



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Departamento de Construção Civil

Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade

Hibran Osvaldo Lima Bertolini

Orientador: Jorge dos Santos

Rio de Janeiro

Agosto de 2013



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade

Hibrán Osvaldo Lima Bertolini

Projeto de Graduação
apresentado ao curso de
Engenharia Civil da Escola
Politécnica da Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Jorge dos Santos

Rio de Janeiro

Agosto de 2013

Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade

Hibrán Osvaldo Lima Bertolini

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Data da defesa: 30 de agosto de 2013

Examinada por:

Prof. Jorge dos Santos, D.Sc. (Orientador)

Prof.^a. Ana Catarina Jorge Evangelista, D.Sc.

Prof.^a. Isabeth Mello, M.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO/2013

Bertolini, Hibrán Osvaldo Lima

Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade /
Hibrán Osvaldo Lima Bertolini. – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola
Politécnica, 2013

XI, 87 p.:il.; 29,7 cm.

Orientador: Jorge dos Santos

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso de
Engenharia Civil, 2013

Referências Bibliográficas: p. 76-81

1. Construção a Seco. 2. Construção Convencional. 3. *Steel Frame*. 4.
Drywall .5. *Wood Frame* .I. Santos, Jorge dos. II. Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia
Civil. III. Construção via obras secas como fator de produtividade e
qualidade

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, pela saúde e condições oferecidas ao longo desses anos que permitiram a realização dessa graduação.

Aos meus pais Humberto e Stella e irmão Yago, por toda compreensão e apoio incondicional.

Ao professor Jorge dos Santos, pela paciência e orientação para a realização desse trabalho.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Construção via obras secas como fator de produtividade e qualidade

Hibran Osvaldo Lima Bertolini

Agosto/2013

Orientador: Prof. Jorge dos Santos, D.Sc., UFRJ

Curso: Engenharia Civil

No cenário competitivo atual da construção civil, a busca por alternativas mais práticas e produtivas é uma das prioridades de quem trabalha no ramo. Construir deixa de ser simplesmente materializar e se torna controle de custos e qualidade no intuito da otimização da produção. A construção seca aparece nesse cenário como solução para melhoria de alguns aspectos da construção convencional. O presente trabalho busca apresentar algumas das alternativas em obras secas mais utilizadas atualmente para melhoria dos processos construtivos, comparando e explicitando vantagens e desvantagens desses sistemas alternativos frente aos sistemas convencionais da construção.

Palavras-chave: Construção Convencional, Construção Seca, *Steel Frame*, *Drywall*, *Wood Frame*, Comparativos.

Graduation Project Abstract presented to Escola Politécnica/UFRJ as a part of the requirements for the degree Engineer.

Dry Constructions as a factor of productivity and quality

Hibrán Osvaldo Lima Bertolini

August/2013

Advisor: Jorge dos Santos, D.Sc., UFRJ

Course: Civil Engineer

In this current competitive construction scenario, the search for more practical and productive choices is a priority for the builders. Building is no longer simply materializing, building is now cost and quality control aiming production optimization. Dry construction appears in this scenario as a solution to improve some conventional construction's aspects. This paper aims to present some of the most currently used dry constructions alternatives for improving construction processes, comparing and explaining this alternatives advantages and disadvantages for the conventional construction.

Keywords: Conventional Construction, Dry Construction, *Steel Frame*, *Drywall*, *Wood Frame*, Comparatives.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Laje nervurada com vigotas pré-fabricadas FONTE: Silva (2005)	14
Figura 2 - Detalhe encunhamento recém-executado FONTE:Silva (2007)	21
Figura 3 - <i>Steel Frame</i> – Obra Rápida e Limpa FONTE: www.arcoweb.com.br	25
Figura 4 - Subestruturas – <i>Steel Frame</i> FONTE: CBCA	29
Figura 5 - Detalhes Vigas Estrutura Horizontal FONTE: CBCA	30
Figura 6 - Utilização Placas de Gesso no Mundo (Ano de referência: 2000) FONTE: Reis 2003	34
Figura 7 - Tubulação Elétrica na Estrutura de <i>Drywall</i> FONTE: Lessa (2005)	37
Figura 8 - Estrutura <i>Drywall</i> FONTE: www.larevestimentos.com	42
Figura 9 - Execução do Isolamento no <i>Drywall</i> FONTE: www.anovavisaodivisorias.com.br	43
Figura 10 - Exemplo de Construção em <i>Wood Frame</i> FONTE: Torquato (2010)	45
Figura 11 - Componentes Parede <i>Wood Frame</i> FONTE: www.tecverde.com.br	47
Figura 12 - Montagem Abertura de Vão <i>Wood Frame</i> FONTE: Santos (2010)	50
Figura 13 - Acabamento Externo em <i>Siding</i> Vinílico FONTE: http://lojadorevestimento.wordpress.com	52
Figura 14 - Parede Dupla de Concreto FONTE: www.olmetitaly.com	54

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resistência e Condutividade Térmica – Lã de Vidro	
FONTE: Oliveira (2012)	59
Tabela 2 - Resistência e Condutividade Térmica – Tijolos Cerâmicos	
FONTE: Oliveira (2012)	60
Tabela 3 - Classe de Transmissão do Som Aéreo – <i>Steel Frame</i>	
FONTE: Oliveira (2012)	61
Tabela 4 - Classe de Transmissão do Som Aéreo – Parede de Alvenaria	
FONTE: Oliveira (2012)	61
Tabela 5 - Produtividade – <i>Steel Frame</i> FONTE: Oliveira (2012)	62
Tabela 6 - Produtividade – Construção Convencional FONTE: Oliveira (2012)	62
Tabela 7 - Composição Custo Unitário – <i>Steel Frame</i> FONTE: Oliveira (2012)	63
Tabela 8 - Composição Custo Unitário – Construção Convencional	
FONTE: Oliveira (2012)	63
Tabela 9 - Carga Divisórias Internas na Estrutura FONTE: Silva (2009).....	65
Tabela 10 - Custo Mão de Obra Especializada FONTE: Silva (2009).....	66
Tabela 11 - Custo Material por m ² – <i>Drywall</i> FONTE: Silva (2009)	67
Tabela 12 - Custo Material por m ² – Alvenaria Cerâmica FONTE: Silva (2009)	67
Tabela 13 - Comparação Serviços Acessórios para Execução das Divisórias Internas	
FONTE: Silva (2009)	68
Tabela 14 - Planilha Orçamentária – Fundação e Estrutura – <i>Drywall</i>	
FONTE: Silva (2009)	68
Tabela 15 - Planilha Orçamentária – Fundação e Estrutura – Alvenaria Cerâmica	
FONTE: Silva (2009)	69
Tabela 16 - Planilha Orçamentária – <i>Wood Frame</i> FONTE: Santos (2010).....	72
Tabela 17 - Planilha Orçamentária – Construção Convencional	
FONTE: Santos (2010).....	72

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1 Importância do Tema	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Justificativa da Escolha do Tema.....	2
1.4 Metodologia	3
2. Construção a Seco – Contextualização	5
2.1 Evolução da Construção a Seco.....	5
2.2 Vantagens na Execução das Construções a Seco.....	7
3. Obras de Construção pelo Método Convencional.....	9
3.1 Fundações	9
3.1.1 Fundações Rasas.....	10
3.1.2 Fundações Profundas	11
3.2 Sistemas Estruturais	12
3.2.1 Lajes	12
3.2.2 Vigas.....	14
3.2.3 Pilares	15
3.3 Instalações Prediais.....	17
3.3.1 Hidráulicas.....	17
3.3.2 Elétricas	18
3.4 Vedação	19
3.4.1 Alvenaria de Vedação.....	20
3.5 Aspectos Gerais de Metodologia da Construção Convencional e sua Influência na Qualidade e Produtividade	22
4. Construção a Seco – Principais Métodos Utilizados.....	24
4.1 <i>Steel Frame</i>	24
4.1.1 Características Gerais	24
4.1.2 Métodos de Construção	27
4.2 <i>Drywall</i>	33
4.2.1 Características Gerais	33

4.2.2	Breve Histórico.....	33
4.2.3	Características Técnicas	35
4.2.4	Sequência Construtiva	40
4.3	<i>Wood Frame</i>	44
4.3.1	Características Gerais	44
4.3.2	Breve Histórico.....	45
4.3.3	Características Técnicas	46
4.4	Parede Dupla de Concreto	53
4.4.1	Brevíssimo Histórico	53
4.4.2	Descrição	53
4.4.3	Vantagens e Desvantagens	55
5.	Análises Comparativas entre sistemas construtivos secos e convencionais	57
5.1	Construção de Casas Populares no Nordeste do Brasil	58
5.1.1	Aspectos Técnicos	58
5.1.2	Aspectos Econômicos.....	61
5.1.3	Considerações Finais	64
5.2	'Morada <i>Residence</i> '	64
5.2.1	Levantamentos.....	65
5.2.2	Considerações Finais	69
5.3	Colégio Estadual Professora Teresinha Rodrigues da Rocha.....	70
5.3.1	Levantamentos.....	70
5.3.2	Considerações Finais	73
6.	Conclusão	74
6.1	Considerações Finais do Trabalho	74
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	75
7.	Referências Bibliográficas	77

1. Introdução

Frente a um mercado competitivo atual na construção civil, a economia na execução de seus empreendimentos e preocupação com a qualidade e produção tornaram-se prioridades das empresas de construção. Nesse cenário de concorrência e competitividade, construir deixou de ser uma simples materialização de formas. Construir é agora uma questão de custo e controles, é entrar na relação preço e qualidade, uma vez que há a necessidade por parte dessas empresas de viabilizar o repasse dos seus imóveis para seus clientes.

Corroborando com a necessidade de alternativas, existe também um cenário mundial de preocupação com o meio ambiente. Sendo a construção civil uma forte contribuinte para agravamento de desequilíbrios ambientais, tanto no que diz respeito à obtenção de matéria prima quanto na emissão de gases para produção de materiais, nasce a ideia da sustentabilidade nas construções com o objetivo de solucionar esses problemas. Preocupações como o uso de materiais menos agressivos ao meio ambiente, reciclagem de materiais utilizados na construção e redução da geração de resíduos por parte da construção civil são algumas das questões colocadas por essa ideia.

Nessa linha de pensamento, alguns sistemas alternativos de construção aparecem para suprir deficiências dos métodos convencionais. Entre esses, surgem os métodos de construção seca.

1.1 Importância do Tema

Com o surgimento desses métodos alternativos de construção como opção de melhorias tanto na produtividade quanto na qualidade das construções, fazem-se necessários estudos que comprovem a viabilidade dos seus usos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho a ser realizado é chegar à conclusão sobre a viabilidade, tanto técnica quanto econômica, do uso dos sistemas alternativos em obras secas para melhoria da qualidade e da produtividade na construção civil, atendendo assim as preocupações destacadas na descrição do capítulo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Estabelecer vantagens e desvantagens, técnicas e/ou econômicas, no uso dos métodos alternativos de construções em obras secas frente aos métodos convencionais de construção;
- b) Explicitar comparativos relativos a custos e desempenho entre os métodos que provem a viabilidade técnica e/ou econômica a ser estudada.

1.3 Justificativa da Escolha do Tema

Atualmente já existem muitos estudos que buscam comprovar a viabilidade dos sistemas alternativos de construção em obras secas. Esses estudos tratam geralmente de sistemas específicos e de aspectos específicos desses sistemas. Por exemplo, estudos que comprovem a viabilidade econômica do uso do *Drywall* para divisórias internas de uma edificação são bastante comuns.

Não são tão comuns os trabalhos que abrangem toda a construção executada com esses métodos alternativos, explicitando não apenas aspectos específicos dos sistemas, mas uma visão mais geral do uso deles na construção.

Frente a essa situação, pensou-se realizar um trabalho desse tipo, que englobasse sinteticamente alguns desses sistemas e uma visão mais geral do uso deles.

1.4 Metodologia

O trabalho será realizado baseado em análises de bibliografias disponíveis. Serão feitas pesquisas referentes aos assuntos englobados pelo tema. Em seguida, a organização das ideias e informações adquiridas nas pesquisas e, por fim, a elaboração do texto.

Todo o trabalho será realizado em seis capítulos. Bibliografia e anexos apresentados ao fim do trabalho.

O primeiro capítulo terá um caráter introdutório. Serão dispostos os seguintes pontos: importância do tema, objetivos, justificativa de escolha e metodologia;

O segundo capítulo também terá um caráter introdutório. Será feita a contextualização do assunto, tratando do que consiste a obra seca, um breve histórico, processos e vantagens advindos da utilização;

O terceiro capítulo terá um caráter descritivo. Serão descritos os métodos convencionais de construção, apresentando os pontos positivos e negativos da sua utilização. No final do capítulo, será feito um tópico com os aspectos gerais da construção convencional e a influência deles na qualidade da construção;

O quarto capítulo terá também um caráter descritivo. Serão descritos os métodos alternativos de construção seca mais utilizados: *Steel Frame*, *Drywall*, *Wood Frame* e Paredes Duplas de Concreto. Serão apresentadas as vantagens e desvantagens de cada um frente aos métodos convencionais;

O quinto capítulo terá um caráter comparativo. Serão realizados comparativos entre os métodos descritos no quarto capítulo com o método convencional. Serão analisados aspectos técnicos e econômicos;

O último capítulo terá um caráter conclusivo. Serão feitas as considerações finais extraídas das informações apresentadas nos capítulos anteriores. Serão feitas também sugestões para trabalhos futuros.

2. Construção a Seco – Contextualização

Trata-se de um método de construir diferente da alvenaria tradicional. Dispensa os tijolos e as armações convencionais e principalmente o uso de água na obra. Dessa forma, concreto e cimento preparados na obra também são dispensados. Uma grande diferença dos métodos a seco com relação aos métodos convencionais é que os métodos a seco, se bem planejados, confeccionados e montados, podem reduzir sensivelmente os desperdícios da construção.

Os métodos mais conhecidos de construção a seco são o *Wood Frame*, que apresenta sua estrutura em perfis de madeira, e o *Steel Frame*, que apresenta sua estrutura em perfis metálicos. Para as vedações, o método mais conhecido é o *Drywall*. Há outros com menor utilização, como as Paredes Duplas de Concreto, também abordadas neste trabalho. No Brasil, o método de construção a seco mais utilizado é o *Steel Frame*.

A construção seca é composta por vários subsistemas, como fundações geralmente do tipo radier, isolamentos térmicos e acústicos, perfis estruturais em madeira ou aço galvanizado com tratamento anticorrosão, fechamentos externos e internos em placas cimentícias, painéis de madeira ou gesso acartonado, e instalações elétricas e hidráulicas (ROSENBAUM, 2009).

2.1 Evolução da Construção a Seco

As técnicas de construção em madeira são conhecidas há milhares de anos e já foram utilizadas em vários lugares do mundo e em várias épocas. Com os conhecimentos adquiridos durante todos esses anos e a evolução dos processos de construção em madeira, o primeiro método de construção seca a ser utilizado foi o *Wood Frame*, criado em Chicago na década de 1830.

A facilidade na execução do *Wood Frame* e a matéria prima abundante na região encaixaram o sistema construtivo no contexto histórico habitacional, causando grande

aceitação por parte do mercado da construção, principalmente habitacional. O sistema era ideal para atender o rápido crescimento demográfico da população americana na época e a expansão para o oeste (FUTURENG).

O *Wood Frame* revolucionou a construção habitacional em face de custos reduzidos e grande velocidade na construção de casas, principalmente as mais populares.

Mesmo apresentando algumas vantagens, o sistema ainda não é muito difundido no Brasil. As causas podem ser relacionadas com o preconceito associado à má utilização da madeira como material de construção ou com a falta de normalização. A primeira casa do Brasil em *Wood Frame* foi construída em 2001, na cidade de Viamão-RS, pelo engenheiro Carlos Alves e pelo construtor Alfred Lee Edgard (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

No início do século XX, mais um método de construção a seco foi criado. As placas de gesso (*Drywall*) começaram a ser empregadas na construção civil para executar a vedação das construções nos Estados Unidos. A partir de 1920, as placas começaram a ser utilizadas em larga escala pelo mundo.

Por conta de vantagens como a agilidade na execução e o ganho de espaço interno nas construções, também foi grande a aceitação desse novo sistema. No Brasil, no entanto, a utilização das placas de gesso ainda enfrenta alguns preconceitos por conta de ideias referentes a falhas no desempenho técnico das paredes (REIS; MAIA; MELO, 2003).

A produção do *Drywall* no Brasil é relativamente recente. A tecnologia começou a ser utilizada na década de 70 com a fabricação das primeiras placas de gesso. Os investimentos efetivos começaram a ser realizados já na década de 90, o que resultou numa abrangente modernização da construção civil nacional (KNAUF).

Mais tarde, aproximadamente na década de 1940 e também nos Estados Unidos, apoiado sobre o grande desenvolvimento da indústria do aço no contexto do pós-guerra, surgiu outro método de construção seca, o *Steel Frame*. A principal mudança do novo método em relação ao *Wood Frame* seria a substituição dos perfis estruturais de madeira por perfis de aço laminados a frio.

Também apresenta as características referentes aos custos reduzidos e velocidade na construção das casas existentes na construção em *Wood Frame*. Entretanto, tratando de um material incombustível, inorgânico e que apresenta uma relação peso/resistência muito maior, o novo sistema apresenta algumas vantagens em relação ao antigo.

No Brasil, as primeiras construções realizadas em *Steel Frame* começaram a ser implantadas em 1998 por algumas construtoras do sul do país (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

O sistema vem sendo aplicado em edificações de padrões de renda média e alta. Com a difusão do sistema na região e consequente aumento da produção, o custo final da construção em *Steel Frame*

diminuiu bastante e começou a ser empregado também em habitações populares (FUTURENG).

Já na década de 1990 na Alemanha, nesse mesmo contexto de agilização das construções, surgem as Paredes Duplas de Concreto. Trate-se então de uma tecnologia extremamente nova e de aceitação ainda não tão confirmada como os demais sistemas de construção a seco, embora também apresente uma série de vantagens.

A tecnologia chegou ao Brasil há apenas quatro anos para ser utilizada principalmente na construção de galpões industriais e shopping centers (SUDESTE).

2.2 Vantagens na Execução das Construções a Seco

Os métodos de construção a seco, bem como os processos convencionais, possuem características intrínsecas a cada um deles, mas de uma maneira geral, apresentam algumas vantagens comuns.

Como principais vantagens em relação aos métodos convencionais de construção, os métodos de construção a seco propõem:

- a) Rápida execução da construção;

- b) Redução considerável do peso da construção e consequente alívio nas estruturas e fundações (com exceção das Paredes de Duplas de Concreto);
- c) Aumento dos espaços internos conseguido com paredes de menores espessuras;
- d) Redução dos custos da construção seja pelo custo dos materiais ou pelo custo reduzido da mão de obra, que apresenta maior produtividade e menor quantidade;
- e) Redução considerável dos desperdícios da construção, entre outras.

