

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**UTILIZAÇÃO DE TELHA DE FIBROCIMENTO COMO
PARTE ESTRUTURAL EM PAINÉIS SANDUÍCHE
CIMENTÍCEOS COM PREENCHIMENTO DE LÃ DE ROCHA**

Trabalho de Conclusão de Curso

GRÉGORI AVRELLA

Alegrete
2012

GRÉGORI AVRELLA

**UTILIZAÇÃO DE TELHA DE FIBROCIMENTO COMO
PARTE ESTRUTURAL EM PAINÉIS SANDUÍCHE
CIMENTÍCEOS COM PREENCHIMENTO DE LÃ DE ROCHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Elizabete Y.N.Bavastri

Co-orientador: Gihad Mohamad

Alegrete

2012

GRÉGORI AVRELLA

**UTILIZAÇÃO DE TELHA DE FIBROCIMENTO COMO
PARTE ESTRUTURAL EM PAINÉIS SANDUÍCHE
CIMENTÍCEOS COM PREENCHIMENTO DE LÃ DE ROCHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em: 19/10/2012

Banca examinadora:

Professora Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri
UNIPAMPA

Professor Gihad Mohamad
UFSM

Professor Fladimir Fernandes dos Santos
UNIPAMPA

Professora Aline Tabarelli
UNIPAMPA

Engenheiro Marcelo Jesus de Oliveira
UNIPAMPA

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais, Elias e Bernardete, a minha irmã Greici, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Aos Profs. Elizabete e Gihad pela orientação no projeto que se iniciou minha pesquisa, pelo apoio para que eu realizasse meu Trabalho de Conclusão de Curso, por todo conhecimento transmitido a mim, e também a todos os professores do curso que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos colegas e amigos pelo convívio, minha gratidão pelos momentos de amizade e a todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

Ao Departamento de Infraestrutura da Prefeitura Municipal de Alegrete e ao Departamento de Obras (DEOB) da Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN) na Superintendência Regional Fronteira Oeste (SURFRO), onde fiz estágio e aprendi muito colocando em prática meus conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Civil.

RESUMO

Os painéis com placas cimentícias, com preenchimento de telha de fibrocimento e placas de lã de rocha, formam um sistema construtivo que utiliza a telha de fibrocimento como principal elemento estrutural. Os painéis sanduíches tiveram origem nos Estados Unidos no século XIX, recorrendo aos materiais disponíveis e a processos que permitissem rápida produtividade. O sistema proposto nesta monografia, apresenta-se de forma versátil, pois permite variações nas modulações de projetos arquitetônicos, resiste aos esforços de compressão, além disso, conta com a facilidade na montagem e na rapidez do levantamento das paredes, através de elementos de encaixes construtivos, contribuindo essencialmente na diminuição do desperdício no canteiro de obra e na redução de custos, sendo essas algumas das vantagens deste sistema proposto. Assim, este trabalho apresenta um estudo de caso, de um projeto residencial térreo, mostrando todos os detalhes de encaixes desses painéis sanduíche, através da utilização de maquete eletrônica.

Palavras-chave: Painéis Sanduíche, Telha de Fibrocimento, Sistema Construtivo, Maquete Eletrônica.

ABSTRACT

Panels with cement slabs with filling fiber cement tile and slabs of rock wool form a building system that uses fiber cement tile as the main structural element. Panels sandwiches originated in the United States in the nineteenth century, using the available materials and processes that enable rapid productivity. The system proposed in this monograph presents so versatile because it allows variations in modulation of architectural projects, resist large compressive stresses, moreover, has the ease in assembling and quickly releasing the walls, through elements of fittings constructive, contributing primarily on reduced waste in construction site and reduce costs, these being some of the advantages of this proposed system. Thus, this dissertation presents a case study on a residential project floor, showing all the details of these fittings sandwich panels, to this end, there will be a mockup.

