



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Trabalho de Conclusão de Curso

COMPARATIVO DE CUSTO DIRETO DO SISTEMA *WOOD FRAME* E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Roberto Santos Filho

Uberlândia, 28 de Julho de 2017

ROBERTO SANTOS FILHO

COMPARATIVO DE CUSTO DIRETO DO SISTEMA *WOOD FRAME* E PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS *IN LOCO* PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos requisitos exigidos
para a conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Maria Cláudia de
Freitas Salomão

Uberlândia, MG

Julho de 2017

FOLHA DE ASSINATURAS

ROBERTO SANTOS FILHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PRIMEIRO SEMESTRE DE 2017

Através do termo de compromisso firmado entre mim, Roberto Santos Filho – aluno do Curso de Engenharia Civil, e Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, fica firmada a realização da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientadora: Prof^a. Maria Cláudia de Freitas Salomão

Uberlândia, 28 de Julho de 2017.

Assinaturas:

Roberto Santos Filho – Aluno

Dra. Maria Cláudia Salomão – Professora Orientadora

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente a agradecer profundamente meus pais Roberto e Roslange por serem meus maiores exemplos e por todo seu apoio, incentivo e amor incondicional durante toda a minha vida pessoal e profissional.

Aos meu irmãos Diogo e Douglas por todo suporte, amizade e incentivo em todos os momentos.

A Renata por todo seu apoio e ajuda durante o processo de construção deste trabalho

A minha orientadora prof^a. Dra. Maria Claudia pelos ensinamentos, paciência, empenho, orientação e auxílio na realização deste trabalho.

Aos meus amigos de turma pela amizade, companheirismo e por toda esta jornada e momentos de lutas e conquistas que não seriam tão inesquecíveis sem eles.

Meus agradecimentos a todos e todas que de forma direta ou indireta me ajudaram e me acompanharam nesta caminhada.

RESUMO

Em cidades de crescimento acelerado como Uberlândia, o déficit habitacional pode ser solucionado com a utilização de novos sistemas construtivos. Nesse sentido, esse trabalho de conclusão de curso buscou estudar o sistema *wood frame* através de um comparativo de custo direto de uma Habitação de Interesse Social com o sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. O sistema *wood frame* foi comparado ao sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. Foi desenvolvido um orçamento dos subsistemas de vedação vertical (paredes) e horizontal (forros), fundação e cobertura de ambos os sistemas, para estudar a viabilidade econômica do sistema *wood frame*. Dentro de algumas considerações, o sistema construtivo em *wood frame* apresentou um custo mais elevado por metro quadrado comparado ao sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*.

Palavras chave: *wood frame*, paredes de concreto moldadas *in loco*, Habitações de Interesse Social,

ABSTRACT

In cities with accelerated growth, the residential deficit has been fixed with the use of new constructive systems. In that way, this civil engineering coursework aims to study the viability of *wood frame* system as a new option for construction of low budget houses. The *wood frame* system was compared to concrete wall system. An estimating cost of walls, floor, roof and foundation of both systems was developed to study the economic viability of *wood frame* system. The *wood frame* constructive system has presented a higher cost per square meter when compared to the concrete walls system, with some considerations.

Keywords: *wood frame*, concrete walls, low budget houses

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	JUSTIFICATIVA.....	2
3.	OBJETIVO	2
4.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	2
4.1.	WOOD FRAME	2
4.1.1.	Histórico	2
4.1.2.	O Sistema Construtivo	3
4.1.3.	Impacto Ambiental	5
4.1.4.	Elementos do sistema.....	5
4.1.5.	Madeira utilizada	13
4.1.6.	Processo construtivo.....	14
4.1.7.	Vantagens e desvantagens	15
4.2.	SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	16
4.2.1.	Histórico	16
4.2.2.	O Sistema Construtivo	17
4.2.3.	Impacto Ambiental	18
4.2.4.	Montagem das Formas	18
4.2.5.	Concretagem	21
4.2.6.	Concreto	21
4.2.7.	Vantagens e Desvantagens de Paredes de Concreto	22
5.	Metodologia	23
5.1.	PROPOSTA DO SISTEMA	23
5.2.	HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM <i>WOOD FRAME</i>	25
5.2.1.	Fundação	25
5.2.2.	Painéis	25
5.2.3.	Conforto térmico	35
5.3.	HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM PAREDES DE CONCRETO	36
5.3.1.	Fundação	37
5.3.2.	Armaduras Metálicas	37
5.3.3.	Formas.....	38
5.3.4.	Montagem das formas	38
5.3.5.	Concreto	38
5.3.6.	Concretagem	39
5.3.7.	Cobertura	39
5.3.8.	Gesso Corrido.....	39
5.3.9.	Conforto térmico	40
5.4.	ORÇAMENTO	40
5.4.1.	<i>Wood frame</i>	42
5.4.2.	Parede de Concreto.....	43
6.	Análise	45
6.1.	MERCADO FORNECEDOR	45
6.2.	CUSTO	45
6.3.	IMPACTO AMBIENTAL	46

7. Conclusão.....	47
APÊNDICE I – PLANTA BAIXA.....	51
APÊNDICE II – ORÇAMENTO <i>WOOD FRAME</i>	52
APÊNDICE III – ORÇAMENTO CONCRETO	60

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Prédio da Ambientec	4
Figura 2:Residencial Haragano	5
Figura 3: Viga “I”	6
Figura 4: Trelça piso	7
Figura 5: Soleira de madeira.....	7
Figura 6: Revestimento sobre OSB	8
Figura 7: Estrutura da Parede.....	9
Figura 8: Detalhe de vergas.....	9
Figura 9: Contraventamento	10
Figura 10: Aplicação de siding.....	11
Figura 11: Revestimento de cobertura com telha do tipo shingle	12
Figura 12: Trava com pino e cunha	19
Figura 13: Gravatas	19
Figura 14: Alinhador e esquadro.....	20
Figura 15: Base da forma travada	20
Figura 16: Lançamento do concreto	21
Figura 17: Planta da H.I.S.....	24
Figura 18: Corte de painel externo com face interna em área seca	26
Figura 19: Corte de painel externo com face interna em área molhada	27
Figura 20: Painel Fechado (PAN 2)	28
Figura 21: Painel Curto (PAN 1)	29
Figura 22: Painel porta (PAN 3).....	30
Figura 23: Painel janela comum (PAN 4).....	31
Figura 24: Painel janela sala (PAN 6).....	32
Figura 25: Painel janela banheiro (PAN 5).....	33
Figura 26: Superfície irregular da parede	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Condições para Obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas	36
Tabela 2: Resumo da mão de obra horista	41
Tabela 3: Resumo do orçamento da HIS em <i>wood frame</i>	43
Tabela 4: Produtividade de paredes de concreto	44
Tabela 5: Resumo do orçamento das paredes de concreto	44

1. INTRODUÇÃO

O número de habitantes de Uberlândia vem crescendo de forma acelerada. Segundo o IBGE ¹, em 2000 a cidade tinha uma população de 501.214 mil habitantes e, em 2010, passou para 604.013 mil habitantes, o que representa um crescimento de 20,1%, sendo a segunda cidade com o maior crescimento habitacional absoluto no estado de Minas Gerais, atrás apenas da capital, Belo Horizonte. O IBGE estima que o número de habitantes passou para 669.672 no ano de 2016. Esse elevado crescimento causa um aumento na demanda por habitações.

De acordo com o centro de pesquisas econômico-sociais da Universidade Federal de Uberlândia (CEPES), em um estudo de qualidade das moradias divulgado em 2014, Uberlândia apresentava em 2010 um déficit habitacional de 17.961 moradias, equivalente a 9,06% dos domicílios da cidade (PEREIRA; CUNHA, 2010). O programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV) foi lançado no ano de 2009 com o objetivo de reduzir o déficit habitacional das cidades brasileiras, o que popularizou a construção de Habitações de Interesse Social (HIS) (LISBOA; OLIVEIRA, 2016).

Segundo Espíndola (2010), os métodos construtivos de HIS vem sendo aprimorados nos últimos anos por meio de soluções racionalizadas, incorporando na produção da habitação, os conceitos de sustentabilidade, desempenho, produtividade e flexibilidade, o que resulta em um produto com melhor qualidade e com custo reduzido. O sistema construtivo em *wood frame* é um dos sistemas que passam a ser utilizados para buscar os resultados citados. O sistema ainda é pouco utilizado no Brasil, sendo adotado predominantemente na região sul do país.

O sistema *wood frame* tem sua estrutura formada por perfis de madeira oriunda de florestas plantadas. Do ponto de vista de fornecimento de matéria prima, o sistema é viável, uma vez que o Brasil tem um grande potencial madeireiro (ESPÍNDOLA, 2010). O uso de madeira de florestas plantadas tem como benefício a sustentabilidade ambiental e a geração de recursos financeiros e empregos. Segundo a Associação

¹ Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=317020>>. Acessado em jun. de 2017

Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF), o setor gerou em 2008 1,7 milhões de empregos diretos e indiretos relacionados a silvicultura e fabricação de produtos de madeira, como por exemplo, chapas OSB (ABRAF, 2010).

2. JUSTIFICATIVA

Por utilizar recursos renováveis e de baixa energia incorporada, o *wood frame* pode ser considerado um sistema renovável. Dessa forma, o emprego dessa solução construtiva em larga escala pode resultar em edificações com qualidade similar à de outros métodos construtivos, porém com redução do impacto ambiental causado.

Além disso, por ser um sistema industrializado a velocidade construtiva é elevada o que permite que o tempo total de obra seja reduzido. Assim, faz-se importante o estudo desse sistema para a construção de HIS em cidades com elevada demanda habitacional como a cidade de Uberlândia.

3. OBJETIVO

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é estudar a possibilidade de aplicação do sistema *wood frame* na cidade de Uberlândia. Portanto, esse trabalho se propõe inicialmente a avaliar a adequabilidade do mercado fornecedor da cidade de Uberlândia para o atendimento de projetos em *wood frame*, como já vem sendo aplicado no sul do Brasil. Além disso, pretende-se a partir da comparação de custo com o sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*, estudar a viabilidade econômica de utilização do *wood frame*, em empreendimentos do MCMV na cidade de Uberlândia.

4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1. Wood frame

4.1.1. Histórico

As primeiras casas em madeira onde as peças eram fabricadas em um lugar e então transportadas para o local de montagem surgiram no período colonial. Porém esse

sistema só foi adotado em larga escala em alguns países, depois da revolução industrial, com o emprego de novos equipamentos que permitiram a melhor trabalhabilidade dos perfis de madeira (SOUZA, 2013).

A habitações construídas no sistema *wood frame* são amplamente utilizadas em países da América do Norte, Ásia e Europa, como o Canadá, o Japão, a Alemanha e chegam a representar 95% das construções residenciais nos Estados Unidos da América. Essa tecnologia, quando produzida com alto controle de qualidade, possibilita a construção de casas com mais de 200 m² em apenas 60 dias, sendo que a montagem da estrutura é realizada em apenas um dia. Devido a essa eficiência, países da América do Sul como o Chile e a Venezuela, utilizam esse sistema na indústria de casas populares com área de 40 a 65 m² (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

4.1.2. O Sistema Construtivo

O *wood frame* é um sistema construtivo industrializado, de estrutura formada por perfis de madeira que são contraventados com placas estruturais em Oriented Strand Board (OSB) ou placas cimentícias. Paredes inteiras ou painéis podem ser montadas em pavilhão ou espaço separado da obra, sendo necessário apenas içar, posicionar e fixar as paredes ao piso. Por ser um sistema construtivo seco, gera menos resíduos e conseqüentemente tem menor desperdício de materiais que os métodos construtivos convencionais utilizados no Brasil. A madeira utilizada em todo o processo é de reflorestamento e tem certificação *Forest Stewardship Concil Brasil* (FSC Brasil). As madeiras mais utilizadas são as das famílias *Pinnus* e *Eucallyptus* (BALEN et al., 2016;MOLINA;CALIL JUNIOR, 2010).

Os vazios das paredes podem ser preenchidos com materiais isolantes térmicos e acústicos, de acordo com a necessidade do projeto e especificações normativas da NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2013). Também podem ser aplicados materiais para impedir ou retardar o alastramento do fogo e para proteger contra intempéries. Usualmente é utilizado uma membrana plástica impermeável à umidade, contra o vento e que permite a saída do vapor de água do interior das paredes. Essa membrana é fixada por meio de grampos no entorno de toda a edificação e em áreas molhadas (LEITE; LAHR, 2015)

Para Molina e Calil Junior (2010), com o sistema *wood frame* é possível a construção de edificações de até cinco pavimentos de forma industrial. Como a estrutura interna (pisos e paredes) é feita com madeira, a estrutura como um todo é leve, o que facilita a execução pois permite que os sistemas e subsistemas sejam montados industrialmente por equipes especializadas e de forma independente da obra. Assim, as peças podem ser pré-fabricadas, permitindo que várias atividades possam ser executadas simultaneamente, o que reduz o prazo de entrega. Um exemplo de edificação em *wood frame* é o prédio da Ambientec (Figura 1) construído pela Tecverde na cidade de Joinville, Santa Catarina, que possui uma área total de 458m².

Figura 1: Prédio da Ambientec



Fonte: Tecverde, 2017²

No que se refere às habitações de interesse social do programa Minha Casa Minha vida (MCMV), o primeiro conjunto habitacional construído em *wood frame* foi executado em Pelotas, Rio Grande do Sul no ano de 2014. Este conjunto habitacional chamado de Residencial Haragano (Figura 2), possui 280 unidades, com 45 m² cada, que foram destinados a famílias com renda de até 1600 reais (GIRIBOLA, 2013).

² Disponível em: <www.tecverde.com.br>. Acessado em abril de 2017.

Figura 2:Residencial Haragano



Fonte: Prefeitura de Pelotas, 2014³

4.1.3. Impacto Ambiental

De acordo com (SACCO, 2010) o uso de madeira reflorestada reduz a quantidade de gás carbônico na atmosfera na proporção de 1,8 m³ de CO₂, para cada m³ de madeira. Como o principal componente do *wood frame* é a madeira e que cada 10 m² construídos necessitam de 1 m³ de madeira tratada, o uso desse sistema reduz a emissão de CO₂.

4.1.4. Elementos do sistema

4.1.4.1. Fundação

No sistema *wood frame* a estrutura tem baixo peso próprio e carga pouco concentrada, sendo distribuída ao longo das paredes. Dessa forma, na maioria dos casos é possível utilizar fundações rasas do tipo radier ou sapatas corridas. O uso da fundação do tipo radier é vantajoso por servir como piso da edificação, podendo em alguns casos, dispensar a execução de contrapiso, recebendo o revestimento diretamente no radier.

³ Disponível em: <www.pelotas.rs.gov.br>. Acessado em abril de 2017.

4.1.4.2. Piso

Como as fundações rasas são mais utilizadas no Brasil em projetos de *wood frame*, a estrutura do piso térreo geralmente é feita com concreto. Apesar de não ser comum, a estrutura do piso do primeiro pavimento, pode ser feito com vigas de madeira. O piso com estrutura de madeira, geralmente é utilizado nos pavimentos superiores ou no pavimento térreo quando houver porão no projeto (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; VASQUES, 2014; ALLEN, IANO, 2013).