3. Obras de Construção pelo Método Convencional

Entendem-se, nesse capítulo, como o “método convencional de construção”, os métodos construtivos de uso mais comuns e corriqueiros nas construções da atualidade. As estruturas reticuladas em concreto armado e as alvenarias em tijolos cerâmicos representam o sistema de construção mais comum nas edificações brasileiras (ARAÚJO 2012).

Embora sejam muitas as alternativas construtivas inovadoras na construção civil, alternativas estas que podem oferecer maior produtividade e qualidade e algumas até economia nos custos da construção, no Brasil, os sistemas construtivos convencionais ainda resistem fortemente. Os motivos dessa resistência são os mais variados, podendo ser técnicos ou até mesmo culturais, uma vez que essas alternativas ainda sofrem preconceito por parte da população (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

São muitos os métodos convencionais que compõem a construção. Por conta disso, faz-se necessário uma segmentação das fases da construção, para que seja possível o discorrer do assunto. Essa segmentação vai seguir, de certo modo, a mesma ordem que a construção naturalmente segue, começando pelos métodos de execução de fundações. Em seguida, serão feitas as abordagens do sistema estrutural, instalações prediais e por fim, a vedação das construções.

No final do capítulo, será abordado um tópico com aspectos gerais de metodologias da construção convencional e influências na qualidade.

3.1 Fundações

As fundações são os elementos estruturais responsáveis por transmitir a carga proveniente da edificação ao solo. São, em geral, divididas em dois grandes grupos em função da profundidade de assentamento: fundações rasas e fundações profundas (JUDICE, 2012). A opção por fundações rasas ou profundas depende de alguns fatores

como a magnitude das cargas, o perfil geotécnico do solo da obra, custo de execução, entre outros.

3.1.1 Fundações Rasas

Os tipos mais convencionais de fundações rasas são as sapatas e os blocos de fundação. Esses elementos têm como característica predominante a transmissão da carga ao solo por pressões distribuídas por sua base. A diferença entre eles, além da forma geométrica, está na forma de combater os esforços de tração. Enquanto no primeiro essas tensões são combatidas por uma armadura de tração distribuída próximo da base, o segundo é dimensionado de forma que essas tensões não existam ou que sejam baixas suficientes para que sejam resistidas pelo concreto (JUDICE, 2012).

Joppert Jr (2007) afirma que as fundações rasas são mais atraentes ao construtor no que se refere ao aspecto econômico. Diz ainda que a facilidade de inspeção do solo no qual a fundação esta apoiada, aliada ao controle final da qualidade do material utilizado, é uma vantagem técnica das fundações rasas.

As etapas de execução são praticamente as mesmas para ambos os tipos de fundações rasas. Primeiramente são feitas as marcações dos pontos de locação, seguidas das escavações até um pouco abaixo da cota de assentamento projetada. Em seguida são feitas as fôrmas para os rodapés com folga de 5 cm para a execução de uma camada de regularização de concreto magro. É feito, então, o posicionamento das fôrmas de acordo com a marcação executada com o gabarito de locação. Após o posicionamento, é feita a regularização do terreno com o concreto magro (BARROS, 2011).

Depois, no caso das sapatas, são dispostas as armaduras de tração. Em seguida, o pilar é posicionado em relação à caixa com as armaduras. São utilizadas guias de arame para acompanhar a declividade da superfície superior do concreto. No caso dos blocos de fundação, não são necessárias as etapas da disposição das armaduras e das guias, uma vez que não há armadura de tração nos blocos e o formato do bloco acompanha a fôrma até superfície superior do bloco. Depois de preparadas as fôrmas e armaduras, é realizada a concretagem dos elementos de fundação. A vibração da base pode ser feita

normalmente com a utilização de vibradores mecânicos, porém, para o concreto inclinado, a vibração deve ser feita manualmente (BARROS, 2011).

Barros (2011) afirma ainda que a impermeabilização dos elementos pode ser feita com o uso de diversos tipos de impermeabilizantes. Impermeabilizantes com bases betuminosas, em mantas ou até mesmo com cimentos aditivados, por exemplo.

No caso de esforços solicitantes elevados ou de solos com resistências baixas, as fundações rasas não são as mais indicadas.

3.1.2 Fundações Profundas

No caso das fundações profundas, os tipos mais convencionais nas construções são as estacas escavadas concretadas in loco e as estacas pré-fabricadas cravadas por percussão. Diferente das fundações rasas, esses elementos têm como característica predominante a transmissão da carga por atrito lateral e uma pequena parcela pela ponta da estaca (ALVES, 2012).

As fundações profundas são então adotadas nos casos em que o solo não apresenta resistência adequada para fundações rasas ou quando estas se tornam desvantajosas técnica ou economicamente. Acontece geralmente em pequenas construções no caso de solos muito fracos, ou de uma forma mais geral, em construções de maiores portes, como edifícios e pontes (ALVES, 2012).

Nas fundações profundas, faz-se necessário o uso dos blocos de coroamento. Estes são estruturas rígidas que recebem as cargas provenientes dos pilares e distribuem para as estacas (CAVALCANTI, 2012).

As estacas pré-fabricadas mais comuns nas construções são as de concreto armado ou os perfis metálicos.

São muitos os tipos de estacas escavadas (raiz e franki, por exemplo). Entretanto, a execução das mesmas é sempre muito parecida. São feitas as locações das estacas e em seguida a escavação. Alguns tipos utilizam de perfuratrizes para fazer a escavação. Outros cravam camisas metálicas por percussão e em seguida realizam a

escavação, com auxílio de água ou não. Depois é realizada a concretagem das estacas e o posicionamento da armadura (ALVES, 2012).

No caso das estacas cravadas, é feita a locação e o posicionamento das mesmas. Em seguida, com o auxílio de um bate-estaca, é feita a cravação delas no solo por percussão. Podem ser realizadas ainda emendas nas estacas no caso de comprimentos muito elevados a serem cravados (ALVES, 2012).

Tanto as estacas escavadas quanto as cravadas, quando finalizadas, são arrasadas nas cotas de arrasamento de projeto e então, são preparados os blocos de coroamento. A execução destes é similar à execução dos blocos de fundação rasa. A diferença é que nesse caso, o bloco deve estar devidamente armado para resistir aos esforços de tração gerados no mesmo. As armaduras são dispostas nas direções longitudinais e transversais dos blocos. Nas regiões do bloco onde se encontram as estacas, há uma maior concentração das armaduras (CAVALCANTI, 2012).

3.2 Sistemas Estruturais

Como especificado na descrição do capítulo, o sistema estrutural mais convencional das construções brasileiras é o sistema reticulado em concreto armado. Os elementos que compõem esse sistema são as lajes, as vigas e os pilares. Nesse sistema, as lajes vão se apoiar nas vigas e as vigas, por sua vez, nos pilares (ARAÚJO, 2012).

A seguir, apresentar-se-á uma breve descrição de cada elemento e também as principais características dos elementos estruturais mais comuns nas construções em concreto armado.

3.2.1 Lajes

As lajes são elementos planos destinados a receber a maioria das ações aplicadas numa construção, como de pessoas, móveis, pisos, paredes e os mais variados tipos de cargas que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço físico que a laje faz parte. As ações são então transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje. Eventualmente, podem também serem transmitidas aos pilares diretamente (BASTOS, 2006).

Historicamente, na construção de pavimentos múltiplos, as lajes maciças de concreto armado têm sido as mais utilizadas (SILVA, 2005). Em pavimentos de pequeno porte ou em construções residenciais, apresentam desvantagens nos aspectos de custo e facilidade de execução. Nesses casos, as lajes com nervuras pré-fabricadas aparecem como opção (BASTOS, 2006).

A execução das lajes maciças de concreto armado resume-se a quatro etapas: fôrma, armadura, instalações e concretagem.

Inicialmente, são montadas as fôrmas da laje sobre escoramentos. Estes escoramentos podem ser metálicos ou em madeira. Silva (2005) afirma que, atualmente, o emprego de madeira em escoramentos está praticamente restrito às obras de pequeno porte. Em seguida, são dispostas as armaduras pelas fôrmas, que serão responsáveis por combater os esforços de tração que aparecerão nas lajes. Geralmente, essas armaduras são concentradas nas regiões inferiores das lajes quando no meio delas, e em regiões superiores quando nos bordos. O posicionamento das armaduras em relação às fôrmas é conseguido com a utilização das pastilhas de cobertura, mais conhecidas como cocadas. Após a distribuição das armaduras, é feito a distribuição dos eletrodutos e posicionamento das caixas de passagem dos sistemas de instalações do pavimento entre as barras.

Por fim, realiza-se a concretagem da laje. Não é mais usual a produção do concreto para lajes em betoneiras na própria obra. O concreto usinado vem no caminhão e é bombeado sobre a laje. A vibração desse concreto pode ser feita manualmente, ou com a utilização dos vibradores mecânicos (VASCONCELLOS, 2006).

A laje maciça apresenta como vantagem a capacidade de apropriação às singularidades estruturais, como bordos livres. Em contrapartida, apresenta uma série de desvantagens. Elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço, custos

relativamente altos, peso próprio elevado, limitação quanto à aplicação a grandes vãos, grande propagação de ruídos entre pavimentos, são exemplos destas desvantagens (VIZOTTO, 2010).

As lajes nervuradas com vigotas pré-fabricadas são construídas com o emprego de vigotas treliçadas unidirecionais pré-fabricadas, elementos leves de enchimento (blocos de poliestireno expandido, blocos cerâmicos, etc) posicionados entre as vigotas e uma capa de concreto moldado in loco (SILVA, 2005), como ilustrado na figura 1:

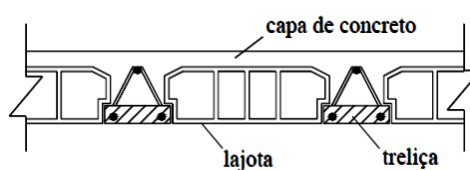


Figura 1 - Laje nervurada com vigotas pré-fabricadas FONTE: Silva (2005)

Diferente das lajes maciças, para a execução deste tipo de laje não são necessárias o emprego de fôrmas para a concretagem da capa de concreto e de parte da nervura. As vigotas pré-fabricadas e os elementos de enchimento fazem esse papel. O escoramento utilizado é reduzido quando comparado com as lajes maciças (SILVA, 2005).

Consegue-se uma redução considerável no peso próprio e conseqüente redução no custo final da laje com este sistema, gerando benefícios razoáveis dentro da estrutura como um todo. No entanto, devido a fatores como falta de aderência entre a superfície das vigotas e a capa de concreto, que não garantem a monoliticidade da estrutura, este sistema torna-se bastante limitado, não atendendo a grandes cargas acidentais. Há ainda a necessidade de cuidados na execução para evitar trincas depois de pronta (BRUMATI, 2008).

3.2.2 Vigas

As vigas são os elementos da estrutura que vão apoiar as lajes, outras vigas, paredes de alvenaria e eventualmente pilares. A função das vigas é basicamente vencer

vãos e transmitir as cargas nelas atuantes aos apoios, geralmente pilares (BASTOS, 2006).

Por definição da NBR6118/03, as vigas são elementos lineares que trabalham preponderantemente à flexão. Sob a ação do vento e dependendo do arranjo do pórtico estrutural, as vigas podem ainda apresentar esforços normais e de torção (LONGO, 2011).

De uma maneira geral, apresentam seções transversais retangulares. Se considerada a contribuição das lajes para dimensionamento dessas vigas, podem ainda ter seção em forma de 'T' ou de 'L' (LONGO, 2011).

As armaduras utilizadas nas vigas são basicamente a armadura transversal e a armadura longitudinal. Composta por estribos geralmente dispostos perpendicularmente à viga, a armadura transversal combate o esforço cortante. A armadura longitudinal é composta por barras de aço dispostas longitudinalmente e combate os esforços gerados pela flexão da viga (BASTOS, 2006).

Com relação à sequência de construção das vigas, é bastante similar à das lajes maciças. Inicialmente são executadas as fôrmas apoiadas sobre os escoramentos e sobre os garfos montados nos pilares. Deve-se sempre atentar para possíveis aparições de frestas no encontro viga/pilar, posicionamento das escoras, níveis e prumos das laterais e fundos das fôrmas e respectivos travamentos. Em seguida, são posicionadas as armaduras. Nessa etapa também são utilizadas as pastilhas de cobertura, para posicionar o nível das armaduras com relação às formas. São executadas também as amarrações das armaduras com as armaduras dos pilares. Em seguida, é realizada a concretagem da viga com as vibrações do concreto realizadas manualmente ou com o uso dos vibradores mecânicos. Por fim são feitas as operações de desformas e retirada dos escoramentos. Deve-se atentar para o tempo necessário para iniciar essas operações, 3 dias para as fôrmas laterais, 7 dias para as fôrmas de fundo e 21 dias para retirada total do escoramento (ARAÚJO, 2012).

3.2.3 Pilares

Os pilares são elementos da estrutura de eixo reto, geralmente vertical, em que os esforços preponderantes são os de compressão axial. São geralmente submetidos aos esforços de flexo-compressão, podendo apresentar seções quadradas, retangulares e circulares (LONGO², 2011).

Possuem importância fundamental para a estrutura, nos quais qualquer falha pode acarretar a queda de toda a edificação. Possuem basicamente três funções: servir de apoio direto às vigas, transmitir as cargas da edificação às fundações ou a outros elementos de apoio e também participar do sistema de contraventamento da estrutura (LONGO², 2011).

Com relação às armaduras dos pilares, são praticamente as mesmas armaduras utilizadas nas vigas. A diferença é que nos pilares, as armaduras longitudinais são dimensionadas não somente para combater os esforços de flexão, mas também os esforços de compressão. Também há diferença no posicionamento dessas armaduras longitudinais. No pilar, elas são distribuídas simetricamente. Com relação aos estribos perpendiculares, também são dispostos para combater os esforços cortantes. Os esforços cortantes são causados pelas solicitações horizontais da edificação, como o vento (LONGO², 2011).

Mais uma vez, a sequência construtiva dos pilares é muito semelhante a dos outros elementos essencialmente compostos por concreto armado citados anteriormente, salva de algumas peculiaridades a serem seguidas e cuidados que devem ser tomados. Previamente, é feita a marcação dos eixos de referência e a fixação dos ganchos ao pé do pilar. Em seguida, é realizada a montagem das fôrmas. No caso dos pilares, deve ser tomado muito cuidado com as estruturações, níveis e travamentos das fôrmas, uma vez que mal executados podem causar desalinhamento. São montadas apenas três faces da fôrma a priori.

Em seguida, as armaduras são posicionadas. A realização do prumo das armaduras também é feita com o uso das cocadas. São realizadas também as amarrações, dessa vez entre a armadura dos pilares com a armadura de espera que sai do elemento de apoio, geralmente, as fundações. No final do posicionamento das armaduras, é feito o fechamento com a última face da fôrma. Por fim, é feita a concretagem do pilar, também com a realização das vibrações do concreto. As

operações de desforma devem respeitar os mesmos tempos necessários do item anterior, destacados para as fôrmas das vigas (ARAÚJO, 2012).

3.3 Instalações Prediais

As instalações prediais, assim como as estruturas e fundações, compõem mais um subsistema das edificações. O emprego das instalações serve para atender aos níveis de conforto e condições de trabalho com qualidade para o usuário das edificações (GARRIDO, 2011).

3.3.1 Hidráulicas

As instalações hidráulicas da edificação englobam suprimento e distribuição de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais. São compostas por reservatórios, que vão armazenar água, por bombas, que vão impulsionar a água pelas tubulações por recalque, e pelas tubulações e conexões, que vão conduzir as águas aos seus destinos e realizar as distribuições e recolhidas (GARRIDO, 2011).

As instalações mais convencionais na construção das edificações brasileiras são as instalações com tubulações e conexões em PVC (Policloreto de Vinila). Os componentes dessas instalações se resumem às tubulações e conexões. Elas são instaladas dentro da alvenaria cerâmica das vedações e por baixo das lajes ou dentro dos pisos no caso do térreo. Geralmente, quando realizadas sob a laje, são realizados acabamentos com rebaixo em gesso para não deixar essas instalações expostas.

Quanto ao processo executivo das instalações, conforme Brandão (2010), as tubulações e conexões das instalações hidráulicas em PVC podem ser soldáveis ou roscáveis, conforme descrito a seguir.

3.3.1.1 Processo por soldagem

No caso das tubulações soldáveis, conforme diâmetros e comprimentos estabelecidos em projeto, previamente são preparados os tubos. Sempre no esquadro, são realizados cortes e chanfros nas pontas dos tubos que serão soldados. É realizado então um lixamento das superfícies a serem soldadas (ponta dos tubos e bolsas das conexões) para melhorar a aderência da soldagem.

Em seguida é feita uma limpeza dessas superfícies com solução limpadora para eliminar as impurezas e também melhorar a aderência da soldagem. É aplicado então o adesivo plástico nas superfícies que serão soldadas, que realizará a soldagem entre os tubos e conexões. As peças a serem soldadas são então encaixadas e forçadas umas contra as outras até o fundo da bolsa do chanfro ou da conexão por um determinado tempo. Por fim, são feitas remoções dos excessos de adesivos plásticos e a secagem da soldagem (BRANDÃO, 2010).

3.3.1.2 Processo por roscagem

Já o caso das tubulações roscáveis possui algumas diferenças em sua execução. Novamente conforme diâmetros e comprimentos estabelecidos em projeto, os tubos são preparados. São realizados apenas cortes nos tubos e não mais chanfros.

Com o auxílio de uma tarraxa, são então feitas as roscas nas pontas dos tubos. Essas roscas devem ser feitas com o mesmo tamanho da bolsa da conexão que serão interligadas. Depois de prontas as roscas, é feita a aplicação de fita teflon sobre elas, sempre no sentido da rosca a fim de melhorar a vedação das conexões. Por final, é executada a junta roscável manualmente. São unidas as peças e rosqueando umas contra as outras é feita a ligação.

3.3.2 Elétricas

Os componentes das instalações elétricas de uma edificação se resumem às caixas de medição, quadros de luz, proteções, condutores elétricos e dispositivos terminais (D'AVILA; D'AVILA, 2006).

A instalação elétrica começa na caixa de medição, que também é conhecida como caixa ou quadro de entrada. Nela são instalados os medidores de energia das unidades, bem como os dispositivos de proteção. Essas unidades são as consumidoras da energia fornecida pela empresa concessionária responsável. Nesta caixa de medição, também é instalada a barra de aterramento ligada à terra, com o objetivo de proteger o usuário contra choque elétrico.

O quadro de luz é o coração da instalação elétrica da unidade. Nele se encontram a chave geral e os dispositivos de proteção de todos os circuitos que atendem as dependências das unidades ou determinados aparelhos, como chuveiros ou ar-condicionado.

A proteção desses circuitos é feita através de disjuntores que desarmam os circuitos ao verificarem alguma anormalidade na corrente elétrica que conduzem. São colocados nas fases dos circuitos. São dimensionados de acordo com a corrente que o circuito vai conduzir. Em circuitos monofásicos, é utilizado apenas um disjuntor e nos bifásicos, dois acoplados ou um duplo.

