão desconsiderados, por não representarem custos referentes aos métodos construtivos, e sim à infraestrutura geral do empreendimento, e que são necessários a ambos os métodos, independentemente de qual for adotado para o empreendimento, tal como:

- a) Aquisição e legalização de terreno;
- b) Terraplenagem;
- c) Topografia;
- d) Estrutura viária e pavimentação;
- e) Rede de esgoto;
- f) Rede de abastecimento de água potável;
- g) Rede pluvial;
- h) Iluminação pública;
- i) Paisagismo e urbanismo;
- j) Estrutura de lazer;
- k) Benefícios e Despesas Indiretas – BDI;
- l) Legalização do imóvel;
- m) Reservatório inferior.

As unidades habitacionais objetivo deste estudo, serão casas térreas, no padrão da Tipologia 1 do MCMV, com 35,00 m² de área, sendo 32,00 m² de área interna útil, com dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

3.2 Dimensionamento estrutural

Para a construção de uma habitação, é necessário dimensionar a estrutura que suportará as cargas incidentes nesta habitação.

3.2.1 Fundação

De acordo com Pereira (2017), as fundações podem ser rasas (superficiais ou diretas) ou profundas (ou indiretas). Sendo elementos estruturais que têm a função de receber as cargas da superestrutura de uma edificação e transmiti-las ao solo.

De acordo com a ABNT NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações, uma fundação superficial é um elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação. A profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Na Figura 24 está representada uma fundação em viga baldrame.

Figura 24 – Fundação superficial em viga de fundação ou baldrame



Fonte: UNIFAL-MG, 2011.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), devido ao baixo peso da estrutura do LSF e dos componentes de fechamento, as cargas transmitidas à fundação são consideravelmente menores, exigindo menos da fundação, quando comparada às demais construções. Como a distribuição de cargas ao longo dos painéis ocorre uniformemente, a fundação deve ser contínua, e abrangendo todos os painéis. O radier é a fundação mais utilizada para as construções em LSF (Figura 25).

Figura 25 – Painéis em LSF montados sobre fundação radier

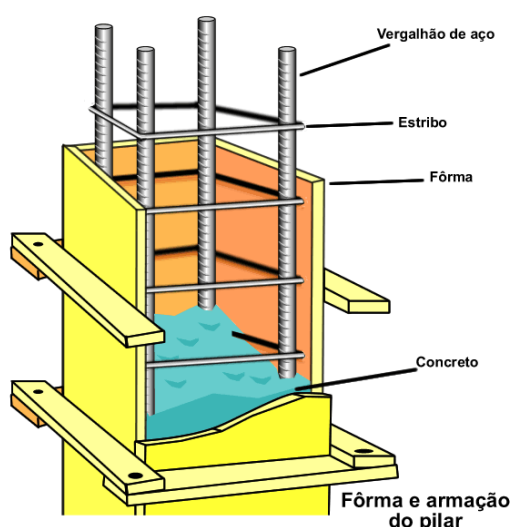


Fonte: Upper Construtora, 2018.

3.2.2 Pilares

Conforme a ABNT NBR 6118:2014, os pilares (Figura 26) são “elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”. Sua função básica é transmitir as cargas às fundações, porém podendo também transmitir para outros elementos de apoio. Estas cargas normalmente são absorvidas das vigas, podendo também virem das lajes.

Figura 26 – Pilar em concreto armado



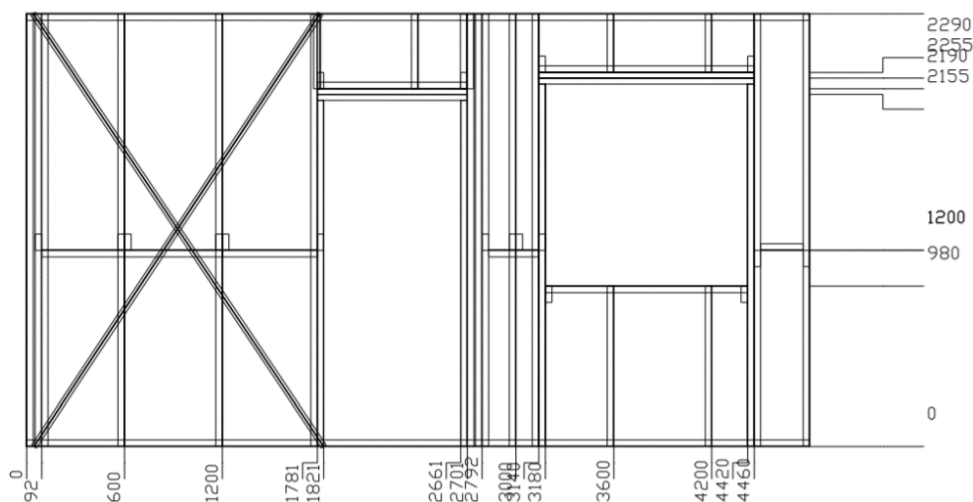
Fonte: Bastos, 2006.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 6118:2014, a seção transversal de um pilar ou pilar-parede, não pode ser menor que 19,00 cm. A norma permite exceções para dimensões entre 19,00 cm e 14,00 cm, porém os esforços solicitantes de cálculo considerados no dimensionamento, devem ser multiplicados por coeficiente adicional definido na norma, e área total do pilar, que não poderá ser menor que 360,00 cm².

A forma que servirá de base para a concretagem do pilar, deve estar montada com a armação em seu interior, antes do início da concretagem (BASTOS, 2006).

Em construções em LSF, os pilares são representados pelos montantes do painel estrutural (Figura 27), que recebem as cargas do piso superior e transmitem as cargas para a fundação. Em aberturas de portas e janelas, os montantes interrompidos pela abertura, são deslocados para as laterais da porta ou janela, uma verga é inserida na parte superior da abertura, distribuindo as cargas e mantendo a resistência da estrutura (RODRIGUES e CALDAS, 2016).

Figura 27 – Painel estrutural em LSF



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para evitar o tombamento da estrutura, os montantes são contraventados, resistindo às cargas de vento. As fitas de contraventamento, atuam para resistir à tração. Conforme Rodrigues e Caldas (2016), uso das placas de OSB auxilia na função estrutural dos painéis, pois assim é considerado nos Estados Unidos. Devido à falta de norma técnica brasileira que permita considerar o OSB estruturalmente, é recomendável não o considerar no cálculo da edificação.

3.2.3 Vigas superiores

As vigas são elementos lineares em que a flexão é preponderante. Elas são geralmente retas e horizontais, com a função de receber cargas provenientes de lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, e até de pilares. Vencer os vãos, transmitindo as cargas solicitantes para os apoios, é a função das vigas (BASTOS, 2006).

Para construções em Alvenaria Convencional, as vigas devem seguir as definições da ABNT NBR 6118:2014, e as seções transversais das vigas não podem ter largura menor que:

- a) 12,00 cm, para vigas;
- b) 15,00 cm, para as vigas-parede;
- c) 10,00 cm, em casos específicos e cumprindo parâmetros definidos na norma, que estabelece que o alojamento das armaduras e suas

interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, devem respeitar os espaçamentos e cobrimentos mínimos.

Da mesma forma que ocorre com a laje de concreto, uma viga precisa de escoramento até que o processo de cura do concreto ocorra, como demonstrado na Figura 28.

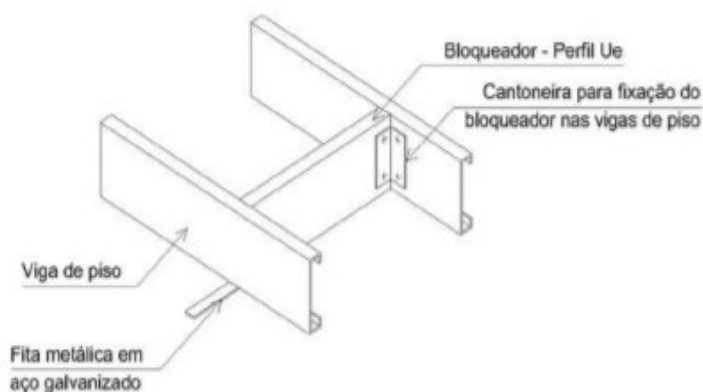
Figura 28 – Viga em concreto armado



Fonte: Bastos, 2006.

Para o LSF, as vigas devem ser dimensionadas considerando o momento fletor, a força cortante e a combinação da força cortante com o momento fletor. O travamento lateral por bloqueadores é necessário, para evitar a flambagem lateral. As cargas são transmitidas aos montantes que compõem o painel de apoio da viga, e dispensam escoramento, sendo aparafusadas nas sanefas dispostas acima dos painéis estruturais, conforme Figura 29 (RODRIGUES e CALDAS, 2016).

Figura 29 – Detalhe de viga em LSF



Fonte: Rodrigues e Caldas, 2016.

3.2.4 Laje de suporte ao reservatório superior

O reservatório superior utilizado neste projeto, precisará de uma laje para suportar suas cargas. Este reservatório ficará acima do banheiro, por ser a parte mais elevada do telhado (cumeeira), e estar próximo aos pontos de utilização do banheiro, cozinha e área de serviço.

As lajes são elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção. Estas cargas podem ser permanentes ou acidentais, e são transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, ou até mesmo diretamente aos pilares, com auxílio do capitel (BASTOS, 2006).

O dimensionamento da laje de concreto armado, na Alvenaria Convencional, é regido pela ABNT NBR 6118:2014, que especifica que as lajes maciças devem respeitar os seguintes limites:

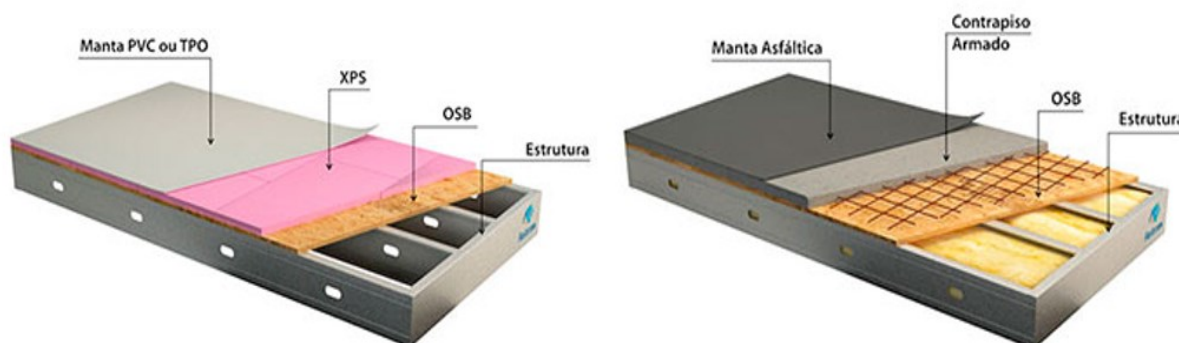
- a) 7,00 cm para cobertura não em balanço;
- b) 8,00 cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10,00 cm para lajes em balanço;
- d) 10,00 cm para lajes que suportam veículos de peso total até 30 kN;
- e) 12,00 cm para lajes que suportem veículos de peso total acima de 30 kN;
- f) 15,00 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas;
- g) 16,00 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

Durante o processo de cura do concreto da laje, torna necessário o escoramento da laje, suportando o peso próprio da estrutura (EQUILOC, 2017).

Para Rodrigues e Caldas (2016), em construções de LSF, as lajes podem ser secas, úmidas ou mistas:

- a) lajes secas, são construídas com painéis estruturais com resistência de até 500,00 kgf/m², altamente resistentes a impactos e ao fogo, compostos por miolo de madeira e faces externas de placa cimentícia, aparafusados nas vigas, sem necessidade de escoramento na parte inferior (Figura 30);
- b) lajes mistas, formadas por painéis OSB e contrapiso armado;
- c) lajes úmidas, podem ser do tipo *steel deck*, com chapa metálica ondulada e preenchimento de concreto para base do contrapiso, necessitando de escoramento, devido ao peso próprio do concreto.

Figura 30 – Exemplo de laje seca e laje mista para LSF.



Fonte: Metalica, 2018.

3.2.5 Cobertura

Para início do dimensionamento estrutural, é necessário calcular as cargas que a cobertura da edificação irá transmitir à estrutura. Segundo Cardoso (2000), o suporte das telhas pode ser feito por trama para telhados com telhas cerâmicas, sendo formado por ripas, caibros e terças. As telhas se apoiam sobre as ripas, que se apoiam sobre os caibros, que se apoiam sobre vigas, denominadas terças, que descarregam as cargas sobre as tesouras.

Para Rodrigues e Caldas (2016), nos telhados de LSF, diversos fatores influenciam na escolha da estrutura de cobertura, tal como a dimensão do vão coberto, os carregamentos, questões econômicas e exigências arquitetônicas.

Em alvenaria convencional, as cargas que a cobertura transmite à estrutura estão no Quadro 7.

Quadro 7 – Simplificação para cálculo de telhados convencionais de madeira

Tipo de telha	Inclinação		Número de telhas por m ² de cobertura	Espaçamentos máximos			Carregamento por m ² de cobertura devido à:		
	Mínima (°)	Máxima (°)		Entre caibros (m)	Entre terças (m)	Entre tesouras (m)	Peso de telhas (N/m ²)	Peso da madeira (N/m ²)	Peso da água (N/m ²)
Francesa	16	25	15 – 16	0,50	1,60	2,75	450	430	113
Romana	16	25	16 – 18	0,55	1,65	2,80	430	400	108

Fonte: Logsdon, 2002, adaptado pelos autores.

Para o LSF, as cargas que a cobertura transmite à estrutura, ao utilizar a telha *shingle*, estão no Quadro 8.

Quadro 8 – Dados para o cálculo simplificado de telhados LSF

Descrição	Carga N/m ²
Telha Shingle	97,50
OSB	70,83
Estrutura	12,04
Membrana	4,10

Fonte: Brasilit, 2016, adaptado pelos autores.

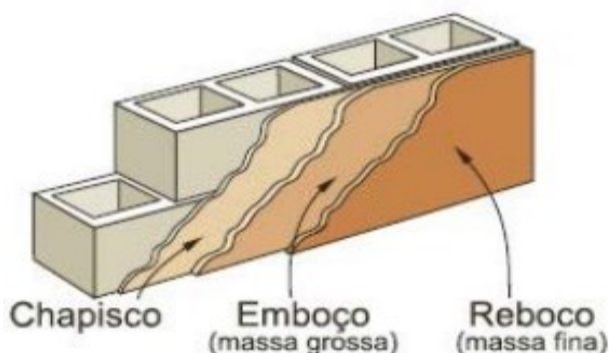
3.3 Paredes

Embora ambos os métodos possuam paredes, os componentes que formam a parede em cada método, são muito diferentes.

Para Monteiro (2018), as paredes na Alvenaria Convencional, devem ser moduladas para que sejam compostas pelo maior número de componentes cerâmicos inteiros, utilizando argamassa de assentamento para unir os blocos cerâmicos. Em caso de aberturas, tais como portas ou janelas, devem ser incluídas vergas (acima da abertura) e contra vergas (abaixo da abertura de janelas).

Além dos blocos cerâmicos, as paredes devem conter uma camada de chapisco, aplicado diretamente no bloco cerâmico, uma camada de emboço, que é uma massa grossa aplicada sobre o chapisco, e uma camada de reboco, sendo uma massa fina aplicada sobre o emboço (VACCHIANO, 2014).

Figura 31 – Camadas de argamassa em parede de Alvenaria Convencional

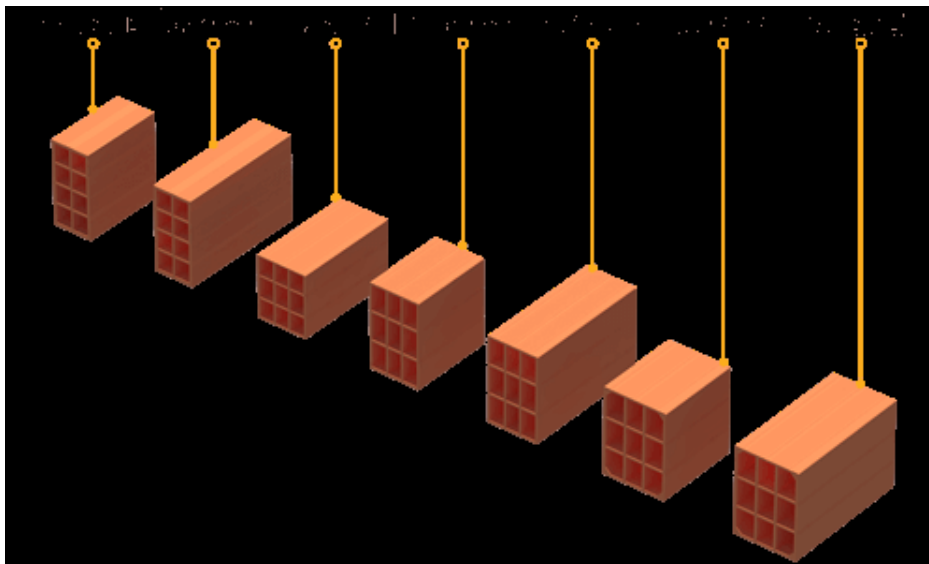


Fonte: Vacchiano, 2014.