A estrutura do piso de madeira é formada por barrotes seção “I” de madeira, como pode ser visto na Figura 3, onde a alma é feita em OSB e a mesa em Laminated Venner Lumber (LVL) ou madeira maciça. Os barrotes também podem ser formados por treliças de piso como visto na Figura 4, que são compostas por peças de madeira serrada, unidas por conectores de chapa de aço dentada.

Figura 3: Viga “I”



Fonte: LP Brasil, 2017⁴

As treliças de piso têm maiores alturas comparadas as vigas seção “I” porém suportam maiores vãos e dispensam o uso de shafts por permitir a passagem de tubulação no meio de sua estrutura. Esses barrotes tem o espaçamento fixo em 40 ou

⁴ Disponível em: <www.lpbrasil.com.br>. Acessado em maio de 2017.

60 centímetros, posicionados de forma que fiquem paralelos ao menor vão do cômodo (ALLEN, IANO, 2013).

Figura 4: Treliça piso



Fonte: ABCTruss, 2017⁵

Os barrotes são apoiados sobre as paredes, vigas de aço ou diretamente na fundação, transferindo as cargas do piso. Caso seja apoiado em vigas de aço ou em concreto, deve ser utilizado uma soleira de madeira (Figura 5**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) para fazer a conexão, uma vez que a diferença de dilatação dos materiais pode danificar a estrutura (ALLEN, IANO, 2013).

Figura 5: Soleira de madeira



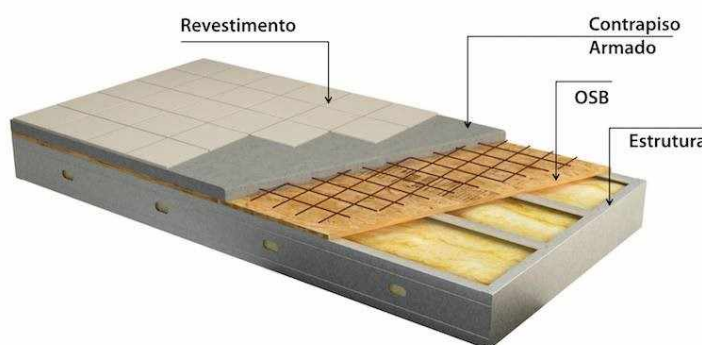
Fonte: Fire Engineering ⁶

⁵ Disponível em: <www.acbtruss.com>. Acessado em jun. de 2017.

⁶ Disponível em: <www.fireengineering.com>. Acessado em maio de 2017.

O fechamento do piso tem a função de vedar o ambiente e também auxilia no contraventamento. Em áreas secas e internas o fechamento é feito com placas em OSB, nas áreas molhadas e externas são utilizadas placas cimentícias, sendo necessário aplicar uma resina impermeabilizante. O revestimento do piso pode ser feito com carpetes, pisos cerâmicos ou madeira. Caso seja utilizado revestimento cerâmico, o contrapiso deve ser armado, como pode ser visto na Figura 6. Também é necessário aplicar uma camada de impermeabilizante sob o revestimento (ALLEN, IANO, 2013).

Figura 6: Revestimento sobre OSB



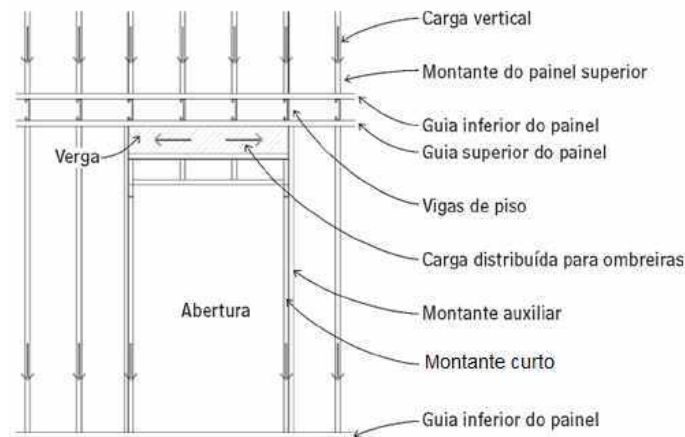
Fonte: www.steelinove.com.br⁷

4.1.4.3. Parede

A estrutura das paredes é constituída basicamente por montantes verticais espaçados regularmente a cada 40 ou 60 cm, apoiados em uma guia inferior e apoiam a guia superior dupla, transferindo as cargas dos pisos superiores, do telhado e da própria parede para o piso ou para a fundação. As cargas dos barrotes do piso superior ou do telhado são transferidas para os montantes por meio de guias superiores, e então, as cargas são transferidas montantes para o piso pelas guias inferiores. Um exemplo de estrutura de parede pode ser visto na Figura 7.

⁷ Disponível em: <www.steelinlove.com.br>. Acessado em jun. de 2017.

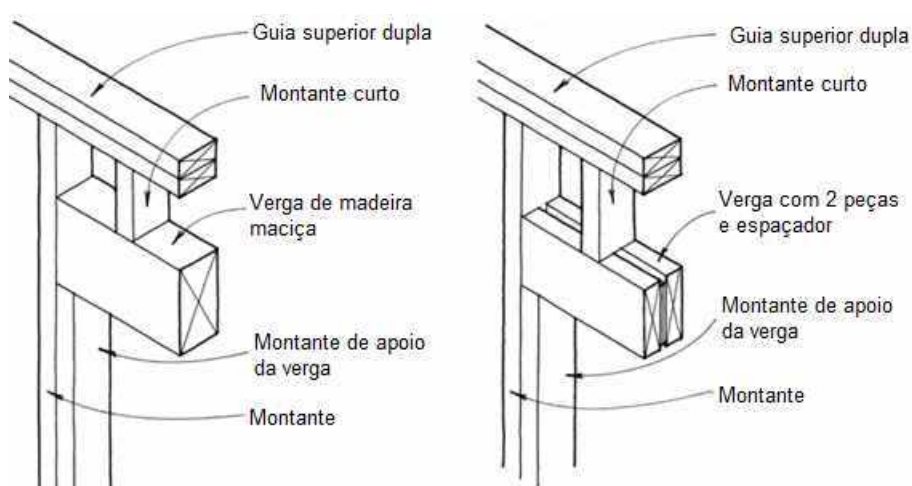
Figura 7: Estrutura da Parede



Fonte: Técnica, 2008⁸

As vergas utilizadas em aberturas são formadas por duas peças de 2" mais um espaçador de 1/2" para que a verga tenha a mesma espessura dos montantes ou por peças de madeira com seção de espessura e largura no mínimo igual à largura dos montantes. O suporte da verga é feito com montantes adicionais nas bordas das aberturas (THALLON, 2008). Montantes curtos são posicionados sobre a verga para apoiar a guia superior. Aberturas de janelas também possuem uma contra-verga que é apoiado nos montantes adicionais da lateral da abertura e montantes curtos sob o peitoril como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8: Detalhe de vergas

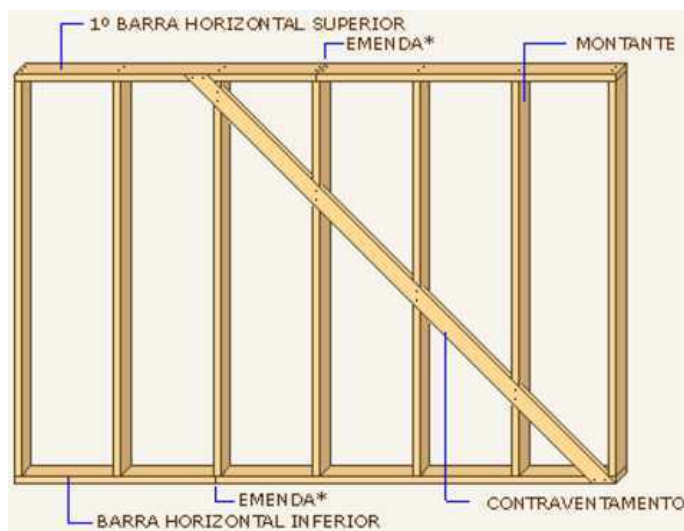


Fonte: THALLON, 2008

⁸ Disponível em: < <http://techne.pini.com.br>>. Acessado em jun. de 2017.

Os montantes da parede devem ser contraventados, o que geralmente é feito com um fechamento rígido, como os painéis em OSB e placas cimentícias, por possuírem boa resistência mecânica, fácil fixação e serem um bom suporte para o revestimento. Caso seja feita a opção por um fechamento não rígido como painéis de espuma ou gesso acartonado, escoras diagonais de aço ou madeira devem ser fixadas ao interior da armação para contraventar a estrutura (Figura 9).

Figura 9: Contraventamento



Fonte: Construção em madeira, USP⁹

As forças de vento causam momentos fletores nos montantes da parede incidente e forças cisalhantes nas paredes paralelas as forças de vento. Isso faz com que possa ser necessário reforçar parte das paredes externas para resistir ao cisalhamento, aumentando a espessura das chapas de fechamento e reduzindo o espaçamento dos pregos e parafusos usados para fixar os montantes e chapas de fechamento. Essas regiões reforçadas recebem o nome de *shear wall* (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; ALLEN; IANO, 2013).

O revestimento interno e externo das paredes se assemelha aos de outros sistemas construtivos e tem a função de garantir a estanqueidade da estrutura, proteger contra intemperes, funcionar como isolante térmico e acústico, e também atender aos

⁹ Disponível em: < <http://www.usp.br>>. Acessado em jun. de 2017.

requisitos do projeto arquitetônico. Nas áreas externas o revestimento pode ser feito com *sidings*, tipo de revestimento comum nos Estados Unidos. *Sidings* é um tipo de revestimento externo composto por régua plástica que, encaixadas e parafusadas, decoram e vedam paredes e fachadas (Figura 10). As áreas externas também podem ser revestidas com placas cimentícias que permitem um acabamento similar ao da alvenaria convencional. Placas cimentícias e de gesso acartonado também permitem o assentamento de azulejo, portanto são mais utilizadas em áreas molhadas como banheiros e cozinhas. Nessas áreas úmidas, é necessário aplicar impermeabilizante e anti-fungo sobre as placas de gesso acartonado (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

Figura 10: Aplicação de siding



Fonte: Sistema LSF, 2016¹⁰

4.1.4.4. Cobertura

A estrutura de telhados convencional é formada por tesouras com espaçamentos de 250 a 450 cm, terças, caibros e ripas. Como no sistema *wood frame* é recomendado evitar concentração de grandes cargas, as tesouras devem possuir um espaçamento de 60 a 120 centímetros e com peças de com seção similar a dos montantes. Devido a esse espaçamento reduzido, não é necessário utilizar terças e caibros para apoio das telhas. O uso de ripas ou painéis de madeira dependem do tipo de cobertura utilizada (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010; ALLEN; IANO, 2013).

¹⁰ Disponível em: < <http://www.lightsteelframe.eng.br>>. Acessado em jun. de 2017.

O revestimento do telhado pode ser feito com telhas do tipo shingle, cerâmicas, cimentícias ou metálicas. As telhas do tipo *shingle* necessitam de uma base de madeira geralmente feita com chapas OSB, para a fixação das telhas. Para telhas cerâmicas é necessário realizar um ripamento diretamente sobre as tesouras para apoio da telhas (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). A estrutura mostrada na Figura 11 mostra a estrutura utilizada em edificações do tipo *wood frame* e também uma cobertura revestida com telhas do tipo *shingle*.

Figura 11: Revestimento de cobertura com telha do tipo shingle



Fonte: Globalplac¹¹

4.1.4.5. Sistema elétrico e hidráulico

O sistema elétrico e hidráulico pode ser idêntico ao de uma construção convencional, porém reparos ou manutenções são mais fáceis de realizar em construções em *wood frame*. As tubulações de água e elétrica são geralmente embutidas nas paredes, sendo fixadas ao longo dos montantes ou barrotes por meio de braçadeiras ou fitas metálicas. Caso seja necessário, recortes nos montantes e barrotes podem ser feitos desde que não ultrapassem 40% da área da seção e em alguns casos, pode ser necessário reforçar as peças recortadas. As tubulações de esgoto possuem grandes diâmetros, o que torna difícil seu posicionamento na parte interna das paredes, por isso, geralmente, é necessário a construção de *shafts* para sua passagem. As tubulações de

¹¹ Disponível em: < <http://www.globalplac.com.br>>. Acessado em jul. de 2017.

gás não podem ser embutidas nas paredes já que os espaços vazios podem acumular gás em caso de vazamentos, o que pode levar a uma explosão (MOLINA;CALIL JUNIOR, 2010;CAMPOS, 2006).

4.1.4.6. Isolamento térmico e acústico

De acordo com a NRB 15220 (ABNT, 2003) “conforto térmico é a satisfação do indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Para que essas condições sejam atingidas, a edificação pode necessitar de aplicação de isolantes térmicos na cobertura e paredes. BRASIL (2012) sugere para uso como isolantes térmicos as placas de lã de rocha ou lã de vidro ou outro material, cuja condutividade térmica seja menor que 0,06 W/m°C (condutividade térmica máxima de um material considerado isolante), resistência térmica $\geq 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ e que não afetem a segurança ao fogo. Já isolantes acústicos sugeridos são placas de lã de rocha ou lã de vidro e fibras cerâmicas, que não afetem os demais critérios de desempenho como segurança ao fogo, estanqueidade e vida útil.

Como o desempenho térmico e acústico depende das características dos materiais utilizados e dos componentes da vedação (CAMPOS, 2006). O desempenho acústico e térmico de uma edificação em *wood frame* pode ser aumentado ao preencher os vazios das paredes e do piso com material isolante térmico e acústico. Caso seja necessário um melhor desempenho térmico e acústico, pode-se utilizar montantes mais largos para aumentar os espaços vazios nas paredes, o que aumenta o espaço disponível para preenchimento com isolantes térmicos e acústicos, melhorando o desempenho térmico e acústico (BURROWS, 2014).

4.1.5. Madeira utilizada

Toda a madeira utilizada na estrutura, na cobertura e no fechamento externo e interno deve ser tratada. Medidas preventivas e curativas devem ser seguidas para eliminar e controlar os agentes biológicos como fungos e insetos xilófagos, e realização de tratamentos físicos e químicos da madeira (SINAT, 2017).

As peças estruturais são fabricadas com madeira maciça ou serrada, do grupo conífera, com classe de resistência de C20 a C30. Para a estrutura do telhado, madeiras

folhosas, casses C20 a C60, com alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos também podem ser utilizadas. Toda madeira utilizada na estrutura também necessita de tratamento em autoclave com preservativo de arseniato de cobre cromatado (CCA), cobre, cromo e boro (CCB), cobre e anzóis do tipo B (CA-B) ou outro com eficiência comprovada (BRASIL, 2017).

O tratamento químico das peças de madeira deve respeitar retenções mínimas do produto pela madeira de acordo com o uso da peça e do produto preservativo utilizado. Em peças estruturais de edificações térreas ou sobrados unifamiliares é necessário uma retenção de 4,0 kg/m³ de solução (CCB) ou de arseniato de cobre cromatado do tipo C (CCA-C) ou 1,7 kg/m³ de solução de (CA-B). A penetração da substância deve atingir 100% do alburno da madeira. Em peças estruturais de edificações multifamiliar de até 4 pavimentos as retenções mínimas de produtos preservativos são de: 6,5 kg/m³ de CCA-C; 6,5 kg/m³ de CCB; 3,3 kg/m³ de CA-B. A penetração do preservativo também deve atingir 100% do alburno da madeira. Para as peças de madeira em contato direto com o solo, concreto ou umidade, é recomendável retenções de 6,5 a 7,5 kg de ingredientes ativos por m³ de madeira (SINAT, 2017; BARILLARI, 2002; MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010).