Com relação aos condutores elétricos, são os responsáveis por conduzir a corrente elétrica entre os componentes do sistema e até os dispositivos terminais de utilização. São instalados dentro de conduítes ou eletrodutos que são embutidos nas lajes e alvenarias das construções. Esses condutores podem ser rígidos (fios), constituídos de um único elemento de metal sólido, ou flexíveis (cabos), constituídos por vários elementos metálicos encordoados.

Por fim, os dispositivos terminais seriam as caixas de passagem. São os pontos de fornecimento direto da energia aos aparelhos por tomadas, pontos de iluminação e interruptores (D'AVILA; D'AVILA, 2006).

3.4 Vedação

O tipo de vedação vertical mais comum nas construções é a alvenaria em blocos cerâmicos. Possui um papel importante, apesar de não ter nenhuma função estrutural a não ser de suportar seu peso próprio.

A função da alvenaria de vedação é preencher os espaços entre os componentes da estrutura, podendo ser utilizada nas fachadas ou criações de espaços internos, isolando termo e acusticamente os ambientes e protegendo os usuários em caso de incêndio (SILVA, 2007).

3.4.1 Alvenaria de Vedação

Os principais componentes da alvenaria de vedação são os blocos cerâmicos e a argamassa de assentamento. Os blocos são responsáveis pela vedação propriamente dita e a argamassa de assentamento vai realizar a aderência entre as fiadas e entre os blocos e a estrutura, otimizando as funções da alvenaria. São utilizados ainda alguns outros materiais, como as telas de amarração que trabalham nas ligações estrutura alvenaria para melhorar as ligações entre elas (SILVA, 2007).

Quanto ao processo executivo da alvenaria de vedação, Silva (2007) destaca as etapas de execução: marcação, assentamento e encunhamento.

Na marcação, é riscado o eixo de referência e a partir dele, são extraídas todas as medidas necessárias para a locação das alvenarias. São utilizados os eixos da locação dos pilares e vigas da estrutura para riscar o eixo de referência, sendo necessários no mínimo dois.

Tendo esse eixo já verificado e materializado, é iniciada a marcação das alvenarias. Utilizando as medidas de projeto, cotam-se as medidas entre o eixo e as localizações das alvenarias e com o auxílio de um lápis se demarcam os locais. O processo é repetido quantas vezes forem necessárias para locação de todas as paredes.

Após a locação, dá-se início ao assentamento dos blocos cerâmicos da primeira fiada. Essa primeira fiada servirá de referência para a elevação de toda a parede, amarrações, modulação e nivelamento. Antes do assentamento da primeira fiada, faz-se necessário chapiscar os locais onde a argamassa terá contato direto com a laje, para que

a aderência seja mais eficaz. Após o término dessa primeira fiada, todo local de contato entre alvenaria e estrutura deve também ser chapiscado.

Após todos esses cuidados, é iniciada a elevação das demais fiadas da alvenaria. As preocupações devem ser manter o nivelamento em todas as fiadas e garantir amarração mínima, planicidade e prumo. Na última fiada, é necessário deixar um espaço para fazer a ligação entre a alvenaria e a estrutura através de encunhamento. Durante essa elevação, devem ser consideradas algumas interferências como as instalações hidráulicas e elétricas, a fim de se racionalizar a construção. Alguns eletrodutos, por exemplo, podem ser embutidos nos furos dos blocos cerâmicos.

Nos locais onde a alvenaria apresenta vãos, são utilizadas as vergas para sustentar o peso da alvenaria que será assentada acima deles. Para evitar algumas fissuras, são utilizadas ainda contra-vergas nas extremidades inferiores dos vãos de janelas.

Por fim, para um bom funcionamento da estrutura de vedação, é realizado o encunhamento da alvenaria. Esse encunhamento é de elevada importância, pois é responsável pela ligação da alvenaria com a estrutura e por absorver algumas cargas provenientes de movimentações estruturais. A argamassa utilizada nesse encunhamento deve atender algumas características específicas, como elevada plasticidade e baixo módulo de resistência. Para realização do encunhamento, é ideal que o pavimento superior esteja com toda a sua alvenaria também pronta. O prazo mínimo para realização do encunhamento é de 7 dias para que ocorra a acomodação da estrutura após o carregamento das alvenarias. As superfícies devem ser previamente umedecidas e depois, a argamassa deve ser aplicada com o auxílio de bisnagas de tecido, sendo importante o completo preenchimento do vão (SILVA, 2007), conforme a figura 2.



Figura 2 - Detalhe encunhamento recém-executado FONTE:Silva (2007)

Para efeitos de acabamento, tanto em áreas internas quanto em áreas externas, geralmente são utilizados o emboço e a massa corrida com pinturas nas áreas secas. Também podem ser realizadas texturas nas massas corridas para fins de decoração. Nas áreas molhadas, como banheiros e cozinhas, é comum a fixação de ladrilhos ser utilizada no lugar do acabamento realizado em massa corrida.

3.5 Aspectos Gerais de Metodologia da Construção Convencional e sua Influência na Qualidade e Produtividade

Os métodos utilizados nas construções convencionais são métodos ainda bastante artesanais onde a qualidade e a produtividade da construção dependem muito da habilidade da mão de obra. A mão de obra pouco qualificada executa muitas das vezes o serviço com facilidade e agilidade, mas não com a qualidade desejada.

As ferramentas utilizadas por essa mão de obra nos processos executivos são consideradas ainda um pouco rudimentares. Colheres de pedreiro, níveis de bolha e prumos de face, por exemplo, são ferramentas que exigem habilidade no uso, para que a qualidade do serviço seja satisfatória (RODRIGUES, 2013).

A necessidade de retrabalho para a execução das instalações prediais é também uma característica da metodologia empregada nas construções convencionais. Esse retrabalho influencia na produtividade e qualidade das mesmas, pois além de gerar atrasos no processo executivo, gera também desperdícios de materiais e aumento de mão de obra (RODRIGUES, 2013).

Outra característica dessa metodologia é a demora para disponibilização das estruturas de concreto armado para serviços. Essa demora é consequência do tempo necessário para cura, desforma e retirada do escoramento dessas estruturas que deve ser respeitado criteriosamente. Caso esse tempo não seja respeitado, a qualidade da estrutura da construção pode estar sendo prejudicada. A diminuição da resistência da estrutura e o aparecimento de trincas e fissuras são consequências da desconsideração desse tempo.

Essa demora influencia no prosseguimento dos demais processos executivos, diminuindo também a produtividade do método (SOUZA JÚNIOR, 2009).

4. Construção a Seco – Principais Métodos Utilizados

Neste capítulo, serão descritos os principais métodos de construção a seco. Serão abordadas características, vantagens, desvantagens, comparativos com os métodos convencionais e resultados na qualidade e produtividade desses métodos. Dentre os principais métodos existentes, serão feitas abordagens sobre os sistemas de construção em *Steel Frame*, utilização de *Drywall*, sistemas de construção em *Wood Frame* e por fim, construções em Paredes Duplas de Concreto.

4.1 *Steel Frame*

4.1.1 Características Gerais

Muito conhecido e utilizado nos Estados Unidos, o sistema construtivo *Steel Framing* vem ganhando espaço lentamente no mercado de construção do Brasil.

Surgiu a partir do sistema construtivo *Wood Framing*, formado por peças interligadas que apresentam seções transversais reduzidas em madeira serrada, amplamente utilizado para construção de habitações populares na primeira metade do século XIX nos Estados Unidos.

O grande desenvolvimento da indústria do aço e o pós Segunda Guerra Mundial possibilitaram a evolução dos processos produtivos dos perfis laminados a frio, transformando-os em uma opção vantajosa frente à madeira (OLIVEIRA, 2012).

Produzido agora no parque siderúrgico brasileiro, o aço empregado no *Steel Frame* substitui, com vantagens técnicas, econômicas e ambientais, os sistemas convencionais de construção, como alvenarias e concreto armado. Vantagens como a redução do peso da construção, maior facilidade da pré-fabricação e consequente

produção em massa, melhor desempenho estrutural e significativa redução dos custos (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Ainda no âmbito das vantagens, Oliveira (2012) destaca que o sistema construtivo *Steel Frame* é uma proposta de industrialização na construção civil e, se tratando de um sistema industrializado, pode reduzir custos, considerando a racionalização no uso de materiais e conseqüente redução de perdas. No entanto, as construções feitas nesse sistema exigem nível elevado de detalhamento em projeto para que sejam racionalizadas e práticas. Além disso, afirma que o tempo de fabricação e montagem da edificação é otimizado, uma vez que estas podem ser executadas concomitantemente. Ou seja, enquanto as fundações estão sendo executadas na construção, painéis de parede e tesouras da cobertura podem estar sendo preparadas em fábricas para posteriormente, serem montadas na obra.

A figura 3 ilustra bem a parte estrutural de uma construção em *Steel Frame*.



Figura 3 - *Steel Frame* – Obra Rápida e Limpa FONTE: www.arcoweb.com.br

Castro (2006) relaciona os principais benefícios e vantagens da utilização do aço e do sistema construtivo *Steel Frame*:

- a) Padronização e industrialização dos elementos construtivos, em que a matéria-prima utilizada passa por rigorosos processos de controle de qualidade;
- b) O aço é um material de comprovada resistência e de alto controle de qualidade, tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, que permite melhor desempenho estrutural e precisão dimensional;

- c) Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio, já que são amplamente utilizados pela indústria;
- d) Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis;
- e) Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido à leveza dos elementos;
- f) Construção a seco, o que minimiza o uso de recursos naturais e o desperdício;
- g) Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas;
- h) Melhores níveis de desempenho termo-acústico, que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento;
- i) Facilidade na execução das ligações;
- j) Rapidez na construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem;
- k) O aço é um material incombustível;
- l) O aço pode ser reciclado diversas vezes, sem perder suas propriedades;
- m) Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, que não limita a criatividade do arquiteto.

O Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA) explicita que a sequência executiva de uma construção em *Steel Frame* segue praticamente a mesma sequência executiva de uma construção convencional, com exceção de suas peculiaridades como esquadria vinculada às estruturas, por exemplo. A sequência construtiva é detalhada a seguir:

1. Execução de fundações,
2. Montagem dos painéis estruturais;

3. Montagem da cobertura e da subcobertura;
4. Instalação das esquadrias;
5. Execução do fechamento externo;
6. Instalação das tubulações de hidráulica e elétrica;
7. Isolamento térmico;
8. Fechamento interno com painéis de *Drywall* e;
9. Acabamento interno e externo.

4.1.2 Métodos de Construção

Nesta seção, serão apresentados os métodos de construção utilizados numa construção em *Steel Frame*.

4.1.2.1 Fundações

Diferente de uma construção convencional, uma das principais características da construção em *Steel Frame* é o seu peso reduzido. Isso faz com que as fundações de uma construção desse tipo não sejam solicitadas numa mesma magnitude de uma construção convencional, eliminando a necessidade de fundações que suportem cargas muito elevadas.

Há ainda a preocupação com a velocidade na execução das mesmas, ratificando uma das características do sistema que é o tempo reduzido de construção. Nesse contexto, aparecem como opções de fundações para essas construções os radier e as vigas baldrames (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Judice (2012), o radier é um tipo de fundação rasa, executada como uma laje em concreto armado ou protendido, que abrange todos os pilares de uma construção ou carregamentos distribuídos dela.

No caso da utilização da fundação em radier, a própria fundação faz o papel de laje do pavimento apoiado nela.

Como não há pilares nas construções em *Steel Frame*, a concentração das tensões na fundação fica sob as paredes estruturais. Em virtude dessa concentração, existem vigas que ficam sob essas paredes em todo o seu perímetro, com o objetivo de elevar a rigidez da estrutura da fundação (OLIVEIRA, 2012).

Domarascki (2009) afirma que por ser um sistema autoportante, a fundação da construção em *Steel Frame* deve estar perfeitamente nivelada e em esquadro, a fim de permitir a correta transmissão das ações da estrutura ao solo. Além do mais, desníveis na fundação poderão interferir no alinhamento dos painéis estruturais e causar imperfeições nos acabamentos.

Judice (2012) define ainda a viga baldrame, ou sapata corrida, como um tipo de fundação rasa utilizada quando as cargas solicitantes são linearmente distribuídas. Podem ser executadas em concreto armado, em blocos de concreto, alvenarias de pedra rachão ou até mesmo em alvenaria de tijolos cerâmicos.

Este tipo de fundação apresenta algumas desvantagens em relação ao uso do radier, como a necessidade de se executar um contra piso. O contrapiso do térreo pode ser executado em concreto ou em perfis formados a frio, apoiados sobre a própria fundação e funcionando como a laje. A utilização deste tipo também pode ser menos econômica, uma vez que demanda um tempo maior para execução e grande quantidade de madeira para as formas. Portanto, a utilização das vigas baldrames limita-se a casos em que existam limitações topográficas para a execução da fundação em radier (OLIVEIRA, 2012).

4.1.2.2 Painéis Estruturais

Depois de executadas as fundações, a próxima etapa é a montagem dos painéis estruturais.

A primeira preocupação é a fixação desses painéis na fundação para evitar translações e/ou tombamentos por conta da ação do vento. Efeitos esses podem fazer

com que a estrutura se desloque lateralmente, levante ou gire em torno do eixo de sua base.

Existem alguns tipos de ancoragens que realizam essa fixação. A escolha do tipo vai depender de tipo de clima do local da construção, tipo de carregamento a que ela vai estar submetida ou ainda o tipo de fundação. Essas ancoragens podem ser do tipo química com barras roscadas, expansiva com parabolts, ou com sistema de finca pinos acionados por pólvora (OLIVEIRA, 2012).

O sistema é composto basicamente por três tipos de subestruturas: os pisos estruturais (estruturas horizontais), as paredes estruturais (estruturas verticais) e o sistema de cobertura (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

A figura 4 ilustra as subestruturas do *Steel Frame*:

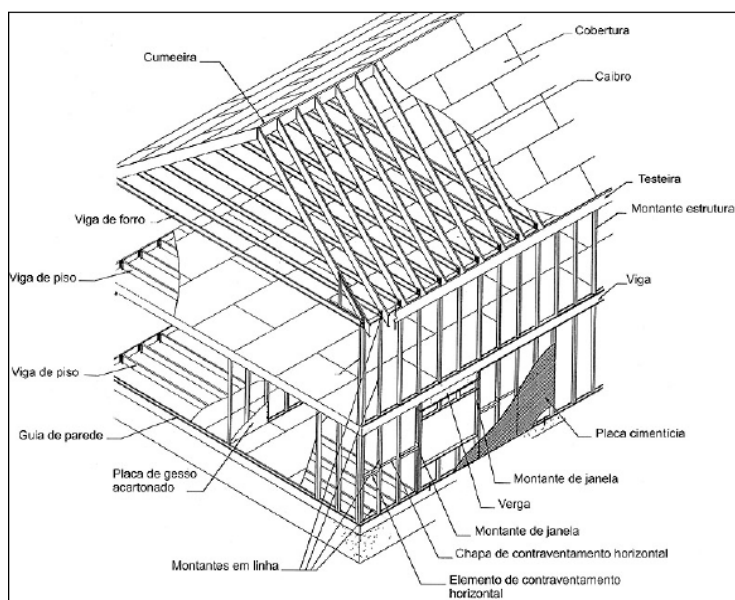


Figura 4 - Subestruturas – *Steel Frame* FONTE: CBCA

Os pisos estruturais são basicamente compostos por vigas apoiadas nas paredes estruturais ou na fundação corrida, que vencem os vãos entre elas (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

A função dessa parte da estrutura é transmitir as cargas de utilização para as estruturas verticais e em seguida, através deles, às fundações. Essas vigas são compostas por perfis U e distribuídas de maneira a coincidir com os montantes da estrutura vertical.

Nas extremidades são utilizados enrijecedores para evitar o esmagamento dos perfis (OLIVEIRA, 2012), conforme a figura 5.

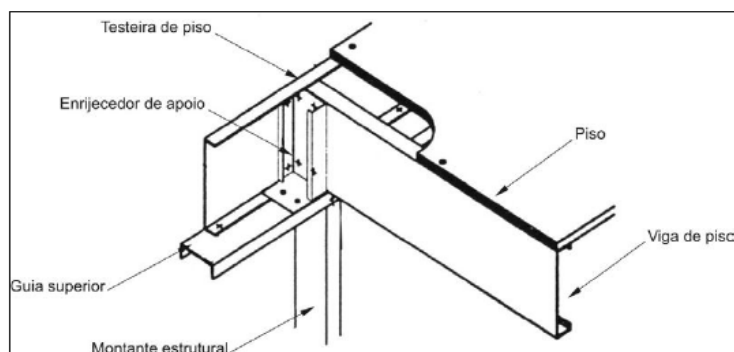


Figura 5 - Detalhes Vigas Estrutura Horizontal FONTE: CBCA

Segundo Castro (2006), as ligações entre os componentes da estrutura horizontal são feitas, na maioria dos casos, com parafusos do tipo estrutural cabeça sextavada e ponta broca.

Podem ser utilizadas lajes do tipo úmida ou seca sobre essa estrutura horizontal. No caso da laje úmida, sobre a estrutura de vigas horizontais é aparafusada uma chapa de aço ondulada que vai servir de fôrma para o concreto que vai servir de base para o contra piso. São utilizados recursos como a utilização de telas soldadas nas regiões de esforços negativos, para evitar fissurações no concreto por conta da retração, e a utilização de camadas de lã de vidro entre a forma e o concreto, proporcionando melhor conforto acústico (OLIVEIRA, 2012).

No caso das lajes secas, ao invés de materiais cimentícios moldados in loco, são utilizadas placas rígidas, como as de OSB. São, portanto, sistemas mais leves e de execução mais prática e rápida, além de apresentarem boas propriedades estruturais e não possuem tempo de cura. No caso de áreas molhadas, como banheiros e varandas, são utilizadas placas cimentícias que são mais resistentes à umidade. Também é utilizada a lã de vidro envolta de filme de polietileno para reduzir os ruídos de utilização do sistema (CASTRO, 2006).

Outra subestrutura do *Steel Frame* são as paredes estruturais. São compostas basicamente pelos montantes verticais (perfis U), que vão apoiar as vigas da estrutura horizontal, e pelas guias dispostas horizontalmente, que vão unir os montantes pelas extremidades e dar forma aos painéis. No entanto, a quantidade de detalhes

construtivos, como esquadrias de portas e janelas e ventilação, é grande. Geralmente esses detalhes são ligados à arquitetura da construção.

No caso dos montantes das paredes externas, os esforços de vento na edificação também são considerados, e não somente os esforços de apoio das vigas horizontais (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Segundo Castro (2006), os parafusos cabeça lentilha são os mais utilizados na fixação dos montantes às guias.

Por último, tem-se a subestrutura da cobertura. Basicamente, é composta por treliças e/ou caibros que vão vencer os vãos do telhado da construção. Podem variar de forma e de tamanho, atendendo aos requisitos da arquitetura da construção.

Para garantir a resistência de todo o sistema estrutural às cargas horizontais, como o vento, é necessária a execução dos contraventamentos. Os montantes por si só não são capazes de absorver esses esforços horizontais.

O tipo de contraventamento mais utilizado nas construções em *Steel Frame* são as fitas metálicas. Elas garantem que esses esforços sejam transmitidos diretamente às fundações, evitando perda de estabilidade e deformações excessivas que podem levar a estrutura ao colapso. A ligação do contraventamento à estrutura é feito através de chapas metálicas que são aparafusadas nos montantes (OLIVEIRA, 2012).