De acordo com a ABNT NBR 15270-1:2017 – Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos, os tijolos

cerâmicos são produzidos para serem usados preferencialmente com os furos na horizontal. Porém são admitidos furos na vertical.

Figura 32 – Exemplos de tijolos cerâmicos



Fonte: Pra Construir, 2018.

3.4 Instalações elétricas

As instalações elétricas projetadas para as habitações de interesse social, são regulamentadas pela ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, que estabelece 1000 volts como limite para a baixa tensão em corrente alternada, e de 1500 volts para a corrente contínua. Com frequência máxima de 400 Hz.

De acordo com Lara (2012), para projetar a instalação elétrica de uma edificação, é necessário determinar as quantidades de lâmpadas e tomadas, e suas localizações; criar e dimensionar os circuitos elétricos e suas respectivas fiações, lâmpadas e tomadas; e definir o tipo e a localização dos dispositivos de proteção (disjuntores), comandos (interruptores) e dos demais acessórios (quadro de distribuição e medição de energia).

A CEF (2014), determina para o PMCMV, que os circuitos de iluminação, chuveiro e tomadas estejam identificados no quadro de disjuntores, e que os diâmetros dos fios sejam correspondentes à demanda dos circuitos. Além de exigir a instalação mínima de tomadas por cômodo: duas nos dormitórios, duas na sala, uma no banheiro, quatro na cozinha e uma na área de serviço.

Nas normas exigidas pela CEF (2014), os interruptores, campainha e outros itens do projeto, posicionados a 1,00 m do piso acabado, e as tomadas baixas instaladas a 0,40 m do piso acabado. O quadro de disjuntores, as tomadas e os interruptores devem estar fixados adequadamente à superfície da parede. São previstos no mínimo três disjuntores com circuitos independentes, DDR e aterramento.

Para SMART (2018), os equipamentos utilizados para as instalações elétricas são semelhantes em ambos os métodos, porém o LSF permite maior compatibilização do projeto arquitetônico com o de instalações elétricas, e pode prever a furação dos montantes nos locais onde serão inseridos os eletrodutos, conforme Figura 33.

Figura 33 – Exemplo de quadro de distribuição.



Fonte: Metalica, 2018.

3.5 Instalações hidráulicas e de esgoto

As instalações hidráulicas podem ser divididas em subsistemas, que envolvem o abastecimento de água fria, água quente e esgoto sanitário. O projeto de instalações hidráulicas é importante, para evitar problemas com pressão insuficiente ou até mesmo, alta pressão, causando desperdício de água (CARVALHO JUNIOR, 2015).

Para Rochedo (2018), o projeto hidráulico indica a posição e o diâmetro das tubulações, caixas de inspeção e demais componentes do sistema hidráulico. Sempre seguindo as normas vigentes. Se aliado ao uso de bons materiais e correta instalação, evita erros de montagem, economizando tempo e reduzindo os custos, além de garantir o funcionamento adequado por períodos mais longos.

A ABNT NBR 5626:1998 – Instalações hidráulicas de água fria, é a norma técnica responsável por fixar as exigências e recomendações referentes ao projeto, execução e manutenção da instalação hidráulica.

Diferente das instalações elétricas, os equipamentos utilizados para as instalações hidráulicas são muito diferentes. Na alvenaria convencional, são usados tubos e conexões de PVC, enquanto no método LSF, são usadas conexões de bronze e tubos de polietileno reticulado, chamados de sistema PEX (Figura 34), que são mangueiras flexíveis e que podem percorrer do ponto de distribuição ao ponto de consumo, sem necessidade de emendas. (METALICA, 2018).

Figura 34 – Sistema PEX.



Fonte: Metalica, 2018.

3.6 Esquadrias

A CEF (2014), especifica que as portas devem ser de madeira, e as esquadrias das janelas de ferro ou alumínio.

Para Vacchiano (2014), esquadrias são todos os caixilhos utilizados na obra, para janelas ou portas, sendo de metal, madeira, PVC e etc.

O processo de instalação das portas e das janelas, nos métodos estudados, são semelhantes, sem necessidade de mão de obra ou produtos adicionais. No método LSF, como as esquadrias são fixadas diretamente na estrutura e a verga distribui as cargas para os montantes laterais, dispensa a utilização de contramarco, além de poderem ser instaladas no painel fora do canteiro, agilizando o processo (SMART, 2018)

3.7 Acabamentos

A CEF (2014) determina para habitações de interesse social, os tipos de forro, pintura, pisos e azulejos.

3.7.1 Forro

A CEF (2014) orienta que o forro pode ser de laje de concreto, forro de madeira ou PVC. Devido à limitação orçamentária para as habitações de interesse social, lajes de concreto só são aplicadas em partes que suportam cargas, a exemplo da caixa d'água. Nas demais partes, pode ser feito com forro de PVC, sem prejudicar a habitação.

Para Vacchiano (2014), quando não houver laje, o forro é indicado para possibilitar a dissipação do calor. E pode ser combinado com isolantes térmicos para obter melhor conforme térmico.

Os forros de PVC são bem versáteis, e muito utilizados para rebaixamento de teto. Apresentam conforto térmico e acústico, de fácil instalação à seco, com boa resistência à umidade e maresia. Além de dispensar pintura periódica e não serem atacados por cupins (DUARTE, 2018).

O forro pode ser instalado de forma semelhante em ambos os métodos. É importante observar as orientações do fabricante quanto a sustentação do forro (Figura 35) e os espaçamentos dos parafusos de fixação (SMART, 2018).

Figura 35 – Instalação de forro de PVC



Fonte: Duarte, 2018, adaptado pelos autores.

3.7.2 Pintura

A CEF (2014), determina para HIS, a aplicação mínima de duas demãos de pintura interna e externa com tinta PVA.

Conforme Vacchiano (2014) explica, é necessário que a superfície a ser pintada esteja livre de buracos e trincas, além de limpa, sem apresentar poeira, graxa, óleo, mofo ou vazamento. Pode ser usado um líquido selador, para reforçar, uniformizar, selar e fixar partículas soltas em superfícies externas e internas da alvenaria.

Os materiais e técnicas, usados na pintura do método LSF, são similares ao método em Alvenaria Convencional (SMART, 2018).

3.7.3 Pisos e azulejos

Conforme a CEF (2014) determina, o piso da cozinha e do banheiro deve ser cerâmico, enquanto nos demais cômodos, pode ser entregue somente com pisos cimentados. E nas paredes hidráulicas, há a necessidade de azulejos até 1,50 m de altura.

Para Pereira (2007), o piso de cimento queimado, possui um aspecto acinzentado, semelhante à cor da argamassa, de baixo custo e acabamento liso. Sendo uma alternativa econômica para áreas não sujeitas a tráfego intenso, ideal para HIS.

De acordo com Silva (2018), o cimento queimado é prático, tem excelente custo-benefício e prima pela versatilidade.

A instalação de pisos e azulejos no método LSF, é semelhante à forma utilizada no método de Alvenaria Convencional (SMART, 2018).

3.8 Planejamento e controle da obra

A CEF (2017) limita o valor total das unidades de cada empreendimento, de acordo com a região brasileira. Portanto, o planejamento e controle de uma obra se torna fundamental para garantir que os valores de construção não ultrapassem os limites estabelecidos, e ainda permita que a construtora obtenha o lucro esperado, conforme Figura 36.

Figura 36 – Valores máximos das unidades habitacionais

NOVOS TETOS DO VALOR DOS IMÓVEIS			
Recorte territorial	DF, RJ e SP	Região Sul, ES e MG	Região Centro-Oeste, exceto DF
Capitais estaduais classificadas pelo IBGE como metrópoles	R\$ 240 mil	R\$ 215 mil	R\$ 190 mil
Demais capitais estaduais e municípios com população maior ou igual a 250 mil habitantes classificados pelo IBGE como capitais regionais; municípios com população maior ou igual a 100 mil habitantes integrantes das regiões metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e das regiões integradas de desenvolvimento das capitais	R\$ 230 mil	R\$ 190 mil	R\$ 180 mil
Municípios com população maior ou igual a 100 mil habitantes; municípios com população menor que 100 mil habitantes integrantes das regiões metropolitanas das capitais estaduais, de Campinas, da Baixada Santista e das regiões integradas de desenvolvimento das capitais; municípios com menos de 250 mil habitantes classificados pelo IBGE como capitais regionais	R\$ 180 mil	R\$ 170 mil	R\$ 165 mil
Municípios com população maior ou igual a 50 mil e menor que 100 mil habitantes	R\$ 145 mil	R\$ 140 mil	R\$ 135 mil

Fonte: CEF, 2017, adaptado pelos autores.

Para Corrêa Neto (2008), um orçamento não constitui um exercício de futurologia ou de adivinhação. É necessário manter confiável base de composições de preços, e listar corretamente os serviços que serão necessários para a execução da obra, de acordo com os projetos e especificações, além de quantificar e associar às tabelas de composição de preços.

3.8.1 Tabelas de composições de preços para orçamentos

Para o correto planejamento da obra, é necessário identificar todas as etapas do projeto, além de conhecer todos os serviços que serão executados em cada etapa. Identificar a ordem em que etapas e serviços serão executados, conhecendo quais atividades precedem determinado serviço, e quais serão feitas posteriormente à conclusão do mesmo (PINI, 2010).

Na Figura 37, para o serviço de armadura de aço para estruturas em geral, com aço do tipo CA-50, e barras com diâmetro de até 8,00 mm, executando o corte e a dobra das barras no canteiro de obras, são apresentados os profissionais e materiais necessários para cada kg (quilograma) de aço necessário para a estrutura, conforme Figura 37.

Figura 37 – Exemplo de serviço – armadura de aço para estrutura de concreto armado.

Código: 3R 04 22 14 00 00 00 15 05 - SERVIÇO COMPOSTO - Unidade: kg - 05.101.000005.SER
Descrição: Armadura de aço CA-25 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, corte, dobra e montagem

Região de preços: Leis sociais (taxa padrão): Data preços:
[Exportar para Excel](#)
[Restaurar Preços](#)

Quantidade	Taxas	Valores totais (R\$)
1 kg	LS: 129,34 % BDI: 0 %	Sem taxas: 6,80 Com taxas: 9,45
		LS: 2,65 BDI: 0,00

Exibir composição detalhada (sem sub-composições)

Código	Descrição	Un	Class	Coef	Preço unitário (R\$) sem taxas	Total (R\$) sem taxas	Consumo
2N 36 16 25 12 09	Armador	h	MOD	0,08	8,92	0,71	0,08
2N 36 16 25 15 03	Ajudante de armador	h	MOD	0,14	6,79	0,95	0,14
2C 03 12 00 00 05	Espaçador plástico para armadura de peças de concreto com cobrimento 3 cm	un	MAT	0,264	0,26	0,07	0,264
2C 03 12 07 12 05	Aço CA-25 Ø 12,5 mm em barra, massa nominal 0,963 kg/m	kg	MAT	1,1	3,34	3,67	1,1
2C 03 14 02 00 09	Arame recozido 18 BWG, Ø 1,25 mm, 0,010 kg/m	kg	MAT	0,025	12,79	0,32	0,025
3R 50 10 30 10 21 00 52 01	Dobradora para ferro, elétrica, 5 hp - 3,7 kW, capacidade de dobra, CA-25 até Ø 32 mm e CA-50 até Ø 25 mm	h prod	EQH	0,06	17,99	1,08	0,06
					Total mão-de-obra, sem taxas (R\$):	2,05	
					Total outros itens, sem taxas (R\$):	4,75	
					Total geral, sem taxas (R\$):	6,80	

Fonte: TCPOweb, 2018.

O TCPOweb (2018) lista todos os serviços necessários ao projeto deste trabalho, e identifica os profissionais e materiais necessários para cada execução. Quanto aos materiais, são estimadas as quantidades necessárias para cada serviço. E para os profissionais, são estimadas as horas necessárias para a execução destas tarefas.

As tabelas do TCPOweb (2018) apresentam valores dos materiais e dos profissionais, por se tratar de uma referência para a composição do orçamento, estimando a quantidade de material necessário e a produtividade esperada para cada atividade.

Em alguns serviços descritos no TCPOweb (2018), são previstas perdas de materiais, variando de acordo com a atividade e organização do canteiro de obras. Estas perdas devem ser estimadas para determinar o total de resíduos que serão gerados pela obra.

3.8.2 Tabelas de composição de preços

Neste trabalho os valores dos materiais serão atualizados utilizando tabelas de composições de preços, referentes ao mês de fevereiro de 2018, consultadas nesta ordem:

- Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (Figura 38);
- Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPOweb;
- Sistema de Custos para Obras e Serviços de Engenharia – SCO-RIO;
- Custo Unitário Básico – CUB/m².

Para a correta composição dos custos com a mão de obra, é necessário identificar os encargos trabalhistas que incidem diretamente e indiretamente sobre os salários dos profissionais, além dos encargos definidos em acordos coletivos. Para calcular corretamente o custo da mão de obra, é necessário incluir no salário, os percentuais dos encargos (TISAKA, 2010).

Figura 38 – Relação de preços de insumos – Aço CA-50

CAIXA PREÇOS DE INSUMOS Página: 3 / 148

Indicação da origem do preço:
 • C – para preço coletado pelo IBGE
 • CR – para preço obtido por meio do coeficiente de representatividade do insumo (ver Manual de Metodologia e Conceitos);
 • AS – para preço atribuído com base no preço do insumo para a localidade de São Paulo.

Mês de Coleta: 02/2018 Pesquisa: IBGE

Localidade: RIO DE JANEIRO Encargos Sociais Desonerados(%) Horista: 90,79 Mensalista: 51,52

Código	Descrição do Insumo	Unid	Origem de Preço	Preço Mediano (R\$)
00034449	ACO CA-50, 6,3 MM, DOBRADO E CORTADO	KG	CR	4,76
00000032	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	KG	CR	4,25
00000033	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	KG	CR	4,77
00034343	ACO CA-60, VERGALHAO, 9,5 MM	KG	CR	4,58
00034452	ACO CA-60, 4,2 MM, DOBRADO E CORTADO	KG	CR	4,22
00000036	ACO CA-60, 4,2 MM, VERGALHAO	KG	CR	4,02
00034456	ACO CA-60, 5,0 MM, DOBRADO E CORTADO	KG	CR	4,22

Fonte: SINAPI, 2018.

3.8.3 Custos com mão de obra

O Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio de Janeiro – SINDUSCON-RIO, no acordo coletivo de 2017, estabelece os encargos incidentes sobre a mão de obra, conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Tabela de porcentagem de encargos para obras.

Descrição		Por Administração (%)	Por Empreitada (%)
GRUPO I - Encargos Básicos e Obrigatórios			
1	Previdência Social	20,00	20,00
2	SESI (Serviço Social da Indústria)	1,50	1,50
3	SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial)	1,00	1,00
4	SEBRAE (Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa)	0,60	0,60
5	INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária)	0,20	0,20
6	Salário-Educação	2,50	2,50
7	INSS - Seguro Contra Acidentes de Trabalho	3,00	3,00
8	FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço)	8,00	8,00
9	SECONCI (Serviço Social da Indústria da Construção e Mobiliário)	1,00	1,00
Total Grupo I		37,80	37,80
GRUPO II - Encargos Sociais Incidentes e Reincidentes			
10	Repouso Semanal e Feriados	0,00	17,63
11	Férias	11,22	11,22
12	1/3 Constitucional de Férias	3,74	3,74
13	Feriados	0,00	4,06
14	Auxílio Enfermidade	0,00	1,48
15	Auxílio Acidentário	0,00	0,12
16	Licença Paternidade	0,00	0,05
17	Aviso Prévio Trabalhado	1,00	1,00
18	Adicional Noturno	0,00	0,71
19	13 Salário	11,22	11,22
Total Grupo II		27,18	51,23
GRUPO III - Encargos Complementares			
20	Multa do FGTS por Dispensa Imotivada	5,12	5,12
21	Aviso Prévio Indenizado	17,34	17,34
22	Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	1,10	1,10
Total Grupo III		23,56	23,56
GRUPO IV - Incidência do Grupo I no Grupo II			
23	Grupo I x Grupo II	10,27	19,36
Total Grupo IV		10,27	19,36
GRUPO V - Outros Encargos			
24	Café da Manhã	2,75	2,75
25	Transporte Urbano	18,96	18,96
Total Grupo V		21,71	21,71
Total Geral dos Encargos		120,52	153,66

Fonte: SINDUSCON-RIO, 2017, adaptado pelos autores.