De acordo com Barillari (2002) a madeira pinus tratada com CCA e com retenção maior igual a 7,5kg/m³ pode durar mais de 20 anos em contato com o solo, o que a torna uma madeira durável. Portanto, o pinus é uma madeira leve e possui boa absorção de produtos preservativos. Além disso, de acordo com MOLINA (2008), o Brasil apresenta uma grande área plantada de florestas de pinus principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, o que torna o sistema *wood frame* sustentável do ponto de vista de demanda.

4.1.6. Processo construtivo

As edificações em *wood frame* podem ser montadas *in loco* ou em ambiente fabril. O último apesar de necessitar de transporte e montagem com auxílio de guindastes possui maior agilidade e é possível ter um melhor controle de qualidade.

A montagem dos painéis de parede na fábrica segue basicamente a mesma ordem que a montada *in loco*. Primeiro os montantes são fixados às guias superiores e inferiores, formando a estrutura das paredes. Em painéis com aberturas de janelas ou portas, os montantes laterais as aberturas e as vergas e contra vergas são montados primeiro. Caso o fechamento utilizado não seja rígido, escoras diagonais devem ser fixadas à estrutura nessa etapa. Em seguida, as tubulações elétricas e hidráulicas são embutidas a estrutura e o restante dos vazios das paredes são preenchidos com material isolante térmico e acústico (ALLEN; IANO, 2013).

Na sequência, os painéis utilizados no fechamento são fixados à estrutura. A aplicação de um acabamento nas paredes e a montagem de janelas e portas nem sempre é feito na indústria, por tornar o transporte dos painéis de parede até o local da obra mais difícil, uma vez que exige um maior cuidado para que não seja danificado. As tesouras do telhado também são montadas na fábrica, já o fechamento é feito *in loco* devido à dificuldade de transporte do telhado pronto (BRASIL, 2017; ALLEN; IANO, 2013).

Enquanto os painéis são montados na fábrica, os preparos necessários no terreno como limpeza, corte e aterro e a execução da fundação, podem ser realizados simultaneamente. Após o término da fundação, os painéis de parede são transportados até a obra, onde são posicionados com o auxílio de guindastes e então são fixados uns aos outros e a fundação. Em seguida as tesouras do telhado são posicionadas também com o auxílio de guindastes e são posicionadas e fixadas as paredes. O telhado é, então, finalizado de acordo com a telha determinada no projeto arquitetônico. Após finalizar a montagem dos painéis, a obra entra em fase de acabamento, restando o assentamento de revestimento do piso e das paredes (caso haja algum), pintura e assentamento de louças (BRASIL, 2017; ALLEN; IANO, 2013).

4.1.7. Vantagens e desvantagens

As seguintes vantagens e desvantagens do sistema construtivo wood foram listadas por SOUZA (2013), outros aspectos podem ser destacados, porém estes são os principais e os mais considerados pelo mercado de trabalho.

4.1.7.1. Vantagens:

- Obra seca e limpa, gerando menos resíduos;
- Pré-construção em ambiente industrializado, reduzindo o tempo da obra;
- Utilização de madeira de reflorestamento;
- Flexibilidade de projeto;

4.1.7.2. Desvantagens:

- Necessidade de treinamento especializado para a mão de obra;
- Altura das edificações de no máximo cinco pavimentos;
- Baixa oferta de ferramentas específicas;
- Resistência do mercado à mudança.

4.2. Sistema construtivo de parede de concreto moldadas *in loco*

4.2.1. Histórico

Na década de 70, o Brasil iniciou uma busca para aumentar a eficiência construtiva reduzindo mão de obra, desperdício de matérias e prazo de entrega da obra sem afetar a qualidade da obra. Para isso, as empresas passaram a buscar novas tecnologias como o uso de sistemas industrializados na construção civil, materiais e máquinas.

O sistema construtivo de paredes de concreto foi uma das tecnologias que então passaram a ser empregadas no Brasil. Seu primeiro registro de utilização em habitações populares foi em 1979 na cidade Santa Luzia – MG, com a construção de 46 habitações populares. A crise da década de 90 exigiu redução de gastos, o que intensificou o uso de paredes de concreto moldadas *in loco* (SACHT, 2008).

4.2.2. O Sistema Construtivo

As vedações do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco* também tem função estrutural, por isso são construídas com concreto armado. Elas são moldadas *in loco* utilizando formas de madeira, alumínio ou plástico e permitem que as instalações hidráulicas e elétricas fiquem embutidas nas paredes e lajes (SACHT, 2008).

A estrutura de fundação mais utilizada nesse sistema para habitações térreas é do tipo radier, podendo ter exceções devido ao terreno base. Esse tipo de fundação é escolhido geralmente nesses casos por proporcionar uma superfície apropriada para que a equipe de montagem e instalações possam executar os seus respectivos serviços com qualidade. Outra vantagem da fundação radier é a facilidade em posicionar as entradas e saídas das tubulações de elétrica e hidráulica de acordo com o projeto (ABCP, 2002).

As formas utilizadas nesse método construtivo, podem ser fabricadas com diversos materiais, como madeira, aço, alumínio ou plástico. Formas de madeira são mais versáteis e são leves, porém possuem baixa resistência e durabilidade o que causa um grande desperdício de material e mão de obra. Já as formas de alumínio, aço e plástico são mais utilizadas por possuírem um número de reutilizações elevado em comparação com as formas de madeira, além de serem mais fáceis de montar por possuir os encaixes prontos, porém seu custo é elevado (SACHT, 2008). De acordo com a Faria (2009), as formas metálicas e plásticas, podem ser reutilizadas mais de 100 vezes, dependendo do material e dos cuidados com o manuseio.

Segundo ABCP (2002), uma das principais funções das armaduras é resistir as tensões iniciais as quais são causadas pela retração do concreto devido à perda de água nas primeiras idades, o que pode ser amenizado com a adição de fibras ao concreto. As armaduras também têm a função de resistir aos esforços de flexo-torção nas paredes, gerados pela ação do vento ou de variação de temperatura.

As armaduras são formadas por telas que são posicionadas com o auxílio de espaçadores e arranques fixados na fundação. Além disso, barras de aço também são

posicionadas em locais estratégicos definidos em projeto, como vértices e arestas das aberturas, cantos de paredes ou meios de grandes vãos.

As tubulações elétricas e hidráulicas ficam embutidas nas paredes. Algumas formas preveem os pontos de fixação das tubulações para que elas não se desloquem durante a concretagem, em outras elas são amarradas diretamente à armadura metálica (ABCP, 2002).

4.2.3. Impacto Ambiental

O sistema de paredes de concreto é executado de forma planejada e padronizada, com isso o retrabalho com atividade não produtivas pode ser nulo, reduzindo o desperdício de mão de obra e de entulho. O uso de formas reaproveitáveis, como as metálicas que não geram resíduos, combinado com métodos industrializados, acarretam num maior controle ambiental da obra em relação ao método construtivo tradicional (MASSUDA; MISURELLI, 2009).

4.2.4. Montagem das Formas

Segundo Venturini (2011), a montagem das formas é iniciada com a aplicação de desmoldante para evitar que o concreto fixe na sua superfície, o que dificulta sua montagem e reutilização. Em seguida são montados os painéis internos e posteriormente as armaduras já com os espaçadores fixadas a elas. Os painéis são fixados aos adjacentes por meio de travas. O tipo de trava para essa função varia de acordo com a fabricante da forma. Na Figura 12 pode ser visto um tipo trava formada por pinos e cunhas.

Figura 12: Trava com pino e cunha



Fonte: Autor, 2017

Para garantir a espessura da parede e evitar que as formas cedam com a pressão do concreto, são utilizados espaçadores travados nas duas faces das formas. Um exemplo desse tipo de espaçador, chamado de gravata, pode ser visto na Figura 13.

Figura 13: Gravatas



Fonte: Autor, 2017

Para garantir o alinhamento, o prumo e a estanqueidade das formas, alinhadores e esquadros podem ser utilizados, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14: Alinhador e esquadro



Fonte: Autor, 2017

Após alinhadas e aprumadas, as formas são travadas na fundação. A Figura 15 representa uma forma de travamento, onde barras de aço CA – 50 são ancoradas a fundação de forma que impedem a movimentação das formas.

Figura 15: Base da forma travada



Fonte: Autor, 2017

4.2.5. Concretagem

A concretagem é iniciada após todas as formas e armação estarem fixadas, alinhadas e apumadas. O lançamento do concreto é realizado com o auxílio de caçambas içadas por guindastes ou por meio de bombeamento (Figura 16). Como o concreto não pode ser adensado, ele deve possuir elevada fluidez para evitar vazios nas formas (SACHT, 2008).

Figura 16: Lançamento do concreto



Fonte: Cimento Itambé, 2015¹²

4.2.6. Concreto

O concreto de cimento Portland é formado pela mistura de Cimento Portland, água, agregados e, em alguns casos substâncias que alteram suas propriedades como por exemplo, a trabalhabilidade e tempo de pega. Essa mistura forma uma pasta que adere aos agregados e com o tempo, endurece e ganha resistência (ABNT NBR 11768, 1992; TARTUCE; GIOVANNETTI, 1990).

Dentre as diversas características do concreto, a trabalhabilidade é a que mais destaca no sistema paredes de concreto, ela é definida com base na consistência e coesão da pasta de cimento (PACHECO, 2012). Sua importância nesse sistema deve-se a dificuldade de adensamento do concreto no interior das formas, o que exige um

¹² Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br>>. Acessado em jul. de 2017.

concreto com elevada trabalhabilidade para que possa ser assegurado o preenchimento de toda a forma sem que haja a presença de vazios, principalmente nos entornos das portas e janelas (CORSINI, 2011).

4.2.7. Vantagens e Desvantagens de Paredes de Concreto

O uso do sistema de paredes de concreto está em alta devido as suas vantagens para construção em larga escala de habitações de interesse social. As seguintes vantagens e desvantagens, foram elaboradas por Sacht (2008), a partir de Lordsleem Junior, et al. (1998).

4.2.7.1. Vantagens

- Racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão-de-obra reduzida;
- Possibilidade de aumento da qualidade tanto nos serviços de execução quanto no acabamento superficial da parede;
- As fôrmas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, podendo incluir a laje na cobertura;
- A uniformidade da parede que permite a utilização de revestimento de pequena espessura, sem necessidade de regularização, ou mesmo a eliminação do revestimento de regularização, como argamassas e pastas, antes da aplicação da pintura;
- As atividades independem da habilidade do operário, não exigindo qualificação, apenas treinamento. O consumo de mão-de-obra é reduzido quando comparado ao processo construtivo tradicional;
- Sequência ordenada de trabalho, que permite uma simplificação das tarefas e aumento da produtividade.

4.2.7.2. Desvantagens

- Elevado custo das fôrmas;
- Necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego das fôrmas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões;

- Limitações podem ser apontadas em relação ao projeto principalmente em relação às modificações devido à função estrutural;

5. METODOLOGIA

Este trabalho apresenta o comparativo dos sistemas construtivos *wood frame* e paredes de concreto moldadas *in loco*, mediante a avaliação do orçamento simplificado de uma casa popular. Como nesse trabalho o sistema construtivo *wood frame* será empregado em escala industrial, o sistema construtivo em paredes de concreto moldadas *in loco* foi escolhido como comparativo por ser um método industrializado amplamente empregado na cidade de Uberlândia.

Os limites da proposta de orçamento apresentada nessa pesquisa referem-se apenas aos subsistemas que integram a estrutura da habitação. Assim, os custos com a execução das paredes, da estrutura da cobertura e do forro, de ambos os sistemas construtivos, foram considerados no orçamento

Em relação à fundação, apesar de variar de acordo com o solo do terreno de implantação, nesse trabalho a fundação utilizada em cada método foi estimada a partir de projetos similares.

Alguns itens como o piso, contrapiso, instalações elétricas e hidráulicas, acabamentos e esquadrias, não foram orçados por possuírem o mesmo custo material e de execução similares em ambos os sistemas e por não serem considerados parte integrante da estrutura da habitação.

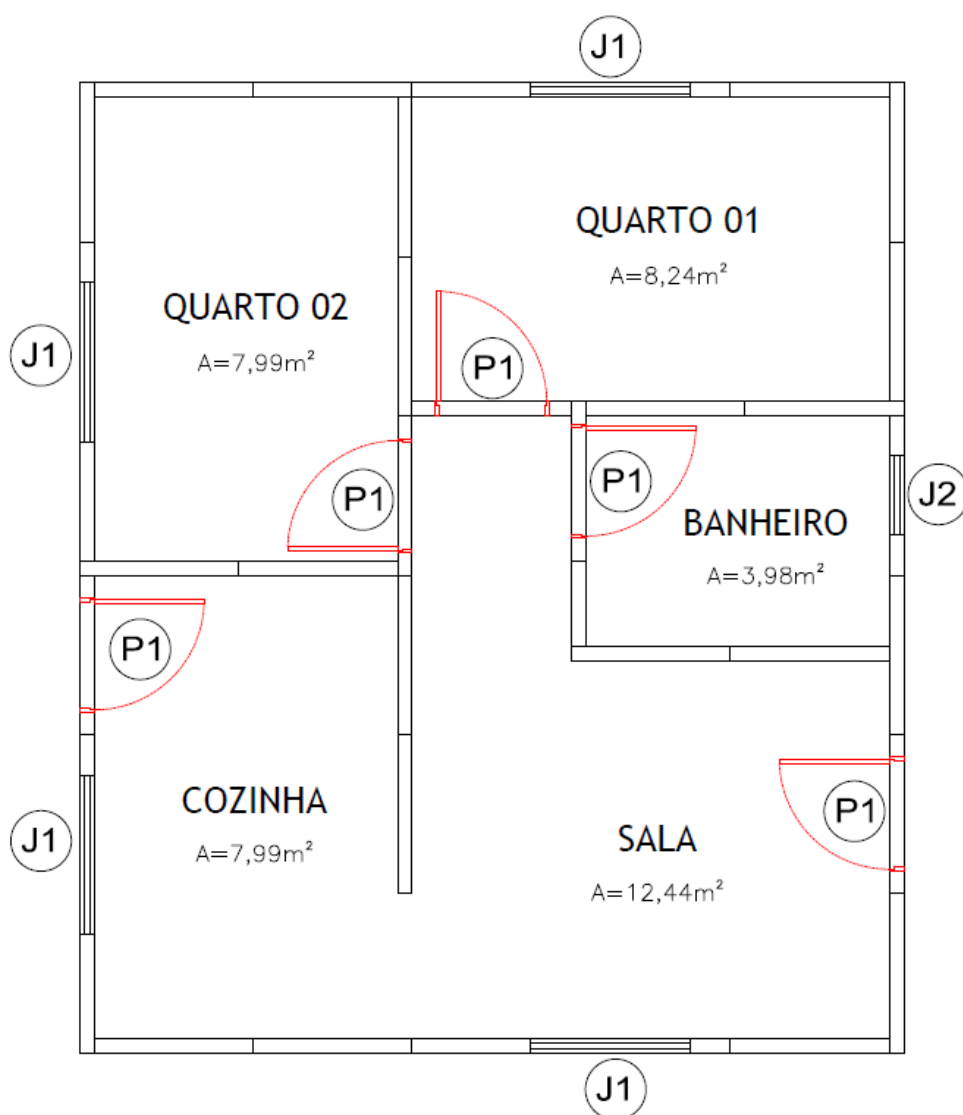
5.1. Proposta do Sistema

Devido ao fato de existirem poucas empresas no Brasil que trabalham com a venda do sistema *wood frame*, não foi possível obter um orçamento completo do sistema. Portanto foi desenvolvido um orçamento de uma habitação de interesse social (HIS), que foi pré-dimensionada com base em normas e textos científicos. A habitação considerada em ambos os sistemas possui área em torno de 45,47 m² e sendo composta

de dois quartos, cozinha, sala, banheiro e lavanderia externa. A planta da HIS proposta, pode ser vista na Figura 17.