4.1.2.3 Instalações Sanitárias, Hidráulicas e Elétricas

Nas construções em *Steel Frame*, as instalações são executadas pelos mesmos métodos que são executados nas construções convencionais. O desempenho delas é o mesmo não variando entre os sistemas. Dessa forma, os materiais utilizados nas instalações e princípios para projeto de dimensionamento delas também será o mesmo (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Com relação ao custo e ao tempo de execução, serão reduzidos em relação às construções convencionais. A instalação dispensa a necessidade de executar furos e rasgos nas tradicionais alvenarias e vigas de concreto armado para a passagem de tubos

e/ou eletrodutos. Porém, a instalação necessita da previsão de furos nos perfis de aço para a passagem dos mesmos (VIVAN, 2011).

Mais uma vantagem das instalações destacada por Vivan (2011) está na facilidade de execução das manutenções. O fato das vedações serem feitas com placas aparafusadas (descritas no tópico a seguir) nas estruturas facilitam estas manutenções. Para realizá-las é necessário apenas desparafusar a placa, efetuar o reparo e depois reaparafusar, complementando com um acabamento que geralmente é prático. Comparando com as construções convencionais, onde são substituídos ladrilhos, desfeitos emboços, demolições a fim de realizar as manutenções, reemboços, são reduzidos os custos e tempo de execução dessas manutenções.

Existem ainda alguns sistemas de instalações alternativos, como o sistema PEX para instalações hidráulicas. Estes têm o objetivo de dinamizar o processo e melhorar a qualidade da produção. No entanto, esse tipo de instalação possui um custo um pouco maior dos materiais utilizados.

No que diz respeito à mão de obra, não deve ser necessariamente especializada e conseqüentemente mais cara. Entretanto, é preciso alguma experiência de execução ou algum treinamento reforçado e prático, além de ferramentas especializadas e próprias para a execução da instalação (BRANDÃO, 2009).

4.1.2.4 Vedações

Atualmente, para o fechamento das estruturas metálicas, estão sendo utilizados três tipos de painéis: as placas cimentícias, os painéis de madeira, comercialmente conhecidos como OSB, e as placas de gesso acartonado, comercialmente conhecidas como *Drywall*.

Segundo Domarascki (2009), no sistema *Steel Frame*, podemos dividir a vedação das construções em três partes. A primeira parte corresponde aos fechamentos externos, que delimitam as áreas molháveis. As placas cimentícias e de OSB são as mais comuns nessas vedações externas.

A segunda diz respeito aos isolamentos acústicos e térmicos que são colocados entre as placas e entre os perfis, como lã de vidro, lã de rocha e EPS. O tipo utilizado e a espessura dependem do nível de isolamento, geralmente estabelecidos em projeto.

Por último, a terceira parte da vedação corresponde aos fechamentos internos das áreas secas ou úmidas, mas não molháveis. Nessa parte, os materiais mais comuns são as placas de gesso acartonado.

Quando tratando das coberturas das construções, as que são próprias para *Steel Frame* possuem as mesmas características construtivas e princípios da cobertura da construção convencional. O fechamento pode ser feito com telhas metálicas, cerâmicas, de fibrocimento, shingle, entre outros (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

4.2 *Drywall*

4.2.1 Características Gerais

Drywall significa ‘parede seca’. Consiste num sistema de vedação composto por uma estrutura metálica de aço galvanizado com uma ou mais chapas de gesso acartonado aparafusadas em ambos os lados. Trata-se de um método construtivo que não necessita de argamassa para sua execução, reduzindo a quantidade de entulhos gerados pelos métodos que envolvem a alvenaria convencional (SILVA; FORTES, 2009).

4.2.2 Breve Histórico

A utilização das chapas de gesso na construção civil começou nos Estados Unidos no início do século XX. A partir de 1920, as chapas de aço começaram a ser utilizadas em larga escala e se espalhando pelo mundo em seguida.

Em meados da década passada, cerca de 95% das residências norte-americanas já utilizavam paredes, forros e revestimentos em chapas de gesso. Na Europa, o sistema já está presente há mais de 80 anos. A tecnologia se disseminou também nos países em desenvolvimento, e não só nos países desenvolvidos (REIS; MAIA; MELO, 2003).

No Brasil, a tecnologia começou a ser empregada em 1972 com a fabricação das primeiras placas de gesso. No entanto, é relativamente recente a produção em escala industrial das placas.

Mesmo contando com alguns exemplares na arquitetura brasileira que utilizaram o sistema construtivo, os produtos e a tecnologia dessa construção a seco só foram efetivamente introduzidas no mercado do país em meados da década de 90. Isso como consequência da abertura do mercado brasileiro e a chegada de empresas estrangeiras que instalaram unidades de produção nos estados de Pernambuco, São Paulo e Rio de Janeiro (REIS; MAIA; MELO, 2003).

A figura 6 explicita esse relativo atraso do mercado brasileiro. A pesquisa retratada nela foi feita no ano 2000 e o seu levantamento feito em consumo de chapas em m² por habitantes por ano.

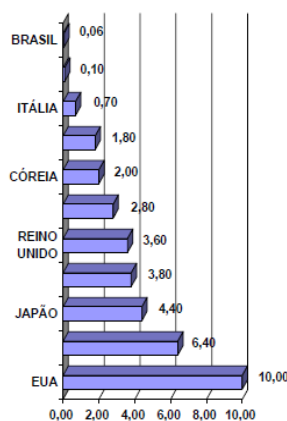


Figura 6 - Utilização Placas de Gesso no Mundo (Ano de referência: 2000) FONTE: Reis 2003

Reis (2003) também destaca alguns fatores que convergiram e alavancaram o aceite por parte do mercado brasileiro dessa nova tecnologia:

- a) Aumento da competitividade na Indústria da Construção baseada no custo de produção;

- b) Aumento do nível de exigência em relação à qualidade e a manutenção dos edifícios por parte dos clientes e;
- c) As grandes empresas multinacionais fabricantes das placas de gesso acartonado perceberam o enorme potencial do ainda inexplorado mercado brasileiro.

4.2.3 Características Técnicas

4.2.3.1 Componentes

O sistema é composto basicamente pelas placas de gesso acartonado, que fazem o fechamento do vão, por elementos estruturais leves que sustentam essas placas e por alguns elementos acessórios.

Lessa (2005) faz uma descrição em sua monografia sobre os tipos de placas de *Drywall* utilizadas nas construções. Existem 3 tipos delas: as placas do tipo Standard, as placas do tipo RU (Resistentes à Umidade) e por último as placas do tipo RF (Resistentes ao Fogo).

As placas do tipo standard são chapas de gesso acartonado de uso geral, empregadas geralmente no fechamento interno da construção em ambientes 'secos'. As placas do tipo standard são as mais utilizadas.

As placas do tipo RU, popularmente chamadas de placas verdes, são placas que podem ser utilizadas em ambientes expostos à umidade. São empregadas geralmente no fechamento de áreas de serviço, banheiros e cozinhas. Há a necessidade de detalhes de impermeabilização flexível na base das paredes e nos encontros com o piso.

E por último as placas do tipo RF, que são placas que apresentam características que conferem resistência ao fogo às paredes. Lessa (2005) ressalta ainda que o gesso acartonado deve ser empregado sempre em ambientes internos, evitando a instalação dele em locais sujeitos a intempéries e umidade permanente, como saunas e piscinas por exemplo.

As placas de gesso acartonado possuem dimensões de 1,20m de largura por comprimentos de 2,60 à 3,00m. As espessuras em que as placas são produzidas são de 12,5mm, 15 mm e 18 mm. No Brasil, as placas mais utilizadas são as de 12,5mm (LESSA, 2005).

Quanto aos elementos estruturais, são perfis de aço galvanizado em chapas de 0,5mm de espessura. São conformados a frio em perfiladeiras de rolete e recebem tratamento de zincagem.

Como na estrutura do *Steel Frame*, a estrutura que sustenta o *Drywall* também apresenta as guias e os montantes. Também são utilizados elementos estruturais acessórios na montagem como cantoneiras, tabicas e rodapés.

Ainda falando de elementos componentes, Lessa (2005) relaciona os elementos acessórios à montagem do *Drywall*. Afirma que cada fabricante possui seu conjunto de acessórios específicos e cita os básicos em todos eles:

- a) Parafusos para fixação das chapas;
- b) Fita de papel reforçado, utilizada no acabamento ou reforço de juntas ou cantos;
- c) Cantoneiras metálicas para acabamento, proteção e reforço dos cantos das chapas de gesso;
- d) Lá de vidro, lá de rocha ou EPS para preenchimento do vão entre as chapas de gesso, utilizadas para melhorar o desempenho térmico e acústico do sistema;
- e) Massa especial para rejuntamento que conferem maior trabalhabilidade e plasticidade ao sistema construtivo.

4.2.3.2 Adaptação a outros sistemas de instalação

As instalações elétricas e hidráulicas são facilmente adaptáveis ao sistema construtivo *Drywall*. Lessa (2005) faz alguns comentários e observações sobre essas adaptações, que serão descritos a seguir.

Começando pela instalação elétrica, os condutores elétricos são instalados nos espaços ocultos das paredes, facilitando a colocação. Como já dito na seção que falou sobre as instalações no sistema *Steel Frame*, não há a necessidade de furos e rasgos para executar as instalações, reduzindo tempo e custo de execução.

Os condutores devem ser instalados de maneira sempre a evitar que sejam danificados pelos cantos vivos ou pelo parafuso de fixação das chapas de gesso. Não podem jamais ser instalados nos perfis sem o devido isolamento.

A passagem dos condutores é feita por furos feitos nos montantes. Caixas de passagens são fixadas em chapas ou travessas. A figura 7 ilustra bem essa descrição.



Figura 7 - Tubulação Elétrica na Estrutura de *Drywall* FONTE: Lessa (2005)

É necessária a construção de uma parede hidráulica com placas cimentícias resistentes à ação direta da água. Nesta parede vai ser integrado o shaft da construção, por onde vão passar as tubulações de água, esgoto, água pluvial (quando necessária) e a ventilação.

A fixação das tubulações nos perfis montantes é feita com braçadeiras. As peças e elementos em cobre devem ser isolados dos perfis zincados. Também é feito o uso das

travessas para fixação dos distribuidores. As ligações entre os distribuidores e as respectivas louças são feitas através de tubos pex e conexões de lata. As características dessas instalações já foram abordadas na parte do trabalho que descreveu as instalações nas construções em *Steel Frame*. A passagem desses tubos é feita da mesma forma que são feitas as passagens dos condutores elétricos citados pouco acima.

4.2.3.3 Desempenho

O desempenho do sistema *Drywall* apresenta pontos positivos e negativos quando comparados às vedações convencionais.

Lessa (2005) expõe que os usuários do sistema necessitam mudar alguns hábitos para melhor desempenho mecânico do sistema. Afirma que mesmo que a parede suporte impactos normais, não se deve bater com objetos pontiagudos nas placas de gesso para evitar as avarias. No entanto, os reparos são práticos de serem executados, utilizando as fitas microperfuradas, trechos de chapas de gesso e massa para rejunte. Lessa (2005) também lembra que, diferente da alvenaria, o *Drywall* não suporta por muito tempo a umidade, portanto os vazamentos devem ser consertados com rapidez.

Ainda falando de desempenho mecânico, o sistema possui mais um ponto negativo no que diz respeito às elevações de cargas. Na instalação convencional do *Drywall* não existe resistência suficiente para pendurar cargas mais elevadas, como uma televisão ou um ar condicionado. Para suspender essas cargas, há a necessidade de reforçar as estruturas dos perfis laminados.

Existe ainda uma barreira cultural, seja por inexperiência ou por falta de conhecimento técnico, por parte da população brasileira na aceitação do *Drywall*. Essa barreira é fruto de uma ideia errônea de um desempenho acústico falho.

Os níveis de isolamento dependem do tipo de material isolante colocados entre as placas de gesso acartonado e das espessuras do mesmo. Geralmente, essas variáveis são pré-estabelecidas em projeto de acordo com o nível de isolamento requerido (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

4.2.3.4 Vantagens e Desvantagens

No campo das vantagens e desvantagens do *Drywall*, podemos citar algumas características do sistema no intuito de as comparar com as vedações convencionais e analisar a viabilidade do uso.

Podemos destacar vantagens como:

- a) Versatilidade para diferentes formas geométricas das paredes;
- b) Capacidade de atender a diferentes níveis de desempenho acústico, quando utilizados os preenchimentos das chapas duplas com os materiais isolantes;
- c) Acabamentos perfeitos e sem trincas ou imperfeições, bem comuns na alvenaria convencional;
- d) Alívio nas estruturas e fundações por conta do peso reduzido do sistema, e conseqüente simplificação da estrutura, bem como maior espaçamento entre pilares e possível adoção de lajes planas de concreto armado ou protendido;
- e) Conseqüente redução dos custos da construção em cerca de 20 a 30% quando comparado com a alvenaria convencional, por conta da redução do peso da estrutura;
- f) Eliminação de entulhos e desperdícios por conta de quebras e retrabalho decorrentes;
- g) Redução de volume e de peso e conseqüente economia no transporte vertical e horizontal de material na obra;
- h) Proporciona melhores soluções para os demais subsistemas, como facilidades das manutenções nas instalações elétricas e hidráulicas;
- i) Produtividade elevada, gerada pela continuidade do trabalho, operações de montagem, elementos com dimensões maiores quando comparados

com os blocos cerâmicos, repetição de operações e eliminação de perdas de materiais e tempo não produtivo de mão de obra;

- j) Possibilidade de redução de custos pela redução dos prazos da obra;
- k) Possibilidade de controle de qualidade, reduzindo o retrabalho na obra (LESSA, 2005).

Agora passando para as desvantagens, podemos citar algumas delas também:

- a) Vazamentos acidentais podem causar danos irreparáveis às paredes;
- b) Quando mantida elevada a umidade relativa do ar, fungos tendem a se desenvolverem nos cartões do gesso. Para evitar essa desvantagem, deve-se proteger a superfície com pinturas de baixa permeabilidade ao vapor com fungicidas;
- c) Não é recomendado o emprego das chapas de gesso acartonado, mesmo as resistentes à água, em divisórias em contato com boxes, banheiras ou bancadas de pia;
- d) Encontro das paredes internas com paredes externas podem eventualmente umedecer as placas de gesso por ação da infiltração da água. Portanto, deve-se prever um detalhe que garanta a separação das chapas e do montante da parede externa;
- e) Som oco, quando a divisória é percutida. Essa característica é intrínseca do material e, portanto, nada pode ser feito;
- f) Os vazios internos, quando não corretamente preenchidos, podem servir de ninhos e esconderijos para insetos (LESSA, 2005).

4.2.4 Sequência Construtiva

4.2.4.1 Marcação e Fixação das guias

Algumas condições devem ser atendidas antes das marcações começarem a ser feitas. Previamente, os revestimentos internos e externos necessitam estarem finalizados, os shafts das tubulações já devem estar vedados, as furações já devem estar todas previstas e já executadas e, por fim, as chapas devem estar estocadas no andar.

Depois das condições atendidas e do andar liberado, são marcados os posicionamentos das guias a partir dos eixos conforme projeto.

Após as marcações concluídas, uma banda acústica autoadesiva é colocada nas guias e as guias são posicionadas conforme a marcação. Em seguida elas são fixadas no chão com uma pistola, utilizando cargas e ferramentas de tiro adequadas ao tipo de superfícies que as guias estão sendo fixadas.

Para a marcação e fixação da guia superior deve ser utilizado um nível a laser. Deve ser executado o serviço com atenção para que as guias fiquem no esquadro (LESSA, 2005).

4.2.4.2 Montagem da Estrutura de Sustentação

A distribuição dos montantes deve ser feita respeitando as quantidades e espaçamentos pré-estabelecidos no projeto.

O montante deve ser apoiado totalmente na guia inferior e travado por parafusos nos dois lados do montante. A figura 8 ilustra bem a guia fixada diretamente no revestimento do piso já finalizado e os montantes apoiados e travados sobre ela.



Figura 8 - Estrutura *Drywall* FONTE: www.larevestimentos.com

O travamento do montante na guia superior deve ser feito com um alicate de punção, também nos dois lados do montante. No caso das bandeiras das portas, o travamento da guia superior deve ser feito aparafusando a aba da guia de virada da bandeira.

Quando houver a necessidade de passagens de instalações e/ou reforços para fixação de peças suspensas pesadas, os elementos devem ser aplicados antes da colocação das chapas.

Nas aberturas de vãos de janelas, preferencialmente devem ser utilizados montantes duplos nas laterais (LESSA, 2005).

4.2.4.3 Chapeamento

Depois de montadas as estruturas de sustentação das chapas, já podem ser executadas as fixações das chapas de gesso acartonado nessas estruturas.

Lessa (2005) alerta que antes de iniciar o serviço de chapeamento, é recomendável que os caixilhos e vidros que vedam os andares já estejam colocados, no intuito de proteger as chapas de gesso numa eventual chuva forte.

As placas devem ser cortadas nas medidas necessárias com a utilização das ferramentas adequadas, sempre atentando para as especificações das chapas determinadas em projeto.

As placas são então fixadas nos perfis por parafusos, sempre executados perpendicularmente às chapas e não deixando frestas entre as placas justapostas. São fixadas com folgas de 1 cm das lajes superiores e inferiores. Para evitar que o cartão seja estourado e para permitir o cobrimento da massa de acabamento sobre a cabeça do parafuso, a profundidade que o parafuso deve penetrar na chapa é de aproximadamente 1 mm.

Quando previstas em projeto, a instalação dos materiais isolantes deve ser executada antes do fechamento da parede. O posicionamento deve ser executado preferencialmente após uma das chapas já tiver sido fixada. Após o posicionamento dos materiais isolantes, a parede é então fechada. Esse material isolante deve ser posicionado entre os montantes da estrutura de sustentação, evitando espaços vazios e consequente formação de pontes térmicas (LESSA, 2005), conforme a figura 9.



Figura 9 - Execução do Isolamento no *Drywall* FONTE: www.anovavisaodivisorias.com.br

4.2.4.4 Tratamento em juntas

Inicialmente é preparada a massa com um batedor elétrico até atingir o ponto de enfitamento. A fita é então, com o lado correto, preenchida com a massa e posicionada no centro das juntas. Deve-se comprimir a fita contra a junta para obtenção de uma aderência inicial. Com auxílio de uma espátula, deve ser feito o alisamento e a retirada parcial de massa e possíveis bolhas.

Após a secagem da fita, as superfícies enfitadas devem ser levemente lixadas. A massa é então aplicada sobre a fita, para preencher o rebaixo entre as chapas.

Novamente após a secagem, a superfície enfitada é levemente lixada e limpa por completo. Uma segunda demão é aplicada na região das superfícies enfitadas.

Após nova secagem, as juntas são mais uma vez lixadas até que se obtenha uma planicidade entre as chapas. Uma terceira demão é aplicada, garantindo um aumento gradativo da espessura da junta e, após novo lixamento, a planicidade entre as chapas deve estar garantida.