De acordo com o SINDUSCON-RIO, os salários dos profissionais da construção civil não podem ser inferiores ao piso determinado em acordo coletivo.

Para o período de vigência entre os anos de 2017 e 2019, os pisos salariais estão relacionados no Quadro 10.

Quadro 10 – Tabela de pisos salariais, sem encargos.

Piso Salarial		
Ocupações	R\$ por hora	R\$ por mês
Mestre de obra	20,39	4.485,80
Encarregado administrativo de obra e Encarregado de obra	14,84	3.264,80
Encarregado de turma	12,34	2.714,80
Almoxarife, Apontador, Operador de grua e Profissional Líder	10,55	2.321,00
Mecânico de máquinas pesadas, Operador de cremalheira, Operador de bate estaca, Operador de máquinas pesadas e Pedreiro refratário pleno	10,02	2.204,40
PROFISSIONAIS GRUPO 1 Carpinteiro de esquadrias, Impermeabilizador pleno, Ladrilheiro, Marceneiro, Montador de torre de elevador, Operador de máquinas manipuladoras, Operador de máquinas de plataforma articulada, Operador de máquinas de plataforma tesoura, Pastilheiro, Pedreiro de acabamento, Pedreiro refratário, Serralheiro e Soldador.	9,60	2.112,00
PROFISSIONAIS GRUPO 2 Armador, Bombeiro hidráulico de obra, Calceteiro, Carpinteiro de forma, Carpinteiro serrador, Eletricista de obra, Gesseiro, Guincheiro, Impermeabilizador, Marteleiteiro, Montador de estrutura metálica, Montador de pré-moldados, Operador de máquinas de dobra, Operador de máquina aplainadora de pisos, Operador de Policorte, Pedreiro, Pintor e Sinalheiro de grua.	8,92	1.962,40
PROFISSIONAIS GRUPO 3 Colocador de Drywall, Colocador de esquadria, Montador de andaime tubular, Operador de betoneira, Operador de Micro Trator, Operador de máquinas leves (até 20 kg), Operador de perfuratriz, Porteiro de obra, Profissional de Manutenção e demais profissionais qualificados não relacionados.	8,66	1.905,20
1/2 Oficial, Auxiliar de manutenção, Auxiliar de portaria, Guariteiro e Vigia.	6,79	1.493,80
Calafetador, Continuo e Servente	6,46	1.421,20
Gerente de pessoal e administrativo		3.133,54
Auxiliares administrativos e similares		1.796,67

Fonte: SINDUSCON-RIO, 2017, adaptado pelos autores.

3.8.4 Cronograma da Obra

Para Miranda e Boas (2018), planejar a execução de uma obra, consiste em ordenar a realização das atividades e das equipes de trabalho, de acordo com a sequência e considerando os intervalos de tempo previstos para elas.

No cronograma, as atividades são minuciosamente definidas e detalhadas, através de um planejamento e controle similar a um diagrama (Figura 39).

Figura 39 – Exemplo de cronograma de obra

EDT ▼	Nome da Tarefa ▼	Duração ▼	Início ▼	Término ▼
1	▲ Casa 01	362,44 hrs?	Qui 01/02/18	Qui 05/04/18
1.1	▲ Serviços Preliminares	32,36 hrs	Qui 01/02/18	Qua 07/02/18
1.1.1	Limpeza do terreno	3,72 hrs	Qui 01/02/18	Qui 01/02/18
1.1.2	Locação da obra, Gabarito	6,24 hrs	Qui 01/02/18	Sex 02/02/18
1.1.3	Esgoto (escavação)	8 hrs	Sex 02/02/18	Seg 05/02/18
1.1.4	Esgoto (pré-fundação)	14,4 hrs	Seg 05/02/18	Qua 07/02/18
1.2	▲ Fundação (Viga Baldrame)	44,24 hrs	Seg 05/02/18	Seg 12/02/18
1.2.1	Escavação Manual	5,32 hrs	Qui 08/02/18	Qui 08/02/18
1.2.2	Forma	25,97 hrs	Seg 05/02/18	Qui 08/02/18
1.2.3	Armação	6,8 hrs	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18
1.2.4	Concretagem	7,2 hrs	Sex 09/02/18	Seg 12/02/18

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para Lima (2017), o cronograma deve listar as atividades, definir as datas, relacionar estas atividades, evitando conflitos entre elas, executar o planejado e medir os resultados. O cronograma é um organismo vivo, que pode sofrer alterações durante a execução da obra.

4 DESENVOLVIMENTO

Para desenvolver o projeto de uma residência, são necessários: o projeto arquitetônico, o cálculo estrutural, o memorial descritivo, o planejamento e controle da obra, assim como outras etapas. O uso de programas de computador, auxilia nestas atividades.

4.1 Programas de computador utilizados

Na alvenaria convencional, o desenvolvimento do projeto arquitetônico foi realizado através do Autodesk Revit, versão 2018. O cálculo estrutural foi concebido pelo Cype CAD, versão 2016.o.

No LSF, todo o projeto arquitetônico e cálculo estrutural, foi realizado através do ST Stabile mCalcLSF, versão 1.0.

Para o agrupamento de informações sobre as etapas, as cotações de preços e demais cálculos de custos e tempo das atividades, em ambos os métodos, foi usado o Microsoft Excel, versão 2016.

Para o cronograma detalhado da obra, o planejamento dos recursos necessários e a alocação de mão de obra, o Microsoft Project, versão 2016, foi utilizado.

4.2 Empreendimento

Embora os empreendimentos de habitação de interesse social estejam limitados a 500 unidades, este trabalho contemplará 50 unidades, buscando conhecer o ponto de inflexão entre os métodos estudados, até este limite.

A localização do empreendimento hipotético desde estudo, é na cidade do Rio de Janeiro, localizado na Zona Bioclimática 8.

O solo hipotético é um solo firme, que possibilita a escolha de fundação superficial, devido às baixas cargas transmitidas pela edificação. Para alvenaria convencional, será utilizada a fundação superficial em viga de fundação ou baldrame, e por ser um tipo de fundação muito utilizada para este tipo de habitação. No LSF, a escolha foi a fundação superficial em radier, por ser muito utilizada para este tipo de habitação.

De acordo com as exigências da CEF (2014), neste projeto são previstas as seguintes esquadrias:

- a) Portas internas nos quartos e no banheiro, com 0,70 m x 2,10 m;
- b) Porta externa na cozinha, com 0,70 m x 2,10 m;
- c) Porta externa na sala, com 0,80 m x 2,10 m;
- d) Janelas da cozinha, sala e dos quartos, com 1,20 m x 1,20 m e peitoril de 1,00 m;
- e) Janela do banheiro com 0,60 m x 0,55 m e peitoril de 1,60 m.

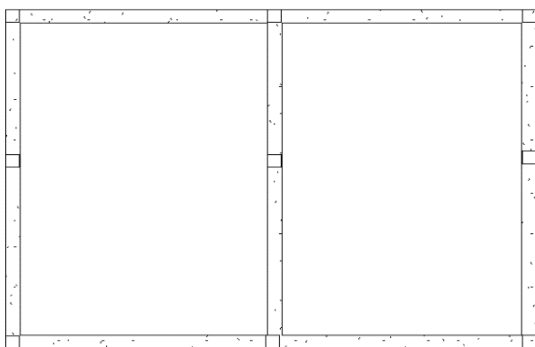
4.3 Projeto arquitetônico e cálculo estrutural

Para o correto planejamento de uma obra, é necessário conhecer e dimensionar as estruturas que serão necessárias para suportar as cargas da edificação. E onde estarão posicionados os pilares, as vigas e as lajes.

4.3.1 Alvenaria convencional

Com o auxílio do Autodesk Revit, para a alvenaria convencional, foi projetada uma fundação rasa em viga baldrame, com 20,00 cm de largura x 40,00 cm de altura, conforme a Figura 40.

Figura 40 – Fundação rasa em viga baldrame.



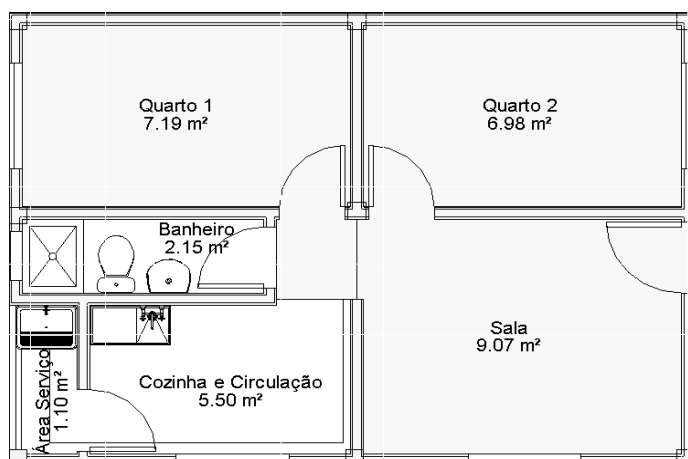
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Posteriormente, o pavimento térreo foi desenhado, delimitando os cômodos. As paredes possuem 14,00 cm de espessura e 2,65 m de altura. Foram considerados

tijolos cerâmicos de 9,00 x 19,00 x 19,00 cm. As portas e janelas foram inseridas, assim como os pontos de utilização sanitária, das pias e do tanque.

Foram inseridos 9 pilares com dimensões de 19,00 x 19,00 cm, para suporte das vigas superiores (Figura 41).

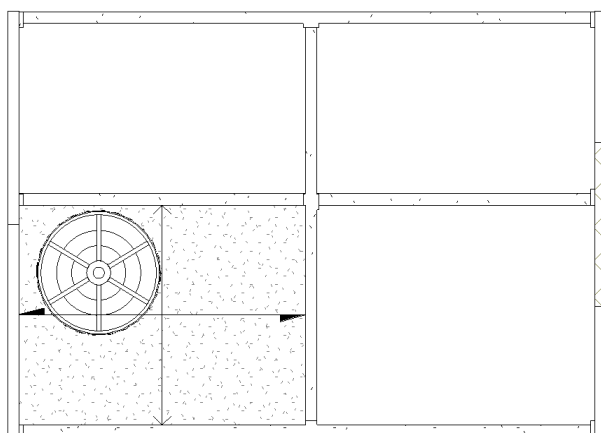
Figura 41 – Planta do térreo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para a sustentação do telhado, foram inseridas as vigas superiores, com as dimensões iniciais de 14,00 cm de largura x 25,00 cm de altura. A laje que suporta o reservatório superior de 750 litros, foi projetada com espessura de 9,00 cm, conforme a Figura 42.

Figura 42 – Vigas superiores e laje com reservatório superior de 750 litros.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A cobertura foi inserida no projeto, considerando 50,00 cm de deslocamento do beiral do telhado, em relação às paredes externas, em duas águas, com inclinação de

30° e composto por telha cerâmica romana, conforme a Figura 43. A área total do telhado é de 58,85 m².

Figura 43 – Vista tridimensional da unidade habitacional no Autodesk Revit.

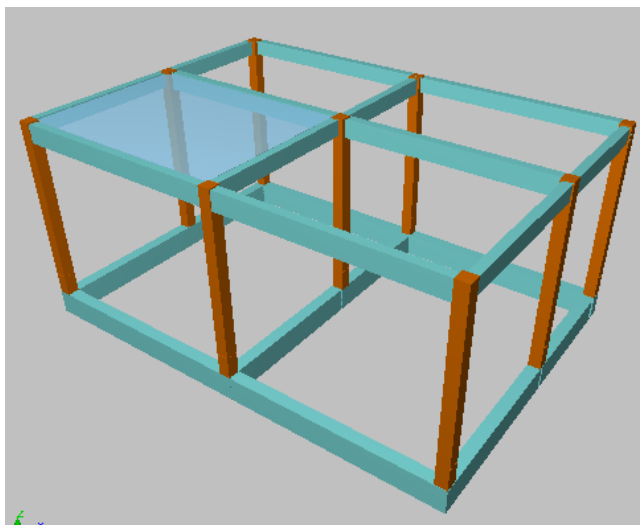


Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O projeto desenvolvido no programa Autodesk Revit, foi exportado no formato *Industry Foundation Classes* (IFC), para ser utilizado no programa de cálculo estrutural CypeCAD.

A importação do arquivo IFC pelo CypeCAD, apresenta as peças estruturais que precisam ser calculadas para suporte das cargas da edificação, como demonstrado na Figura 44.

Figura 44 – Modelo tridimensional da edificação no CypeCAD.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As cargas de vento, considerando o empreendimento estando situado na cidade do Rio de Janeiro, foram configuradas em 45,00 m/s, o que corresponde a 162,00 km/h.

As cargas referentes aos esforços do telhado, foram calculadas de acordo com o Quadro 11.

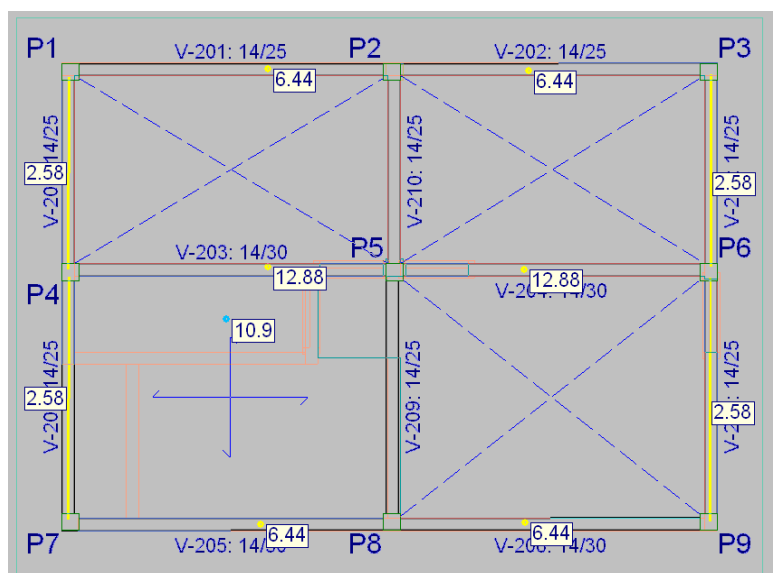
Quadro 11 – Dimensionamento das cargas do telhado em alvenaria convencional.

Descrição	Área m ²	Carga N/m ²	Carga total kN
Telha Romana	58,85	430,00	25,30
Madeira	58,85	400,00	23,54
Água	58,85	108,00	6,36
Peso Total (kN)			55,20

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As cargas foram distribuídas na estrutura de suporte (vigas superiores) e inseridas no CypeCAD para cálculo, conforme a Figura 45.

Figura 45 – Cargas referentes ao telhado nas vigas superiores.