Keywords: Sandwich Panels, Fiber Cement Tile, Construction System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Constituição de um painel sanduíche	17
Figura 2: Fundação do tipo radier	19
Figura 3: Dimensões da telha de fibrocimento.....	21
Figura 4: Esquema de fechamento externo de placa Cimentícia.....	22
Figura 5: Bucha autobrocante-autoperfurante	22
Figura 6: Fita de fibra de vidro	23
Figura 7: Tratamento das juntas com fibrotape e acabamento com brasimassa.	23
Figura 8: Painéis rígido, de lã de rocha Ecolã,.....	24
Figura 9: Acabamento interno.....	26
Figura 10: Montagem dos painéis sanduíches.....	30
Figura 11: Posição dos parafusos sob a placa.	30
Figura 12: Planta baixa do painel.....	31
Figura 13: Dimensões do painel	31
Figura 14: Vistas e cortes do painel sanduiche.....	32
Figura 15: Guia de madeira fixadas na laje radie.....	33
Figura 16: Detalhamento das guias de madeira	34
Figura 17: Vista lateral da guia-conexão japonesa	34
Figura 18: Detalhamento de travamento dos painéis: tipo macho-fêmea	35
Figura 19: Vista geral do travamento entre os painéis	35
Figura 20: Fixação dos parafusos no painel sanduíche.....	35
Figura 21: Parafuso fixando a laje ás paredes.....	36
Figura 22: Vista geral do travamento superior da telha com a guia de madeira ..	36
Figura 23: Detalhamento do travamento.....	37
Figura 24: Ligação extremidades entre painel e painel (laje).....	37
Figura 25: Planta baixa com localização dos detalhes	38
Figura 26: Detalhamento dos encaixes.....	39
Figura 27: Exemplo de tesoura inclinada em madeira	40
Figura 28: Telhado	40
Figura 29: Corte - inclinação da aba	41
Figura 30: Detalhamento das vergas e contra vergas.....	41
Figura 31: Detalhe com abertura	41

Figura 32: Detalhe das abertura	42
Figura 33: Instalação água fria.....	43
Figura 34: Banheiro- Detalhe com a tubulação de Água Fria	43
Figura 35: Detalhe do corte na telha para curva registro chuveiro.....	44
Figura 36: Planta da tubulação de esgoto.....	44
Figura 37: Detalhe da tubulação de esgoto	44
Figura 38: Tubulação de Elétrica	45
Figura 39: Detalhe da tubulação de Elétrica	45
Figura 40: Detalhe da tubulação de Elétrica	46
Figura 41: Detalhe da tubulação de Elétrica	47
Figura 42: Ligação Parede x Laje com acabamento	47
Figura 43: Detalhe com cantoneira metálica.....	48
Figura 44: Edificação preparada para receber revestimento	48
Figura 45: Revestimento Banheiro.....	49
Figura 46: Revestimento cozinha.....	49
Figura 47: Parede interna Garagem	49
Figura 48: Pedra palito á esquerda e pedra São Thomé á direita.....	49
Figura 49: Projeto arquitetônico proposto (planta baixa).....	50
Figura 50: Marcação da obra com tubulações de espera	51
Figura 51: Fundação.....	52
Figura 52: Detalhe da inclinação do Radier	52
Figura 53: Vista superior das guias de madeira.....	53
Figura 54: Perspectiva das guias de madeira	53
Figura 55: Montagem dos painéis.....	54
Figura 56: Colocação dos painéis - fechamento vertical.....	54
Figura 57: Painéis como fechamento vertical	55
Figura 58 Colocação dos painéis - laje	55
Figura 59: Painéis colocados como laje.....	56
Figura 60: Edificação concluída – Fachada principal.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características de uso de painéis sanduíche.....	18
Tabela 2: Telhas comerciais de fibrocimento.....	20
Tabela 3: Especificações das telhas estruturais de fibrocimento.....	20
Tabela 4: Propriedades físicas e mecânicas derivados da madeira	25

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
Capítulo 1	12
1.1. INTRODUÇÃO	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.3. DELIMITAÇÕES.....	13
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
Capítulo 2.....	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
2.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA	17
2.3 FUNDAÇÃO	19
2.4 TELHA DE FIBROCIMENTO	20
2.5 PLACA CIMENTÍCIA.....	21
2.6 LÃ DE ROCHA	24
2.7 MADEIRA.....	24
2.8 INSTALAÇÕES SANITÁRIAS.....	25
2.9 ACABAMENTO	25
Capítulo 3.....	27
3.1 METODOLOGIA.....	27
3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS	27
3.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE DIMENSÕES.....	27
3.4 MODULAÇÃO DO PAINÉL	28
3.5 REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	28
Capítulo 4.....	29
4.1 RESULTADOS	29

4.2 COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS SANDUÍCHES	29
4.3 VÍNCULOS	33
4.3.1 Ligação entre Guias de Madeira com a Fundação	33
4.3.2 Ligação Entre Painel E Painel (Paredes).....	34
4.3.3 Ligação entre Painel E Painel (Forro)	35
4.3.4 Ligação entre Painel e Painel (Travamentos)	36
4.4 PLANTA BAIXA MODULADA.....	37
4.5 COBERTURA E TELHADOS	39
4.6 VERGA E CONTRA VERGA.....	41
4.7 INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS	42
4.7.1 Água Fria	42
4.7.2 Esgoto Sanitária.....	44
4.8 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	45
4.9 FERRAMENTAS DE USO PARA O PAINEL SANDUÍCHE	46
4.9.1 Ferramentas de cortes.....	46
4.9.2 Fixadores	46
4.10 REVESTIMENTO	47
4.10.1 Acabamento.....	47
4.10.2 Revestimentos	48
Capítulo 5.....	57
5.1 CONCLUSÃO.....	57
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