Essa HIS encontra-se em um condomínio composto por 100 edificações com um reservatório central de água para todas as edificações. Foi estimado um cronograma onde as etapas construtivas adotadas no orçamento tivessem a duração de um dia. Portanto com a execução de cada etapa construtiva em uma HIS diferente, foi possível estimar que a cada dia, uma edificação fosse finalizada.

Figura 17: Planta da H.I.S.



Fonte: Autor, 2017

5.2. Habitação de Interesse Social em *Wood frame*

As casas em *wood frame* serão formadas por painéis modulados construídos em um local do canteiro de obra, sendo transportados até o local da montagem com o auxílio de um caminhão munck. Os módulos foram pré-dimensionados com base na DATec N°020-B, no International Residential Code 2012 e no Structural Board Association 2005.

5.2.1. Fundação

A fundação da HIS no sistema *wood frame* foi estimada com base em um projeto de uma HIS em steel frame. Essa aproximação foi feita devido à similaridade dos sistemas, uma vez que ambos são leves e não possuem grandes concentrações de cargas.

A fundação considerada terá 10 cm de espessura e uma armadura formada por telas Q.92 com 4,3 mm de espessura e malha de 15x15 cm, com transpasse entre telas de 30 cm.

5.2.2. Painéis

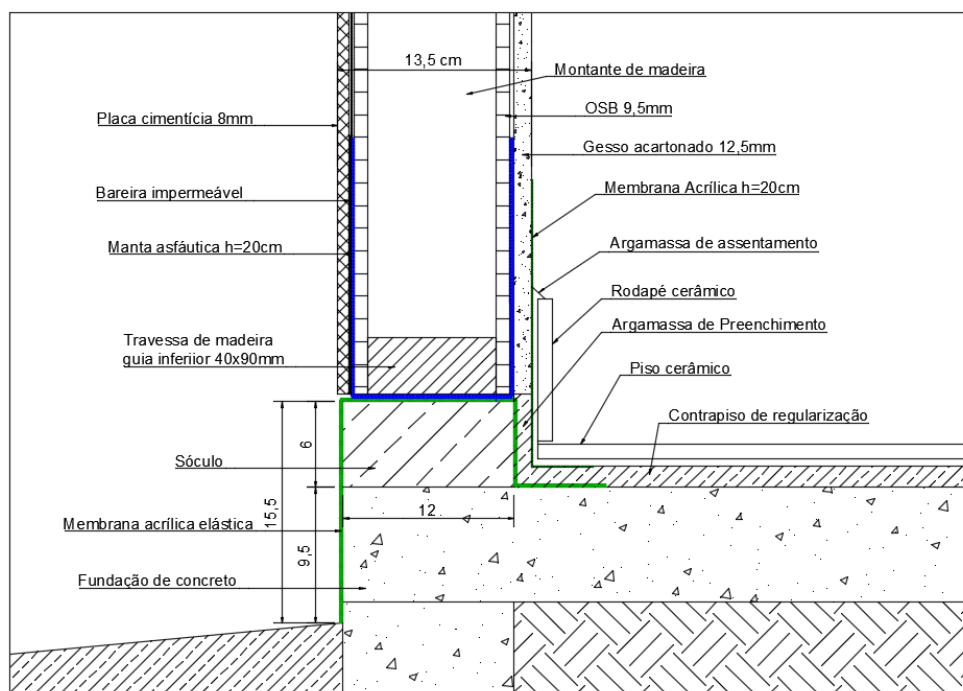
Foi considerado para a HIS em *wood frame*, painéis pré construídos na obra, para compor a vedação vertical. No APENDICE 1, é apresentada a planta da HIS em *wood frame* com a locação de cada tipo de painel.

A escolha dos espaçamentos das peças, dimensões e espessuras das placas de vedação e contraventamento, foram feitas com base no International Residential Code (IRC, 2012), no Structural Board Association (SBA, 2005) e na Datec N°20-B (BRASIL, 2017). O espaçamento mínimo dos montantes de acordo com o IRC (2012) para casas de pavimento único é de 60 cm, com seção de 4 x 9 cm e altura máxima de 3 metros. Alguns desses valores são aproximados, uma vez que são conversões de polegadas para centímetros.

As chapas de OSB são utilizadas de ambos os lados da parede, pregadas a todos os montantes do painel. De acordo com a SBA (2005), a espessura mínima das chapas de OSB para montantes espaçados em 60 cm é de 9,5 mm.

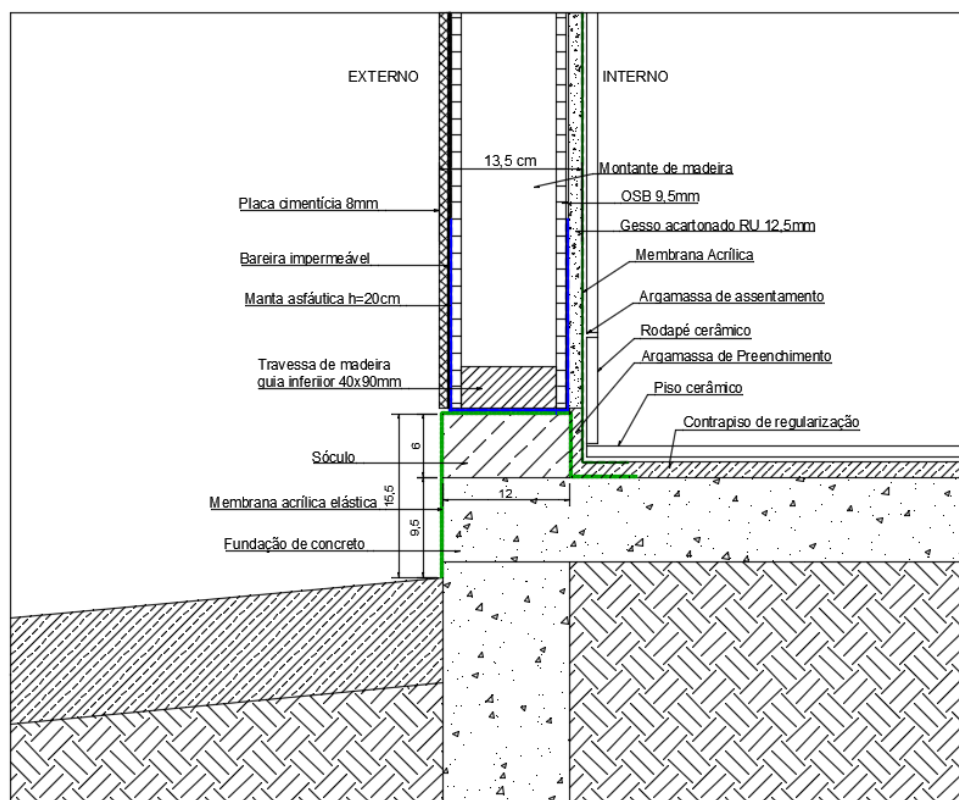
Em painéis externos é fixado uma placa cimentícia de 8 mm na face externa. Nas faces internas de áreas secas são aplicadas placas de gesso acartonado de 12,5 mm sobre as placas de OSB e em faces internas de áreas molhadas, são fixadas placas de gesso acartonado resistente a umidade de 12,5 mm sobre a placa de OSB. Foi considerado uma manta asfáltica fixada na base dos painéis até a altura de 20 cm. Um corte das paredes externas para áreas secas e para áreas molhadas podem ser vistos nas Figura 18 e Figura 19 respectivamente.

Figura 18: Corte de painel externo com face interna em área seca



Fonte: Adaptado de Brasil (2017)

Figura 19: Corte de painel externo com face interna em área molhada



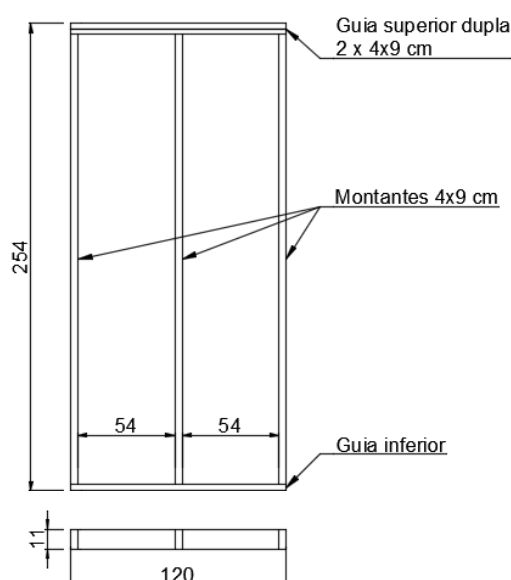
Fonte: Adaptado de Brasil (2017)

A fixação das chapas de OSB, placas cimentícias, chapas de gesso acartonado e membrana impermeabilizante é feita com pregos, parafusos ou grampos. As chapas de OSB são pregadas aos montantes com pregos anelados com diâmetro de 2,5 mm, comprimento de 50 mm e espaçamento entre pregos de 20 cm. A membrana impermeável é pregada com grampos 80F galvanizados, com espaçamento entre grampos de 40 cm. As placas cimentícias são parafusadas às chapas OSB com parafusos do tipo rosca soberba, cabeça cônica estriada com comprimento de 25 mm, espaçamento entre parafusos horizontal de 40 cm e vertical de 20 cm. As chapas de drywall são parafusadas às chapas de OSB com parafusos de ponta soberba (ponta agulha), cabeça cônica lisa com comprimento de 25 mm, são espaçados horizontalmente a cada 40 cm e verticalmente a cada 20 cm (BRASIL, 2017).

5.2.2.1. Painel Fechado

O painel fechado tem uma largura de 120 cm, altura de 254 cm e espessura de 11 cm mais acabamento, está representado na Figura 20. Ele consiste em 3 montantes de seção 4 x 9 cm e comprimento de 242 cm, uma guia superior e uma inferior de seção 4 x 9 cm e fechamento com placas em OSB de 9,5 mm de ambos os lados. As peças são fixadas umas às outras com pregos anelados que são inseridos com o auxílio de pistolas pneumáticas. Alguns painéis fechados irão possuir um furo na guia inferior para a passagem dos eletrodutos, nesse trabalho não serão identificados os painéis que irão possuir o furo uma vez que o projeto elétrico não será desenvolvido.

Figura 20: Painel Fechado (PAN 2)

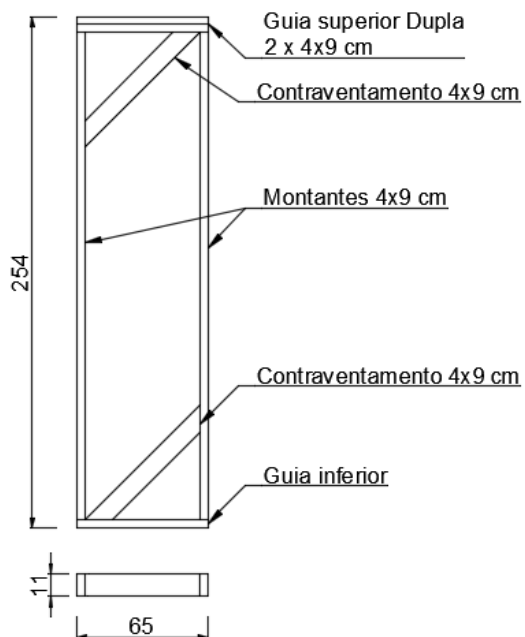


Fonte: Autor, 2017

5.2.2.2. Painel Curto

O painel curto representado na Figura 21, possui largura de 60cm e 254 de altura. Formado com uma guia superior, uma inferior e dois montantes de perfil 4 x 9 cm. Foi adicionado duas peças de 4 x 9 cm no canto superior e no inferior para contraventar o painel, aumentar sua rigidez e facilitar o transporte. Como o painel tem 65 cm de largura, ele não pode ser considerado um painel estrutural (IRC, 2012).

Figura 21: Painel Curto (PAN 1)

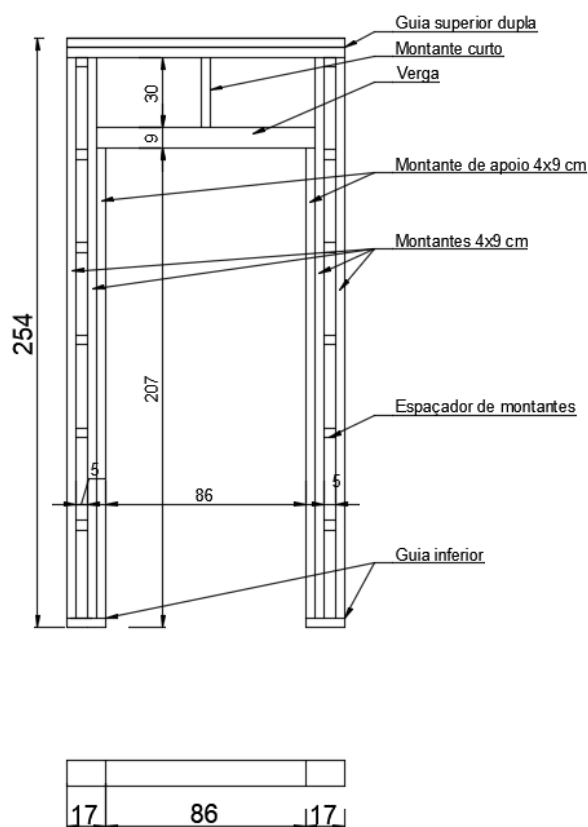


Fonte: Autor, 2017

5.2.2.3. Painel Porta

O painel porta como visto na Figura 22, possui uma largura de 120 cm, altura de 254 cm e espessura de 11 cm mais acabamento e uma abertura de 86 x 207 cm. Em cada extremidade do painel possui dois montantes distantes 5 cm um do outro e com travamentos horizontais a cada 40 cm. Ele possui uma verga formada por dois perfis de 4 x 9 cm e um espaçador de 1 cm para que possua a mesma largura dos montantes. O painel também tem duas guias, uma superior e uma inferior. Ele também possuiu um montante curto sobre a verga para reduzir a concentração de cargas na guia superior. A parte frontal e traseira do painel é fechado com placas de OSB, com exceção da abertura.