Acabamentos de parafusos e eventuais irregularidades devem ser feitos da mesma maneira, com preenchimento de massa, seguido de lixamento após secagem (LESSA, 2005).

4.3 Wood Frame

4.3.1 Características Gerais

Santos (2010) define que *Wood Frame* é o nome dado no idioma inglês para o sistema construtivo em chapas de fechamento em madeira e sustentáculo em molduras também de madeira.

Edifícios com estruturas em madeira são especialmente utilizados na construção de moradias unifamiliares ou pequenos blocos de apartamentos. No entanto, nos últimos anos alguns avanços com a engenharia têm sido realizados com o objetivo de construir edifícios mais altos, com seis ou mais andares (FUTURENG).

A figura 10 ilustra uma construção de um pequeno bloco de apartamentos utilizando o sistema *Wood Frame*.



Figura 10 - Exemplo de Construção em *Wood Frame* FONTE: Torquato (2010)

Torquato (2010) expõe que embora esse sistema construtivo seja bastante difundido em países do hemisfério norte, a realidade construtiva brasileira inviabiliza a adoção deste tipo de sistema aqui no Brasil. Entretanto, a única restrição que o *Wood Frame* encontra aqui é a questão cultural, visto que essas construções são vistas com algum preconceito.

4.3.2 Breve Histórico

As raízes do *Wood Frame* estão em estruturas de madeira com elementos de maiores seções, conhecidas nos países anglófonos como *Timber Framing* ou *Half Timbering*. As técnicas aplicadas neste tipo de estruturas em madeira são conhecidas há milhares de anos e foram utilizadas em muitos lugares do mundo e em variadas épocas, como no antigo Japão e na Europa medieval. Estas técnicas eram comuns à construção naval. Conhecimento e perícia de marceneiros eram fundamentais.

Com a colonização da América, os povos da Europa levaram consigo seus conhecimentos de marcenaria e carpintaria. Matéria prima nas terras novas era abundante e, desse jeito, cidades inteiras eram construídas com estruturas de madeira com elementos de grandes seções.

Com a revolução industrial no final do século XVIII, novos meios de produção proliferaram serrações que forneciam perfis em madeira em formatos padronizados. Pregos e parafusos metálicos também começaram a ser utilizados como conectores, substituindo os métodos de encaixe do *Timber Framing* que exigiam mão de obra especializada.

Um novo método de construção foi então desenvolvido em Chicago na década de 1830 e designado por *Balloon Framing*. As moradias eram então construídas com montantes erguidos verticalmente das fundações até a cobertura e as vigas dos pisos eram pregadas contra a lateral de cada montante. Este novo sistema era ideal para atender ao rápido crescimento da população norte americana e sua expansão para o Oeste. Este método foi popular enquanto a madeira era abundante, mas passou a ser substituído pelo método conhecido como *Platform Framing*.

O então novo método *Platform Framing* descreve a atual forma de construir com estruturas de madeira, ou *Wood Frame*. As vigas dos pisos são assentadas diretamente no topo dos montantes inferiores, criando um pórtico sobre o qual se apoiam os perfis do andar superior.

Na sequência, as grandes cidades começaram a requisitar construções cada vez mais altas, devido ao elevado valor dos terrenos. No século XX, com o advento do ferro e do aço na construção civil, as estruturas de madeira das cidades americanas começaram a dar lugar ao metal, alcançando uma quantidade maior de andares (FUTURENG).

4.3.3 Características Técnicas

4.3.3.1 Componentes

A madeira utilizada para execução das peças lineares estruturais do sistema *Wood Frame* é o Pinus. Essa madeira precisa passar por processos de tratamentos em autoclaves, para ficarem imunes ao ataque de cupins.

A produção do Pinus no Brasil é uma atividade comercial formal presente em todos os estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Este fato é uma base florestal importante para considerar o sistema *Wood Frame* como sustentável, no ponto de vista do atendimento da demanda (TORQUATO, 2010).

As placas utilizadas no sistema são placas de OSB (Oriented Strand Board). Essas placas apresentam resistência mecânica exigida para fins estruturais. São formadas por camadas de partículas com resinas fenólicas, que são orientadas numa mesma direção e então prensadas sob alta temperatura para sua consolidação. Sua concepção nessas condições dão maiores resistência mecânica e rigidez às placas de OSB.

O OSB está no mercado brasileiro desde o início da década de 1980. A principal vantagem da utilização do OSB é de cunho econômico e ecológico. Seu custo é baixo devido ao emprego de matéria prima menos nobre, e por apresentar um consumo energético relativamente baixo (TORQUATO, 2010).

O sistema de vedação e fechamento é composto por alguns componentes: isolantes térmicos e acústicos, painéis de OSB, membrana hidrófuga, placas cimentícias, gesso acartonado e acabamento. A figura 11 ilustra bem os componentes desse sistema e demonstra a ordem de posicionamento entre eles.



Figura 11 - Componentes Parede *Wood Frame* FONTE: www.tecverde.com.br

Considerando os elementos componentes citados, destaca-se a ideia de que para cada item de desempenho, há um elemento específico. Os montantes da estrutura de madeira são a estrutura da parede e da construção. As chapas de OSB no lado externo realizam o contraventamento e suporte para revestimento. Ainda no lado externo, a manta de impermeabilização (hidrófuga) garante a estanqueidade do sistema. O revestimento feito com as placas cimentícias tem a função de proteger o sistema das intempéries e atender requisitos de arquitetura. No lado interno, a utilização dos materiais isolantes com a placa de *Drywall* garante excelentes desempenhos térmicos e acústicos das paredes (TORQUATO, 2010).

As ligações entre os elementos de madeira são todas pregadas. Apesar de parecer primitivo, o prego é um ótimo elemento de fixação, ainda mais quando não pregado perpendicularmente, tornando as ligações mais resistentes. Por conta da longa vida de serviços, esses pregos devem ser sempre galvanizados a fogo (TORQUATO, 2010).

4.3.3.2 Resíduos Gerados

Diferentemente das construções convencionais predominantes no Brasil, o *Wood Frame* é um sistema pré-moldado em fábrica a partir de projeto. Por conta disso, a construção no sistema *Wood Frame* se caracteriza como uma obra limpa.

Outra característica importante do sistema está vinculada aos resíduos sólidos gerados na obra. Além de serem bem menores em quantidade quando comparados aos resíduos gerados nas construções convencionais, são ainda resíduos facilmente recicláveis.

A redução dos desperdícios da obra é em média de 80% quando substituídos os convencionais concreto, aço e bloco cerâmico pela utilização do *Wood Frame* (SANTOS, 2010).

4.3.3.3 Características Estruturais

No âmbito agora das características estruturais do sistema, Santos (2010) afirma que, como o sistema *Steel Frame*, o *Wood Frame* também é um sistema estrutural autoportante. Afirma que a madeira é mais do que suficiente para suportar a carga necessária para a estrutura de coberturas em telhas cerâmicas de uma casa térrea popular. Cita ainda um estudo de Hilgenberg Neto, do ano de 2003, que prova não ser necessário mais do que um montante a cada 60 cm para que as paredes estruturais suportem o carregamento da estrutura necessária tanto para um, quanto para dois pavimentos em *Wood Frame*.

Torquato (2010) utiliza da ideia de que o comportamento estrutural do *Wood Frame* se assemelha ao da alvenaria estrutural, onde cada elemento recebe esforços de diferentes naturezas, sempre conjugados com outros elementos. Resumidamente, as estruturas são dimensionadas como placas e chapas, que recebem cargas tanto no seu plano quanto perpendicularmente a esse.

Os painéis de piso recebem cargas acidentais perpendicularmente aplicadas e de peso próprio, que vão ser resistidas pelas chapas de OSB e vigas por flexão simples. Essas vigas vão se apoiar nas paredes que por sua vez solicitarão os montantes a compressão axial. Esses, por fim, vão descarregar esses esforços no pavimento inferior ou diretamente nas fundações.

Torquato (2010) destaca ainda a grande capacidade de resistência aos esforços de vento. Os esforços horizontais solicitam as paredes perpendicularmente ao seu plano, flexionando os montantes e chapas de OSB. Esses esforços serão repassados para os pisos superiores e inferiores como carga distribuída lineamente na direção de seus planos. Esses esforços são bem resistidos devido à rigidez elevada que esses elementos possuem nos seus planos.

Santos (2010) alerta ainda para a necessidade de montantes duplos nas aberturas de vãos, a fim de garantir a estanqueidade do grupo e servir de apoio para as vergas.

A figura 12 demonstra o posicionamento dos perfis duplos no caso de abertura de vãos.

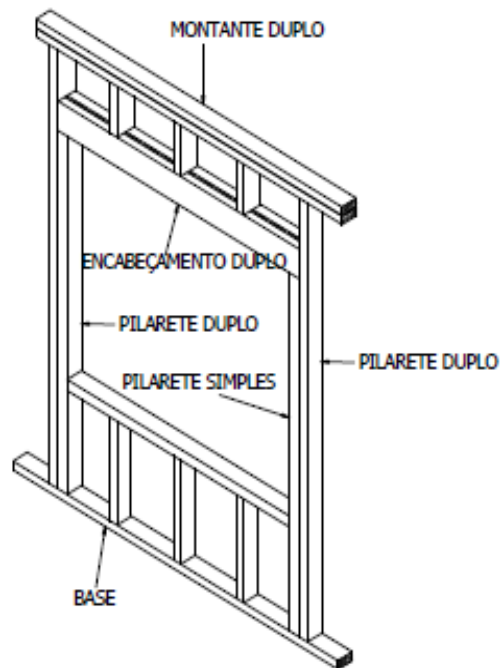


Figura 12 - Montagem Abertura de Vão *Wood Frame* FONTE: Santos (2010)

4.3.3.4 Vantagens e Desvantagens

Para transmitir as vantagens e desvantagens do sistema *Wood Frame*, será utilizada a dissertação de mestrado de Hilgenber Neto (2004). Nela o autor destaca algumas dessas vantagens.

Hilgenberg Neto (2004) destaca como principal vantagem do sistema *Wood Frame* em relação aos métodos convencionais, o fator econômico. Produzida industrialmente, a construção de madeira pode ser significativamente mais barata. Mesmo com a necessidade de secagem adequada e tratamentos para melhor preservação, a produção em série torna-se economicamente viável.

Outra vantagem importante do sistema é a grande diferença no peso da construção, reduzindo as cargas que chegam as fundações. Essas reduções são em torno de 60 % do valor das cargas nas construções convencionais.

A não necessidade de tempo de cura nas construções em *Wood Frame* é outra vantagem do sistema em relação ao sistema convencional, bem como o impacto

ecológico favorável da solução em relação ao concreto e alvenaria que causam impactos ambientais negativos.

Hilgenberg Neto (2004) destaca ainda vantagens como a praticidade de adaptação da casa para novas configurações, a possibilidade de manutenção realizada pelos próprios usuários e a possibilidade de melhorias significativas no desempenho térmico e acústico da construção.

4.3.3.5 Alguns Métodos de Construção e Instalações Complementares

Do mesmo modo que nas construções em *Steel Frame*, a redução do peso total da construção é uma característica da construção em *Wood Frame*. Isso faz com que as soluções de fundação das construções em *Wood Frame* sejam as mesmas utilizadas no sistema *Steel Frame*. A solução mais adotada para o sistema é a fundação do tipo radier. Sob o ponto de vista da durabilidade, deve-se tomar cuidado com as infiltrações de água pela fundação, para que não cheguem às peças de madeira (TORQUATO, 2010).

Com relação à estrutura das construções, como já descrito ou citado no trabalho, são compostas por montantes verticais em madeira, posicionados de forma equidistantes. São montados quadros estruturais com esses montantes e perfis unindo as pontas.

Esses quadros formados pelos montantes e pelas guias são fixados à base que é a laje do radier. Essa fixação é realizada por parafusos. São fixados os quadros subsequentes e depois os quadros transversais, e eles se fixam entre si. Essa fixação entre eles configura a amarração rígida necessária à estrutura. São utilizados perfis posicionados perpendicularmente aos montantes e a meia altura, que vão atuar como corta fogo e aumentar o enrijecimento da estrutura. As placas de OSB e as vigas que apoiam essas placas do piso dos pavimentos acima são apoiadas diretamente nos quadros. A execução dessa estrutura continua da mesma forma, somente não apoiando mais os quadros no radier e sim nas estruturas que fazem o papel do piso dos pavimentos superiores (HILGENBERG NETO, 2004).

Os fechamentos e vedações das construções do sistema *Wood Frame* já foram citados no item que descreve os componentes do sistema.

As instalações hidro-sanitárias e elétricas, bem como nas estruturas em *Steel Frame*, são posicionados nos espaços físicos entre as placas de vedação das paredes. Também não são necessários trabalhos de rasgos e furos para execução das instalações, refletindo também em ganho de tempo de execução. O fechamento das paredes também só é feito após a execução das instalações. Mais uma vez é apontado o fato da maior facilidade para executar a manutenção dessas instalações (HILGENBERG NETO, 2004).

A estrutura das coberturas das construções em *Wood Frame* é feita com tesouras de madeira, bem como em algumas construções convencionais. Os tipos de fechamento das construções convencionais também são adaptáveis ao sistema *Wood Frame*, como utilização de telhas cerâmicas, fibrocimento, entre outras (HILGENBERG NETO, 2004).

Hilgenberg Neto (2004) apresenta ainda solução para o revestimento externo das construções com a utilização dos ‘*siding*’ vinílicos, fabricados no Brasil. Existe uma gama de cores deles que podem ser adequadas às pretensões arquitetônicas dos projetos das construções. Esse tipo de revestimento confere um acabamento especial, superior ao acabamento conseguido com a pintura das paredes externas, geralmente empregados nas construções convencionais. As placas vinílicas horizontais são fixadas sucessivamente de baixo para cima melhorando o nível estético das construções. A figura 13 ilustra esse acabamento em *siding* vinílico.

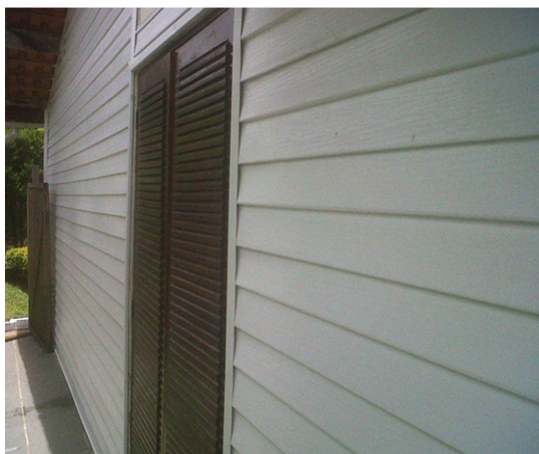


Figura 13 - Acabamento Externo em *Siding* Vinílico FONTE: <http://lojadorevestimento.wordpress.com>

4.4 Parede Dupla de Concreto

Trata-se de uma tecnologia extremamente nova e pouco descrita e/ou presente em trabalhos acadêmicos até então. A dificuldade de encontrar material que baseasse o texto deste item das Paredes Duplas de Concreto foi grande e por conta disso, a estruturação do item vai ser diferente dos demais itens deste capítulo. A bibliografia utilizada se resume a informações oferecidas em sites de empresas que produzem e executam as instalações no Brasil. Foi utilizado também um artigo encontrado em um site da fábrica de cimento Itambé.

4.4.1 Brevíssimo Histórico

Gomes (2012) diz em seu artigo que a tecnologia das Paredes Duplas de Concreto foi criada na Alemanha em 1990. No Brasil, a tecnologia chegou apenas em 2009, mas já começa a se tornar competitiva nas construções de galpões industriais e shopping centers. Nesses últimos quatro anos, a tecnologia experimenta uma demanda cada vez mais crescente.

4.4.2 Descrição

A Parede Dupla de Concreto, também conhecida como parede componente, é uma parede pré-fabricada constituída por duas placas de concreto. A espessura dessas placas que constituem a parede dupla variam entre 4,5 e 7 cm. As placas ficam unidas por uma armadura treliçada inserida no processo de pré-fabricação da parede. As paredes de concreto trabalham como elementos estruturais e toda armação estrutural necessária às paredes são construídas dentro do componente pré-fabricado. As instalações complementares também são inseridas dentro do elemento pré-fabricado (VOLLERT).

Do mesmo modo que nos demais sistemas estruturais citados neste capítulo, são feitas as marcações do posicionamento das paredes. São então posicionadas, com a utilização de guindastes por içamento, e fixadas (SUDESTE).

No local da obra, após a instalação das paredes duplas, o espaço entre as placas é preenchido com concreto. Neste sentido, a parede dupla é um componente semi pré-fabricado. O processo produz uma parede monolítica densa e extremamente sólida e resistente, combinando as vantagens da pré-fabricação com as de uma parede fabricada em moldes concretados na obra. Podem ser usadas tanto em níveis inferiores (subsolos) quanto em qualquer um dos níveis superiores da construção (VOLLERT).

O preenchimento interno das paredes também pode ser feito com outros tipos de materiais como concreto celular, poliuretano expandido ou isopor, dependendo da função da parede no projeto. Esses materiais podem garantir ao sistema de vedação altos desempenhos de isolamento térmico e acústico (GOMES, 2012).

A figura 14 ilustra as placas de concreto ligadas pela treliça metálica e o vão entre elas que são preenchidos com concreto.



Figura 14 - Parede Dupla de Concreto FONTE: www.olmetitaly.com

A Sudeste, empresa que produz e instala os módulos de paredes duplas no Brasil, destaca em seu site algumas especificações técnicas dessas paredes duplas de concreto:

- a) Espessura das placas de concreto de 4,5 a 7 cm;
- b) Espessura total da parede de 15 a 37 cm;
- c) Medidas máximas de 13,3m de comprimento por 3,2m de altura;
- d) Composição das paredes com concreto com $f_{ck} \geq 40$ MPa;
- e) Aplicação em paredes externas e internas.

Como as Paredes Duplas de Concreto são, além de elementos da vedação da construção, elementos estruturais apenas verticais, a Sudeste sugere ainda que os elementos estruturais horizontais sejam executados com lajes treliçadas, que seriam as lajes nervuradas com vigotas pré-fabricadas, descritas no capítulo 3.

4.4.3 Vantagens e Desvantagens

Com relação às vantagens e desvantagens do sistema de Paredes Duplas de Concreto, a Sudeste disponibiliza um informativo que faz a comparação do sistema com a construção convencional. Serão relatados os tópicos comparativos a seguir:

- a) Com relação à mão de obra, a vantagem do sistema está na equipe que vai realizar a montagem dos módulos. Essa equipe é significativamente reduzida quando comparada a equipe de uma construção convencional. No entanto, o nível de qualificação e especialização da equipe é maior;
- b) A velocidade da obra com paredes duplas é muito maior do que a construção convencional. Todo o processo de uma construção de pequeno porte, produção dos módulos, transporte e montagem dos mesmos, é executado em questão de dias. Na construção convencional, todo o processo é executado no canteiro e pode levar meses, quando considerada uma construção do mesmo porte;
- c) A parede dupla dispensa acabamentos nas superfícies dos módulos, podendo receber diretamente a pintura. No caso da construção

convencional, esse acabamento depende da qualificação da mão de obra que executa o serviço;

- d) No que diz respeito ao desperdício, gira em torno de 30% nas construções convencionais. Nas obras com Paredes Duplas de Concreto, onde os módulos possuem precisão milimétrica e encaixes perfeitos, esse desperdício é praticamente nulo;
- e) Diferentemente das obras convencionais, não são apresentadas sobras e/ou descartes e o canteiro permanece limpo e seco;
- f) A desvantagem principal do sistema de Paredes Duplas de Concreto fica por conta da dificuldade de execução de reparos e manutenções das instalações que ficam entre as placas de concreto do elemento pré-fabricado.