Capítulo 1

1.1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a construção civil vem buscando novas tecnologias para tornar as construções, eficientes implantando novas estratégias de inovação e modernização ao setor, nas quais, presenciam-se aplicações de painéis sanduíche como elementos estruturais e não estruturais. Assim, cada vez mais painéis são usados em construções, por suas propriedades, de forma a combinar alta rigidez à flexão e baixo peso, resultando em uma estrutura eficiente.

Segundo Correia (2004), nos últimos anos, tem-se verificado um aumento significativo dos custos de manutenção e de reparação das estruturas, não só de concreto armado, mas também as metálicas e as de madeira. Além das questões de durabilidade, ocorrem novas exigências no sentido de se conseguirem estruturas cada vez mais leves, resistentes e capazes de serem construídas com reduzidos tempos de execução.

Inseridas no sistema construtivo leve em madeira estão as placas de fechamento, as quais são os elementos que mais evoluíram tecnologicamente no Brasil. Dentre essas placas destacam-se as chapas de OSB (*Oriented Strand Board*), gesso acartonado e as placas cimentícias. As chapas de OSB *anticupim*, utilizadas nas residências norte-americanas, começaram a ser produzidas no Brasil em 2002. O gesso acartonado chegou ao Brasil na década de 1970, mas somente nos anos 1990 começou a ser largamente utilizado. As placas cimentícias foram desenvolvidas como componente complementar ao gesso acartonado por permitir fechamento de áreas expostas à água (CAMPOS, 2006).

Almeida (2009) afirma que a necessidade de elementos estruturais leves, com elevada rigidez e resistência nas mais diversas aplicações tem contribuído para o aumento da utilização de materiais compósitos, nos quais se incluem as estruturas em sanduíche. Os painéis sanduíche, com lâminas em compósito de polímero reforçado com fibras, têm como vantagens a relação rigidez/peso próprio e resistência/peso próprio e a resistência à corrosão. Têm, contudo, uma reduzida resistência a temperaturas elevadas e custos de fabrico mais dispendiosos que outros materiais tradicionais.

Para Bertini (2002), a idéia da “construção sanduíche” pode proporcionar uma economia no consumo de materiais de melhor desempenho por meio da combinação com materiais menos nobres, podendo-se ainda conseguir elementos

mais leves e de adequada resistência. Talvez esses fatores tenham sido a causa do grande impulso de sua utilização nas mais diversas aplicações.

Nesse sentido, este estudo propõe a utilização da telha de fibrocimento para concepção de uma nova tipologia construtiva de painéis sanduíches aplicado em uma edificação térrea.

Estes painéis sanduíche são montados por duas placas cimentícias, tendo no núcleo uma telha de fibrocimento e uma placa de lã de rocha, com a intenção de minimizar o uso de madeira e de aço onde são utilizados em grandes quantidades quando se utilizam projetos com painéis sanduíches, tornando-a uma construção mais sustentável. Pretende-se, ainda, neste estudo, detalhar a composição deste painel sanduíche, bem como as formas de modulações, as ligações com a fundação, os vínculos entre placas e ligação com a laje de cobertura.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor uma tipologia estrutural teórico computacional de um sistema construtivo a seco, constituído por painéis sanduíche com materiais comercialmente industrializado, de fácil montagem in loco para uma edificação residencial térrea.

1.2.2 Objetivo Específico:

- Descrever os elementos que constituem os painéis sanduíches;
- Identificar os principais materiais que possam ser utilizados em painéis sanduíches;
- Delinear um projeto computacional tridimensional de painéis sanduíches;
- Descrever os processos de montagem e detalhamento de execução do sistema construtivo delineado.