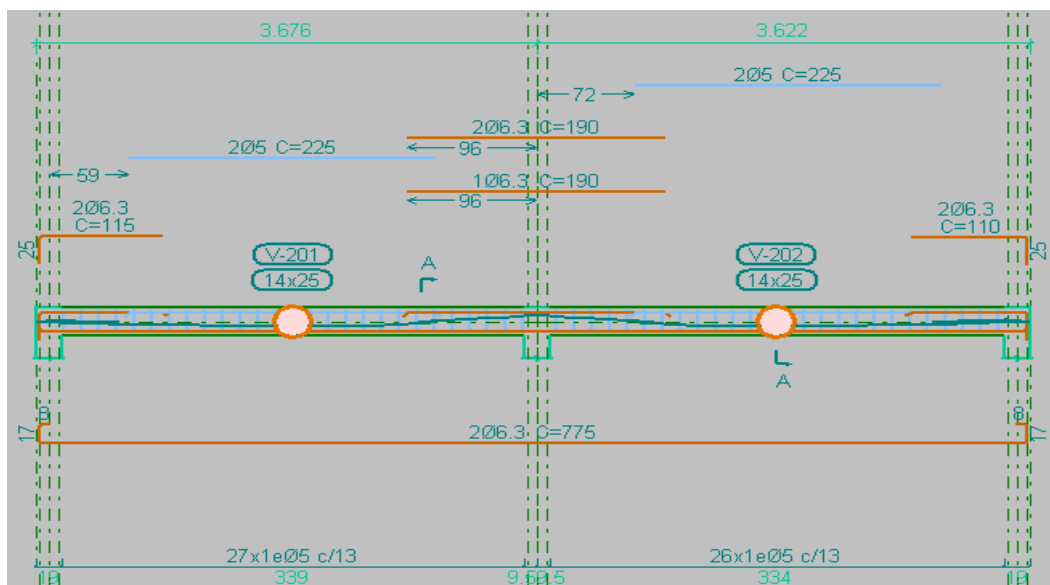


Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O cálculo da estrutura foi solicitado ao programa. O dimensionamento das armaduras das vigas e dos pilares, considerou o menor uso de aço, para os esforços solicitantes. Porém o programa compôs a armadura considerando até quatro

diferentes diâmetros de aço, com muitos cortes, o que pode ocasionar confusão durante a armação, prejudicando a montagem, além de representar maior tempo de execução da armação das estruturas, conforme a Figura 46.

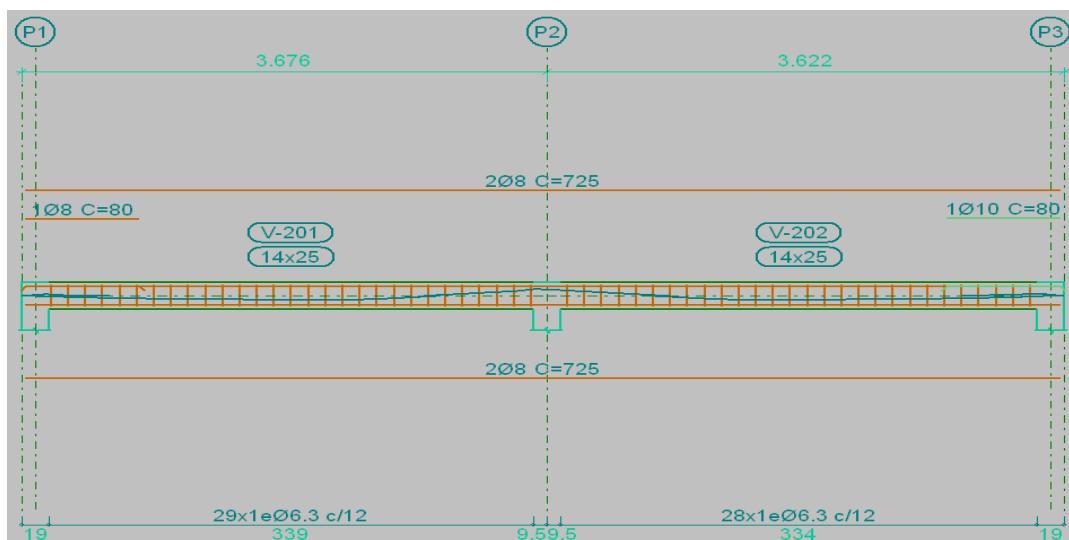
Figura 46 – Edição da armação das vigas V-201 e V-202 no CypeCAD.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Foram feitos ajustes na armadura de cada viga calculada, uniformizando as barras utilizadas para até dois diâmetros diferentes, e com menor quantidade de cortes possíveis, visando agilizar a armação das vigas pelos profissionais responsáveis, conforme demonstrado na Figura 47.

Figura 47 – Vigas V-201 e V-202 armadas com barras uniformes no CypeCAD.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

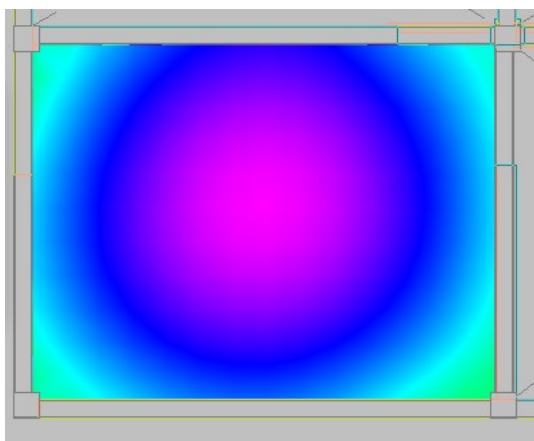
O CypeCAD selecionou previamente as barras de aço, porém nem todas as armaduras definidas pelo programa cumpriam os requisitos mínimos exigidos por norma. As alterações feitas nas armaduras, foram necessárias para que o projeto atendesse às verificações de segurança exigidas por normas.

Os pilares calculados pelo CypeCAD, não sofreram alterações.

As vigas superiores V203, V204, V205 e V206, devido às cargas da cobertura e da laje, precisaram ter suas dimensões alteradas para 14,00 x 30,00 cm, em atendimento às normas. As demais vigas mantiveram as dimensões definidas.

A laje foi projetada com 9,00 cm de espessura, e não houve necessidade de alteração. O deslocamento da laje pode ser verificado na Figura 48.

Figura 48 – Deslocamento da laje.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As vigas de fundação ou viga baldrame, foram ajustadas para o menor consumo de aço, buscando padronização das barras e redução de cortes. As dimensões projetadas foram mantidas após o cálculo.

A quantidade de aço, concreto e forma, pode ser verificado no Quadro 12.

Quadro 12 – Quantidade de aço, formas e concreto para a estrutura em alvenaria convencional.

Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	9.20	0.83	58
Vigas: fundo	10.21	3.81	268
Forma lateral	40.24		
Pilares (Sup. Formas)	18.57	0.90	218
Total	78.22	5.54	544
Índices (por m ²)	3.840	0.272	26.71

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4.3.2 Light Steel Framing

O projeto estrutural em LSF foi desenvolvido no programa mCalcLSF, especificando as dimensões dos perfis formados a frio a serem considerados para a estrutura, definindo o espaçamento de 600,00 mm entre os perfis montantes, configurando as cargas que incidirão sobre a estrutura e as cargas de vento, conforme a Figura 49.

Figura 49 – Configuração de perfis estruturais no mCalcLSF.

Elemento	Nome do Perfil
Montante	UENR 90 x 40 x 12 x 0.8
Guia	[92 x 40 x 0.8
Viga	CA 120 x 40 x 12 x 0.8
Contravento	RET 35 x 0.8
Bloqueador	[90 x 40 x 0.8
Espigão/Rincão	CA 120 x 40 x 12 x 0.8
Banzos Treliças	[90 x 40 x 0.8
Diagonais Treliças	[90 x 40 x 0.8
Espelho do Beiral	[90 x 40 x 0.8
Cumeeira	[90 x 40 x 0.8
Oitão Banzo	[90 x 40 x 0.8
Terça	CART 30 x 40 x 12 x 0.8
Longarina	CART 30 x 40 x 12 x 0.8
Tacaniça	[90 x 40 x 0.8

Travamentos

Placas restringindo a distorção dos painéis:

Painéis Externos ?

Painéis Internos ?

Placas reduzindo comprimento de flambagem:

Painéis Externos ?

Painéis Internos ?

Comprimento Flambagem mm

Edição de painéis

Duplicar montante de apoio do contraventamento

Ligação entre painéis

Parafusos sextavados a cada mm

Bitola

Ligação entre montante e guia

Parafusos flangeados a cada mm

Bitola

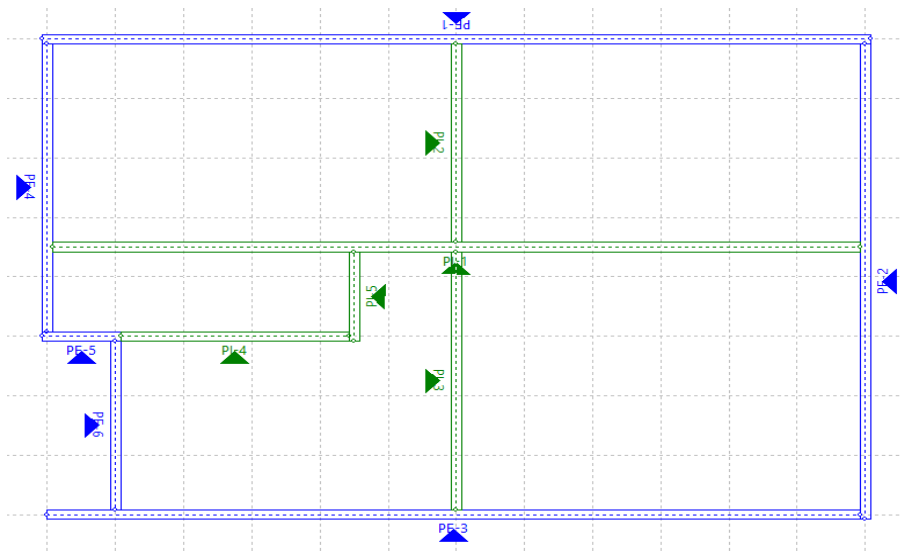
Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A definição dos parafusos que serão utilizados para fixação da estrutura é feita nesta etapa.

Embora nos Estados Unidos da América, o OSB possa ser utilizado com função estrutural, e o mCalcLSF permita que as placas OSB sejam consideradas como parte da estrutura, auxiliando na resistência e no contraventamento, não há norma técnica brasileira que permita o uso do OSB com esta finalidade. Portanto não foi considerado neste trabalho.

Após finalizar as configurações, foram incluídas as guias que recebem os montantes, e definidas quais destas guias formarão paredes externas e quais serão internas, como mostra a Figura 50.

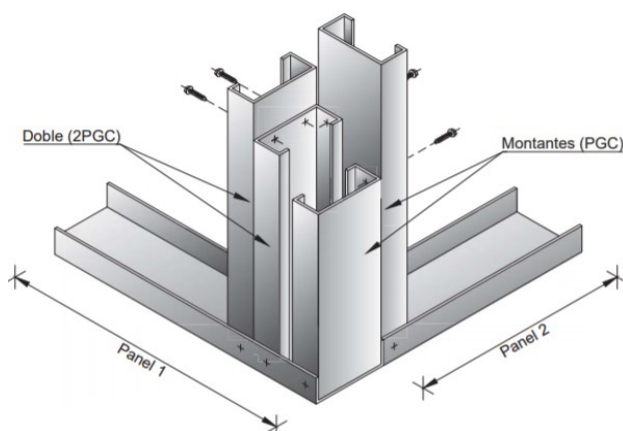
Figura 50 – Posicionamento das guias no mCalcLSF.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Os montantes são inseridos nas guias, de acordo com o espaçamento definido nas configurações, e as esquinas onde ocorrem encontro de painéis, precisam ser configuradas corretamente, visando obter melhor aproveitamento da estrutura, conforme a Figura 51.

Figura 51 – Esquina com encontro de painéis de LSF.



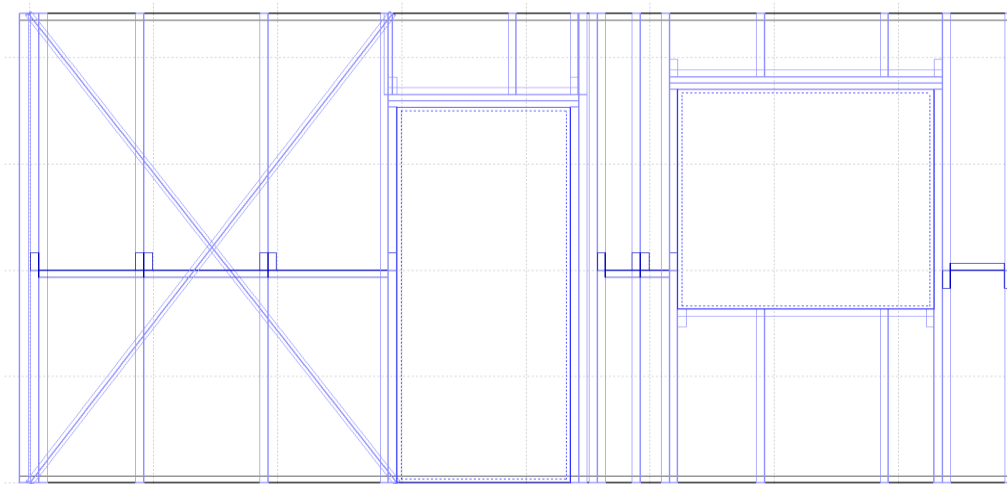
Fonte: INCOSE, 2015.

Definidos os montantes, as aberturas para portas e janelas são inseridas na estrutura. Em cada abertura prevista nos painéis, para portas e janelas, devem ser

inseridas vergas sobre estas as aberturas, para transmissão das cargas dos montantes interrompidos aos montantes laterais à abertura.

O contraventamento deve ser definido, inserindo fitas de aço, dispostas diagonalmente, para suportar à tensão de tração, causada pelos esforços normais da estrutura quando sujeita às cargas de vento ou impactos laterais (Figura 52).

Figura 52 – Painel com contraventamento em “X” e vergas sobre as aberturas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

As vigas que suportarão as cargas da cobertura e da laje, devem estar posicionadas sobre montantes, para melhor transmissão dos esforços.

Para a área da laje que suportará o reservatório superior, as vigas foram inseridas com 600,00 mm de espaçamento e travamento lateral, e nas demais áreas, que suportará o forro, foi adotado o espaçamento de 1200,00 mm entre os perfis.

A estrutura da cobertura foi projetada, para suporte das cargas provenientes do telhado, que é composto pela estrutura, a membrana, o OSB e as telhas *shingle*, conforme o Quadro 13.

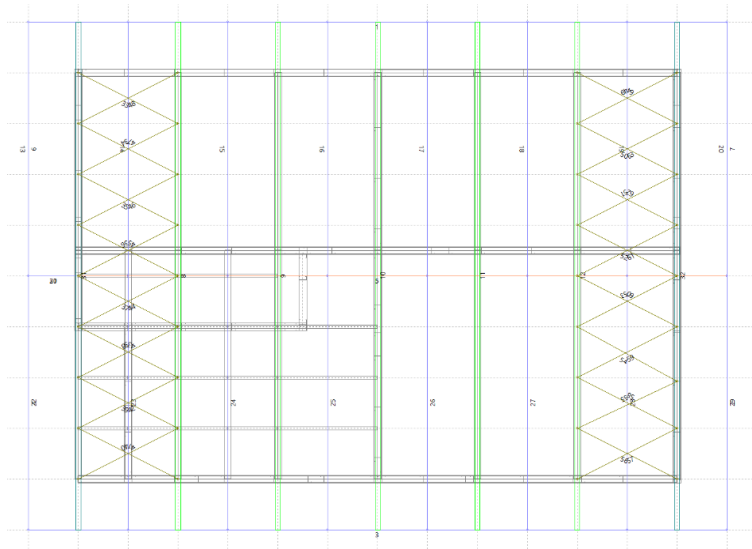
Quadro 13 – Dimensionamento das cargas do telhado em LSF.

Descrição	Área m ²	Carga N/m ²	Carga total kN
Telha <i>Shingle</i>	53,56	97,50	5,22
OSB	53,56	70,83	3,79
Estrutura	53,56	12,04	0,64
Membrana	53,56	4,10	0,22
Peso Total (kN)			9,88

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O telhado possui beiral com deslocamento de 600,00 mm, em duas águas, com inclinação de 30,00% e área total de 53,56 m², como mostra a Figura 53.

Figura 53 – Vista superior do telhado em LSF.

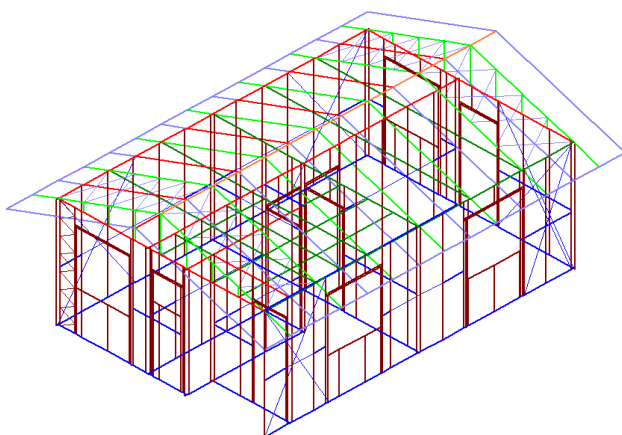


Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Foram incluídos dois painéis formando oitões, para as extremidades da cobertura, e na parte interna, cinco tesouras com espaçamento de 1200,00 mm. O telhado conta com contraventamento para resistir às cargas de vento.