Figura 22: Painel porta (PAN 3)

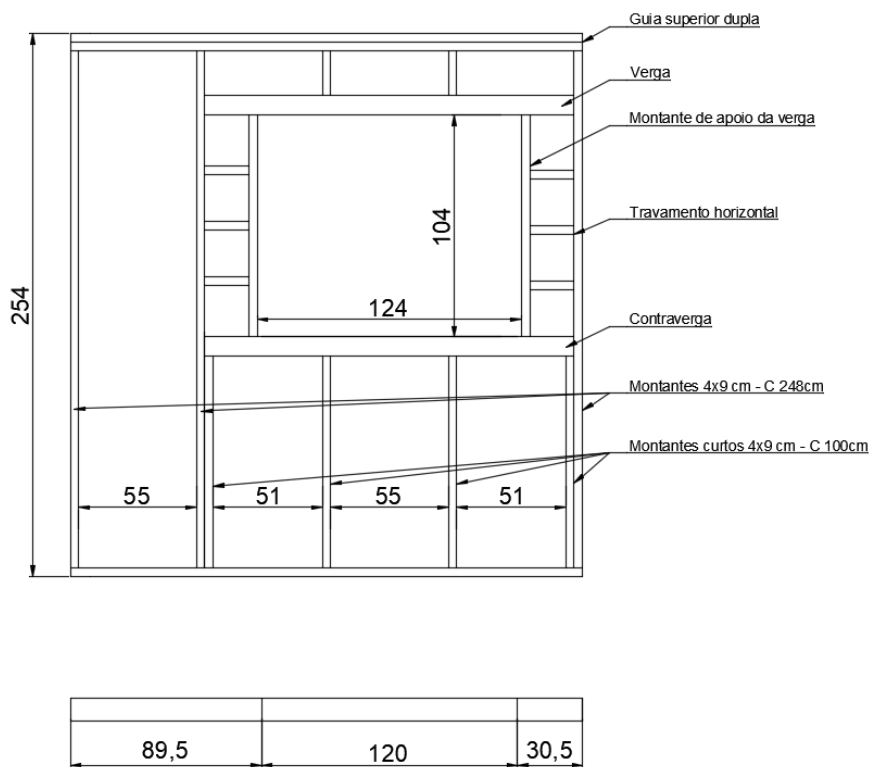


Fonte: Autor, 2017

5.2.2.4. Painel Janela Comum

O painel janela comum, é um painel duplo com largura de 240 cm por 260 de altura, 11 de espessura mais acabamento e uma abertura de 124 x 104 cm, seu esquema pode ser visto na Figura 23. O painel possui 3 montantes ligandos as guias superiores e inferiores, 6 montantes curtos, onde 2 estão na sobre a verga para distribuir a carga do telhado no painel e 4 sob a contraverga para dar suporte a janela e descarregar parte da carga da parede e do telhado na fundação. A verga e a contraverga são formadas por dois perfis de 4 x 9 cm e um espaçador de 1 cm. Ele também possuiu duas guias, uma superior e uma inferior. A parte frontal e traseira do painel são fechadas com OSB, com exceção da abertura.

Figura 23: Painel janela comum (PAN 4)

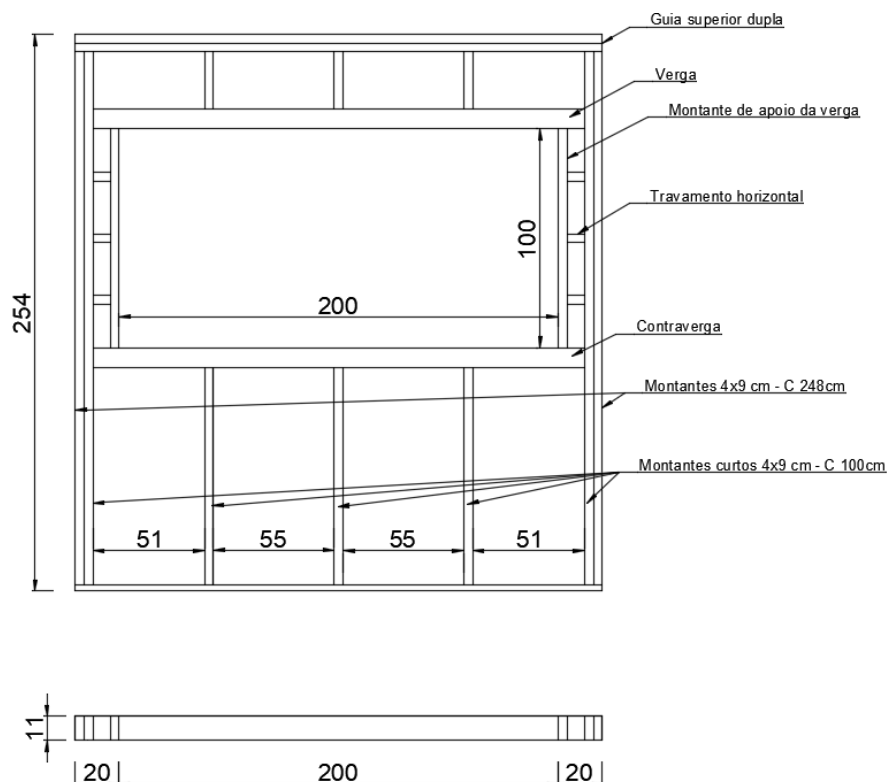


Fonte: Autor, 2017

5.2.2.5. Painel Janela Sala

O painel janela sala visto na Figura 24, é um painel duplo com largura de 240 cm por 254 cm de altura, 11 cm de espessura mais acabamento e uma abertura de 200 x 100 cm. O painel possui 4 montantes ligando as guias superiores e inferiores, 6 montantes curtos, onde 3 estão na sobre a verga para distribuir a carga do telhado no painel e 3 sob a contraverga para dar suporte a janela e descarregar parte da carga da parede e do telhado na fundação. A verga e a contraverga são formadas por dois perfis de 4 x 9 cm e um espaçador de 1 cm. Ele também possuiu duas guias, uma superior e uma inferior.

Figura 24: Painel janela sala (PAN 6)

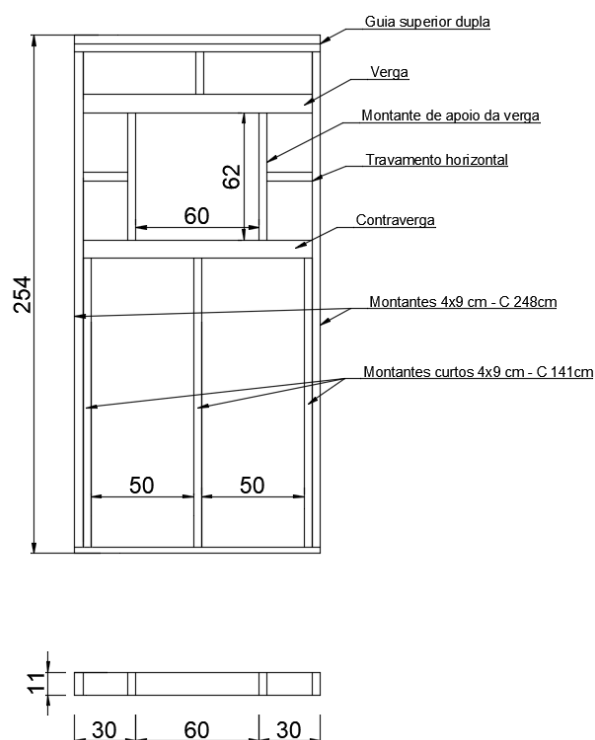


Fonte: Autor, 2017

5.2.2.6. Painel Janela Banheiro

O painel janela banheiro visto na Figura 25, é um painel com largura de 120 cm por 254 de altura, 11 de espessura mais acabamento e uma abertura de 64 x 64 cm. O painel possui 2 montantes ligando as guias superiores e inferiores, 2 montantes curtos, onde 1 está na sobre a verga para distribuir a carga do telhado no painel e 1 sob a contraverga para dar suporte a janela e descarregar parte da carga da parede e do telhado na fundação. A verga e a contraverga são formadas por dois perfis de 4 x 9 cm e um espaçador de 1 cm. Ele também possuiu duas guias, uma superior e uma inferior.

Figura 25: Painel janela banheiro (PAN 5)



Fonte: Autor, 2017

5.2.2.7. Montagem dos Painéis e Tesouras

Foi considerado um local hipotético no canteiro de obra para funcionar como centro de montagem dos painéis paredes e das tesouras. Este local deve ser localizado de forma que não atrapalhe a passagem de veículos ou a construção das casas, e é dividido em área de cortes e área de montagem. Os painéis serão montados como em uma linha de produção por carpinteiros.

5.2.2.8. Posicionamento dos Painéis

O radier é marcado para que sóculos de madeira com seção de 6 x12 cm que apoiam as paredes sejam instalados por toda extensão das paredes, por meio chumbadores do tipo aparafusável com cabeça escareada. Uma manta acrílica impermeabilizante é então aplicada por toda a base das paredes, para evitar a ascensão de água. Em seguida, os painéis das paredes são transportados até o local da montagem com o auxílio de caminhões munck para serem posicionados, alinhadas e aprumadas,

fixados uns aos outros e a fundação. Os painéis são fixados uns aos outros com o auxílio de parafusos auto atarraxantes e no encontro de painéis perpendiculares são adicionadas cantoneiras para melhor fixação. A ancoragem das paredes à fundação é feita com cantoneiras metálicas que são parafusadas nos painéis com pregos anelados de forma que os pregos atinjam os montantes e a guia inferior, já sua fixação a fundação é feita com chumbadores do tipo aparafusável com cabeça escareada. A segunda guia superior é posicionada e pregada a inferior, ela auxilia na distribuição da carga do telhado e aumenta a rigidez da estrutura (BRASIL, 2017).

5.2.2.9. Cobertura e Forro

Após o posicionamento e fixação das paredes, a estrutura do telhado é montada com tesouras espaçadas a cada 120 cm. As tesouras serão montadas com madeira pinus tratada de mesma seção dos montantes (4x9 cm), em seguida são transportadas e posicionadas com o auxílio de caminhões muncks. Após ser posicionadas e fixadas, uma trama de madeira é pregada a ela, para apoiar o revestimento de telha de fibrocimento da cobertura.

Placas de gesso acartonado de 12,5 mm são parafusadas a estrutura do telhado, formando o forro da casa. Sobre esse forro é colocado uma camada dupla de feltro de lã de vidro de 5 mm, totalizando 10 mm de isolante térmico e acústico (BRASIL, 2017)

5.2.2.10. Vedação

5.2.2.10.1. Externo

Uma membrana impermeabilizante é fixada nos painéis, funcionando como uma barreira contra umidade e vento e ao mesmo tempo, permite a saída do vapor de água do interior das paredes, protegendo as paredes contra intempéries. Essa membrana é grampeada sobre as placas de OSB com grampos galvanizados.

Nas casas em *wood frame* foi adotado um revestimento externo de placas cimentícias de 8 mm, que serão parafusadas nas chapas de OSB, de forma que ocultem

as juntas dos painéis. As juntas das chapas cimentícias são tratadas com fita telada de 100 mm e argamassa especial para tratamento de juntas de chapas cimentícias.

5.2.2.10.2. Interno

O revestimento interno é constituído com chapas de gesso acartonado de 12,5 mm de espessura, sendo elas parafusadas nas chapas de OSB. Em áreas secas é usado gesso acartonado standart (ST) e em áreas molhadas gesso acartonado resistente a umidade (RU). Uma membrana acrílica é aplicada sobre as chapas de gesso até a altura de 20 cm em áreas secas e em áreas molhadas 20 cm acima do ponto hidráulico mais alto.

5.2.3. Conforto térmico

A NBR 15220-3 (2003) propôs a divisão do Brasil em 8 zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima. Para cada uma dessas zonas foi proposto algumas recomendações técnico construtivas para melhorar o desempenho térmico.

O projeto apresentado pela Datec Nº20-B pode ser executado em diferentes zonas bioclimáticas, porém cada uma com suas considerações. A Tabela 1 apresenta as condições para que o projeto atenda as condições de conforto térmico mínimas em cada zona bioclimática.

Tabela 1: Condições para Obtenção do nível de desempenho térmico mínimo para as oito zonas bioclimáticas

Zonas Bioclimáticas	Cor do acabamento externo das paredes			
	Períodos de verão e de inverno	Período de verão		
	Condição padrão	Com ventilação	Com sombreamento	Com sombreamento e ventilação
1	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias ou escuras
2	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias ou escuras
3	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras	Atende com cores claras ou médias	Atende com cores claras ou médias
4	Não atende	Não atende	Atende com cores claras	Atende com cores claras
5	Não atende	Não atende	Atende com cores claras	Atende com cores claras
6	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras
7	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras
8	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras	Atende com cores claras ou médias ou escuras

Fonte: BRASIL (2017)

De acordo com Tavares (2011), a cidade de Uberlândia se encontra na zona bioclimática 6, portanto o projeto apresentado pela Datec N°20-B atende a cidade de Uberlândia, sem a necessidade de sombreamento ou ventilação e pode utilizar cores claras, medias e escuras para o acabamento das paredes externas.

5.3. Habitação de Interesse Social em Paredes de Concreto

As habitações propostas para o sistema paredes de concreto irão possuir o mesmo layout das habitações em *wood frame*, porém com uma espessura de parede de 10 cm, o que resultará em uma área construída de 45,12 m².

Como não existe no momento uma Datec válida para paredes de concreto moldadas *in loco*, as armaduras e resistência do concreto foram estimadas baseadas em projetos de edificações em paredes de concreto construídas em Uberlândia e a SINAPI Paredes e Lajes de Concreto – Lote 1.

5.3.1. Fundação

A fundação da HIS em paredes de concreto foi estimada com base em um projeto de uma HIS construída na cidade de Fernandópolis – SP, pela empresa HLTS Construções e Engenharia LTDA.

A fundação será do tipo radier e terá 10 cm de espessura. O concreto utilizado possui f_{ck} de 25 MPa e volume aproximado de 6 m³. A armadura é formada por telas Q.138 com 4,2 mm de espessura e malha de 10x10 cm, com transpasso entre telas de 30 cm. Na região das paredes, será também adicionado uma armadura negativa composta também pela tela Q.138. Barras de aço CA – 50 de 8 mm, serão fixadas a fundação para trabalhar como arranques.

5.3.2. Armaduras Metálicas

De acordo com a Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), para edificações térreas as telas das paredes podem ser do tipo Q.92 ou Q.61. Por ser mais usada em Uberlândia, a tela do tipo Q.92 será a adotada nesse pré-dimensionamento. Ela é formada por barras de aço CA – 60 com 4,2 mm de diâmetro e espaçamento da malha de 15 cm. A tela que irá compor a armadura da laje é a Q.138, formada por aço CA – 60 com diâmetro de 4,2 mm e malha de 10x10 cm.

Analisando alguns projetos de parede de concreto da cidade de Uberlândia, foi possível observar que alguns pontos estratégicos como os cantos das paredes e em aberturas são reforçados para evitar fissuras. Geralmente as arestas e vértices das aberturas são reforçadas com duas barras de CA – 50 de 8 mm e os cantos das paredes recebem uma camada dupla de tela. Também foi observado um transpasse das telas de 30 cm.

5.3.3. Formas

Foi escolhido formas metálicas devido à variedade de empresas no mercado que alugam ou vendem as formas como as empresas Tip Form, Metax e Mills. Como as formas oferecidas por elas tem com processo de montagem semelhante ao apresentado na revisão bibliográfica, elas serão utilizadas nesse trabalho para compor o orçamento. Como cada empresa oferece painéis de diferentes tamanhos e seria necessário adaptar o projeto para cada uma, nesse trabalho não serão definidas as dimensões dos painéis, sendo considerado apenas a área de formas de aproximadamente 271 m², área que compõe as paredes externas, internas e lajes.