5. Análises Comparativas entre sistemas construtivos secos e convencionais

Durante o trabalho de pesquisa para o embasamento da parte textual dessa monografia, alguns estudos de casos interessantes foram encontrados. A metodologia desses estudos de caso era, em geral, a seguinte: seleção de um tipo de construção, levantamento qualitativo e quantitativo para um método alternativo de construção, o mesmo levantamento para o método convencional de construção e por fim, uma análise comparativa entre esses levantamentos.

No intuito de analisar a viabilidade dos métodos descritos na presente monografia, foram selecionados alguns desses estudos e serão feitas abordagens sobre eles no decorrer deste capítulo.

Foram avaliados os seguintes estudos de caso:

- A) Construção de Casas Populares no Nordeste do Brasil, realizado por Oliveira (2012). Trata-se de uma análise comparativa entre dois sistemas construtivos aplicados na construção de casas populares no Brasil, o sistema convencional e o sistema *Steel Frame*, englobando aspectos técnicos e econômicos;
- B) Morada *Residence*, realizado por Silva (2009). Trata-se também de uma análise comparativa entre a realização das vedações internas do edifício com alvenarias convencionais e com *Drywall*. O objetivo do estudo é analisar a diferença das cargas apoiadas nas estruturas e fundações do edifício pelos dois sistemas e a consequente redução de custos
- C) Colégio Estadual Professora Teresinha Rodrigues da Rocha, realizado por Santos (2010). Trata-se de mais uma análise comparativa, dessa vez entre a construção de edifícios públicos escolares realizada em *Wood Frame* e realizada convencionalmente. O objetivo do estudo é demonstrar a viabilidade técnica do processo construtivo em madeira, mostrando seus benefícios para a sociedade e meio ambiente.

5.1 Construção de Casas Populares no Nordeste do Brasil

Em um cenário de déficit habitacional na região nordeste do Brasil, Oliveira (2012) realizou um estudo comparativo de dois sistemas construtivos aplicados à construção de casas populares.

O primeiro deles seria um sistema convencional de construção na região com fundações corridas, paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos rejuntados com cimento e areia e cobertura em madeira com telhas cerâmicas. O segundo sistema de construção seria o *Steel Frame*. Foram feitas análises de aspectos técnicos e econômicos, como resistência e segurança estrutural, conforto térmico e acústico, velocidade construtiva e custo.

Com esse estudo, Oliveira (2012) tinha o objetivo de incentivar o uso de novas tecnologias mais seguras, rápidas e sustentáveis para diminuir o déficit habitacional e melhorar a qualidade das moradias do país.

5.1.1 Aspectos Técnicos

5.1.1.1 Resistência estrutural

A primeira impressão ao se observar uma estrutura em *Steel Frame* montada no canteiro de obras é de que ela é frágil por sua leveza. A sensação é de que com um vento mais forte, a estrutura provavelmente entrará em colapso. Oliveira (2012) assegura que essa impressão não condiz com a realidade do sistema.

A resistência estrutural das casas populares é assegurada por vergalhões de aço que são inseridos nas cintas de amarração superiores e inferiores, nas vergas e nas contra vergas. A função desses vergalhões é distribuir e uniformizar os esforços e de servir como amarração das paredes, garantindo a estabilidade estrutural.

Comparativamente, a proporção de aço estrutural utilizado na construção convencional representa proporções muito inferiores frente à construção em *Steel Frame*. Nessa linha de pensamento, o desempenho estrutural do Steel Frame se torna muito maior, já que toda sua estrutura é constituída por perfis de aço conectados por parafusos também de aço estrutural. Essas condições garantem ainda melhores capacidades de deformação e flexibilidade à estrutura, possibilitando adaptações a mínimos recalques do terreno sem causar abertura de fissuras nas paredes, como acontece nas construções convencionais (OLIVEIRA, 2012).

O comportamento estrutural do Steel Frame é tão bom que ele é amplamente utilizado em países com incidência de sismos. Em testes realizados que simulam abalos sísmicos em escala real, apresentam ótimos resultados. Abalos esses que provavelmente levariam uma estrutura convencional a colapsar (OLIVEIRA, 2012).

5.1.1.2 Isolamento térmico

O comportamento térmico de uma parede é caracterizado pelo seu coeficiente de transmissão térmica. Esse coeficiente é determinado pela soma dos coeficientes de cada camada constituinte da parede.

Oliveira (2012) apresenta as resistências térmicas da lã de vidro, geralmente utilizadas como isolantes nas construções em *Steel Frame*, e da parede da construção convencional para fazer uma comparação do desempenho entre elas. A tabela 1 apresenta o desempenho da lã de vidro.

Espessura da lã de vidro	Condutividade Térmica (W/m °c)	Resistência Térmica (m ² °C/W)
50 mm	0,042	1,19
75mm	0,042	1,78
100 mm	0,042	2,38

Tabela 1 - Resistência e Condutividade Térmica – Lã de Vidro FONTE: Oliveira (2012)

No caso da alvenaria em tijolos cerâmicos, além da propriedade cerâmica, deve-se levar em conta o ar presente nos furos e o revestimento, que aumentam a sua resistência térmica. A tabela 2 indica o desempenho térmico de tijolos com espessura de

200 mm, que são tijolos semelhantes aos que foram tratados no trabalho de Oliveira (2012).

Espessura	Condutibilidade térmica (W/m °C)	Resistência térmica (m ² °C/W)
200 mm	0,156	1,305

Tabela 2 - Resistência e Condutividade Térmica – Tijolos Cerâmicos FONTE: Oliveira (2012)

Partindo desses dados, Oliveira (2012) afirma que seria necessária uma parede com espessura muito superior às comumente utilizadas para se ter o mesmo isolamento de um painel utilizado nas construções em *Steel Frame*.

5.1.1.3 Isolamento acústico

A capacidade de isolamento sonoro de uma parede pode ser estimada através da Classe de Transmissão de Som Aéreo (CTSA).

Analogamente ao isolamento térmico, Oliveira (2012) faz a comparação do desempenho acústico entre os sistemas utilizando tabelas. A tabela 3 fornece o CTSA para alguns componentes utilizados na construção em *Steel Frame*.

Componente da construção	CTSA
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	33
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 15,0 mm em ambos os lados sem isolamento com lã mineral	34
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	36
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 15,0 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 50 mm de espessura	38
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 12,5 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75 mm de espessura	45-49
Painel de gesso acartonado com montantes 90x40 a cada 400mm com placas de gesso de 15,0 mm em ambos os lados com isolamento de lã mineral de 75 mm de espessura	50-54

Tabela 3 - Classe de Transmissão do Som Aéreo – *Steel Frame* FONTE: Oliveira (2012)

A tabela 4 fornece o CTSA para uma parede em alvenaria com espessura normalmente utilizada numa construção convencional.

Configuração da parede	Espessura (mm)	CTSA
Blocos cerâmicos de vedação revestidos com argamassa	125	41

Tabela 4 - Classe de Transmissão do Som Aéreo – Parede de Alvenaria FONTE: Oliveira (2012)

Com base nos dados das tabelas 3 e 4, ambos os sistemas apresentam características muito semelhantes no que diz respeito ao isolamento acústico. Todavia, Oliveira (2012) diz que, com o intuito de melhorar o desempenho no sistema *Steel Frame*, não é viável a utilização de placas mais espessas de gesso acartonado nem de lã mineral, por conta do custo delas.

5.1.2 Aspectos Econômicos

5.1.2.1 Velocidade Construtiva

Oliveira (2012) destaca que, bem como a racionalização de materiais e de mão de obra, a velocidade construtiva é uma das principais características da construção em *Steel Frame*. Características essas que fazem com que a estrutura alcance preços competitivos com as construções convencionais.

A comparação da velocidade construtiva entre os sistemas é feita através das suas produtividades. As tabelas 5 e 6 explicitam a produtividade dos sistemas *Steel Frame* e convencional, respectivamente.

Descrição	homem hora/m ²
Montar a estrutura de aço	0,25
Fechar com placas cimentícias	0,22
Isolar com lâ de vidro	0,06
Pintura em látex	0,85
Total (homem hora/m²)	1,38

Tabela 5 - Produtividade – *Steel Frame* FONTE: Oliveira (2012)

Descrição	homem hora/m ²
Alvenaria de tijolo cerâmico furado esp. nominal 10 cm	2,10
Chapisco	0,50
Emboço desempenado	1,71
Pintura em látex	0,85
Total (homem hora/m²)	5,16

Tabela 6 - Produtividade – Construção Convencional FONTE: Oliveira (2012)

Comparativamente, a velocidade construtiva do sistema *Steel Frame* é muito superior do que a da construção convencional. Se considerados os dados fornecidos nas tabelas 5 e 6, a produtividade do *Steel Frame* chega a ser quase quatro vezes maior.

Oliveira (2012) alerta ainda que, caso exista um planejamento para que os painéis estruturais sejam pré-fabricados e somente montados no canteiro, o tempo de execução do *Steel Frame* seria ainda mais reduzido. Entretanto, se o projeto não for bem planejado e executado por pessoas tecnicamente preparadas, essa grande vantagem do *Steel Frame* pode se tornar um empecilho.

5.1.2.2 Custo

O custo utilizado nas comparações dos sistemas considerará apenas estrutura e fechamento como parâmetros. Mão de obra, por exemplo, não é um fator considerado na análise do autor. As tabelas 7 e 8 destacam valores em moeda nacional da construção por metro quadrado dos sistemas construtivos.

MATERIAL	UNID.	CONSUMO	PREÇO UNITÁRIO (RS)	PREÇO TOTAL (RS)
Perfis Uenrijecido (140x40x0,95mm)	kg	1,60	5,60	8,96
Perfis U (140x50x1,05mm)	kg	0,34	5,60	1,90
Fita metálica 1,0mm	kg	0,36	5,60	2,02
Chumbador	uni	0,07	1,20	0,08
Parafusos Fixadores	uni	2,35	0,05	0,12
Placas de Gusset	kg	0,03	5,60	0,17
Gesso acartonado	m ²	0,60	20,00	12,00
Gesso acartonado (RU)	m ²	0,13	20,00	2,60
Placa de OSB 12mm	m ²	0,27	18,00	4,86
Tinta Látex	l	0,18	8,78	1,58
Líquido preparador	l	0,09	9,29	0,84
Líquido selador	l	0,09	12,00	1,08
Mão de Obra Total	h	1,38	18,81	25,96
				Leis Sociais 22%
				BDI 23%
				TOTAL
				31,67
				14,30
				108,13

Tabela 7 - Composição Custo Unitário – Steel Frame FONTE: Oliveira (2012)

MATERIAL	UNID.	CONSUMO	PREÇO UNITÁRIO (RS)	PREÇO TOTAL (RS)
Alvenaria de bloco cerâmico portante e=14cm	m ²	1,00	49,01	49,01
Concreto Grout para parede auto-portante	m ²	0,006	416,08	2,50
Armadura CA50 Ø8mm paraparede auto portante	kg	1,60	7,53	12,05
Chapisco	m ²	1,00	5,77	5,77
Emboço desempenado	m ²	1,00	20,18	20,18
Látex	m ²	1,00	12,87	12,87
				TOTAL
				102,37

Tabela 8 - Composição Custo Unitário – Construção Convencional FONTE: Oliveira (2012)

No quesito custo da comparação, a construção em Steel Frame se apresenta um pouco mais desvantajosa. Considerando apenas os materiais componentes das estruturas e vedações, o custo se apresenta cerca de 6% mais caro, quando comparado com as construções convencionais.

5.1.3 Considerações Finais

No intuito inicial de se comprovar a viabilidade do uso do sistema *Steel Frame* para construção de casas populares no nordeste, as análises comparativas feitas por Oliveira (2012) permitiu algumas conclusões.

No que diz respeito aos aspectos técnicos, a construção em *Steel Frame* nada deixa a desejar. Apresenta características tão boas quanto, quando não superiores, ao sistema convencional de construção. Desse modo, a viabilidade técnica do uso do *Steel Frame* fica definida.

Passando para o quesito econômico, há uma necessidade de maior cautela na análise da viabilidade. O custo dos materiais é superior nas construções em *Steel Frame*. Se considerados os valores de mão de obra, a diferença de custo entre os sistemas deve se acentuar ainda mais, visto a necessidade de uma mão de obra mais especializada para executar o sistema *Steel Frame*.

Por outro lado, leva-se em consideração a produtividade do sistema, próximo de quatro vezes maior do que a produtividades nas construções convencionais.

Pensando como empreendedor, combinando custos e produtividades, a viabilidade econômica também é definida. Essa viabilidade fica definida enquanto as margens de lucro na venda de uma casa construída convencionalmente não seja quatro vezes maior do que o lucro da venda de uma casa em *Steel Frame*.

Em outras palavras, se eu faço uma casa em quatro semanas e ganho 'x' usando construção convencional, se eu fizer pelo menos 4 casas dessa pra ganhar 25% de 'x' em cada usando *Steel Frame*, eu consigo o mesmo lucro no final das quatro semanas. A vantagem é que, se bem planejada e executada, o lucro dessa casa em *Steel Frame* pode ser muito maior ou quase igual ao 'x' do lucro da construção convencional. Tornando meu lucro muito maior nessas quatro semanas.

5.2 'Morada Residence'

Pensando em alternativas para redução de custos e mantendo qualidade, considerando uma redução das cargas permanentes sobre as estruturas e fundações dos edifícios, Silva (2009) realizou um estudo comparativo para execução da vedação de um edifício com 10 pavimentos residenciais, o Morada *Residence*. O edifício estudado é composto por 40 unidades residenciais com layouts iguais e com 53,45m². O sistema alternativo escolhido de vedação foi o *Drywall*.

A planta baixa do pavimento tipo está disponível em anexo.

Foi estudada somente a substituição da alvenaria convencional por *Drywall* nas divisórias internas do edifício, totalizando uma área de 4717,20 m². Essa área foi a base de cálculo para o estudo comparativo em todos os aspectos.

5.2.1 Levantamentos

5.2.1.1 Cargas na Estrutura

Silva (2009) tomou a área total das divisórias internas para comparar a carga que os sistemas *Drywall* e convencional colocariam sobre a estrutura do edifício. A tabela 9 explicita a carga para cada um dos sistemas, levando em consideração o peso por metro quadrado de cada um deles.

DIFERENÇA DE CARGA					
DRYWALL X ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO					
ITEM	SERVIÇO	UNIDADE	QUANTI.	PESO (kg/m ²)	PESO TOTAL SOBRE A ESTRUTURA (t)
1.1	Execução de paredes em chapas de <i>drywall</i> 10cm	m ²	4717,2	30,00	141,52
1.2	Execução de paredes em alvenaria convencional de bloco ceramico	m ²	4717,2	180,00	849,10

Tabela 9 - Carga Divisórias Internas na Estrutura FONTE: Silva (2009)

Os dados levantados por Silva (2009) apresentam uma redução de cargas aplicadas na estrutura pelas divisórias internas de quase 85% quando substituída a alvenaria cerâmica pelo sistema *Drywall*.

5.2.1.2 Custo de Mão de Obra

Para a análise do custo da mão de obra, é válido lembrar que os levantamentos dos valores unitários para cada sistema foi feito no ano de 2009. Os valores podem ter sofrido alterações, mas nada que possa comprometer a análise. A tabela 10 mostra os dados levantados por Silva (2009) referentes a custos de mão de obra para cada um dos sistemas.

MÃO DE OBRA					
DRYWALL X ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO					
ITEM	SERVIÇO	UNIDADE	QUANTIL	PREÇO UNITÁRIO MÃO DE OBRA	PREÇO GLOBAL MÃO DE OBRA
1.1	Execução de paredes em chapas de <i>drywall</i> 10cm	m ²	4717,2	R\$ 23,33	R\$ 110.052,28
1.2	Execução de paredes em alvenaria convencional de bloco cerâmico 14cm	m ²	4717,2	R\$ 24,86	R\$ 117.269,59

Tabela 10 - Custo Mão de Obra Especializada FONTE: Silva (2009)

Mesmo que necessária uma mão de obra mais especializada para a execução dos serviços em *Drywall*, por conta do tempo de execução, o custo da mão de obra para execução do *Drywall* é cerca de 5% mais barato do que o custo para executar o serviço em alvenaria de tijolos cerâmicos.

5.2.1.3 Custo de Material

As mesmas considerações feitas para o custo da mão de obra também serão feita para os custos de materiais. As tabelas 11 e 12 mostram o custo dos materiais utilizados para execução de um metro quadrado de divisória interna em *Drywall* e em alvenaria cerâmica, respectivamente.

CUSTO DE MATERIAL		
DRYWALL		
ITEM	SERVIÇO	PREÇO GLOBAL MATERIAL
1.1	Perfil Guia	R\$ 4,44
1.2	Perfil Montante	R\$ 2,60
1.3	Chapa <i>drywall</i> ST 12,5mm	R\$ 6,80
1.4	Lã de Vidro	R\$ 7,18
1.5	Acabamento em massa corrida	R\$ 0,75
1.6	Pintura	R\$ 1,33
	TOTAL DO ORÇAMENTO	R\$ 23,10

Tabela 11 - Custo Material por m² – Drywall FONTE: Silva (2009)

CUSTO DE MATERIAL		
ALVENARIA BLOCO CERÂMICO		
ITEM	SERVIÇO	PREÇO GLOBAL MATERIAL
1.1	Alvenaria	R\$ 5,63
1.2	Argamassa para "levante"	R\$ 2,47
1.3	Reboco	R\$ 5,52
1.4	Acabamento em massa corrida	R\$ 0,75
1.5	Pintura	R\$ 1,33
	TOTAL DO ORÇAMENTO	R\$ 15,70

Tabela 12 - Custo Material por m² – Alvenaria Cerâmica FONTE: Silva (2009)

No que diz respeito ao custo dos materiais, a utilização do *Drywall* mostra uma desvantagem frente à alvenaria cerâmica. Os custos dos materiais do *Drywall* chegam a ser 32% mais caros do que os materiais para a execução da alvenaria.

5.2.1.4 Serviços Acessórios

Silva (2009) destaca alguns serviços de acabamentos que são dispensados quando utilizado o *Drywall*. A execução desses serviços encarece ainda mais a mão de obra da construção convencional. A tabela 13 lista estes serviços.