1.3. DELIMITAÇÕES

O presente trabalho tem como delimitação apenas em apresentar uma tipologia de painel sanduíche, utilizando-se materiais industriais simples, como por exemplo, telhas de fibrocimento, lã de rocha e placa cimentícia. O projeto arquitetônico proposto é do tipo residencial térrea. Não será analisado o desempenho térmico, acústico e a resistência mecânica desses painéis proposto.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, é apresentada a consideração inicial, os objetivos a delimitação e por fim a estrutura básica referente à organização deste trabalho. O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica abordando-se os materiais empregados na concepção teórica dos painéis. Já o capítulo 3, mostra metodologia seguida neste trabalho. Então, no capítulo 4 apresenta-se o painel sanduíche proposto, mostrando o passo-a-passo de uma construção residencial térrea. Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões e propõem-se sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A necessidade natural do homem em aprimorar-se e adaptar-se para a sua sobrevivência sempre o levou a buscar novos meios de vida e a desenvolver tecnologias, com a finalidade de obter melhorias e qualidade de vida. A otimização aplicada à engenharia, por exemplo, passou a perseguir qualidade e redução de custos. Assim, otimização numérica, voltada para estruturas, não seguiu caminho diferente (BUSTAMANTE, 2000).

Para Silva (2009), a construção de um edifício envolve várias competências e sensibilidade, que são: técnicas, funcionais e estéticas. Diante do exposto, quando um edifício é projetado, não se pode esquecer que este deve satisfazer à exigência, quer a nível estrutural, quanto à nível de conforto, ambas necessárias para ser utilizado ao longo de décadas. Os autores detalha ainda que a segurança sempre esteve em primeiro lugar, isto é, o conceito estrutural sempre prevaleceu em relação ao conforto. No entanto, a sustentabilidade, o conforto e a energia são palavras-chave motivadoras pela construção de edifícios energeticamente eficientes.

Bustamante (2000) comenta que, na área espacial, cada vez mais se têm utilizado materiais alternativos (materiais desenvolvidos para substituir os materiais convencionais, mas com uma melhoria em suas propriedades mecânicas) no projeto de veículos aeroespaciais, tais como satélites, foguetes ou ônibus espacial, por apresentarem uma relação rigidez/peso elevada. No caso específico de satélites, a redução da massa estrutural é de grande importância, pois a sua diminuição possibilita uma redução no custo de lançamento do satélite. Isto pode significar, no final do projeto, um aumento de sua vida útil ou adição de um novo experimento. Para que isso seja possível, um dos objetivos no projeto de tais veículos é a otimização da massa da estrutura, ou seja, obter massa mínima, levando-se em conta certas restrições. Além da utilização de materiais alternativos, a utilização de configurações ótimas também foi alvo de estudos. Como consequência, aumentou-se o uso de painéis sanduíches, que possui baixo peso e alta rigidez.

No final dos anos 1980 e início dos anos 90, os painéis sanduíches tiveram uma queda no custo, ao mesmo tempo surgiu a necessidade de renovar certas infraestruturas devido as novas exigências funcionais e a problemas de durabilidade. Nesse contexto, o desenvolvimento de projetos-piloto e o crescimento do esforço de investigação levaram a uma crescente aceitação destes materiais, pelo setor da construção (CORREIA, 2004).

A utilização dos materiais compósitos tem crescido muito rapidamente por todo o mundo. A necessidade de elementos estruturais leves, com elevada rigidez e resistência, nas mais diversas aplicações tem aumentado a procura de materiais compósitos, dos quais as estruturas em sanduíche constituem um exemplo (HASSAN; REIS; RIZKALLA, 2003, apud Almeida, 2009).

Contudo, Almeida (2009), diz que os novos produtos, como laminados e mantas para o reforço de estruturas de concreto, perfis e cabos estruturais, estão sendo aplicados não só em construções novas, mas também em obras de reparação e reforço.

Ainda nessa mesma linha, Almeida (2009) comenta que, nos anos 60, surgiram os núcleos de espumas que permitiram obter maiores relações de rigidez de torção/peso próprio e resistência/peso próprio. A partir daí, os painéis começaram a ter muitas outras aplicações, nomeadamente na construção, na indústria marítima e de automóvel e na pré-fabricação de elementos para outras utilizações.

Estudos realizados por Alampalli (2003, apud Almeida, 2009) mostram que desde os anos 90, Nova Iorque tem sido um dos estados que teve uma maior aplicação dos materiais compósitos na construção de pontes novas e na substituição de pontes de concreto. Isto se deve à redução do peso próprio da estrutura e à possibilidade do aumento do tempo de vida útil da estrutura com custos relativamente mais reduzidos e com menores restrições de carregamentos. Por outro lado, o tempo de construção pode ser bastante reduzido no caso de pontes pequenas, o que permite reduzir os custos associados ao impedimento da circulação (ALAMPALLI, 2003, apud Almeida, 2009).

Com base nessa nova tipologia construtiva, utilizando-se os painéis sanduíches, essas novas construções em sanduíche têm crescimento acelerado em todo o mundo. Isso, principalmente, devido à necessidade de elementos estruturais de peso reduzido e com elevada rigidez, que tem aumentado a procura desta tecnologia de construção, em especial com materiais compósitos.