5.3.4. Montagem das formas

Apesar das formas apresentadas possuírem os encaixes e travas diferentes, o processo de montagem é o mesmo para as três, que é o mesmo apresentado na revisão bibliográfica. Primeiramente é aplicado desmoldante para betoneira nas faces da forma para evitar o concreto fique aderido à superfície e para facilitar a desmoldagem. Inicia-se pelas formas das paredes internas, que são travadas nas formas adjacentes, e em seguida são montadas as formas das paredes externas. Elas também recebem uma amarração ligando as faces opostas, para assegurar o espaçamento das formas. Antes de serem fixadas a fundação, elas são alinhadas, aprumadas e seu esquadro é verificado. Para que sejam fixadas a fundação, pinos ou barras de 8 mm são ancorados à fundação com o auxílio de adesivo epóxi, impedindo qualquer movimentação das formas das paredes. Por fim são montadas as formas das lajes e escoras são posicionadas em grandes vãos.

5.3.5. Concreto

O concreto será considerado auto adensável, devido à dificuldade de realizar o adensamento manual. O concreto deve atingir uma resistência mínima para que possa ocorrer a desmoldagem no dia seguinte, considerando uma concretagem por dia. O concreto também necessita ter elevada trabalhabilidade, para que toda a forma fique preenchida por concreto e não fiquem vazios. De acordo com as fornecedoras de concreto de Uberlândia, Brasmix e Polimix, obras de parede de concreto, geralmente

utilizam concreto com cimento CP V com fck de 25 MPa, com adição de aditivos aceleradores de pega, plastificante e fibras, sendo este concreto, o considerado nesse trabalho. Para cada edificação, é necessário um volume de 16,5 m³ de concreto.

5.3.6. Concretagem

Para realização da concretagem foi considerado um caminhão bomba tipo lança, para o lançamento do concreto. Durante o lançamento do concreto é necessário que um funcionário ajude no adensamento do concreto, batendo um martelo de borracha na região sendo concretada e outro funcionário deverá lavar as áreas que já foram concretadas com uma lavadora de alta pressão.

5.3.7. Cobertura

A estrutura do telhado é formada por quatro tesouras espaçadas 2,43 m e uma trama de madeira sobre elas para apoiar o telhamento em telha ondulada de fibrocimento. As tesouras serão montadas no solo e posicionadas com o auxílio de guindastes.

5.3.8. Gesso Corrido

Para corrigir as imperfeições da superfície paredes da sala e dos quartos e do teto de toda a edificação, como as encontradas nas juntas das formas, como pode ser visto na (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**6), será aplicado gesso corrido. O gesso também é útil para corrigir o prumo das paredes quando a forma das paredes deslocar durante a concretagem ou for montada de forma errada. É necessário aplicar cola de chapisco nas superfícies onde o gesso será aplicado. A área de paredes e do teto que receberão revestimento em gesso é de 145 m².

Figura 26: Superfície irregular da parede



Fonte: Autor, 2017.

5.3.9. Conforto térmico

Como não existe uma Datec válida no momento para paredes de concreto, este trabalho não irá comprovar se o projeto apresentado para esse sistema atende as condições de conforto térmico. Podendo ser necessário realizar procedimento para a adequação a NBR 15575 (ABNT, 2012).

5.4. Orçamento

O orçamento foi realizado para a cidade de Uberlândia, desta forma, a todos os materiais cotados em outras cidades, foi acrescido do valor do frete. Para a realização do orçamento, foi considerado para ambos sistemas construtivos, a construção de 100 habitações e que após o fim da realização da primeira casa, será executado uma casa por dia. Portanto, o orçamento diário será equivalente ao valor dos itens considerados nesse trabalho (fechamento, forro, revestimento das paredes, fundação e cobertura). No entanto, cabe salientar que não foram dimensionadas equipes para a execução das 100 HIS.

Os componentes similares em ambas as edificações como acabamento, louças, valor do terreno, instalações elétricas e hidráulicas, não foram considerados nesse

trabalho por possuírem o mesmo valor e não apresentar relevância em um orçamento comparativo de custos diretos.

Os custos da fundação e cobertura foram estimados a partir das tabelas da SINAPI – MG do mês de Maio.

O valor das diárias da mão de obra foi obtido a partir da divisão do salário base de cada categoria por 22 dias, o que resulta no valor aproximado de cada dia útil. O valor do salário médio nacional foi levantado no site do SINE para um funcionário pleno em uma empresa de médio porte. O cálculo dos encargos foi feito com base na tabela de total de encargos sociais sobre o salário hora da SINAPI (Tabela 2), que representa um total de 117,66% sobre o total da mão de obra.

Tabela 2: Resumo da mão de obra horista

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE O SALÁRIO HORA - PADRÃO					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	GRUPO D
A	GRUPO A				
A1	INSS	20,00%			
A2	SESI	1,50%			
A3	SENAI	1,00%			
A4	INCRA	0,20%			
A5	SEBRAE	0,60%			
A6	Salário Educação	2,50%			
A7	Seguro Contra Acidentes Trabalho	3,00%			
A8	FGTS	8,00%			
A9	SECONCI	1,00%			
B	GRUPO B				
B1	Repouso Semanal Remunerado		17,99%		
B2	Feriados		4,69%		
B3	Auxílio-Enfermidade		0,91%		
B4	13º Salário		10,93%		
B5	Licença Paternidade		0,08%		
B6	Faltas Justificadas		0,73%		
B7	Dias de Chuvas		1,35%		
B8	Auxílio Acidente de Trabalho		0,12%		
B9	Férias Gozadas		9,56%		
B10	Salário Maternidade		0,03%		
C	GRUPO C				
C1	Aviso Prévio Indenizado			5,90%	
C2	Aviso Prévio Trabalhado			0,14%	
C3	Férias Indenizadas+1/3			3,97%	
C4	Depósito Rescisão Sem Justa Causa			4,90%	
C5	Indenização Adicional			0,50%	
D	GRUPO D				
D1	Reincidência de A sobre B				17,54%
D2	Reincidência de A sobre Aviso Prévio Trabalhado + Reincidência de FGTS sobre Aviso Prévio Indenizado				0,52%
SUB-TOTAIS (GERAL)		37,80%	46,39%	15,41%	18,06%
TOTAL DOS ENCARGOS SOCIAIS SOBRE O SALÁRIO HORA				117,66%	

Fonte: SINAPI, 2015

5.4.1. *Wood frame*

A composição do orçamento foi feita por meio de diversas fontes e com algumas aproximações. A produtividade de alguns serviços específicos do *wood frame* não foi encontrada em fontes brasileiras. Por isso, a produtividade de montagem dos montantes e guias foi retirada do endereço eletrônico RSMeans Construction Cost Estimating Data. A produtividade de fixação das chapas de drywall e de tratamento das juntas foi considerada igual a de chapas cimentícias devido à similaridade do processo de montagem.

A produtividade de montagem dos painéis de *wood frame* também não pode encontrada e foi adotada igual a de montagem das formas metálicas usadas nas paredes de concreto, devido à similaridade do processo. Ambos são fixados aos painéis adjacentes e a fundação, assim como são alinhados e aprumados. A produtividade de montagem das formas metálicas foi obtido no endereço eletrônico¹³ da empresa Mills e equivale a 0,37 homens hora por metro quadrado (hh/m²).

O resumo do orçamento desse sistema pode ser observado na Tabela 3. O orçamento completo da habitação de interesse social em *wood frame*, pode ser visto no APÊNDICE 2

¹³ Disponível em: < <http://www.mills.com.br>>. Acessado em jul. de 2017.

Tabela 3: Resumo do orçamento da HIS em wood frame

TOTAL - WOOD FRAME				
	ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR
ESTRUTURA / PAINÉIS	Pinus tratado - perfil 4 x 9 cm - 3 m de comprimento	48	Peças	R\$ 1.248,00
	Pinus tratado - perfil 4 x 9 cm - 4 m de comprimento	81	Peças	R\$ 2.835,00
	Placa OSB 9,5 mm - 120 x 240 cm	6	Chapas	R\$ 290,40
	Placa OSB 9,5 mm - 120 x 300 cm	54	Chapas	R\$ 3.186,00
REVESTIMENTO	Placa Drywall 12,5mm - 120x240 cm	31	Chapas	R\$ 1.050,90
	Placa Drywall 12,5mm - 120x240 cm - RU	15	Chapas	R\$ 669,60
	Placa cimentícia 120 x 240 cm - 8 mm	24	Chapas	R\$ 2.040,00
	Fita telada 100mm para tratamento de juntas 50m	2,8	Unidades	R\$ 110,91
ISO. TERM.	Feltro de Lã de Vidro 50 mm	105	m ²	R\$ 860,30
IMPER.	Manta asfáltica 10m	5	rolos	R\$ 809,55
	Membrana acrílica de aplicação a frio para 15m ²	2	Baldes	R\$ 439,80
	Membrana hidrofuga rolo de 30m	1	Unidade	R\$ 663,00
FIXADORES	Parafuso de rosca soberba (ponta aguda), cabeça conica estriada com comprimento de 25mm	900	Unidades	R\$ 60,00
	Prego anelado comprimento de 50 mm	3700	Unidades	R\$ 256,00
	Parafuso de rosca soberba (ponta aguda), cabeça conica lisa com comprimento de 25mm	2000	Unidades	R\$ 120,00
TRANSPORTE	Aluguel de munck	1	Hora	R\$ 80,00
FUNDAÇÃO	Concreto	6	m ³	R\$ 1.488,00
	Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	4	telas	R\$ 580,84
COBERTURA	Tesouras	7	tesouras	R\$ 5.890,99
	Trama de madeira	45,46	m ²	R\$ 553,70
	Telhamento com telha de fibrocimento	45,46	m ²	R\$ 1.267,88
Mão de Obra		1	dia	R\$ 6.057,50
TOTAL				R\$ 30.549,27
TOTAL/m ²				R\$ 672,00

Fonte: Autor, 2017

5.4.2. Parede de Concreto

Para o valor do aluguel das formas foram utilizadas cotações de três empresas. O valor do aluguel das formas cotado nas empresas Mills e Metax foi aproximado a partir de uma proporção do valor de aluguel para um projeto similar. A empresa Tip Form informou que o valor do m² das formas. Esses valores são estimativas e podem oscilar de acordo com a complexidade de cada projeto, número de repetições e duração do aluguel. Para compor o orçamento dessa pesquisa foi adotado o menor valor. Neste trabalho será considerado a forma da empresa Tip form para compor o orçamento por apresentar o menor valor.

A Tabela 4 apresenta uma produtividade da execução de paredes de concreto moldadas no local, em um empreendimento de apartamentos. A produtividade usada nesse trabalho foi estimada a partir da média de produtividade apresentada por

apartamento por Silva (2011). A produtividade dos serviços foi apresentada para cada etapa da execução: marcação em relação ao perímetro das paredes, armação em relação a área das telas das paredes, das formas em relação a área das formas e concretagem em relação volume de concreto bombeado.

Tabela 4: Produtividade de paredes de concreto

Paredes de concreto moldadas no local							
SERVIÇOS		Apto. 101	Apto. 102	Apto. 201	Apto. 202	Apto. 301	Apto. 302
Marcação	Marcação	0,10 (Hh/m)		0,08 (Hh/m)		0,04 (Hh/m)	
Armação	Tela	0,29 (Hh/m²)		0,20 (Hh/m²)		0,21 (Hh/m²)	
Fôrmas	Elétrica	0,70 (Hh/m²)	0,58 (Hh/m²)	0,66 (Hh/m²)	0,56 (Hh/m²)	0,51 (Hh/m²)	0,69 (Hh/m²)
	Hidráulica						
	Fôrmas face interna						
	Colocação caixas abertura						
	Fôrmas face externa						
	Alinhamento						
	Desforma						
Concretagem	Concretagem (inclusive limpeza após)	5,25 (Hh/m³)	5,71 (Hh/m³)	4,88 (Hh/m³)	4,82 (Hh/m³)	4,92 (Hh/m³)	5,07 (Hh/m³)
Plataformas	Plataformas externas	37h		25h		30h	
Observações:							
Para a armação, a área considerada é referente à área de tela das paredes.							
Para as fôrmas, a área considerada é referente aos dois lados da fôrma.							

Fonte: Silva (2011)

O resumo do custo direto desse sistema pode ser observado na Tabela 5. O orçamento completo da habitação de interesse social em paredes de concreto moldadas *in loco*, pode ser visto no APÊNDICE 3.

Tabela 5: Resumo do orçamento das paredes de concreto

TOTAL - PAREDE DE CONCRETO				
ITEM		QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR
FORMAS METÁLICAS	Formas metálicas	271	m ²	R\$ 230,35
	Formas metálicas	271	m ²	R\$ 579,94
	Formas metálicas	271	m ²	R\$ 444,44
CONCRETO	Concreto fck 25 MPa	22,46	m ³	R\$ 5.571,07
	Caminhão Bomba	22,46	m ³	R\$ 673,80
	Desmoldante	271	m ²	R\$ 213,80
ARMADURA METÁLICA	Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	11	Telas	R\$ 1.657,86
	Tela Q.138 10x10 (2,45x6m)	13	Telas	R\$ 2.858,90
	Barra CA-50 8mm 12m	18	Barras	R\$ 562,91
REVESTIMENTO	Gesso 20 kg	42	sacos	R\$ 486,78
COBERTURA	Tesouras do telhado	4	tesouras	R\$ 3.366,12
	Trama de madeira	45,12	m ²	R\$ 549,56
	Telhamento	45,12	m ²	R\$ 1.258,40
MÃO DE OBRA		1	dia	R\$ 10.303,03
TOTAL				R\$ 27.732,58
TOTAL / m ²				R\$ 614,64

Fonte: Autor, 2017

6. ANALISE

6.1. Mercado Fornecedor

A madeira Pinus tratada, o principal material da estrutura do sistema *wood frame*, não foi encontrado na cidade de Uberlândia. Apesar de não existir fornecedores de madeira Pinus tratada e na aparelhagem correta para uso em *wood frame* na referida cidade, existem fornecedores de pinus sem tratamento. Portanto existe a possibilidade desses fornecedores começarem a oferecer a madeira tratada caso exista demanda.

Os materiais utilizados na vedação como placas OSB, cimentícias e de gesso acartonado e seus complementos como parafusos, fita telada e argamassa de acabamento, apresentam diversos fornecedores com variedade de fabricantes em Uberlândia, apesar de não existir fabricante desses materiais na cidade.

6.2. Custo

O valor encontrado para execução de habitação em paredes de concreto moldados *in loco*, foi menor que o de *wood frame*. O valor do metro quadrado para a execução de fundação, vedação, forro e cobertura ficou em R\$614,64 para as paredes de concreto e R\$672,62 reais para *wood frame*. Portanto o valor do metro quadrado em *wood frame* ficou 9,43% mais caro em relação ao sistema em paredes de concreto.

Apesar do *wood frame* ser o sistema mais caro, o valor gasto com mão de obra foi menor. O valor gasto com mão de obra necessário para realizar uma edificação foi de R\$6.057,50 reais para a edificação em *wood frame* e R\$10.303,03 reais para a edificação em paredes de concreto, sendo o primeiro 41,21% mais barato que o segundo.

O valor gasto com as vedações e forro no sistema *wood frame*, representa 73,53% do valor total, enquanto o valor do material para a execução da vedação e forro do sistema paredes de concreto representa 54,32%.

O frete da madeira Pinus tratada, o principal componente da estrutura da edificação em *wood frame*, representa um acréscimo de 28,57% do valor de peça e

17,14% do valor total. As placas em OSB, também apresentaram um elevado valor de frete, equivalente a 19,51% do valor total de cada placa.