SERVIÇOS	PAREDES INTERNAS DE ALVENARIA DE BLOCO	PAREDES INTERNAS DE DRYWALL
Ponto para argamassa de revestimento	NECESSÁRIO	NÃO NECESSÁRIO
Argamassa para revestimento	4717,20 x 0,05m x 2faces = 471,72 m ³	ZERO
Sarrafeamento	NECESSÁRIO	NÃO NECESSÁRIO
Reaperto da alvenaria	NECESSÁRIO	NÃO NECESSÁRIO
Amarração alvenaria na estrutura	NECESSÁRIO	NÃO NECESSÁRIO
Instalações	NECESSARIO RASGAR OS BLOCOS PARA EMBUTIR INSTALAÇÕES	INSTALAÇÃO EXECUTADA ANTES DO FECHAMENTO DAS PAREDES
Chapisco para amarração da alvenaria na estrutura	NECESSÁRIO	NÃO NECESSÁRIO
Vergas	6 x 4 x 10 = 240 peças	ZERO

Tabela 13 - Comparação Serviços Acessórios para Execução das Divisórias Internas FONTE: Silva (2009)

5.2.1.5 Quantitativo - Fundação e Estrutura

Para uma análise mais geral da interferência da solução adotada para as divisórias internas no custo final da obra, Silva (2009) levantou dados referentes ao custo de materiais para executar as estruturas e fundação do edifício utilizando cada método e considerando as reduções de cargas demonstradas no primeiro ponto deste item. O levantamento foi também realizado em 2009. As planilhas 14 e 15 expõem esses dados.

DRYWALL					
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
ITEM	SERVIÇO	UNI	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
FÓRMAS					
1.1	Fôrma para Fundação em compensado plastificado 12mm	m ²	34,32	R\$ 22,00	R\$ 755,04
1.2	Fôrma para Fundação em compensado plastificado 12mm incluindo escoramento - Lajes Tipo	m ²	5585,60	R\$ 22,00	R\$ 122.883,20
SUBTOTAL					R\$ 123.638,24
ARMADURAS					
2.1	Aço CA-50 para Fundação	kg	630,00	R\$ 3,45	R\$ 2.173,50
2.2	Aço CA-50 para Estrutura - Lajes Tipo	kg	31470,00	R\$ 3,45	R\$ 108.571,50
SUBTOTAL					R\$ 110.745,00
CONCRETO					
3.1	Concreto de 30MPa para Fundação - bombeado - Sapatas	m ³	41,74	R\$ 300,12	R\$ 12.527,01
3.2	Concreto de 30MPa para Estrutura - bombeado - Lajes, Vigas e Pilares Tipo	m ³	574,14	R\$ 300,12	R\$ 172.310,90
SUBTOTAL					R\$ 184.837,91
DRYWALL					
4.1	Paredes em chapas de <i>drywall</i> 10cm	m ²	4717,20	R\$ 46,43	R\$ 219.019,60
4.2	Acabamento em massa corrida	m ²	9434,40	R\$ 5,67	R\$ 53.493,05
4.3	Pintura	m ²	9434,40	R\$ 4,06	R\$ 38.303,66
SUBTOTAL					R\$ 310.816,31
VERGAS					
5.1	Vergas retas em concreto armado	m	0,00	R\$ 9,80	R\$ 0,00
SUBTOTAL					R\$ 0,00
TOTAL ORÇAMENTO					R\$ 730.037,48

Tabela 14 - Planilha Orçamentária – Fundação e Estrutura – *Drywall* FONTE: Silva (2009)

ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO					
PLANILHA ORÇAMENTÁRIA					
ITEM	SERVIÇO	UNI	QUANT.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
FÓRMAS					
1.1	Fôrma para Fundação em compensado plastificado 12mm	m²	52,56	R\$ 22,00	R\$ 1.156,32
1.2	Fôrma para Fundação em compensado plastificado 12mm incluindo escoramento - Lajes Tipo	m²	5585,60	R\$ 22,00	R\$ 122.883,20
SUBTOTAL					R\$ 124.039,52
ARMADURAS					
2.1	Aço CA-50 para Fundação	kg	1512,00	R\$ 3,45	R\$ 5.216,40
2.2	Aço CA-50 para Estrutura - Lajes Tipo	kg	39278,00	R\$ 3,45	R\$ 135.509,10
SUBTOTAL					R\$ 140.725,50
CONCRETO					
3.1	Concreto de 30MPa para Fundação - bombeado - Sapatas	m³	83,12	R\$ 300,12	R\$ 24.945,97
3.2	Concreto de 30MPa para Estrutura - bombeado - Lajes, Vigas e Pilares Tipo	m³	638,14	R\$ 300,12	R\$ 191.518,58
SUBTOTAL					R\$ 216.464,55
ALVENARIA BLOCO CERÂMICO					
4.1	Alvenaria de bloco cerâmico esp=14cm - 4,5MPa	m²	4717,20	R\$ 44,18	R\$ 208.424,76
4.2	Argamassa para revestimento	m²	9434,40	R\$ 5,52	R\$ 52.077,89
4.3	Acabamento em massa corrida	m²	9434,40	R\$ 5,67	R\$ 53.493,05
4.4	Pintura	m²	9434,40	R\$ 4,06	R\$ 38.303,66
SUBTOTAL					R\$ 352.299,36
VERGAS					
5.1	Vergas retas em concreto armado	m	240,00	R\$ 9,80	R\$ 2.352,00
SUBTOTAL					R\$ 2.352,00
TOTAL ORÇAMENTO					R\$ 835.880,93

Tabela 15 - Planilha Orçamentária – Fundação e Estrutura – Alvenaria Cerâmica FONTE: Silva (2009)

Baseando-se nos levantamentos, observa-se uma redução de quase 15% dos custos referentes ao material para execução da fundação e da estrutura do edifício. Essa é uma redução bastante significativa, visto que fundação e estrutura são responsáveis por uma grande parcela no custo e tempo de execução total da obra.

5.2.2 Considerações Finais

Neste trabalho não foram feitas análises de aspectos técnicos. Todavia, observamos que nos custos de material para execução do *Drywall* é considerada a lâ de vidro, material isolante que viabiliza tecnicamente o estudo anterior. Sendo assim, a viabilidade técnica fica também definida para esse empreendimento.

No que diz respeito à viabilidade econômica, os levantamentos realizados por Silva (2009) foram bem explícitos e comprovaram uma redução no custo final para execução não só das divisórias internas do edifício, mas também nos custos de execução das fundações e estruturas do edifício. Dessa forma, fica definida também a viabilidade econômica do uso do *Drywall* para a vedação interna de edifícios residenciais.

5.3 Colégio Estadual Professora Teresinha Rodrigues da Rocha

O intuito de otimizar as verbas destinadas às obras públicas e a possibilidade de se aliar o desenvolvimento econômico e social do estado com a utilização racional dos recursos naturais do país alavancaram o estudo comparativo para construção de escolas públicas em sistemas alternativos.

O objetivo do estudo de Santos (2010) seria avaliar os benefícios econômicos de construir escolas estaduais em *Wood Frame*, comparando o orçamento da obra convencional com o orçamento da obra executada no sistema.

O objeto do estudo foi o Colégio Estadual Professora Teresinha Rodrigues da Rocha implantado na cidade de Clevelândia no Paraná. A escola foi implantada com 5 módulos padrão *SEED* número 23, os módulos 2M, 5, 7 e 13, sendo o módulo 5 implantado duas vezes. O padrão *SEED* 023 é um modelo térreo que abriga aproximadamente 200 alunos por ano. Os módulos estão disponíveis em anexo.

5.3.1 Levantamentos

5.3.1.1 Sustentabilidade

Santos (2010) levantou alguns dados referentes aos benefícios do uso do *Wood Frame*, frente à construção convencional, para o meio ambiente:

- a) A construção em madeira produz 47% a menos de poluição no ar;
- b) Produção reduzida em 23% de resíduos sólidos na construção;
- c) Requer 57% a menos de energia de produção;
- d) Emissão de gases causadores do efeito estufa reduzida em 81%;

e) Descarta 3,5 vezes menos dejetos nas águas.

Como já dito no capítulo 4, no âmbito da sustentabilidade, a substituição da construção convencional pelo *Wood Frame* chega a reduzir em média 80% os desperdícios de obra. Além do mais, os resíduos gerados na construção em *Wood Frame* são facilmente recicláveis.

Para Santos (2010), a consideração desses fatores e o exercício da consciência ambiental são de extrema importância, uma vez que a construção civil contribui com uma grande parcela para a deterioração ambiental nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

5.3.1.2 Custos de Material e Mão de Obra

Santos (2010) levantou o orçamento com a estimativa de custos para a implantação da escola e, partindo deste primeiro, elaborou um novo orçamento prevendo as mesmas implantações, porém executadas em *Wood Frame*.

Baseando-se em experiências construtivas de países como Canadá, Alemanha e alguns casos também no Brasil, no segundo levantamento foi elaborada a composição dos serviços prevendo os itens existentes nas paredes internas e externas do *Wood Frame*. O orçamento do sistema *Wood Frame* foi feito por metragem quadrada de parede.

Santos (2010) atenta para o fato de que os orçamentos levantados são adaptados para caso a escola tivesse implantada em dezembro de 2010, época da realização do estudo, e não em 2008, quando o colégio foi de fato implantado.

As tabelas 16 e 17 expõem os dois orçamentos referentes à construção executada em *Wood Frame* e da construção convencional, respectivamente.

TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010							
ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO WOOD - FRAME							
Município	Clevelândia						
Estabelecimento	UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA						
Projeto	PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO						
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material	Valor Mão de Obra	Valor Total	%
1	Implantação Arquitetônica	UD	1	154404,27	104376,10	258780,37	16,17
2	Implantação Elétrica	UD	1	61209,91	36405,72	97615,63	6,10
3	Implantação Telefônica/Lógica	UD	1	2604,09	3323,69	5927,78	0,37
4	Implantação Hidráulica e Prevenção Contra Incêndio	UD	1	39188,47	20403,36	59591,83	3,72
5	Módulo 02M- Serviços Gerais	UD	1	186329,86	86882,73	273212,59	17,07
6	Módulo 05 - 4 Salas de Aula	UD	2	176553,73	82720,23	259273,96	16,20
7	Módulo 07 - Sala de Uso Múltiplo/ Laboratório	UD	1	100827,86	42601,39	143429,25	8,96
8	Módulo 13 - ADM/ Biblioteca / Lab. Informática	UD	1	137528,25	76070,88	213599,13	13,35
9	Passarela	m	97,72	189111,84	59570,93	248682,77	15,54
10	Rampa	UD	1	12669,44	5920,04	18589,48	1,16
11	Acesso Tipo 1	UD	1	13480,97	8210,15	21691,12	1,36
TOTAL GERAL DA OBRA SEM BDI				1073908,69	526485,22	1600393,91	100
PORCENTAGEM DE MATERIAL E MÃO DE OBRA				67,10	32,90		
TOTAL GERAL DA OBRA COM BDI 22%						2080435,25	
PRAZO DE EXECUÇÃO: 300 DIAS CORRIDOS							
ÁREA CONTRUÍDA		M2	1623,95				
VALOR POR M2		R\$	1281,1				

Tabela 16 - Planilha Orçamentária – Wood Frame FONTE: Santos (2010)

TABELA DE PREÇOS - SEOP 2010							
ORÇAMENTO ESTIMATIVO - CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL							
Município	Clevelândia						
Estabelecimento	UNV PROF. TEREZINHA R. DA ROCHA						
Projeto	PADRÃO FUNDEPAR 023 - CONSTRUÇÃO						
Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Material	Valor Mão de Obra	Valor Total	%
1	Implantação Arquitetônica	UD	1	154404,27	104376,10	258780,37	13,07
2	Implantação Elétrica	UD	1	61209,91	36405,72	97615,63	4,93
3	Implantação Telefônica/Lógica	UD	1	2604,09	3323,69	5927,78	0,30
4	Implantação Hidráulica e Prevenção Contra Incêndio	UD	1	39188,47	20403,36	59591,83	3,01
5	Módulo 02M- Serviços Gerais	UD	1	210465,5	128767,62	339233,12	17,13
6	Módulo 05 - 4 Salas de Aula	UD	2	236811,47	168303,45	405114,92	20,45
7	Módulo 07 - Sala de Uso Múltiplo/ Laboratório	UD	1	122062,49	78004,61	200067,1	10,10
8	Módulo 13 - ADM/ Biblioteca / Lab. Informática	UD	1	194838,45	130403,92	325242,37	16,42
9	Passarela	m	97,72	189111,84	59570,93	248682,77	12,56
10	Rampa	UD	1	12669,44	5920,04	18589,48	0,94
11	Acesso Tipo 1	UD	1	13480,97	8210,15	21691,12	1,10
TOTAL GERAL DA OBRA SEM BDI				1236846,90	743689,59	1980536,49	100
PORCENTAGEM DE MATERIAL E MÃO DE OBRA				62,45	37,55		
TOTAL GERAL DA OBRA COM BDI 22%						2574602,36	
PRAZO DE EXECUÇÃO: 300 DIAS CORRIDOS							
ÁREA CONTRUÍDA		M2	1623,95				
VALOR POR M2		R\$	1281,1				

Tabela 17 - Planilha Orçamentária – Construção Convencional FONTE: Santos (2010)

Baseando-se nos dados expostos nas planilhas orçamentárias apresentadas, observa-se uma redução no custo de quase 20%, caso a construção da escola tivesse sido realizada em *Wood Frame* e não convencionalmente.

5.3.1.3 Velocidade Construtiva

Uma das principais características e vantagens do sistema *Wood Frame* é a praticidade com que a obra é concluída. A redução do tempo de execução da obra chega a ser maior do que 80%.

Para tal fim, é importante ter um planejamento e gestão de obra com excelência em qualidade (Santos, 2010).

5.3.2 Considerações Finais

Novamente os aspectos técnicos e econômicos da construção foram viabilizados frente considerando as informações levantadas.

Os aspectos técnicos são viabilizados prevendo e considerando o uso dos elementos componentes internos nas paredes do *Wood Frame* descritos no capítulo 4, os quais apresentam desempenhos satisfatórios já destacados e comprovados neste trabalho.

Os aspectos econômicos são viabilizados considerando não somente a redução de 20% nos custos destacada no item ‘Custos de Material e Mão de Obra’, mas também a produtividade do sistema, que pode ser utilizada pra agilizar as construções das escolas do país.

A novidade do estudo de Santos (2010) ficou por conta da viabilidade sustentável das construções em *Wood Frame*. Este fator geralmente é ignorado, mas é de extrema importância nesse cenário atual das preocupações com o meio ambiente por parte da maioria das pessoas.

6. Conclusão

6.1 Considerações Finais do Trabalho

Baseando-se nas descrições e comparações feitas nos capítulos anteriores, percebe-se que cada sistema de construção a seco possui peculiaridades e características próprias.

Quando respeitadas essas peculiaridades, os benefícios do uso desses sistemas são bastante significativos. Benefícios esses mostrados nas descrições de cada sistema no capítulo 4.

A viabilidade, de cunho técnico e econômico, do uso desses sistemas alternativos de construção seca começa a ser estruturada no capítulo 4 e é concretizada no capítulo 5.

Primeiramente com relação à melhoria na produtividade, todos os três estudos do capítulo 5 expõem informações que a comprovem. O primeiro explicita que a industrialização do sistema *Steel Frame* e a transformação do canteiro de obras em canteiro de montagens proporciona atingir uma velocidade de construção de quase quatro vezes maior do que a construção convencional. Embora o custo ainda seja um pouco mais elevado, esse aumento de velocidade nas construções melhora a produtividade delas.

O segundo estudo, embora não realize uma estimativa de tempo de construção, baseia a melhoria da produtividade na redução dos custos da construção. Produzindo com a mesma qualidade e gastando menos, estou automaticamente melhorando a minha produtividade. Mesmo não sendo o foco desse estudo, a melhoria da produtividade do *Drywall* é explicitada no capítulo 4, fruto de continuidade do trabalho, repetição de operações de montagens e eliminação de perdas e material e tempo não produtivo.

No terceiro estudo, a melhoria na produtividade fica evidente tanto na velocidade da construção, podendo atingir cinco vezes a de uma construção do mesmo

tipo executada convencionalmente, quanto na redução dos custos de quase 20% quando comparados com a construção convencional.

Com relação à qualidade agora, o primeiro estudo expõe que o desempenho técnico das construções a seco é tão eficaz quanto o desempenho de uma construção convencional. Os desempenhos térmicos e acústicos podem ser ainda maiores com a utilização de outros materiais ou de materiais de maiores espessuras na vedação das construções, destacados no capítulo 4. Isso é um fator que gera melhoria na qualidade da construção.

O segundo estudo atenta para a melhoria da qualidade ao destacar a redução das cargas nas estruturas e fundações, uma vez que as construções ficam mais leves e baratas e apresentam o mesmo desempenho.

E para complementar, o terceiro estudo destaca a sustentabilidade do uso da madeira nas construções, fato que também pode ser considerado uma melhoria na qualidade das mesmas.

As conclusões, observadas a partir dos levantamentos e expostas até então, realizam os objetivos do trabalho, demonstrando como as construções a seco podem melhorar a produtividade e a qualidade na construção civil. Desse modo, estes sistemas alternativos podem ser colocados como excelentes opções para a execução de empreendimentos no competitivo cenário atual da construção civil.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

As Paredes Duplas de Concreto são um sistema alternativo de construção que recentemente vem ganhando muito espaço no mercado brasileiro, tornando-se competitiva principalmente na construção de shopping centers e galpões industriais.

São sugeridas a realização de mais pesquisas sobre o assunto, uma vez que foi encontrada muita dificuldade na obtenção de material acadêmico referente.

Essas pesquisas podem ser baseadas nos aspectos técnicos das paredes nas construções, com ensaios realizados pelas empresas produtoras das paredes como a

Sudeste e a Vollert. Podem ser feitas também pesquisas de cunho financeiro, baseadas em obras já realizadas com o sistema no Brasil, ou em outros países que possuam maior experiência no uso da tecnologia.

7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1978) NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro. Revisão de 2003.

JOPPERT JR, I. Fundações e Contensões de edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: PINI, 2007.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em *wood frame* para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v.31, n.2,p.143-156, Julho, 2010.

VIZOTTO, I.; SARTORTI, A. L. Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.15, p.19-28, Abril, 2010.

BARROS, C. Apostila de Fundações – Técnicas Construtivas. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2011.

D’AVILA, T. K.; D’AVILA, E. Apostila Instalações elétricas: dimensionamento de padrão de entrada, condutores elétricos, eletrodutos e aterramento. Instituto Federal de São Paulo, 2006

LONGO, H. I. Apostila Pilares de Edifício de Concreto Armado 3ª edição. Departamento de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

LONGO, H. I. Apostila Vigas de Edifício de Concreto Armado 3ª edição. Departamento de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

ALVES, R. V. Notas de Aula Estrutura de Fundações. Departamento de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

ARAÚJO, L. O. C. Notas de Aula Construção Civil 1. Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

BASTOS, P. S. S. Notas de Aula Estruturas de Concreto 1. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, 2006.

CAVALCANTI, F. C. U. Notas de aula Estruturas de Fundações. Departamento de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

JUDICE, F. M. S. Notas de aula Estruturas de Fundações. Departamento de Estruturas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

SOUZA JÚNIOR, T. F. Notas de aula Estruturas de Concreto Armado. Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, 2010.