Para Triantafillou e Gibson (2005) à medida que os custos de mão-de-obra aumentam e que os processos de construção se tornam mais automatizados, a viabilidade da aplicação de painéis estruturais na construção irá aumentar significativamente (HASSAN et al., 2003; TRIANTAFILLOU e GIBSON, 2005, apud Almeida, 2009).

Um painel sanduíche é um tipo de material compósito constituído por uma estrutura de três camadas: duas lâminas finas, rígidas e resistentes de material denso, separadas por uma camada de um material de baixa densidade e que pode ser menos rígido e resistente do que as lâminas (Figura 1). As diferentes tipologias e formas estruturais dos painéis sanduíche podem ser obtidas pela combinação das diferentes formas do material de núcleo. Apesar da grande diversidade de materiais

e configurações já existentes para os painéis sanduíche, estão constantemente a serem propostos e utilizados novos materiais e novas combinações de materiais existentes (ALLEN, 1969, apud Almeida, 2009).

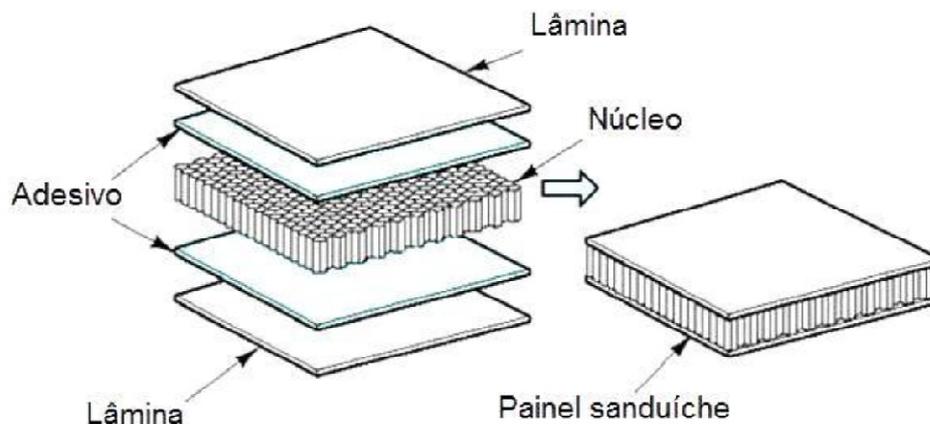


Figura 1: Constituição de um painel sanduíche

Fonte: Adaptado por Leite, Freitas e Silva, 2004, apud Almeida, 2009

2.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Segundo Barros; Franco; Sabbatini, 1998, apud Manual de construção, 2006, as vantagens da utilização de painéis sanduíche são: maior organização; redução do número de atividades realizadas no canteiro; facilidade no controle e menor desperdício de materiais; diminuição de acidentes; aceleração do cronograma; redução do prazo e de custo; facilidade de utilização de instalações embutidas e de manutenção dessas instalações; facilidade de introdução de isolamentos; eliminação ou diminuição de algumas atividades existentes no processo tradicional, tais como revestimento, precisão dimensional e superfícies lisas; e possibilidade de ganho de área útil construída.

Além disso, esse novo sistema construtivo vem de encontro para colaborar com desperdícios de materiais, proporcionarem melhor isolamento térmico e acústico devido ao espaço de ar entre as duas placas cimentícias e, ainda, devido às características da lã de rocha e, por fim, permitir a utilização de composição de materiais recicláveis.

Contudo esta tipologia possui a vantagem de ser uma construção seca, isto é, dispensa o uso de água pra construção e/ou elevação das alvenarias. A Tabela 1 mostra algumas características com o uso desse sistema.

Tabela 1: Características de uso de painéis sanduíche

SUB-SISTEMAS	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS
Projeto	- Previsibilidade total - Versatilidade	- Execução com pequenas margens de erro - Fácil adaptação às linguagens arquitetônicas
Fundação	- Tipo Radier	- Execução veloz, baixo custo.
Estrutura	- <i>Painéis sanduíche de telha de fibrocimento com placa cimentícia de núcleo de lã de rocha</i>	- Precisão de execução;
Vedações	- Seca, telha de fibrocimento, isolamento de lã de rocha e placas cimentícias;	- Conforto, acabamento e velocidade;
Instalações	- Livres dentro das paredes; - PEX;	- Facilidade de instalação e Manutenção; - Velocidade de execução;
Revestimentos	- Subcobertura tipo "Tyvek"; - Materiais inovadores (vinil) e convencionais;	- Impermeabilização adaptável; - Facilidade de instalação e manutenção;
Esquadrias	- PVC, moduladas, vidro duplo; - "kits portas prontas";	- Isolamento termo acústico; - Facilidade e rapidez na instalação;
Coberturas	- Estrutura metálica, revestida com manta asfáltica tipo <i>Shingle</i> , e convencionais;	- Leveza, estanqueidade e precisão;