A simplicidade do processo e a facilidade para encontrar os materiais necessários em Uberlândia, contribuíram para o menor valor do sistema de paredes de concreto. Porém esse valor é apenas uma estimativa de um pré-projeto e alguns valores foram aproximados ou estimados. Também é necessário considerar que o projeto em *wood frame* atende as condições de conforto térmico e acústico, enquanto o de paredes de concreto necessita de uma avaliação, podendo ser necessário a realização de ajustes no projeto.

6.3. Impacto Ambiental

Ambos os sistemas apresentaram ser mais sustentáveis que os métodos convencionais, uma vez que são industrializados, portanto suas etapas construtivas são racionalizadas e planejadas, o que reduz o desperdício de matérias e de mão de obra com retrabalhos.

O sistema *wood frame* tem como principal material a madeira, que é renovável e com impacto ambiental positivo em relação ao aquecimento global uma vez que o plantio de madeira sequestra gás carbônico da atmosfera. Já o concreto utilizado nas paredes de concreto, tem em sua composição cimento, material que no seu processo de fabricação, emite CO₂ na atmosfera. Portanto, quanto ao principal componente, o sistema *wood frame* apresenta melhor impacto ambiental.

7. CONCLUSÃO

O fornecimento de elementos do *wood frame* não é impedimento para a realização de projetos utilizando esse sistema. Ainda que os fabricantes não estejam na cidade, existem representantes que fazem este fornecimento. No entanto, por se tratar de um projeto em madeira, o material mais impactante no projeto e no custo é a estrutura em madeira. Apesar do grande número de fornecedores de pinus na cidade, em força até mesmo da abundância de matéria prima no momento, não há empresas que forneçam a estrutura aparelhada e tratada conforme exige o projeto.

A análise de custo feita nesse trabalho permite concluir que o metro quadrado do sistema estrutural, vedação, fundação e cobertura em *wood frame* é R\$57,98 mais caro, quando comparado ao sistema paredes de concreto.

Porém, algumas considerações devem ser feitas. Primeiramente, vale observar que no presente trabalho não foi feito o dimensionamento de equipe, assim, em termos de programa de obra, é possível trabalhar com a redução do custo otimizando as equipes de montagem.

Além disso, para tornar o *wood frame* mais competitivo, seria necessário fidelizar e incentivar o mercado fornecedor a adotar a aparelhagem e tratamento do pinus. O alto custo do *wood frame* é devido principalmente aos insumos da madeira, seu frete e tratamento representam 45,71% do valor total de cada peça.

Assim, entende-se que, quanto à análise de viabilidade econômica, o *wood frame* apresenta menor margem de lucro, porém não necessariamente torna o projeto inviável e sim, menos adequado financeiramente.

Outro ponto a ser considerado é que o sistema *wood frame* possui no momento, uma Datec válida e que atende as condições climáticas da cidade de Uberlândia, enquanto o sistema de paredes de concreto não possui uma Datec válida a mais de um ano. Portanto a HIS em paredes de concreto pode não ser compatível com as condições climáticas de Uberlândia.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos da Engenharia de Edificações-: Materiais e Métodos**. Bookman Editora, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **MANUAL TÉCNICO PARA IMPLEMENTAÇÃO: HABITAÇÃO 1.0: BAIRRO SAUDÁVEL**. 1ª ED. SÃO PAULO: ABCP, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: desempenho de edifícios habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: desempenho térmico de edificações: parte 2: métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

BALEN, E.; PANSERA, R. D.; LEMOS, R. **WOOD FRAME – BUSCA POR SUSTENTABILIDADE**, 2016.

BARILLARI, C. T. **DURABILIDADE DA MADEIRA DO GÊNERO PINUS TRATADA COM PRESERVANTES: AVALIAÇÃO EM CAMPO DE APODRECIMENTO**. 2002. 68 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM RECURSOS FLORESTAIS) ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ, PIRACICABA, 2002

BRASIL. Ministério das Cidades. Documento de Avaliação Técnica – DATEC Nº 003 - REVISÃO 2: **Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”)**. Brasília, 2012

BRASIL. Ministério das Cidades. Documento de Avaliação Técnica – DATEC Nº 005 - REVISÃO 2: **Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)**. Brasília, 2017

BRASIL. Ministério das Cidades. Documento de Avaliação Técnica – DATEC Nº 020-B **Sistemas de vedação vertical leve em madeira**. Brasília, 2012

BURROWS, J. **CANADIAN WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION**. 3. ED. TORONTO: CANADA MORTGAGE AND HOUSING CORPORATION, 2014. 351P.

CAMPOS, RUBENS J. A. **DIRETRIZES DE PROJETO PARA PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES TÉRREAS COM ESTRUTURA TIPO PLATAFORMA E FECHAMENTO COM PLACAS CIMENTÍCIAS**. 2006. 165 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA DA EDIFICAÇÃO E SANEAMENTO) – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. LONDRINA, PR, 2006.

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas. **Revista Techne**, v. 183, 2012.

ESPÍNDOLA, L.R. **HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM MADEIRA CONFORME OS PRINCÍPIOS DE COORDENAÇÃO MODULAR E CONECTIVIDADE**. 2010. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL.) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS, 2010.

ABRAF - Anuário estatístico da ABRAF. ano base 2009/ABRAF. **Brasília, DF**, 2010.

FARIA, Renato. Paredes maciças. **Revista Técnica. Editora PINI**. ed, v. 143, 2009.

GIRIBOLA, Maryana. Habitação Popular em Madeira. **Revista EQUIPE DE OBRA, São Paulo**, n. 62, 2013.

IRC. International residential code. **International residential Code - for one -and two family dwellings**, 2012.

LEITE, J.; LAHR, F. **DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETO EM WOOD FRAME BASIC GUIDELINES FOR DESIGN IN WOOD FRAME**, 2015.

LISBOA, M.; OLIVEIRA, R. **O PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA E O DÉFICIT HABITACIONAL NOS COREDES**, 2016.

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. ET AL. (1998A). ESTÁGIO ATUAL DO USO DE PAREDES MACIÇAS MOLDADAS NO LOCAL EM SÃO PAULO. IN: **CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO**. SÃO PAULO. ANAIS... SÃO PAULO: ESCOLA POLITÉCNICA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – PCC. NOV, 1998.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. Paredes de concreto. **Revista TÉCNICA, São Paulo**, v. 17, n. 147, p. 74-80, 2009.

MOLINA, Julio Cesar. **Análise do comportamento dinâmico da ligação formada por barras de aço coladas para tabuleiros mistos de madeira e concreto para pontes**. 2008.

MOLINA, J. C.; CALIL JR, C. **SISTEMA CONSTRUTIVO EM WOOD-FRAME PARA CASAS DE MADEIRA**. SEMINA: CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS, LONDRINA, v. 31, N. 2, P. 143-156, DEZ. 2010. DISPONÍVEL EM: [HTTP://WWW.UEL.BR/REVISTAS/UEL/INDEX.PHP/SEMEXATAS/ARTICLE/VIEWFILE/4017/6906](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906). ACESSO EM: 15 DE JUN. DE 2017.

PACHECO, FREDERICO HEIDRICH. **SISTEMA PAREDE DE CONCRETO: ELABORAÇÃO DE LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA APRIMORAR A EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS**. 2012.

PEREIRA; CUNHA. **Uberlândia - Qualidade das moradias - 2010**. Uberlândia, MG, 2014.

SACCO, M. F.; STAMATO, G. C. Light *wood frame*: construções com estrutura leve de madeira. **Revista Técnica, São Paulo: Pini**, ano, v. 16, p. 75-80, 2010.

SACHT, H. M. **PAINÉIS DE VEDAÇÃO DE CONCRETO MOLDADOS IN LOCO: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO E DESENVOLVIMENTO DE CONCRETOS**. P. 286, 2008.

SILVA, Fernando. Paredes de concreto moldadas *in loco*. **Revista TÉCNICA, São Paulo**, n. 167, 2011.

SOUZA, LAURILAN GONÇALVES. **ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO DE UMA CASA UNIFAMILIAR NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE ALVENARIA, MADEIRA DE LEI E WOOD FRAME**. FLORIANÓPOLIS, SC, 2013.

SBA. STRUCTURAL BOARD ASSOCIATION et al. OSB Performance by Design: Oriented Strand Board in *Wood frame* Construction. **TM422. Canada**, 2005.

TARTUCE, Ronaldo; GIOVANNETTI, Edio. **Princípios básicos sobre concreto de cimento Portland**. Pini: Ibracon, 1990.

TAVARES, LAURA RESENDE. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: APLICAÇÃO DO RTQ-C—REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS-NA CIDADE DE UBERLÂNDIA-MG**. 2012.

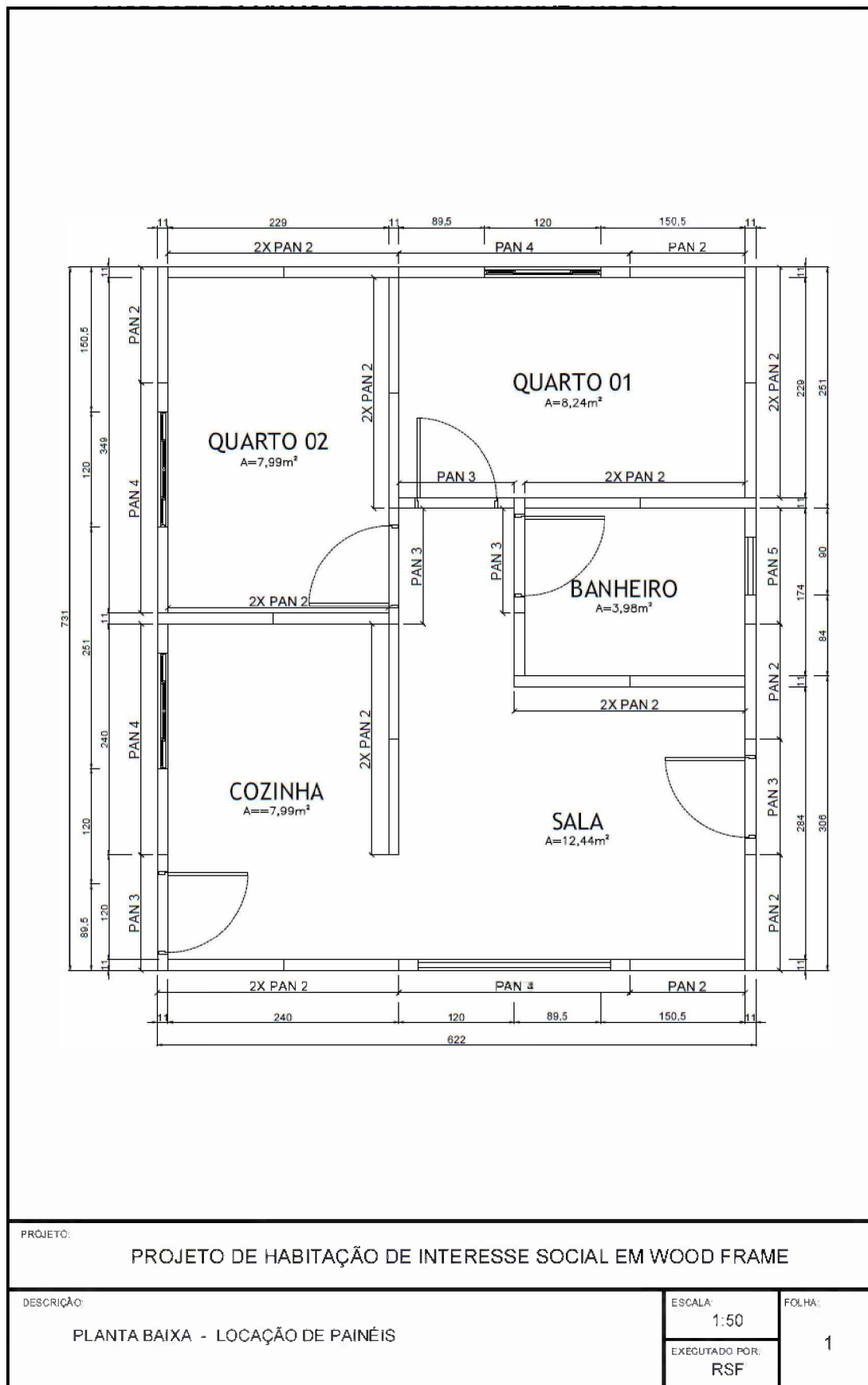
THALLON, ROB. **GRAPHIC GUIDE TO FRAME CONSTRUCTION**. TAUNTON PRESS, 2008.

VASQUES, CAIO CAMARGO PENTEADO CORREA FERNANDES. **COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, CONVENCIONAL E WOOD FRAME EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**. COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS, v. 1, n. 1, 2014.

VENTURINI, Jamila. Casas com paredes de concreto. **Revista Equipe de Obra**. ed 37, 2011.

WERNER, Frank et al. Life cycle inventories of wood as fuel and construction material. **Final report ecoinvent data v2. 0 No**, v. 9, 2007.

APÊNDICE I – PLANTA BAIXA



APÊNDICE II – ORÇAMENTO WOOD FRAME

TOTAL - WOOD FRAME							
	ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	FORNECEDOR 1	VALOR	FORNECEDOR 2	VALOR
ESTRUTURA/PAINÉIS	Pinus tratado - perfil 4 x 9 cm - 3 m de comprimento	48	Peças	Santos Madeiras	R\$ 1.248,00		
	Pinus tratado - perfil 4 x 9 cm - 4 m de comprimento	81	Peças	Santos Madeiras	R\$ 2.835,00		
	Placa OSB 9,5 mm - 120 x 240 cm	6	Chapas	Gasometro (LP Brasil)	R\$ 324,00	GlobalWood	R\$ 290,40
	Placa OSB 9,5 mm - 120 x 300 cm	54	Chapas	Gasometro (LP Brasil)	R\$ 3.186,00		
REVESTIMENTO	Placa Drywall 12,5mm - 120x240 cm	31	Chapas	Leroy Merlin	R\$ 1.050,90	Solar Gesso	R\$ 1.116,00
	Placa Drywall 12,5mm - 120x240 cm - RU	15	Chapas	Leroy Merlin	R\$ 688,50	Solar Gesso	R\$ 669,60
	Placa cimentícia 120 x 240 cm - 8 mm	24	Chapas	Leroy Merlin	R\$ 2.445,60	Solar Gesso	R\$ 2.040,00
	Fita telada 100mm para tratamento de juntas 50m	2,8	Unidades	Artesana	R\$ 110,91		
ISOLANTE TERM.	Feltro de Lã de Vidro 50 mm	105	m²	Leroy Merlin	R\$ 860,30	Submarino	R\$ 1.150,15
IMPERMEABILIZANTES	Manta asfáltica 10m	5	rolos	Telha Norte	R\$ 809,55	Leroy Merlin	R\$ 899,50
	Membrana acrílica de aplicação a frio para 15m²	2	Baldes	Telha Norte	R\$ 439,80	Leroy Merlin	R\$ 629,80
	Membrana hidrofuga rolo de 30m	1	Unidade	Santos Madeiras	R\$ 715,00	Gasometro (LP Brasil)	R\$ 663,00
FIXADORES	Parafuso de rosca soberba (ponta aguda), cabeça cônica estriada com comprimento de 25mm	900	Unidades	Cofep	R\$ 60,00		
	Prego anelado comprimento de 50 mm	3700	Unidades	Gasometromadeiras	R\$ 256,00		
	Parafuso de rosca soberba (ponta aguda), cabeça cônica lisa com comprimento de 25mm	2000	Unidades	Cofep	R\$ 120,00		
TRANSPORTE	Aluguel de munck	1	Hora	Guindastes triangulo	R\$ 80,00		
FUNDAÇÃO	Concreto	6	m³	Polimix	R\$ 1.488,00	Brasmix	R\$ 1.548,00
	Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	4	telas	Arcelormittal	R\$ 580,84		
COBERTURA	Tesouras	7	tesouras	SINAPI MG	R\$ 5.890,99		
	Trama de madeira	45,46	m²	SINAPI MG	R\$ 553,70		
	Telhamento com telha de fibrocimento	45,46	m²	SINAPI MG	R\$ 1.267,88		
Mão de Obra		1	dia			R\$	6.057,50
TOTAL						R\$	30.549,27
TOTAL/m²						R\$	672,00