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

HILGENBERG NETO, M. F. Estudo de viabilidade técnico/econômica da casa de madeira popular no estado do Paraná. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

BRUMATTI, D. O. Uso de pré-moldados – Estudo e viabilidade. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

REIS, R. S.; MAIA, A. R.; MELO, P. S. F. Diagnóstico da utilização de vedações verticais em painéis de gesso acartonado pela indústria da construção civil no mercado baiano. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2003.

SANTOS, H. H. V. O uso do *wood frame* na construção de edificações públicas escolares sustentáveis no estado do Paraná. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

SANTOS, L. C. F. Avaliação de impactos ambientais da construção: comparação entre sistemas construtivos em alvenaria e em *wood light frame*. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

TORQUATO, M. L. Estudo comparativo quanto aos preceitos da sustentabilidade entre o método tradicional de produção e o sistema *light wood framing* para a construção da Biblioteca Cidadã. Monografia (Especialização). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

SILVA, M. A. F. Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado. Dissertação (Pós-graduação). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005

VIVAN, A. L. Projetos para produção de residências unifamiliares em *light steel framing*. Dissertação (Pós-graduação). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011.

BRANDÃO, R. G. Estudo de viabilidade da utilização de PVC, PEX e PPR em empreendimentos multifamiliares. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. Estudo comparativo dos sistemas construtivos: *Steel Frame*, Concreto PVC e Sistema Convencional. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2009.

LESSA, G. A. D. T. *Drywall* em edificações residenciais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, G. V. Análise comparativa entre o sistema construtivo em *light steel framing* e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares. Monografia (Graduação). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.

RODRIGUES, M. L. Ganhos na construção com a adoção da alvenaria com blocos cerâmicos modulares. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, L. C. S.; FORTES, A. S. A utilização do *Drywall* como método de redução de cargas e custos em estruturas de concreto armado. Monografia (Graduação). Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2009.

SILVA, L. D. Técnicas e procedimentos para assentamento de alvenaria de vedação e estrutural. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Anhembimorumbi. São Paulo, 2007.

CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço - Informe Publicitário - Programa “Aço Construindo a COPA 2014” - www.cbcs-iabr.or.br/copa2014 – Acessado em 26/07/2013

FUTURENG - Futureng Engenharia e Projectos – www.futureng.pt – Acessado em 30/07/2013.

GOMES, A. Parede dupla de concreto potencializa industrialização – www.cimentoitambe.com.br – Acessado em 31/07/2013

KNAUF – Knauf Drywall – www.knauf.com.br – Acessado em 12/08/2013

ROSENBAUM, M. ROSENBAUM RESPONDE - CONSTRUÇÃO SECA - www.rosenbaumdesign.wordpress.com – Acessado em 06/08/2013

SUDESTE - Sudeste - www.sudeste.ind.br - Acessado em 31/07/2013

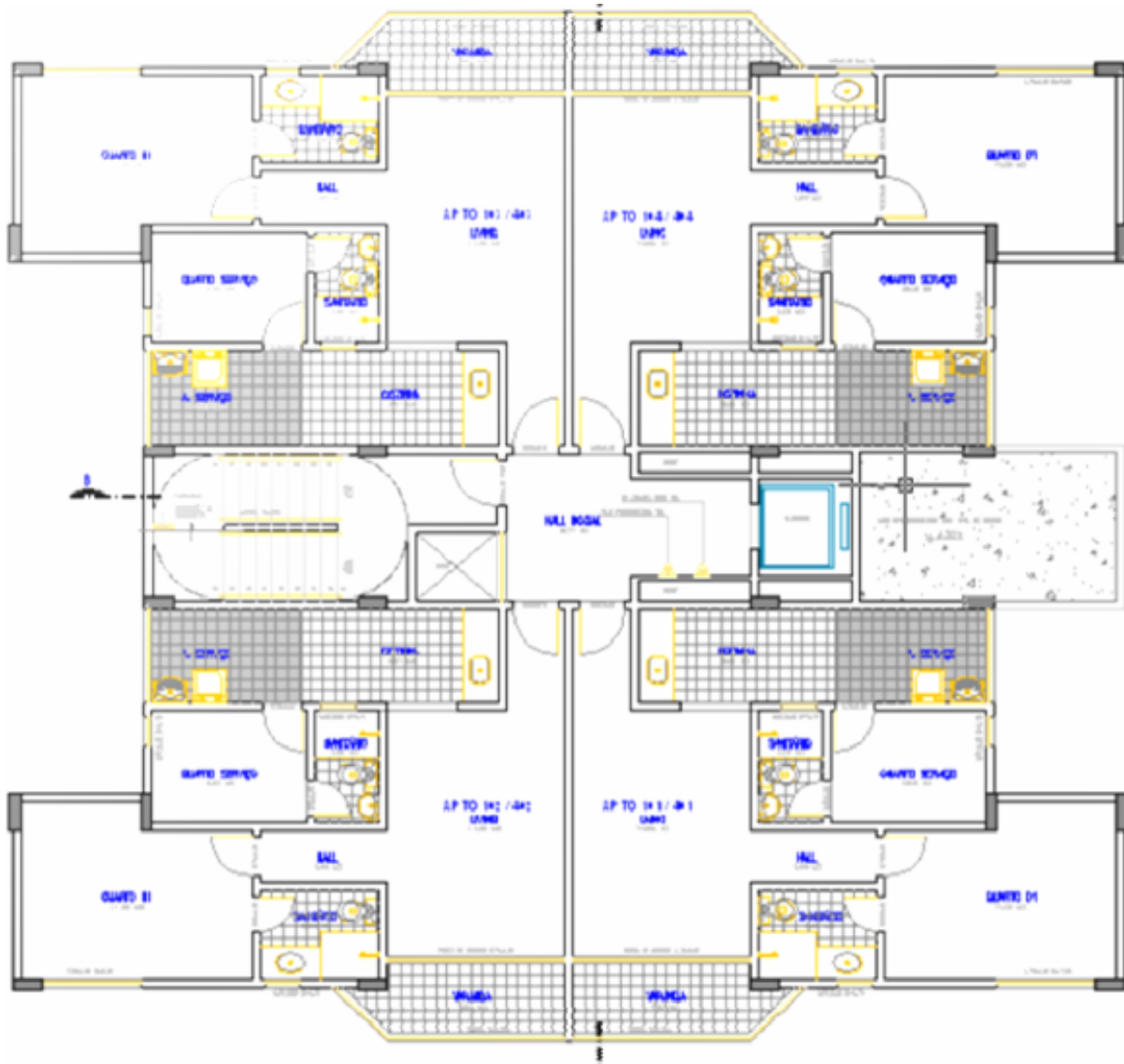
TECVERDE - Tecverde - www.tecverde.com.br - Acessado em 30/07/2013

VOLLERT - Vollert - www.vollert.de - Acessado em 31/07/2013

VASCONCELLOS, J. Lajes Maciças de Concreto Armado - Catálogo Digital de Detalhamento da Construção Realizado pelo Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Feevale, 2006 – www.cddcarqfeevale.wordpress.com – Acessado em 24/07/2013

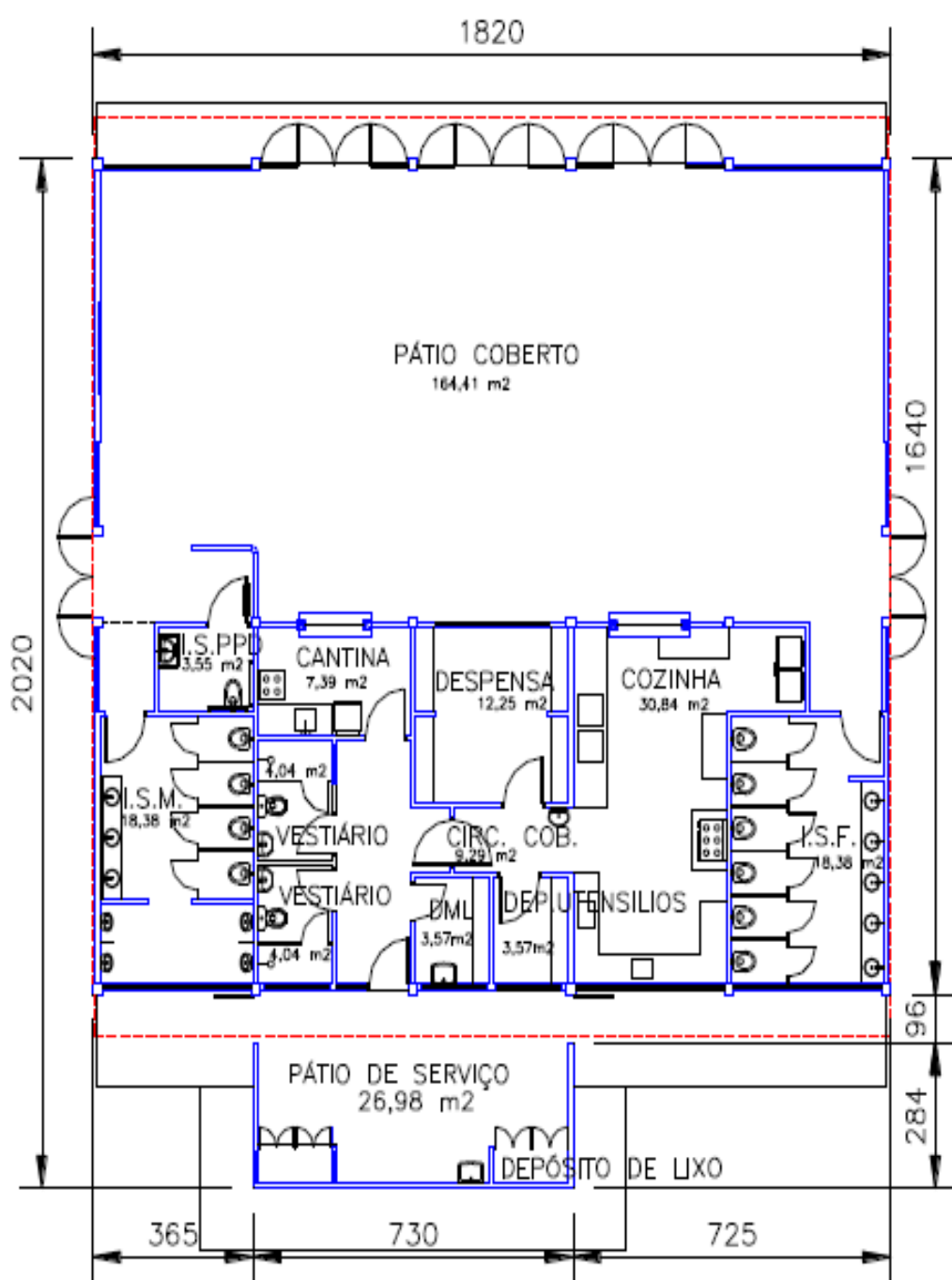
Anexos

Planta Baixa Pavimento Tipo 'Morada Residence' (S/ESCALA).



Projeto módulo 02 – Serviços Gerais

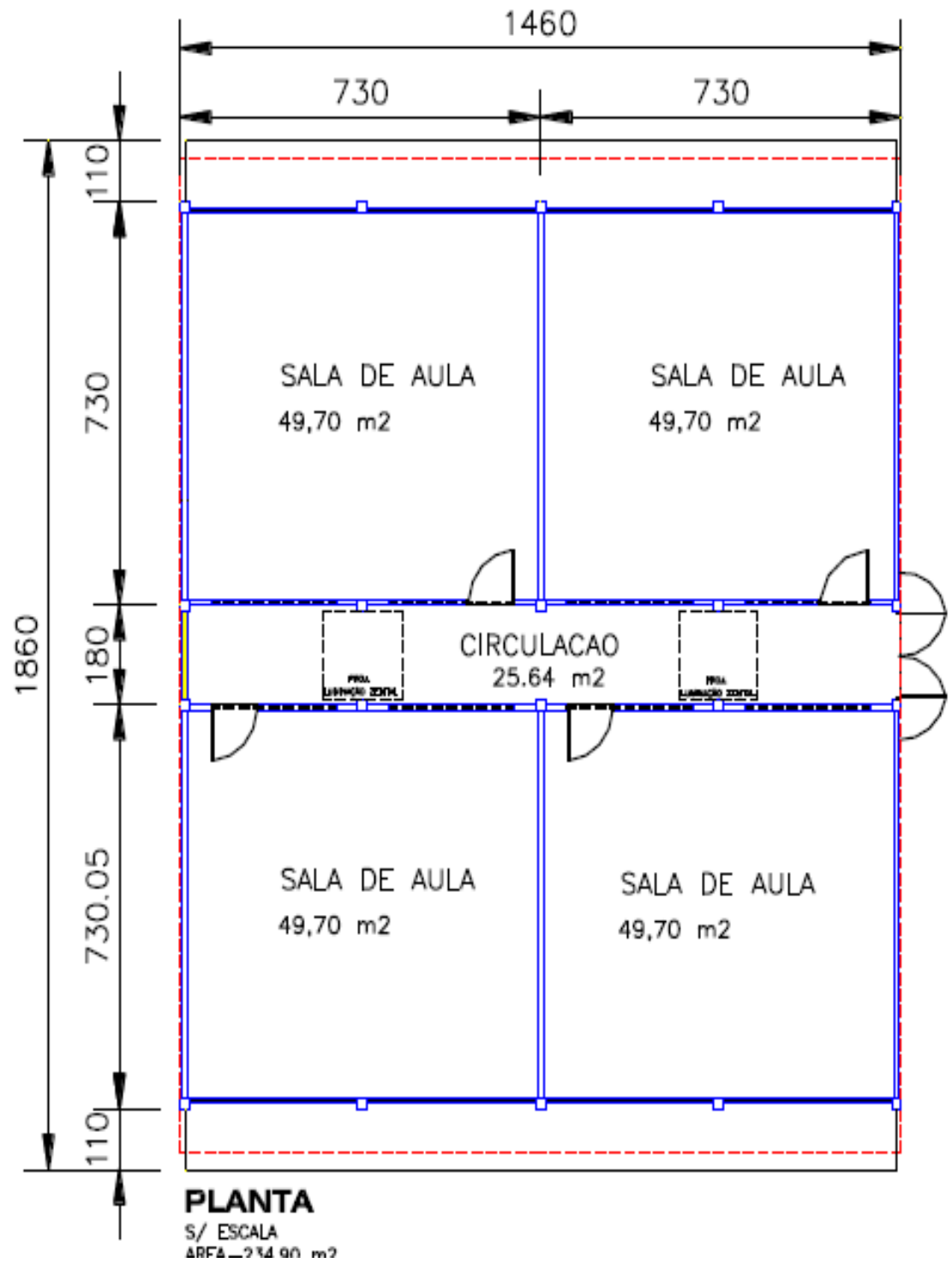
Padrão 023 SEED/SUDE



PLANTA
S/ ESCALA
ÁREA 293,76 m²

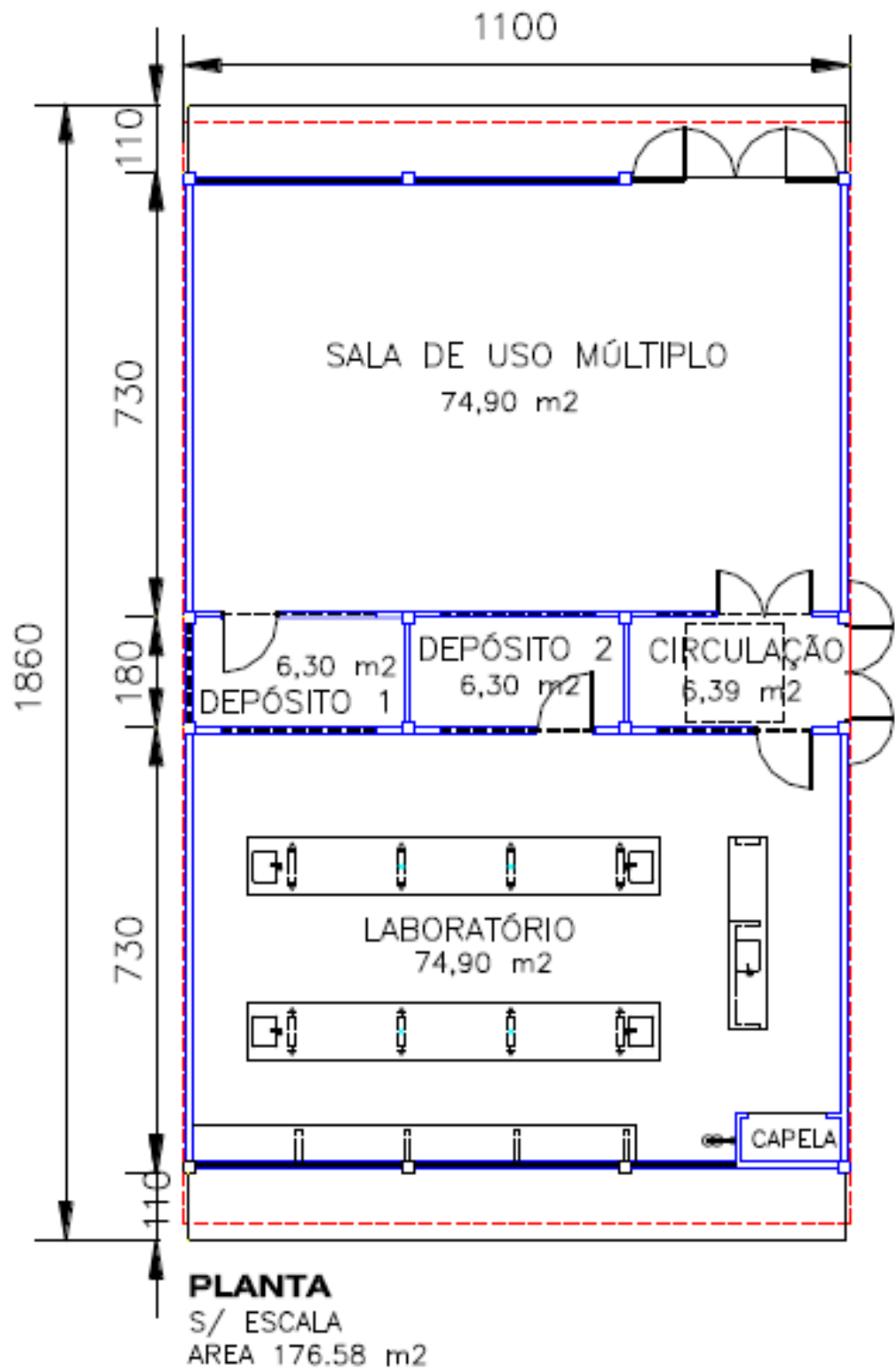
Projeto módulo 05 – Quatro Salas de Aula

Padrão 023 SEED/SUDE



Projeto módulo 07 – Sala de Múltiplo Uso e Laboratório

Padrão 023 SEED/SUDE



Projeto módulo 13 – Administração, Secretaria, Biblioteca e Laboratório de Informática

Padrão 023 SEED/SUDE