A estrutura tridimensional da habitação, é apresentada na Figura 54.

Figura 54 – Vista tridimensional da unidade habitacional no mCalcLSF.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A quantidade de aço necessário para a estrutura é calculada, e os pesos e dimensões dos perfis são relacionados, conforme o Quadro 14.

Quadro 14 – Quantidade de aço projetada para a estrutura em LSF.

2. QUADRO DE QUANTITATIVOS

Unidades: kgf-cm

Grupo	Perfil	Aço	L total	Peso (kgf)
1	[92 x 40 x 0.8	ASTM A36	5774.95	61.22
2	UENR 90 x 40 x 12 x 0.8	ASTM A36	27359.65	322.33
3	IENR 90 x 40 x 12 x 0.8 x 0	ASTM A36	4597.00	108.32
4	[90 x 40 x 0.8	ASTM A36	15042.82	157.57
5	RET 35 x 0.8	ASTM A36	8712.16	19.15
6	UUE 70 x 26 x 12 x 0.8 x 40	ASTM A36	1119.45	19.63
7	CA 120 x 40 x 12 x 0.8	ASTM A36	6068.34	165.85
8][90 x 40 x 0.8 x 0	ASTM A36	115.40	2.42
9][92 x 40 x 0.8 x 0	ASTM A36	214.60	4.55

Peso Total: 861.04 kgf

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

A fundação em radier foi escolhida para este método, por ser uma fundação de rápida execução e de menor complexidade em comparação às demais fundações superficiais. Foi adotado 15,00 cm de espessura do radier.

4.4 Dimensionamento hidráulico

O dimensionamento hidráulico, com relação ao consumo diário recomendado, é calculado por duas pessoas por quarto da habitação, multiplicando por 200,00 litros de água, conforme o Quadro 15.

Quadro 15 – Consumo diário para habitação com dois quartos.

DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DIÁRIO	
Número de Quartos	2
Ocupação por Quarto	2
Quantidade de Água (litros)	200
Total Consumo Diário (litros)	800

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Na alvenaria convencional, foi definido o reservatório superior com 750,00 litros de capacidade. Para o LSF, foram dimensionados dois reservatórios com 310,00 litros

cada, devido à inclinação do telhado, e visando a diminuição das cargas sobre os painéis que formam a laje.

4.5 Dimensionamento elétrico

O dimensionamento elétrico é necessário para identificar os circuitos e conhecer as cargas da instalação, possibilitando a escolha do melhor condutor para cada circuito, conforme demonstrado no Quadro 16.

Quadro 16 – Dimensionamento dos circuitos elétricos.

Tipo	Circuito	Voltagem (V)	Potência (VA)	Fator Demanda	Demanda (VA)	Fator Potência	Potência (W)	Corrente Projeto (A)	Disjuntor (A)
Iluminação	1	127	1080	0,75	810	0,92	994	8,50	10,00
TUG	2	127	1600	0,75	1200	0,92	1472	12,60	16,00
TUG	3	127	2100	0,65	1365	0,92	1932	16,54	20,00
TUE (AC)	4	220	1600	1,00	1600	1,00	1600	7,27	16,00
TUE (AC)	5	220	1600	1,00	1600	1,00	1600	7,27	16,00
TUE (AC)	6	220	1600	1,00	1600	1,00	1600	7,27	16,00
TUE (CHU)	7	220	5000	1,00	5000	1,00	5000	22,73	25,00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Em ambos os métodos estudados, foram previstos circuitos separados para iluminação (circuito 1), Tomadas de Uso Geral – TUG (circuitos 2 e 3), Tomadas de Uso Específico – TUE (circuitos 4, 5, 6 e 7).

4.6 Planejamento e controle de obra

O planejamento das atividades necessárias para a construção de uma obra, é fundamental para minimizar os atrasos e reduzir o custo final.

O cronograma de atividades, de ambos os métodos, apresenta as etapas consideradas neste trabalho, e relaciona a mão de obra envolvidas em cada atividade, assim como os materiais necessários.

Foram considerados para ambos os métodos, o menor número de profissionais, visando a diminuição dos custos, e evitando a ociosidade da mão de obra.

Na primeira habitação planejada, em ambos os métodos, a mão de obra foi alocada de forma a reduzir o tempo ocioso dos profissionais, minimizando os custos.

Para a alvenaria convencional, foi considerada a prática comum do mercado da construção civil, que aloca equipes de profissionais dedicados a tarefas específicas, e busca manter do início ao fim da obra, os profissionais qualificados, tais como: pintor, pedreiro, bombeiro hidráulico e etc, sendo auxiliados por serventes específicos e dedicados, visando o menor número de desvios possíveis nesta configuração.

Para o LSF, optou-se por utilizar serventes sem qualquer dedicação ao profissional qualificado, visando o melhor aproveitamento do tempo ocioso destes profissionais.

4.6.1 Mão de obra alocada em cada método construtivo

Para o LSF, a mão de obra alocada corresponde aos profissionais relacionados no Quadro 17.

Quadro 17 – Custo com mão de obra por hora e mensal – *Light Steel Framing*.

Profissional LSF	Custo/Hora R\$	Custo/Mês R\$
Armador	19,67	4.327,48
Bombeiro Hidráulico	19,67	4.327,48
Carpinteiro de Forma	19,67	4.327,48
Eletricista	19,67	4.327,48
Ladrilheiro	21,17	4.657,38
Montador 1	33,94	7.466,74
Montador 2	33,94	7.466,74
Montador Jr	19,67	4.327,48
Pintor	19,67	4.327,48
Servente - Armador	14,25	3.134,03
Servente - Bombeiro	14,25	3.134,03
Servente - Pintor	14,25	3.134,03
Mestre de Obras	44,96	9.892,09
Engenheiro Civil	191,54	18.596,45
TOTAL FOLHA MÊS		83.446,37

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para a alvenaria convencional, a mão de obra alocada está relacionada no Quadro 18.

Quadro 18 – Custo com mão de obra por hora e mensal – Alvenaria Convencional.

Profissional Alvenaria Convencional	Custo/Hora R\$	Custo/Mês R\$
Armador	19,67	4.327,48
Bombeiro Hidráulico	19,67	4.327,48
Carpinteiro de Esquadrias	21,17	4.657,38
Carpinteiro de Forma	19,67	4.327,48
Eletricista	19,67	4.327,48
Ladrilheiro	21,17	4.657,38
Pedreiro	19,67	4.327,48
Pintor	19,67	4.327,48
Servente Armador	14,25	3.134,03
Servente Bombeiro	14,25	3.134,03
Servente Pintor	14,25	3.134,03
Servente Carpinteiro Esquadrias	14,25	3.134,03
Servente Carpinteiro Forma	14,25	3.134,03
Servente Eletricista	14,25	3.134,03
Servente Ladrilheiro	14,25	3.134,03
Servente Pedreiro	14,25	3.134,03
Mestre de Obras	44,96	9.892,09
Engenheiro Civil	191,54	18.596,45
TOTAL FOLHA MÊS		88.840,42

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Os custos referentes aos salários mensais dos profissionais, foram obtidos através da convenção coletiva do SINDUSCON-RIO. O custo mensal do engenheiro civil, foi obtido no Sindicato dos Engenheiros no Estado do Rio de Janeiro – SENGE-RJ, considerando jornada diária de 08 (oito) horas.

Para o método LSF, o custo da mão de obra do Montador 1 e do Montador 2, foi calculado através do salário-base do montador de estrutura metálica (R\$ 4.977,82, considerando os encargos), acrescido de 50,00% do valor, por ser prática comum de mercado, remunerar melhor os profissionais especializados que atuam neste método construtivo.

4.6.2 Etapas da obra - cronograma

Cada método estudado possui etapas definidas, que podem ser verificadas no Quadro 19.

Quadro 19 – Etapas do planejamento das obras.

Alvenaria Convencional	Light Steel Framing
Serviços Preliminares	Serviços Preliminares
Limpeza do terreno / Locação da obra, Gabarito	Limpeza do terreno / Locação da obra, Gabarito
Instalações Hidráulicas - Esgoto	Instalações Hidráulicas - Esgoto
Escavação / Distribuição Esgoto	Escavação / Distribuição Esgoto
Fundação (Viga Baldrame)	Fundação (Radier)
Escavação Manual / Forma / Armação / Concretagem	Forma / Armação / Concretagem
Estrutura	Painel estrutural
Forma (Pilar) / Armação (Pilar) / Concretagem (Pilar) / Forma (Viga e Laje) / Armação (Viga e Laje) / Escoramento (Viga) / Escoramento (Laje) / Concretagem (Viga e Laje)	Painel Externo - PE 1/2/3/4/5/6 / Painel Interno - PI 1/2/3/4/5 / Cobertura – Oitão / Tesoura/ Terças, etc / Instalação Painéis e Cobertura
Alvenaria	Instalações elétricas
Alvenaria / Verga e Contra-verga / Chapisco / Reboco	Distribuição Elétrica / QDL - Disjuntores / Disjuntor / Interruptores e Tomadas
Cobertura	Instalações Hidráulicas
Suporte Telhado / Telhado / Forro PVC	Distribuição Hidráulica
Esquadrias	Instalações Solares
Portas INT e EXT Madeira / Janelas de PVC - 1,00x1,00m / Janela Alumínio - 0,60x0,55m	Instalação dos painéis
Instalações Elétricas	Fechamento
Distribuição Piso / Distribuição Alvenaria / Distribuição Laje / QDL - Enfição - Caixas / Disjuntores / Interruptores e Tomadas	Paredes Externas / Paredes Internas Secas / Paredes Internas Úmidas / Cobertura - Telhado / Laje Seca / Forro de PVC
Instalações Hidráulicas	Esquadrias
Distribuição Hidráulica / Aquecimento Solar	Portas INT e EXT Madeira / Janelas 100x100cm de PVC / Janelas 60x55cm de Alumínio
Revestimento	Revestimento Interno e Externo
Contrapiso / Piso Cerâmico / Azulejo	Piso Cerâmico / Azulejo
Pintura	Pintura
Paredes INT e EXT / Esquadrias (esmalte)	Paredes Internas e Externa / Esquadrias (esmalte)
Aparelhos e metais	Aparelhos e metais
Pia da Cozinha / Bacia Sanitária / Chuveiro / Lavatório / Tanque	Pia da Cozinha / Bacia Sanitária / Chuveiro / Lavatório / Tanque
Limpeza da Obra	Limpeza da Obra
Limpeza Grossa / Retirada de Entulho	Limpeza Grossa / Retirada de Entulho

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4.6.3 Consulta de custo e tempo de execução das etapas da obra

Utilizando as bases de dados da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPOweb e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, foi possível consultar todas as etapas da obra, e verificar os custos com mão de obra de acordo com o tempo de execução, e os materiais utilizados.

Quadro 20 – Custo com fundação na alvenaria convencional.

Profissional / Material	un	Coef.	Custo Unitário	Custo Total
FUNDAÇÃO - ESCAVAÇÃO - 5,33 m³				
Servente	h	4,00	14,25	303,70
FUNDAÇÃO - FORMA - 28,31 m²				
Servente	h	0,46	14,25	184,77
Carpinteiro de forma	h	1,84	19,67	1.021,83
Prego 17 x 21 com cabeça	kg	0,06	9,66	16,41
Sarrafo 1" x 3" (altura: 75 mm / espessura: 25 mm)	m	1,25	6,32	223,47
Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m ²	0,43	12,46	152,74
Desmoldante de fôrmas para concreto	l	0,10	5,78	16,36
Aco CA-50, 8mm	kg	0,11	1,97	6,13
Prego 17 x 27 sem cabeça	kg	0,10	4,86	13,76
FUNDAÇÃO - ARMAÇÃO - 85,00 kg				
Servente	h	0,08	14,25	96,90
Armador	h	0,08	19,67	133,76
Espaçador circular de plástico	un	11,40	0,07	67,83
Aco CA-50, 10,0mm	kg	1,10	1,78	4,11
Aco CA-50, 6,3mm	kg	1,10	1,99	81,43
Aco CA-50, 8,0mm	kg	1,10	1,97	82,78
Arame recozido no 18	kg	0,02	5,90	10,03
FUNDAÇÃO - CONCRETAGEM - 2,40 m³				
Servente	h	6,00	14,25	205,29
Seixo rolado ou cascalho rolado médio	m ³	0,84	79,97	160,52
Areia grossa lavada, com transporte	m ³	0,85	60,47	123,85
Cimento Portland CP II-E-32 - saco 50kg	kg	336,00	0,35	282,36
Betoneira, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), 400L	h prod	0,31	1,15	0,84
Custo total para o item FUNDAÇÃO				3.188,86

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O Quadro 20, mostra que para a etapa de “fundação”, na atividade de “escavação”, é alocado 01 (um) servente com produtividade esperada de 04 (quatro) horas por metro cúbico (m³) escavado. O custo da mão de obra deste profissional,

com encargos, é de R\$ 14,25/h (catorze reais e vinte e cinco centavos por hora). O que totaliza R\$ 303,70 (trezentos e três reais e setenta centavos) para executar os 5,33 m³ de escavação.

Para a atividade “forma”, são apresentados os custos de mão de obra e materiais para cada metro quadrado (m²) de forma. Para a “armação”, são apresentados os custos correspondentes à cada quilograma (kg) de aço utilizado na armação da fundação. Na “concretagem”, os valores são referentes a cada metro cúbico (m³) de concreto utilizado na estrutura.

No Quadro 21, são apresentados os custos da fundação em radier, escolha para o LSF.

Quadro 21 – Custo com fundação no LSF.

Profissional / Material	un	Coef.	Custo Unitário	Custo Total
FUNDAÇÃO - FORMA - 5,60 m²				
Servente	h	0,46	14,25	36,55
Carpinteiro de forma	h	1,84	19,67	202,13
Prego 17 x 21 com cabeça	kg	0,06	9,66	3,25
Sarrafo 1" x 3" (altura: 75 mm / espessura: 25 mm)	m	1,25	6,32	44,20
Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m ²	0,43	12,46	30,21
Desmoldante de fôrmas para concreto	l	0,10	5,78	3,24
Aço CA-50, 8mm	kg	0,11	1,97	1,21
Prego 17 x 27 sem cabeça	kg	0,10	4,86	2,72
FUNDAÇÃO - ARMAÇÃO - 49,05 m²				
Servente	h	0,08	14,25	55,92
Armador	h	0,28	19,67	270,17
Espaçador circular de plástico	un	11,40	0,07	39,15
Tela de aço soldada CA-60, malha 15 x 15cm	m ²	1,05	5,07	261,14
Arame recozido no 18	kg	0,02	5,90	5,79
FUNDAÇÃO - CONCRETAGEM - 7,36 m³				
Servente	h	6,00	14,25	629,07
Seixo rolado ou cascalho rolado médio	m ³	0,84	79,97	491,89
Areia grossa lavada, com transporte	m ³	0,85	60,47	379,51
Cimento Portland CP II-E-32 - saco 50kg	kg	336,00	0,35	865,24
Betoneira, elétrica, potência 2 HP (1,5 kW), 400L	h prod	0,31	1,15	2,59
Custo total para o item FUNDAÇÃO				3.323,97

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

4.6.4 Comparativo entre as etapas de cada método para uma unidade habitacional

O custo da fundação em radier (LSF) é superior ao custo da fundação em viga baldrame (alvenaria convencional). No Quadro 22, é possível perceber que o radier tem execução mais ágil, representando uma economia de tempo de 6h34min.

Quadro 22 – Comparativo de tempo de execução das fundações – AC x LSF

Fundação (Radier)		Fundação (Viga Baldrame)	
Etapa	Horas	Etapa	Horas
Forma	10:16:00	Escavação	5:19:00
Armação	13:44:00	Forma	25:58:00
Concretagem	14:43:00	Armação	6:48:00
		Concretagem	7:12:00
TOTAL	38:43:00	TOTAL	45:17:00
Diferença de tempo entre fundações			6:34:00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

No Anexo 1 e no Anexo 2, são demonstrados os tempos de execução e custos da mão de obra por hora, de cada etapa, e das atividades incluídas nestas etapas, incluindo o correspondente gráfico de Gantt, para cada método estudado.

Quadro 23 – Relação das etapas estruturais em LSF.