Fonte: \\www.ushome.com.br

Segundo Barros, Franco, Sabbatini, 1998, apud Manual de construção, 2006, as limitações, ou as desvantagens, do uso desse sistema são: imagem negativa de vedações pré-fabricadas junto aos usuários, normalização de desempenho ainda em desenvolvimento (ABNT/CB-02: edifícios habitacionais de até quatro pavimentos– parte 4: fachadas), necessidade de mudanças na qualidade do processo de produção dos demais subsistemas, necessidade de mudanças organizacionais nos processos de gestão de empreendimentos e de produção, dependência de profissionais habilitados em todos os níveis, dependência na fabricação de complementos e acessórios no Brasil, necessidade de interação com os outros subsistemas construtivos, comercialização apenas das tecnologias de vedação e

não de soluções construtivas, necessidade de precisão dimensional da estrutura e dos demais subsistemas, utilização de painéis apenas de vedação.

A seguir, se farão as descrições dos principais tipos de materiais utilizados comercialmente, bem como dos processos de montagens e execuções para facilitar a percepção do novo sistema construtivo proposto.

2.3 FUNDAÇÃO

A fundação deve ser de base firme, como por exemplo, fundação em radier. Conforme Dória e Santos (2008), fundação do tipo radier é um tipo de elemento de fundação superficial e se constitui numa placa rígida que recebe todas as cargas da edificação e as transmite uniformemente ao solo.

A Figura 2 ilustra a fundação do tipo radier de forma esquemática.

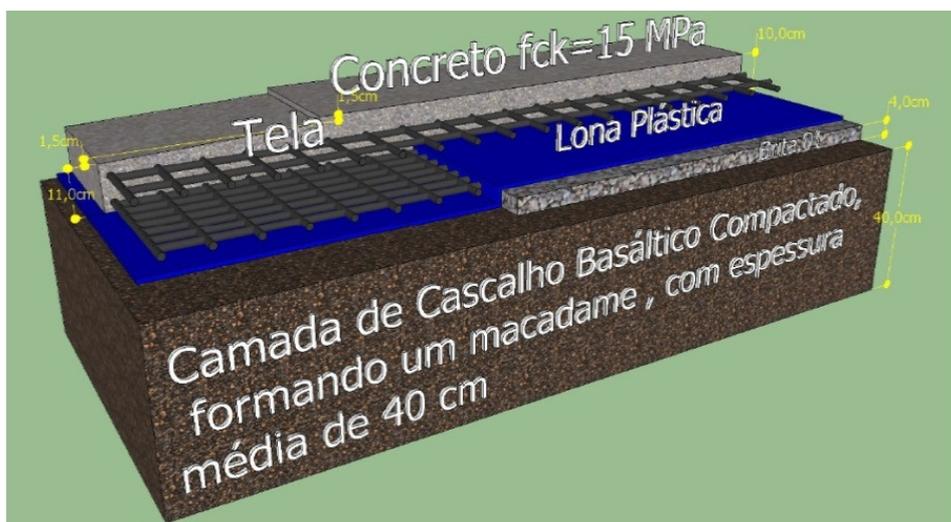


Figura 2: Fundação do tipo radier

Fonte: do autor

As etapas de execução para a fundação radier, normalmente se faz, segundo recomendações de VTN -Concretagem em Fundação, Base, Alicerce, Construindo Fundação Radier:

- I. preparo do terreno: acerto manual, colocação das tubulações de água, esgoto e elétrica, colocação de formas laterais;
- II. engrossamento do concreto nas bordas e colocação de manta plástica para impermeabilização;
- III. concretagem;
- IV. sobre o radier são colocadas chapas de madeira para a fixação da estrutura dos painéis, onde são marcadas as posições dos perfis para a construção do sistema em “telha de fibrocimento”.

2.4 TELHA DE FIBROCIMENTO

É um material que se obtém a partir da mistura de água, cimento Portland e fibras de amianto, podendo também utilizar-se da tecnologia CRFS – Cimento Reforçado com Fio Sintético de PVA (Polivinila Álcool), que depois de submetido ao processo de fabricação, resulta em produtos de grande resistência, durabilidade e leveza, com pequena espessura, conforme Sinaprocim-Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento.