MÃO DE OBRA - WOOD FRAME								
Item	Área Total	Produção	Unidade	Função	Nº Funcionários	Valor Unitário (diária)	Valor total	Fonte da produtividade
Fixação de placas OSB	43	0,076	hh/chapas	Carpinteiro	1	R\$ 70,23	R\$ 70,23	RS means
Montagem dos montante, guias e vergas	36	0,25	hh/painel	Carpinteiro	2	R\$ 70,23	R\$ 140,45	Rs means
Revestimento em Placas cimentícias	70	0,22	hh/m²	Mão de obra especializada	2	R\$ 95,45	R\$ 190,90	Sanches e Sato 2009
Revestimento em Gesso Acartonado	130	0,22	hh/m²	Mão de obra especializada	4	R\$ 95,45	R\$ 381,80	Adotado = Placas cimentícias
Aplicação de membrana acrílica	23	0,5	hh/m²	Aplicador de impermeabilizante	2	R\$ 66,77	R\$ 133,55	09 115.8.18.4 TCPO 2013
		0,5	hh/m²	Ajudante	2	R\$ 47,68	R\$ 95,36	
Aplicação de manta asfáltica	23	0,3	hh/m²	Aplicador de impermeabilizante	1	R\$ 66,77	R\$ 66,77	07 130.8.2.4 TCPO 2013
		0,3	hh/m²	Ajudante	1	R\$ 47,68	R\$ 47,68	
Radier (Armaduras metálicas)	58,8	0,12	hh/m²	Armador	1	R\$ 80,68	R\$ 80,68	Techne Edição 167
Posicionamento dos painéis	224	0,37	hh/m²	Montador de forma	11	R\$ 85,26	R\$ 937,86	Adotado = Formas Mills
Concretagem (Radier)	6	5,1	hh/m³	Pedreiro Oficial	2	R\$ 89,03	R\$ 178,05	Techne Edição 167
				Pedreiro Meio-Oficial	2	R\$ 68,56	R\$ 137,12	
Aplicação de feltro de lã de vidro	90	0,06	hh/m²	Aplicador de impermeabilizante	1	R\$ 66,77	R\$ 66,77	Sanches e Sato 2009
Montagem do forro	45	0,53	hh/m²	Mão de obra especializada	3	R\$ 85,26	R\$ 255,78	09 500.8.8.4 TCPO 2013
TOTAL SEM ENCARGOS SOCIAIS							R\$ 2.783,01	
ENCARGOS SOCIAIS							R\$ 3.274,49	
TOTAL							R\$ 6.057,50	

QUANTITATIVO GERAL - WOOD FRAME					
ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE TOTAL	UNIDADE	ORIGEM
(SOCÚLO) = Trama de madeira (Item 92543)	12,18	R\$/m²	45,46	m²	Mat. Novo
Membrana acrílica de aplicação a frio	30	m²			Mat. Novo
Fita telada 100 mm	85	m			Mat. Novo
(Forro) Placas de drywall 12,5mm 120 x 240 cm	45	m²	17	placas	Mat. Novo
Aluguel de munck	1	h			Aluguel
Tesouras (item 92558) SINAPI MG	841,53	R\$/tesoura	7	tesouras	Mat. Novo
Trama de madeira (item 92543) SINAPI MG	12,18	R\$/m²	45,46	m²	Mat. Novo
Telhamento com telha de fibrocimento (item 0075) SINAPI MG	27,89	R\$/m²	45,46	m²	Mat. Novo
Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	1,29	m²/m²	4	telas	Mat. Novo
Concreto fck 25 MPa	6	m³			Mat. Novo
Feltro de lã de vidro 50 mm de espessura	105	m²	105	m²	Mat. Novo

QUANT. - PAINEL FECHADO EXTERNO (FACE INTERNA EM AREA SECA) x 8					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	24	UN	Mat. Novo
Guias 4x9 cm 120 de comprimento	2	UN	16	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	16	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 10 mm - 120 x 300 cm	1	UN	8	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 300 cm	1	UN	8	UN	Mat. Novo
Cantoneiras 40 x 120 mm	3	UN	24	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	1	rolo	Mat. Novo

QUANT. - PAINEL FECHADO EXTERNO (FACE INTERNA EM AREA MOLHADA) x 3					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	9	UN	Mat. Novo
Guias 4x9 cm 120 de comprimento	2	UN	6	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	6	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 10 mm - 120 x 240 cm	1	UN	3	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall RU de 12,5 mm - 120 x 240 cm	1	UN	3	UN	Mat. Novo
Cantoneiras 40 x 120 mm	3	UN	9	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	0,375	rolo	Mat. Novo

QUANT. PAINEL FECHADO INTERNO (COM FACES EM AREAS SECAS) x 2					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	6	UN	Mat. Novo
Guias 4x9 cm 120 de comprimento	2	UN	4	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Parafusos		UN		UN	Mat. Novo
Pregos		UN		UN	Mat. Novo
Cantoneiras 40 x 120 mm	3	UN	6	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	0,25	rolo	Recortes

QUANT. PAINEL FECHADO INTERNO (COM UMA FACE EM AREA MOLHADA) x 8

ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	24	UN	Mat. Novo
Guias 4x9 cm 120 de comprimento	2	UN	16	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	16	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	1	UN	8	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall RU de 12,5 mm - 120 x 240 cm	1	UN	8	UN	Mat. Novo
Cantoneiras 40 x 120 mm	3	UN	24	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	1	rolo	Mat. Novo

QUANT. PAINEL PORTA EXTERNO (FACE INTERNA EM AREA SECA) x 1

ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	6	UN	6	UN	Mat. Novo
Guias de Pinus tratado 4x9 cm com 120 cm	1	UN	1	UN	Recortes
Verga 4x9 cm com 95 cm de comprimento	2	UN	2	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 240 cm	0,666	UN	0,666	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 8 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 < 58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	0,125	Rolo	Mat. Novo

QUANT. PAINEL PORTA EXTERNO (FACE INTERNA EM AREA MOLHADA) x 1					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	6	UN	6	UN	Mat. Novo
Guias de Pinus tratado 4x9 cm com 120 cm	1	UN	1	UN	Recortes
Verga 4x9 cm com 95 cm de comprimento	2	UN	2	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 240 cm	0,666	UN	0,666	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 8 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Recortes
Placa de Drywall RU de 12,5 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 < 58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	0,125	Rolo	Recortes

QUANT. PAINEL PORTA INTERNO (FACE INTERNA EM AREA MOLHADA) x 1					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	6	UN	6	UN	Mat. Novo
Guias de Pinus tratado 4x9 cm com 120 cm	1	UN	1	UN	Recortes
Verga 4x9 cm com 95 cm de comprimento	2	UN	2	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 240 cm	0,666	UN	0,666	UN	Recortes
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Recortes
Placa de Drywall RU de 12,5 mm - 120 x 240 cm	0,333	UN	0,333	UN	Recortes
Montante curtos de 4x9 < 58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	1,2	m	0,125	UN	Recortes

QUANT. PAINEL FECHADO INTERNO (COM UMA FACES EM AREA SECA) x 2					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	6	UN	12	UN	Mat. Novo
Guias de Pinus tratado 4x9 cm com 120 cm	1	UN	2	UN	Recortes
Verga 4x9 cm com 95 cm de comprimento	2	UN	4	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 240 cm	0,66	UN	1,33	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	0,66	UN	1	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 < 58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfáltica 1 x 10 m	1,2	m	0,25	UN	Recortes

QUANTITATIVO - PAINEL JANELA QUARTOS x 2					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	6	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	4	UN	8	UN	Mat. Novo
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	4	UN	8	UN	Mat. Novo
Placa cimentícia de 8 mm - 120 x 300 cm	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	4	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 90<X<105 cm	6	UN	12	UN	Recortes
Montante e reforços curtos de 4x9 cm <58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	4	UN	8	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfáltica 1 x 10 m	2,4	m	0,5	Rolo	Recortes

QUANTITATIVO - PAINEL JANELA SALA					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 8 mm - 120 x 300 cm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 90<X<105 cm	5	UN	5	UN	Recortes
Montante e reforços curtos de 4x9 cm <58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	2,4	m	0,25	Rolo	Recortes

QUANTITATIVO - PAINEL JANELA COZINHA					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	3	UN	3	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 300 cm	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 8 mm - 120 x 300 cm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall RU de 12,5 mm - 120 x 300 cm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 90<X<105 cm	6	UN	6	UN	Recortes
Montante e reforços curtos de 4x9 cm <58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	4	UN	8	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfaltica 1 x 10 m	2,4	m	0,25	Rolo	Mat. Novo

QUANTITATIVO - PAINEL JANELA BANHEIRO					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Pinus tratado 4x9 cm com 4 m de comprimento	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	2	UN	2	UN	Recortes
Pinus tratado 4x9 cm com 3 m de comprimento	4	UN	4	UN	Recortes
Placa de OSB de 9,5 mm - 120 x 240 cm	2	UN	2	UN	Mat. Novo
Placa cimenticia de 8 mm - 120 x 240 cm	1	UN	1	UN	Mat. Novo
Placa de Drywall de 12,5 mm - 120 x 240 cm	1	UN	1	UN	Mat. Novo
Montante curtos de 4x9 90<X<105 cm	3	UN	3	UN	Recortes
Montante e reforços curtos de 4x9 cm <58 cm		UN		UN	Recortes
Cantoneiras 40 x 120 mm	4	UN	4	UN	Mat. Novo
Rolo de manta asfáltica 1 x 10 m	1,25	m	0,125	Rolo	Recortes

APÊNDICE III – ORÇAMENTO CONCRETO

TOTAL - PAREDE DE CONCRETO							
ITEM		QUANTIDADE	UNIDADE	FORNECEDOR 1	VALOR	FORNECEDOR 2	VALOR
FORMAS METÁLICAS	Formas metálicas	271	m²	Tip Form	R\$ 230,35		
	Formas metálicas	271	m²	Mills	R\$ 579,94		
	Formas metálicas	271	m²	Metax	R\$ 444,44		
CONCRETO	Concreto fck 25 MPa	22,46	m³	Polimix	R\$ 5.571,07	Brasmix	R\$ 5.795,71
	Caminhão Bomba	22,46	m³	Bueno Cruz	R\$ 673,80		
	Desmoldante	271	m²	Leroy Merlin	R\$ 213,80		
ARMADURA METÁLICA	Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	11	Telas	Arcelor Mittal	R\$ 1.657,86		
	Tela Q.138 10x10 (2,45x6m)	13	Telas	Arcelor Mittal	R\$ 2.858,90		
	Barra CA-50 8mm 12m	18	Barras	Arcelor Mittal	R\$ 562,91		
REVESTIMENTO	Gesso 20 kg	42	sacos	Telha Norte (Argo)	R\$ 961,80	Leroy Merlin (Gesso Facil)	R\$ 486,78
COBERTURA	Tesouras do telhado	4	tesouras	SINAPI MG	R\$ 3.366,12		
	Trama de madeira	45,12	m²	SINAPI MG	R\$ 549,56		
	Telhamento	45,12	m²	SINAPI MG	R\$ 1.258,40		
MÃO DE OBRA	Mão de Obra	1	dia	R\$ 10.303,03			
TOTAL						R\$	27.732,58
TOTAL / m²						R\$	614,64

MÃO DE OBRA - PAREDE DE CONCRETO								
Item	Quantidade	Produção	Unidade	Função	Nº Func.	Valor Unitário (diaria)	Valor total	Fonte da produtividade
Montagem das formas (formas, instalações elétricas e hidráulicas, aplicação de desmoldante e desforma)	268	0,62	hh/m²	Pedreiro Oficial	21	R\$ 85,26	R\$ 1.790,51	Techne Edição 167
Montagem das formas (Armaduras metálicas)	240,1	0,12	hh/m²	Armador	4	R\$ 80,68	R\$ 322,71	Techne Edição 167
Marcação das paredes	45	0,037	hh/m	Pedreiro Meio-Oficial	1	R\$ 68,56	R\$ 68,56	Techne Edição 167
Concretagem (Paredes e Lajes)	16,46	5,1	hh/m³	Pedreiro Oficial	6	R\$ 89,03	R\$ 534,16	Techne Edição 167
				Pedreiro Meio-Oficial	6	R\$ 68,56	R\$ 411,37	
Gesso Corrido	145	0,5	hh/m²	Gesseiro	10	R\$ 95,46	R\$ 954,63	TCPO WEB 2017
		0,13	hh/m²	Servente	3	R\$ 63,16	R\$ 189,47	
Radier (Armaduras metálicas)	112,7	0,12	hh/m²	Armador	2	R\$ 80,68	R\$ 161,36	Techne Edição 167
Concretagem (Radier)	6	5,1	hh/m³	Pedreiro Oficial	2	R\$ 89,03	R\$ 178,05	Techne Edição 167
				Pedreiro Meio-Oficial	2	R\$ 68,56	R\$ 137,12	
	TOTAL SEM ENCARGOS						R\$ 4.747,94	
	ENCARGOS SOCIAIS						R\$ 5.555,09	
	TOTAL						R\$ 10.303,03	

QUANTITATIVO - PAREDES DE CONCRETO					
ITEM	QUANT.	UN	QUANT. TOTAL	UN	ORIGEM
Formas metálicas (Mills)	271	m²	271	m²	Aluguel
Formas metálicas (Metax)	271	m²	271	m²	Aluguel
Formas metálicas (Tip Form)	271	m²	271	m²	Aluguel
Concreto fck 25 MPa	22,46	m³	16,46	m³	MAT. NOVO
Gesso Corrido	5,9	Kg/m²	831,9	Kg	MAT. NOVO
Tela Q.92 15x15 (2,45x6m)	2,49	Kg/m²	11	Telas	MAT. NOVO
Tela Q.138 10x10 (2,45x6m)	2,49	Kg/m²	13	Telas	MAT. NOVO
Barra CA-50 8mm	83,2	kg	18	barras de 12m	MAT. NOVO
Caminhão Bomba	22,46	m³	22,46	m³	MAT. NOVO
Tesouras (item 92558) SINAPI MG	841,51	R\$/tesoura	4	tesouras	MAT. NOVO
Trama de madeira (item 92543) SINAPI MG	12,18	R\$/m²	45,12	m²	MAT. NOVO
Telhamento com telha de fibrocimento (item 0075) SINAPI MG	27,89	R\$/m²	45,12	m²	MAT. NOVO
Desmoldante	271	m²	27,10	L	MAT. NOVO