Grupo de Estrutura					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.1	Serviços Preliminares	9:57:36	Qui 01/02/18	Sex 02/02/18	196,07
1.1.1	Limpeza do terreno	3:43:12	Qui 01/02/18	Qui 01/02/18	53,01
1.1.2	Locação da obra, Gabarito	6:14:24	Qui 01/02/18	Sex 02/02/18	143,06
1.3	Fundação (Radier)	38:44:24	Sex 02/02/18	Qui 08/02/18	3.574,17
1.3.1	Forma	10:16:48	Sex 02/02/18	Seg 05/02/18	433,54
1.3.2	Armação	13:44:24	Seg 05/02/18	Ter 06/02/18	772,13
1.3.3	Concretagem	14:43:12	Ter 06/02/18	Qui 08/02/18	2.368,50
1.4	Painel estrutural	52:10:12	Qui 01/02/18	Sex 09/02/18	15.421,23
1.4.1	Painel Externo - PE 1/2/3/4/5/6	26:54:00	Qui 01/02/18	Ter 06/02/18	8.133,59
1.4.2	Painel Interno - PI 1/2/3/4/5	16:18:00	Ter 06/02/18	Qui 08/02/18	4.292,13
1.4.3	Cobertura - Oitão/ Tesoura/ Terças	1:44:24	Qui 08/02/18	Qui 08/02/18	1.286,17
1.4.4	Instalação Paineis e Cobertura	4:00:00	Qui 08/02/18	Sex 09/02/18	350,20
1.8.5	Laje Seca	3:13:48	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18	1.359,14
Total Tempo		100:52:12	Total Custo		19.191,47

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

No Quadro 23, estão relacionadas as etapas estruturais do LSF, seu tempo de execução em horas, e o custo correspondente.

As etapas estruturais da alvenaria convencional estão no Quadro 24.

Quadro 24 – Relação das etapas estruturais em alvenaria convencional.

Grupo de Estrutura					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.1	Serviços Preliminares	9:57:36	Qui 01/02/18	Sex 02/02/18	338,12
1.1.1	Limpeza do terreno	3:43:12	Qui 01/02/18	Qui 01/02/18	53,01
1.1.2	Locação da obra, Gabarito	6:14:24	Qui 01/02/18	Sex 02/02/18	285,11
1.3	Fundação (Viga Baldrame)	45:17:24	Seg 05/02/18	Seg 12/02/18	3.412,41
1.3.1	Escavação Manual	5:19:12	Qui 08/02/18	Qui 08/02/18	303,24
1.3.2	Forma	25:58:12	Seg 05/02/18	Qui 08/02/18	1.859,56
1.3.3	Armação	6:48:00	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18	476,84
1.3.4	Concretagem	7:12:00	Sex 09/02/18	Seg 12/02/18	772,77
1.4	Estrutura	83:39:36	Sex 09/02/18	Sex 23/02/18	6.870,33
1.4.1	Forma (Pilar)	6:35:24	Ter 13/02/18	Qua 14/02/18	644,82
1.4.2	Armação (Pilar)	21:48:00	Sex 09/02/18	Qua 14/02/18	1.223,53
1.4.3	Concretagem (Pilar)	5:37:48	Qua 14/02/18	Qui 15/02/18	905,62
1.4.4	Forma (Viga e Laje)	23:00:00	Seg 19/02/18	Qui 22/02/18	1.767,14
1.4.5	Armação (Viga e Laje)	19:16:48	Qua 21/02/18	Sex 23/02/18	1.382,52
1.4.6	Escoramento (Viga)	1:01:12	Qui 22/02/18	Qui 22/02/18	110,81
1.4.7	Escoramento (Laje)	1:51:36	Qui 22/02/18	Qui 22/02/18	114,86
1.4.8	Concretagem (Viga e Laje)	4:28:48	Sex 23/02/18	Sex 23/02/18	721,03
1.6	Cobertura	30:00:00	Ter 27/02/18	Qua 04/04/18	4.519,54
1.6.1	Suporte Telhado	30:00:00	Ter 27/02/18	Seg 05/03/18	4.519,54
Total Tempo		168:54:36	Total Custo		15.140,40

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Comparando os métodos, nota-se uma diferença de 68h02min entre eles, sendo o LSF mais ágil, apesar do custo ser maior, correspondendo a R\$ 4.051,07 a mais que a alvenaria convencional. O custo dos perfis estruturais e a mão de obra especializada, tornam o método em LSF mais oneroso que a alvenaria convencional, nesta etapa.

Algumas atividades caracterizadas como estruturais em um método, não são no outro. No LSF, considera-se somente a fundação e a montagem dos perfis estruturais. Na alvenaria convencional, foram consideradas mais etapas, que incluem a fundação, a estrutura dos pilares, vigas, lajes e de suporte ao telhado.

Para o grupo das etapas que incluem as instalações, o Quadro 25 apresenta o custo e tempo para o método em LSF.

Quadro 25 – Relação das etapas de instalações em LSF.

Grupo de Instalações					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.2	Instalações Hidráulicas - Esgoto	22:24:00	Sex 02/02/18	Ter 06/02/18	1.717,52
1.2.1	Escavação	8:00:00	Sex 02/02/18	Seg 05/02/18	228,00
1.2.2	Distribuição Esgoto	14:24:00	Seg 05/02/18	Ter 06/02/18	1.489,52
1.5	Instalações elétricas	23:46:48	Sex 09/02/18	Ter 13/02/18	1.881,43
1.5.1	Distribuição Elétrica	10:45:00	Sex 09/02/18	Ter 13/02/18	865,83
1.5.2	QDL - Disjuntores	3:06:00	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18	209,01
1.5.3	Disjuntor	2:06:00	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18	321,89
1.5.4	Interruptores e Tomadas	7:49:48	Ter 13/02/18	Ter 13/02/18	484,69
1.6	Intalações Hidráulicas	7:21:36	Sex 09/02/18	Qua 14/02/18	4.330,42
1.6.1	Distribuição Hidráulica	1:21:36	Sex 09/02/18	Sex 09/02/18	795,90
1.7.1	Aquecimento Solar	6:00:00	Qua 14/02/18	Qua 14/02/18	3.534,52
1.9	Esquadrias	14:21:36	Ter 20/02/18	Qui 22/02/18	4.746,06
1.9.1	Portas INT e EXT Madeira	10:00:00	Ter 20/02/18	Qua 21/02/18	2.127,78
1.9.2	Janelas de PVC - 1,00x1,00m	4:00:00	Qua 21/02/18	Qui 22/02/18	2.424,16
1.9.3	Janela Alumínio - 0,60x0,55m	0:21:36	Qui 22/02/18	Qui 22/02/18	194,12
1.12	Aparelhos e metais	14:12:00	Seg 05/03/18	Qua 07/03/18	2.104,67
1.12.1	Pia da Cozinha	4:54:00	Seg 05/03/18	Ter 06/03/18	687,43
1.12.2	Bacia Sanitária	2:30:00	Ter 06/03/18	Ter 06/03/18	331,75
1.12.3	Chuveiro	0:30:00	Ter 06/03/18	Ter 06/03/18	56,07
1.12.4	Lavatório	3:18:00	Ter 06/03/18	Qua 07/03/18	488,82
1.12.5	Tanque	3:00:00	Qua 07/03/18	Qua 07/03/18	540,61
Total Tempo		82:06:00	Total Custo		14.780,10

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Ao observar o Quadro 26, nota-se que a diferença do custo entre os métodos é pequena, correspondendo a R\$ 524,26, sendo o LSF mais vantajoso. Outro fator importante, é a diferença do tempo de execução, que representa 22h07min a menos no LSF.

Nas instalações hidráulicas do LSF houve a utilização do sistema PEX, que possui custo elevado em relação ao PVC, utilizado na alvenaria convencional. Mesmo

com o custo do PEX sendo maior, o ganho de produtividade é grande, visto que as instalações hidráulicas podem ser realizadas reduzindo o tempo em 6h38min.

Quadro 26 – Relação das etapas de instalações em alvenaria convencional.

Grupo de Instalações					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.2	Instalações Hidráulicas - Esgoto	22:24:00	Sex 02/02/18	Qua 07/02/18	1.183,59
1.2.1	Escavação	8:00:00	Sex 02/02/18	Seg 05/02/18	114,00
1.2.2	Distribuição Esgoto	14:24:00	Seg 05/02/18	Qua 07/02/18	1.069,59
1.7	Esquadrias	15:44:24	Qui 15/03/18	Seg 19/03/18	5.569,00
1.7.1	Portas INT e EXT Madeira	9:22:48	Qui 15/03/18	Sex 16/03/18	2.968,22
1.7.2	Janelas de PVC - 1,00x1,00m	6:00:00	Sex 16/03/18	Seg 19/03/18	2.413,24
1.7.3	Janela Alumínio - 0,60x0,55m	0:21:36	Seg 19/03/18	Seg 19/03/18	187,54
1.8	Instalações Elétricas	27:57:00	Qui 22/02/18	Seg 12/03/18	2.325,24
1.8.1	Distribuição Piso	9:13:48	Ter 06/03/18	Qua 07/03/18	408,00
1.8.2	Distribuição Alvenaria	12:28:48	Qua 07/03/18	Sex 09/03/18	576,26
1.8.3	Distribuição Laje	6:14:24	Qui 22/02/18	Sex 23/02/18	396,61
1.8.4	QDL - Enfição - Caixas	9:55:48	Ter 06/03/18	Ter 06/03/18	137,78
1.8.5	Disjuntores	2:06:00	Sex 09/03/18	Sex 09/03/18	321,89
1.8.6	Interruptores e Tomadas	7:49:48	Sex 09/03/18	Seg 12/03/18	484,69
1.9	Instalações Hidráulicas	14:00:00	Sex 09/03/18	Ter 13/03/18	4.121,86
1.9.1	Distribuição Hidráulica	8:00:00	Sex 09/03/18	Seg 12/03/18	587,34
1.9.2	Aquecimento Solar	6:00:00	Seg 12/03/18	Ter 13/03/18	3.534,52
1.12	Aparelhos e metais	14:12:00	Seg 02/04/18	Ter 03/04/18	2.104,68
1.12.1	Pia da Cozinha	4:54:00	Seg 02/04/18	Seg 02/04/18	687,43
1.12.2	Bacia Sanitaria	2:30:00	Seg 02/04/18	Ter 03/04/18	331,75
1.12.3	Chuveiro	0:30:00	Ter 03/04/18	Ter 03/04/18	56,07
1.12.4	Lavatório	3:18:00	Ter 03/04/18	Ter 03/04/18	488,82
1.12.5	Tanque	3:00:00	Ter 03/04/18	Ter 03/04/18	540,61
Total Tempo		104:13:12	Total Custo		15.304,37

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Outras atividades também foram responsáveis pela diferença de custo. As instalações elétricas, por exemplo, são realizadas de forma mais ágil, pois os painéis estruturais, por estarem nesta etapa com seu núcleo exposto, permitem a passagem dos eletrodutos e dos condutores com maior agilidade.

Para as etapas que representam o fechamento e acabamento, novamente o LSF obteve melhor resultado com relação ao tempo e custo.

No Quadro 27, observa-se as etapas do LSF, relacionando o tempo e o custo de cada uma das atividades deste grupo.

Quadro 27 – Relação das etapas de fechamento e acabamento em LSF.

Grupo de Fechamento e Acabamento					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.8	Fechamento	62:22:12	Sex 09/02/18	Ter 20/02/18	13.159,82
1.8.1	Paredes Externas	8:43:12	Qua 14/02/18	Qui 15/02/18	1.731,23
1.8.2	Paredes Internas Secas	13:46:48	Qui 15/02/18	Sex 16/02/18	2.538,35
1.8.3	Paredes Internas Úmidas	7:07:12	Sex 16/02/18	Seg 19/02/18	1.072,98
1.8.4	Cobertura - Telhado	22:30:00	Sex 09/02/18	Qua 14/02/18	6.304,38
1.8.6	Forro de PVC	10:15:00	Seg 19/02/18	Ter 20/02/18	1.512,88
1.10	Revestimento	21:19:12	Seg 19/02/18	Qua 21/02/18	1.536,77
1.10.1	Piso Cerâmico	8:16:48	Seg 19/02/18	Ter 20/02/18	655,96
1.10.2	Azulejo	13:02:24	Ter 20/02/18	Qua 21/02/18	880,81
1.11	Pintura	74:24:36	Qua 21/02/18	Ter 06/03/18	3.284,84
1.11.1	Paredes Internas e Externa	70:35:24	Qua 21/02/18	Seg 05/03/18	3.113,90
1.11.2	Esquadrias (esmalte)	3:49:12	Seg 05/03/18	Ter 06/03/18	170,94
1.13	Limpeza da Obra	14:12:00	Qua 07/03/18	Sex 09/03/18	1.138,80
1.13.1	Limpeza Grossa	11:12:00	Qua 07/03/18	Qui 08/03/18	478,80
1.13.2	Retirada de Entulho	3:00:00	Qui 08/03/18	Sex 09/03/18	660,00
Total Tempo		172:18:00	Total Custo		19.120,23

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Comparando com o Quadro 28, nota-se o ganho de produtividade no método em LSF, representando uma redução de 48h59min no tempo total deste grupo de etapas.

Há também redução no custo total do grupo de etapas, correspondendo a totalizando R\$ 742,61.

A redução na quantidade de entulho na obra que utiliza o método em LSF, corresponde à valor próximo da diferença encontrada. Por haver necessidade de quebrar a alvenaria após a execução, para passagem de eletrodutos e encanamento, os resíduos da alvenaria convencional tornam-se mais onerosos para a obra.

Quadro 28 – Relação das etapas de fechamento e acabamento em alvenaria convencional.

Grupo de Fechamento e Acabamento					
EDT	Nome da Tarefa	Horas	Início	Término	Custo (R\$)
1.5	Alvenaria	63:09:36	Sex 23/02/18	Qui 15/03/18	6.983,93
1.5.1	Alvenaria	44:07:12	Seg 26/02/18	Ter 06/03/18	4.856,58
1.5.2	Verga e Contra-verga	3:09:36	Sex 23/02/18	Seg 26/02/18	580,48
1.5.3	Chapisco	8:49:12	Seg 12/03/18	Ter 13/03/18	1.078,14
1.5.4	Reboco	7:03:36	Qua 14/03/18	Qui 15/03/18	468,74
1.10	Revestimento	38:07:12	Qua 07/03/18	Ter 20/03/18	3.110,91
1.10.1	Contrapiso	16:48:00	Qua 07/03/18	Sex 09/03/18	1.317,65
1.10.2	Piso Cerâmico	8:16:48	Qui 15/03/18	Sex 16/03/18	655,96
1.10.3	Azulejo	13:02:24	Sex 16/03/18	Ter 20/03/18	1.137,30
1.6	Cobertura	34:00:00	Ter 27/02/18	Qua 04/04/18	4.483,36
1.6.3	Forro PVC	19:17:24	Seg 02/04/18	Qua 04/04/18	1.803,66
1.6.2	Telhado	14:42:36	Seg 05/03/18	Qua 07/03/18	2.679,70
1.11	Pintura	74:24:36	Ter 20/03/18	Seg 02/04/18	3.314,84
1.11.1	Paredes INT e EXT	70:35:24	Ter 20/03/18	Seg 02/04/18	3.143,90
1.11.2	Esquadrias (esmalte)	3:49:12	Seg 02/04/18	Seg 02/04/18	170,94
1.13	Limpeza da Obra	11:36:00	Ter 03/04/18	Qui 05/04/18	1.969,80
1.13.1	Limpeza Grossa	5:36:00	Ter 03/04/18	Qua 04/04/18	478,80
1.13.2	Retirada de Entulho	6:00:00	Qua 04/04/18	Qui 05/04/18	1.491,00
Total Tempo		221:17:24	Total Custo		19.862,84

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

No Quadro 29, estão resumidos os tempos de execução e os custos de cada método.

Quadro 29 – Comparativo de tempo e custo em ambos os métodos.

Grupo	Tempo de Execução		Custo	
	Alvenaria	LSF	Alvenaria	LSF
Estruturas	168:54:36	100:52:12	15.140,40	19.191,47
Instalações	104:13:12	82:06:00	15.304,37	14.780,11
Fechamento	221:17:24	172:18:00	19.862,84	19.120,23
Total	494:25:12	355:16:12	50.307,61	53.091,81

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Comparando o tempo de execução, nota-se que o LSF permite um ganho de produtividade total de 139h09min. Possibilitando a entrega da habitação em 29 dias,

enquanto a alvenaria convencional necessita de até 46 dias para finalização da habitação. Os custos com mão de obra e materiais, torna o método em LSF menos vantajoso em relação à alvenaria convencional, quando consideramos a construção de somente uma unidade habitacional.