A Tabela 2, indica as espessuras para cada tipo de aplicação das telhas de fibrocimento utilizadas comercialmente, e a Tabela 3, mostra as especificações das telhas estruturais de fibrocimento.

Tabela 2: Telhas comerciais de fibrocimento

Telha	Aplicação
4 mm	Coberturas e fechamentos laterais de pequenas dimensões, provisórios ou de menor responsabilidade.
5 mm	Coberturas e fechamentos laterais residenciais ou outros tipos de cobertura, com pé direito inferior a 4 metros.
6 mm	Coberturas e fechamentos laterais residenciais, industriais ou rurais, com pé direito superior a 4 metros.
8 mm	Coberturas e fechamentos laterais com necessidades especiais de resistência.

Fonte: imbralit.com.br

Tabela 3: Especificações das telhas estruturais de fibrocimento

Telhas	Espessura (mm)	Comprimento (mm)	Largura útil (mm)	Vão livre máximo (mm)	Resistência à flexão no vão	Peças complementares
I	1220 a 2440	450 a 480	1086 a 1150	1,15	Cumeeira, espigão e acessórios para fixação.	
Ondulada	5	1100 a 2440	1990	1690	4,0	Cumeeiras, rufos, espigões, peças para acabamento lateral, acessórios para fixação, etc.
	6	1100 a 3660			5,0	
	8				6,5	
Estrutural	8	3000 a 9400	908	7000	2,0	
	8	2000 a 7500	490	5500	1,5	
	6	3000 a 4700	1020	3960	1,5	
	8			4460		
8	1850 a 4100	500	3000	1,0		

Fonte: Sinaprocim. Guia Empresarial 2ª Edição De fabricantes e especificações técnicas de produtos de cimento.

As telhas de fibrocimento estruturais, conforme as especificações ABNT NBR 15210/2005, adaptam-se a grandes vãos, sem a necessidade de apoios intermediários nas telhas.

As aplicações das telhas estruturais são utilizadas em obras residenciais, comerciais e industriais. A composição segundo o fabricante comercial é de que estas são produzidas com cimento reforçado com fios sintéticos e estão disponíveis em diferentes perfis no catálogo de telhas estruturais (BRASILIT, 2011). A Figura 3 ilustra uma telha estrutural de fibrocimento.

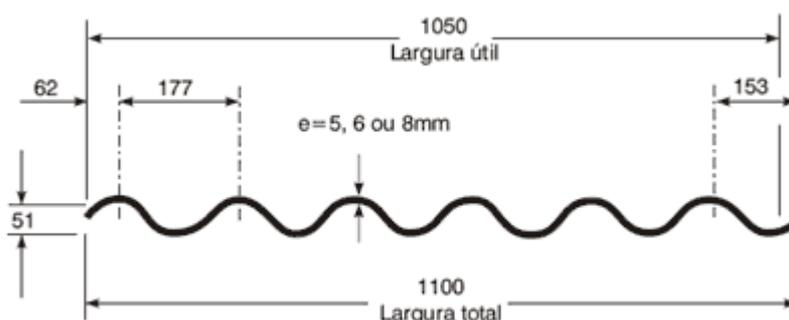


Figura 3: Dimensões da telha de fibrocimento

Fonte: www.brasilit.com.br

2.5 PLACA CIMENTÍCIA

O subsistema de vedação vertical pode, ainda, ser classificado em função do grau de industrialização do seu processo de produção. Os processos com elevado grau de industrialização são considerados industrializados, ou seja, são vinculados a todos os princípios de organização, planejamento e controle. Os de grau intermediário, como, por exemplo, os tradicionais, são caracterizados por produção artesanal. Já os racionalizados diferem-se pela redução de desperdício, utilizando-se métodos baseados em princípios de planejamento e controle (SABBATINI, 1989).

As placas resistentes podem ser constituídas pelas mais variados tipos de materiais (Collins, 1954, apud Bertini, 2002). Nesse sentido, o primeiro exemplo do uso da idéia do sanduíche é atribuído aos americanos que em 1906, experimentavam um engenhoso processo de construção de painéis tipo “*tilt-up*”. Os painéis, ou as paredes inteiras, eram moldados na posição horizontal e o mais próximo possível do local definitivo, onde eram colocados na posição vertical, após a cura (COLLINS, 1954, apud Bertini, 2002)

Contemporaneamente, o uso da placa cimentícia agrega valor à obra, pois tem seu formato de execução visto como linha de montagem, principalmente pela sua espessura, que otimiza o espaço físico, tempo e qualidade de acabamento. É uma alternativa rápida, limpa e econômica para construção civil, que pode ser

aplicada em áreas internas e externas, além de suprir algumas restrições de outros materiais quanto ao uso em áreas molhadas (TÉCHNE, 2010).