No Anexo 3 e no Anexo 4, estão relacionais resumidos os custos com mão de obra e materiais, em ambos os métodos estudados.

4.6.5 Comparativo entre as etapas de cada método para o empreendimento

Anteriormente, foram analisados os custos e tempos de execução, para somente uma habitação, e considerando os custos com mão de obra por hora, sem considerar o tempo ocioso dos profissionais envolvidos. Para restante do empreendimento, que contempla mais habitações, foram planejadas inicialmente três habitações, buscando verificar a viabilidade econômica do LSF em substituição à alvenaria convencional.

Algumas modificações foram necessárias na forma de planejar a obra. Buscou-se alocar os recursos humanos em outras tarefas, de outra unidade habitacional, visando minimizar o tempo ocioso dos profissionais. Os custos com mão de obra foram considerados mensalmente, conforme valores apresentados no Quadro 17 e no Quadro 18. Com estas alterações, os custos com a mão de obra do mestre de obras e do engenheiro civil, passaram a ser considerados no custo total.

Os custos com equipamentos de proteção individual – EPI e ferramentas adquiridas, baseado no uso e na vida útil, e equipamentos alugados, foram considerados no cálculo total da obra. No Quadro 30, estão relacionados os equipamentos alugados, necessários em cada método.

Quadro 30 – Custo mensal com locação de equipamentos.

Equipamento	Custo Alvenaria	Custo LSF
Máquina policorte	300,00	300,00
Martelete	250,00	
Pistola finca pino	250,00	
Munck		1.650,00
Vibrador	250,00	250,00
Total Mensal	1.050,00	2.200,00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

No Quadro 31, estão relacionadas as ferramentas e os equipamentos necessários para a construção de três habitações.

Quadro 31 – Custo total de ferramentas, considerando até 03 habitações.

Equipamento	Custo Alvenaria	Custo LSF	Equipamento	Custo Alvenaria	Custo LSF
Balcão de serra	929,76	929,76	Nível	68,36	68,36
Mangueira de nível	2,07	2,07	Pá	191,40	95,70
Abraçadeira	9,00	9,00	Pá de limpeza	155,60	77,80
Alicate de corte	59,16	59,16	Pano	144,90	144,90
Arco de serra	99,80	49,90	Picareta	215,70	215,70
Balde	75,60	37,80	Pincel	44,36	44,36
Brocha	39,56	39,56	Pino	69,00	-
Carrinho de mão	642,00	321,00	Prumo	98,08	-
Chapa de dobrar ferro	42,10	-	Régua de alumínio	500,00	250,00
Chave de dobrar ferro 5/8"	58,78	-	Rolo	73,98	73,98
Chave de dobrar ferro 3/8"	33,90	-	Serrote	61,80	30,90
Chave de fenda	17,58	35,16	Tesoura	117,14	58,57
Colher de pedreiro	59,60	29,80	Thinner	68,00	68,00
Desempenadeira	42,84	21,42	Torques armador	101,70	-
Enxada	79,50	39,75	Vassoura	119,30	59,65
Escada	398,42	398,42	Espátulas metálicas	11,80	5,90
Espaçador	8,70	8,70	Esquadro metálico	85,80	42,90
Fita isolante	58,60	58,60	Grampo de marceneiro	134,50	67,25
Fita perfurada	43,66	43,66	Lápis de carpinteiro	38,90	19,45
Jogo de chaves	46,90	46,90	Lixadeira manual	189,90	94,95
Lâmina de serra	77,95	38,98	Tesoura para corte de chapa	125,70	62,85
Lona de plástico	29,75	29,75	Parafusadeira elétrica	228,99	686,97
Martelo	131,60	65,80	Furadeira	229,89	459,78
Custo total para até 03 habitações				6.061,63	4.893,16

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Algumas ferramentas são utilizadas em somente um dos métodos. Há também a variação de tempo de uso, e quantidade de unidades necessárias para a obra. Estes fatores influenciam diretamente no custo total.

Para diversos equipamentos relacionados acima, a vida útil esperada é superior a três habitações, porém estes casos foram desconsiderados neste trabalho.

Os equipamentos de proteção individual – EPI, relacionados no Quadro 32, conforme a CEF (2017) orienta, podem ser medidos por hora de trabalho, baseados no coeficiente de utilização e na vida útil do equipamento. Obtendo o número de profissionais e o tempo de trabalho programado na obra, é possível estimar o custo mensal.

Quadro 32 – Custo com equipamentos de proteção individual.

EPI	Custo Unitário (por peça em R\$)	Vida Útil		Custo	
		Dias úteis	Em hs trabalhadas	Coeficiente de Utilização	Custo Horário (R\$/h)
Uniforme comum (2 un)	191,20	120	754,29	100%	0,253
Capacete	10,00	360	2.262,86	100%	0,004
Botas de couro cano curto	48,00	90	565,71	70%	0,059
Botas de PVC cano médio	29,11	90	565,71	30%	0,015
Luvas de PVC cano curto forradas	9,89	5	36,67	30%	0,081
Luvas de borracha - látex - cano curto	3,09	2	14,67	20%	0,042
Luvas de raspa cano curto	9,00	10	73,33	50%	0,061
Óculos contra impacto	3,90	60	377,14	70%	0,007
Respirador descartável sem válvula	1,12	1	7,33	70%	0,107
Protetor auricular	1,50	20	146,67	30%	0,003
Abafador de ruídos	20,50	90	565,71	20%	0,007
Cinto de segurança tipo paraquedista	48,00	180	1.131,43	30%	0,013
Trava quedas	117,50	90	565,71	30%	0,062
Talabarte	133,75	90	565,71	30%	0,071
Creme de proteção solar FPS 30 (4L)	340,00	130	817,14	50%	0,208
Capa impermeável (SINAPI)	13,00	60	377,14	20%	0,007
Avental de PVC	29,70	15	94,35	0%	0,000
TOTAL					1,003

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para elaborar o cronograma das habitações, evitando manter a mão de obra ociosa, é necessário interligar etapas e organiza-las para que ao finalizar uma etapa, os profissionais possam iniciar outra etapa.

É importante planejar a equipe, para que não ocorra a alocação do mesmo profissional em tarefas que estejam sendo executadas simultaneamente.

No Quadro 33, estão relacionadas as etapas das obras de três habitações, em alvenaria convencional, considerando o menor tempo ocioso da mão de obra.

Quadro 33 – Cronograma para 3 habitações – alvenaria convencional.

EDT	Alvenaria Convencional	Duração	Início	Término
		884,23 hrs	01/02/2018	05/07/2018
1.1	Casa 01	362,44 hrs	01/02/2018	05/04/2018
1.1.1	Serviços Preliminares	32,36 hrs	01/02/2018	07/02/2018
1.1.2	Fundação (Viga Baldrame)	44,24 hrs	05/02/2018	12/02/2018
1.1.3	Estrutura	80,02 hrs	09/02/2018	23/02/2018
1.1.4	Alvenaria	106,71 hrs	23/02/2018	15/03/2018
1.1.5	Cobertura	213,57 hrs	27/02/2018	04/04/2018
1.1.6	Esquadrias	15,74 hrs	15/03/2018	19/03/2018
1.1.7	Instalações Elétricas	95,48 hrs	22/02/2018	12/03/2018
1.1.8	Instalações Hidráulicas	15,93 hrs	09/03/2018	13/03/2018
1.1.9	Revestimento	68,68 hrs	07/03/2018	20/03/2018
1.1.10	Pintura	74,41 hrs	20/03/2018	02/04/2018
1.1.11	Aparelhos e metais	14,2 hrs	02/04/2018	03/04/2018
1.1.12	Limpeza da Obra	11,6 hrs	03/04/2018	05/04/2018
1.2	Casa 02	659,61 hrs	01/02/2018	28/05/2018
1.2.1	Serviços Preliminares	59,04 hrs	01/02/2018	12/02/2018
1.2.2	Fundação (Viga Baldrame)	169,21 hrs	13/02/2018	14/03/2018
1.2.3	Estrutura	96,46 hrs	14/03/2018	30/03/2018
1.2.4	Alvenaria	153,41 hrs	30/03/2018	26/04/2018
1.2.5	Cobertura	251,21 hrs	13/04/2018	28/05/2018
1.2.6	Esquadrias	15,74 hrs	26/04/2018	30/04/2018
1.2.7	Instalações Elétricas	126,25 hrs	28/03/2018	19/04/2018
1.2.8	Instalações Hidráulicas	15,93 hrs	18/04/2018	20/04/2018
1.2.9	Revestimento	84,61 hrs	16/04/2018	01/05/2018
1.2.10	Pintura	74,41 hrs	01/05/2018	14/05/2018
1.2.11	Aparelhos e metais	14,2 hrs	14/05/2018	15/05/2018
1.2.12	Limpeza da Obra	11,6 hrs	15/05/2018	17/05/2018
1.3	Casa 03	684,23 hrs	08/03/2018	05/07/2018
1.3.1	Serviços Preliminares	99,64 hrs	08/03/2018	26/03/2018
1.3.2	Fundação (Viga Baldrame)	92,08 hrs	27/03/2018	11/04/2018
1.3.3	Estrutura	128,88 hrs	02/05/2018	24/05/2018
1.3.4	Alvenaria	122,64 hrs	24/05/2018	14/06/2018
1.3.5	Cobertura	188,54 hrs	01/06/2018	05/07/2018
1.3.6	Esquadrias	15,74 hrs	14/06/2018	18/06/2018
1.3.7	Instalações Elétricas	95,48 hrs	22/05/2018	07/06/2018
1.3.8	Instalações Hidráulicas	15,93 hrs	06/06/2018	08/06/2018
1.3.9	Revestimento	84,61 hrs	04/06/2018	19/06/2018
1.3.10	Pintura	74,41 hrs	19/06/2018	02/07/2018
1.3.11	Aparelhos e metais	14,2 hrs	02/07/2018	04/07/2018
1.3.12	Limpeza da Obra	11,6 hrs	04/07/2018	05/07/2018

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Nota-se que a duração total das habitações representa mais de 884h de trabalho. Sendo a primeira habitação sendo entregue em quase 363h, a segunda habitação entregue em mais de 659h, e a terceira habitação acima de 684h.

A diferença entre os prazos de entrega, está relacionada à interligação de atividades, onde a mão de obra é utilizada em mais de uma casa, causando uma espera entre atividades.

Quadro 34 – Cronograma para 3 habitações – LSF.

EDT	<i>Light Steel Framing</i>	Duração	Início	Término
		488,12 hrs	01/02/2018	19/04/2018
1.1	CASA 01 LSF	230,32 hrs	01/02/2018	09/03/2018
1.1.1	Serviços Preliminares	8,27 hrs	01/02/2018	02/02/2018
1.1.2	Instalações Hidráulicas - Esgoto	17,39 hrs	02/02/2018	06/02/2018
1.1.3	Fundação	38,74 hrs	02/02/2018	08/02/2018
1.1.4	Painel estrutural	50,94 hrs	01/02/2018	09/02/2018
1.1.5	Instalações Elétricas	23,78 hrs	09/02/2018	14/02/2018
1.1.6	Instalações Hidráulicas	1,36 hrs	09/02/2018	12/02/2018
1.1.7	Instalações Solares	6 hrs	14/02/2018	15/02/2018
1.1.8	Fechamento	65,6 hrs	09/02/2018	20/02/2018
1.1.9	Esquadrias	14,36 hrs	20/02/2018	22/02/2018
1.1.10	Revestimento Interno e Externo	21,32 hrs	19/02/2018	22/02/2018
1.1.11	Pintura	74,41 hrs	22/02/2018	06/03/2018
1.1.12	Aparelhos e metais	14,2 hrs	06/03/2018	07/03/2018
1.1.13	Limpeza da Obra	14,2 hrs	07/03/2018	09/03/2018
1.2	CASA 02 LSF	304,21 hrs	09/02/2018	30/03/2018
1.2.1	Serviços Preliminares	8,27 hrs	09/02/2018	12/02/2018
1.2.2	Instalações Hidráulicas - Esgoto	17,39 hrs	12/02/2018	14/02/2018
1.2.3	Fundação	46,1 hrs	14/02/2018	21/02/2018
1.2.4	Painel estrutural	48,94 hrs	22/02/2018	02/03/2018
1.2.5	Instalações Elétricas	23,78 hrs	02/03/2018	06/03/2018
1.2.6	Instalações Hidráulicas	1,36 hrs	02/03/2018	02/03/2018
1.2.7	Instalações Solares	6 hrs	09/03/2018	09/03/2018
1.2.8	Fechamento	65,6 hrs	02/03/2018	13/03/2018
1.2.9	Esquadrias	14,36 hrs	13/03/2018	15/03/2018
1.2.10	Revestimento Interno e Externo	21,32 hrs	12/03/2018	14/03/2018
1.2.11	Pintura	74,41 hrs	14/03/2018	27/03/2018
1.2.12	Aparelhos e metais	14,2 hrs	26/03/2018	28/03/2018
1.2.13	Limpeza da Obra	14,2 hrs	28/03/2018	30/03/2018
1.3	CASA 03 LSF	400,84 hrs	15/02/2018	19/04/2018
1.3.1	Serviços Preliminares	8,27 hrs	15/02/2018	16/02/2018
1.3.2	Instalações Hidráulicas - Esgoto	65,39 hrs	16/02/2018	27/02/2018
1.3.3	Fundação	111,88 hrs	27/02/2018	16/03/2018
1.3.4	Painel estrutural	48,94 hrs	15/03/2018	22/03/2018
1.3.5	Instalações Elétricas	23,78 hrs	22/03/2018	27/03/2018
1.3.6	Instalações Hidráulicas	1,36 hrs	23/03/2018	23/03/2018
1.3.7	Instalações Solares	6 hrs	02/04/2018	02/04/2018
1.3.8	Fechamento	65,6 hrs	22/03/2018	03/04/2018
1.3.9	Esquadrias	14,36 hrs	03/04/2018	04/04/2018
1.3.10	Revestimento Interno e Externo	21,32 hrs	02/04/2018	04/04/2018
1.3.11	Pintura	74,41 hrs	04/04/2018	16/04/2018
1.3.12	Aparelhos e metais	14,2 hrs	16/04/2018	18/04/2018
1.3.13	Limpeza da Obra	14,2 hrs	18/04/2018	19/04/2018

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

No Quadro 34, estão relacionadas as etapas no método em LSF. A agilidade do método pode ser verificada, quando a primeira habitação é finalizada em pouco mais de 230h, a segunda com mais de 304h, e para finalizar, a terceira habitação com quase 401h.

Os mesmos motivos apontados anteriormente para a diferença de prazos, podem ser aplicados ao LSF.

Conforme o Quadro 35, fica clara a agilidade do método LSF, comparando à alvenaria convencional.

No Anexo 5 e no Anexo 6, são demonstrados os tempos de execução de cada etapa, e das atividades incluídas nestas etapas, para cada método estudado, para o planejamento de três unidades habitacionais, assim como o gráfico de Gantt.

Quadro 35 – Cronograma para 3 habitações – LSF.

Habitação	Alvenaria convencional				Light Steel Framing			
	Duração em horas	Duração em dias	Início	Término	Duração em horas	Duração em dias	Início	Término
1	362,44	63	01/02/2018	05/04/2018	230,32	36	01/02/2018	09/03/2018
2	659,61	116	01/02/2018	28/05/2018	304,21	49	09/02/2018	30/03/2018
3	684,23	119	08/03/2018	05/07/2018	400,84	63	15/02/2018	19/04/2018

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Considerando as datas de início da primeira unidade habitacional, e a data de término da terceira unidade, é possível perceber que o LSF permite entregar a terceira unidade em 77 dias, enquanto a alvenaria convencional precisa de 154 dias, o que representa o dobro do tempo.

No Anexo 7 e no Anexo 8, é apresentada a alocação da mão de obra em ambos os métodos, possibilitando verificar o tempo ocioso de cada profissional ao longo do tempo.

A análise destes anexos, é importante para:

- determinar quais profissionais podem ser contratados por empreitada, reduzindo o custo total da obra, ao eliminar o tempo ocioso dos mesmos;
- determinar quais profissionais estão alcançando melhor aproveitamento do tempo de produção;
- verificar quais funções necessitem de mais profissionais contratados.

4.6.6 Fluxo de caixa – alvenaria convencional x LSF

A análise do fluxo de caixa de ambos os métodos, é necessária para verificar o volume de recursos alocados mensalmente, e considerar a mão de obra com os custos mensais.

No Quadro 36, estão relacionados os custos mensais com mão de obra, materiais – de acordo com as tarefas finalizadas – ferramentas, EPIs e equipamentos.

Quadro 36 – Fluxo de caixa para a alvenaria convencional em 3 habitações.

Alvenaria Convencional	FEV/18	MAR/18	ABR/18	MAI/18	JUN/18	JUL/18
Material	5.925,33	16.870,83	20.442,45	12.841,97	11.600,09	8.534,09
Mão de obra	88.840,42	88.840,42	88.840,42	88.840,42	88.840,42	14.806,74
Ferramentas	1.010,27	1.010,27	1.010,27	1.010,27	1.010,27	1.010,27
Locação	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00	1.050,00
EPI	3.177,50	3.177,50	3.177,50	3.177,50	3.177,50	722,16
Total Mensal	100.003,53	110.949,03	114.520,65	106.920,17	105.678,29	26.123,26
Acumulado no Período	100.003,53	210.952,55	325.473,20	432.393,36	538.071,65	564.194,91

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Para a alvenaria convencional, considera-se o tempo de construção das unidades habitacionais nas seguintes datas:

- a) primeira unidade entre os dias 01/02/2018 e 05/04/2018, somando 45 dias;
- b) segunda unidade entre os dias 01/02/2018 e 28/05/2018, somando 83 dias;
- c) terceira unidade entre os dias 08/03/2018 e 05/07/2018, somando 86 dias.

No Quadro 37, estão relacionados os custos mensais para habitações em LSF.

Quadro 37 – Fluxo de caixa para o LSF em 3 habitações.

Light Steel Framing	FEV/18	MAR/18	ABR/18
Material	34.511,78	48.168,26	19.790,34
Mão de obra	83.446,37	83.446,37	52.849,37
Ferramentas	1.631,05	1.631,05	1.631,05
Locação	3.850,00	2.200,00	550,00
EPI	2.471,39	2.471,39	2.134,38
Total Mensal	125.910,60	137.917,08	76.955,15
Acumulado no Período	125.910,60	263.827,67	340.782,82

Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Foram considerados os seguintes prazos de construção:

- a) primeira unidade entre os dias 01/02/2018 e 09/03/2018, somando 29 dias;
- b) segunda unidade entre os dias 09/02/2018 e 30/03/2018, somando 38 dias;
- c) terceira unidade entre os dias 15/02/2018 e 19/04/2018, somando 50 dias.

Seguindo o cronograma proposto, a entrega da segunda unidade em LSF (30/03/2018), ocorre no mês de março de 2018, e antes da entrega da primeira unidade em alvenaria convencional (05/04/2018). Comparando os valores empenhados na ocasião desta entrega, para o empreendimento em LSF, há R\$ 263.827,67 utilizados, enquanto na alvenaria convencional, são R\$ 210.952,55, contanto que nenhuma unidade foi entregue neste método até então.

Embora os recursos utilizados até este momento para o LSF sejam superiores, eles representam duas unidades habitacionais concluídas, e ainda contemplam parcialmente custos da terceira unidade em construção.

A principal diferença dos custos está na agilidade da construção em LSF, pois embora os materiais deste método tenham custo mais elevado, é possível obter maior produtividade da mão de obra, o que representa um custo final menor.

Comparando os custos totais, quando da entrega da terceira unidade, pode-se perceber que o LSF tem custo R\$ 223.412,09 menor que a alvenaria convencional. Valor que seria suficiente para a construção de ao menos mais uma unidade em LSF, e ainda ficaria pronta antes do prazo da terceira em alvenaria convencional.

5 CONCLUSÃO

Dado o exposto que, para a construção de uma unidade habitacional, a alvenaria tradicional ainda representa menor custo final. Para isto, considerou-se apenas os custos com a mão de obra remunerada por hora e os insumos necessários à construção. Em contrapartida, para a construção de três unidades habitacionais, e considerando os custos de mão de obra pagos mensalmente, bem como despesas com ferramentas, EPIs e locação de equipamentos, o LSF se torna viável economicamente a partir da segunda unidade habitacional, além da redução de 50% no tempo total de construção.

A substituição da alvenaria convencional pelo LSF, possibilita a construção de unidades de forma mais ágil, gerando menor quantidade de resíduos e com menor custo final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K. **Introdução à Gestão Habitacional**. – São Paulo, 1995. 32 p. Texto Técnico (TT/PCC/12) – Escola Politécnica da USP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: **Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753: **Revestimento de piso Interno ou Externo com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762: **Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: **Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro, 2005.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: **Componentes Cerâmicos - Blocos e Tijolos para Alvenaria. Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15310: **Componentes Cerâmicos - Telhas - Terminologia, Requisitos e Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15492: **Sondagem de Reconhecimento para Fins de Qualidade Ambiental – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo – Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7198: **Projeto e Execução de Instalações Prediais de Água Quente**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8039: **Projeto e Execução de Telhados com Telhas Cerâmicas Tipo Francesa – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: **Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e Execução**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: **Execução de Alvenaria sem Função Estrutural de Tijolos e Blocos Cerâmicos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ICE 60898: **Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ICE 60947: **Dispositivos de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Métodos Construtivos Industrializados Ampliam Capacidade do Setor**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/metodos-construtivos-industrializados-ampliam-capacidade-do-setor/>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BAETA, A. P. **Orçamento e Controle de Preços de Obras Públicas**. São Paulo Ed. PINI, 2012.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Armado** – São Paulo 2006. 92 p. (Notas de Aula) – Universidade Estadual Paulista, 2006.

BASTOS, P. S. **Lajes de Concreto** – São Paulo 2015. 115 p. (Notas de Aula) – Universidade Estadual Paulista, 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR 18 - **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, DF, 2015. 66 p.

BRASILIT. **Construção Industrializada**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/sites/default/files/treinamentos/pdf/apostila-construcao-industrializada.pdf>> Acesso em: 23 mai. 2018.

BRASILIT. **Painel Masterboard**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasilit.com.br/produtos/painel-masterboard>> Acesso em: 23 mai. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, Brasília, fev. 2015. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/Downloads/credenciamento-terceiros-engenharia/COT_Acomp_eQualObrAFAReMercado_FEV2015.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Brasília, 08 fev. 2017. Disponível em: <<http://www.20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=4550>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

CARDOSO, F. F.; **Coberturas em Telhados** – São Paulo. nov. 2000. 30 p. (Notas de Aula) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

CARMO, J. **Cobertura e Telhado**. Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/joaocarmo/disciplinas/aulas/projeto-arquitetonico/cobertura-e-telhado>>. Acesso em: 26 mar. 2018.

CARVALHO, J. **Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura** - Rio de Janeiro: Blucher, 2015. 279 p - 6 ed.

CITY CERÂMICA. **O que São Verga e Contra Verga e Para Que Servem?**. São Paulo , 30 jun. 2017. Disponível em: <https://www.ceramicacity.com.br/bloco_ceramico/verga-e-contra-verga/> Acesso em: 13 mai. 2018.

DUARTE, J. R. A. **Acabamentos | Fase Final da Obra**. Rio Grande do Norte. Disponível em: <<https://www.jrrio.com.br/construcao/acabamentos/acabamento-obra.html>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

ESPAÇO SMART. **Etapas da Obra**. 2018. Ponta Grossa – PR. Disponível em: <<http://smartsistemasconstrutivos.com.br/etapas-da-obra/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

FUTURENG. **Eficiência do LSF na Habitação Social**. Lisboa. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/lfsf-habitacao-social>>. Acessado em 18 abr. 2018.

GUEDES, M. F. **Caderno de Encargos**. São Paulo, Ed. PINI, 2001.

HIDRACOR. **Manual Técnico de Pintura**. Disponível em: <<http://www.hidracor.com.br/files/5eacec86-f1b0-4f2b-8dbf-f40a3d45a9a8.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

HUNECKE, J. **Sistemas Construtivos para Habitações Populares**. São Paulo, 25 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7066>>. Acessado em 20 abr. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DO PARANÁ. **Serviços Preliminares Técnicas Básicas na Construção Civil**. Paraná: IFP, ago. 2010. Disponível em: <<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/e/e1/ServiçosPreliminares.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2018.

JARDIM, E. **Sistemas Construtivos para Habitações Populares**. São Paulo, 25 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7066>>. Acessado em 20 abr. 2018.

KANTOR, L. **Entenda a Diferença Entre Construção Convencional e Alvenaria Estrutural**. Centro Brasileiro da Construção em Aço - São Paulo, 02 jun. 2014. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/aprenda/entenda-a-diferenca-entre-construcao-convencional-e-alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

LARA, L. A. M. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: **Instalações Elétricas**. Minas Gerais: IFP. 2012. Disponível em: <http://redeotec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_infra/tec_edific/inst_eletr/161012_inst_eletr.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2018.

LIMA, E. P. **Qual o Impacto do Planejamento e Controle de Obras?**. Florianópolis, 12 set. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-e-controle-de-obra/>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

LIMA, F; DOMINGOS, L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**, Editora Érica, São Paulo, 1997.

LOGSDON, N. B. **Estruturas de Madeira para Coberturas, sob a Ótica da NBR 7190/1997**. Cuiabá, 2002. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~zacarias/Telhadoss.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

LP BRASIL. **Placas Estruturais para Construção**. Curitiba. Disponível em: <https://www.lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Catalogo_Tecnico_LP-OSB-Home.pdf> Acesso em: 15 mai. 2018.

MARCELLINO, N. **Concreto armado é solução durável e econômica**. REVISTA DIGITAL AECWEB. Portal da Arquitetura, Engenharia e Construção. REVISTA DIGITAL. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-armado-e-solucao-duravel-e-economica_6993_0_1>. Acesso em: 22 mai. 2018.

MARINOSKI, D. **Alvenarias: Conceitos, Alvenaria de Vedação, Processo Executivo**. Florianópolis, 05 mar. 2011. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula%20-%20Alvenarias_%20introducao%2Bvedacao.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

MARIUTTI, A. **Vila Dignidade: O Melhor para os Idosos**. Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, Set. 2010. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=5049>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamentos de Obras**. São Paulo, Ed. PINI, 2006.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. Brasília - DF, 2009. 212p.

MONTEIRO, R. **Alvenaria** – Alagoas. 62 p. Faculdade de Tecnologia de Alagoas. 2018. Disponível em: <http://www.monteiroengenharia.com/disciplinas/construcoes/conteudo_construcoes/aula7_alvenaria_de_vedacao.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2018.

MORAES, M. M. **Argamassas de Revestimento e Assentamento**. 41 p. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/argamassas-de-revestimento-material-auxiliar/at_download/file>. Acesso em: 15 mar. 2018.

MORAES, M. M. **Revestimentos**. 41 p. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/revestimentos/at_download/file>. Acesso em: 15 mar. 2018.

NETO, B. C. G.; MENDES, G. **Como o TCPO Deve ser Utilizado na Orçamentação?** São Paulo. mai. 2008. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/82/artigo281988-1.aspx>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

OLIVEIRA, T. **Qual Sistema Construtivo Usar?** São Paulo, mai. 2009. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacaoconstrucao/94/artigo281828-1.aspx>>. Acesso em 01 jun. 2018.

PEREIRA, A. G. **Técnicas de Construção**. BRASÍLIA, 2017. 121 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/16_construcao.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2018.

PEREIRA, C. **Tipos de Fundações**. 26 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-fundacoes/>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

PEREZ, P. R. **A Experiência do LSF na Habitação de Interesse Social - Saint Gobain**. São Paulo, 28 mai. 2015.

PESCARINI, T. M. **3 Radier de Concreto Armado em Habitações Populares**. jul, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/5/solucoes-tecnicas-3-radier-de-concreto-armado-em-habitacoes-224689-1.aspx>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

PITA, M. **Fazenda Eleva Valor Máximo de Habitação de Interesse Social do Minha Casa, Minha Vida**. São Paulo, 01 dez. 2011. Disponível em: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/habitacao/fazenda-eleva-valor-maximo-de-habitacao-de-interesse-social-do-242633-1.aspx>>. Acessado em: 20 abr. 2018.

PRA CONSTRUIR. **O Que é Estrutura de Concreto Armado?**. São Paulo. Disponível em: <<http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/concreto-armado/>>. Acessado em: 25 abr. 2018.

PRONTOMIX. **Alvenaria de Blocos de Concreto - Glossário**. Rio Grande do Sul, 10 jul. 2012. Disponível em: <<http://prontomix.blogspot.com/2012/07/alvenaria-de-blocos-de-concreto.html>>. Acesso em: 11 mai. 2018.

RIBAS, R. A. **Avaliação das Condições Físico-Construtivas e de Desempenho de uma Edificação Estruturada em Aço. Estudo de Caso: Prédio da EM da UFOP – Minas Gerais 2006**. 186 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2006.

RIBEIRO, M. **Planejamento e Controle de Obras e Serviços: Veja 5 Passos para Otimizar** 10 jun. 2017. Disponível em: <<https://maiscontroleerp.com.br/planejamento-e-controle-de-obras-e-servicos-veja-5-passos-para-otimizar/>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ROCHEDO ENGENHARIA. **Projeto Hidráulico**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.rochedoengenharia.eng.br/contato/>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. 2ª. ed. Rio de Janeiro, 2016. Instituto Aço Brasil - CBCA. 224 p.

SALGADO, M. S. S. **Metodologia para Seleção de Sistemas Construtivos Destinados à Produção de Habitações Populares**. Rio de Janeiro, 1996. 210 p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

SANT'ANA, E. P. **Planejamento de Obra Passo a Passo**. Florianópolis, 18 nov. 2016. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/planejamento-e-controle-de-obra/>>. Acesso em: 5 mai. 2018.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: Arquitetura**. 2ª. ed, Rio de Janeiro, 2012. Instituto Aço Brasil - CBCA. 151 p.

SCALZO, S. **Sistemas Construtivos para Habitações Populares**. São Paulo, 25 jun. 2015. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticias-detalhes.php?cod=7066>>. Acessado em: 20 abr. 2018.

SILVA, F. B. **Sistema Construtivo a Seco - Light Steel Frame**. jun, 2013. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/195/artigo294078-2.aspx>>. Acesso em: 6 mai. 2018.

SILVA. G **Cimento Queimado: Saiba Evitar o Aparecimento de Trincas e Manchas**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/>>

cimento-queimado-saiba-evitar-o-aparecimento-de-trincas-e-manchas_9426_0_1>. Acesso em: 14 mai. 2018.

SINAPI. **Metodologia e Conceitos**. Brasília. CEF, 2017.

SNH: MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Especificação Técnica**. Brasília, 04 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavidagov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv/como-participar/empresas/230-snh-secretaria-nacional/minha-casa-minha-vida/4192-especificacoes-tecnicas-2>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

TIGRE. **Predial PEX Tigre Monocamada | Multicamada**. Ago, 2015 Joinville - SC. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-predial-pex.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

VACCHIANO, I. **Manual Prático do Mestre de Obras**. 01 jul. 2014. 188 p. Disponível em: <https://www.escolatecnicasandrasilva.com.br/pdf/bv_mestre_de_obras_4551pt.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2018.

VANDERSON, F. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. 2011. 142 p. (Notas de Aula) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011. Disponível em: <http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2011/03/Material_Curso_Instalacoes_I.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

VIEIRA, M. **Minha Casa Minha Vida**. Prefeitura de Montes Claros, Montes Claros, Jul. 2003. Disponível em: <http://www.montesclaros.mg.gov.br/agencia_noticias/2013/jul-13/not_17_07_13_0715.php>. Acesso em: 24 mai. 2018.

VOTORANTIM CIMENTO. **Conheça os Tipos de Fundações de uma Construção**. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/conheca-os-tipos-de-fundacoes-de-uma-construcao/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Lajes de Concreto**. Paraná, abr. 2002. 16 p. (Notas de Aula) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002.

ANEXO 1 – Cronograma AC - Casa 01

ANEXO 2 – Cronograma LSF- Casa 01

ANEXO 3 – Custo com material e mão de obra - AC- Casa 01

ANEXO 4 – Custo com material e mão de obra - LSF- Casa 01

ANEXO 5 – Resumo empreendimento em AC- Casas 01 a 03

ANEXO 6 – Resumo empreendimento em LSF - Casas 01 a 03

ANEXO 7 – Alocação da mão de obra – AC

ANEXO 8 – Alocação da mão de obra - LSF