As placas cimentícias, comercialmente fabricadas, são basicamente constituídas de CRFS (cimento reforçado com fio sintético). O produto apresenta ótimo desempenho técnico, como flexibilidade no manuseio da mesma, durabilidade, estabilidade e resistência à umidade. As placas podem ser encontradas nos comprimentos de 2 m, 2,40 m e 3 m, sempre com a largura de 1,20 m, podendo ser cortadas no local de execução, com uma serra (TÉCHNE, 2010).

A seguir, se fará uma descrição da montagem da placa cimentícia para o posicionamento da placa sobre uma estrutura de madeira. Nesse processo é utilizado um grampo de obra (Figura 4), ou "sargento", como também é conhecido, para auxiliá-lo na fixação da mesma.



Figura 4: Esquema de fechamento externo de placa Cimentícia

Fonte: www.resvistatechne.com.br

Observe que, para que haja fixação e travamento da placa na estrutura, são utilizados parafusos autobrocantes (Figura 5), que fazem com que o parafuso fique embutido na placa e no perfil em madeira, sem deixar saliência.

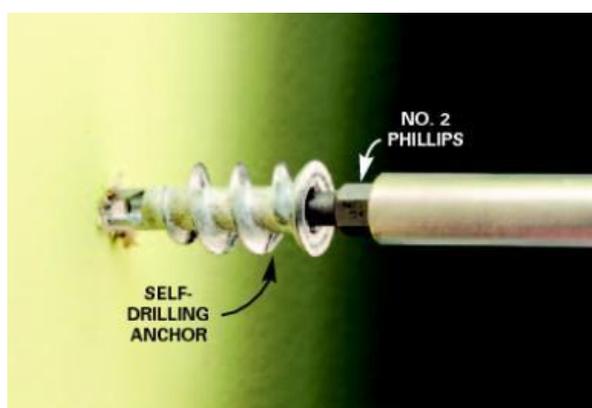


Figura 5: Bucha autobrocante-autoperfurante

Fonte: www.cidadesaopaulo.olx.com.br

Nos encontros de placas, em um mesmo plano, deve-se deixar um espaçamento (juntas) de 3 mm de espessura para futuro preenchimento. A fixação nessas regiões não deve estar a menos de 1,5 cm da borda da placa. Este preenchimento pode ser feito com uma fita vedante (Figura 6) nas juntas de encontro entre painéis, denominada fita de fibra de vidro.

Acabamento dos painéis para não ficar uma fissura mapeada no acabamento da edificação.



Figura 6: Fita de fibra de vidro

Fonte: www.aecweb.com.br

A Fita Fibra de Vidro é uma fita autoadesiva para tratamento de juntas das placas cimentícias e para conserto de trincas em paredes comuns. É fabricada em fibra de vidro, não apodrece, tem enorme resistência mecânica e estabilidade dimensional. É vendida em rolos de 50 mm X 90 m. É fácil de aplicar, inclusive em tetos, por ser altamente adesiva.

Além da fita autoadesiva, o preenchimento também pode ser feito com um sistema de tratamento de juntas das placas cimentícias que utiliza Fibrotape, e Brasimassa (Figura 7), dessa forma, a massa cimentícia que complementa o sistema garante o resultado final desejado.



Figura 7: Tratamento das juntas com fibrotape e acabamento com brasimassa.

Fonte: www.rosenbaumdesign.wordpress.com

A parede executada com a placa cimentícia pode receber diversos tipos de acabamento, como cerâmicas, tintas e vernizes acrílicos, ou outros aplicáveis em superfícies à base de cimento. Mas, para uma boa adesão, a superfície do painel deverá ser limpa e seca, isenta de óleo, gordura ou pó. Para isso, deve-se efetuar a limpeza com um pano umedecido ou álcool comum. Porém, se o projeto prevê o painel com placa cimentícia aparente, recomenda-se a aplicação de uma pintura incolor para proteção da sua superfície.

2.6 LÃ DE ROCHA

A Lã de Rocha (Figura 8) é um material produzido a partir de rocha, sua matéria-prima básica é a rocha vulcânica chamada de diábase. Essas rochas basálticas especiais, junto a outros minerais, são aquecidas, aproximadamente em 1500 °C (ponto de fusão), após, são convertidas em filamentos que, aglomerados a soluções de resina, permitem a fabricação de produtos leves e flexíveis a até muito rígidos, variando conforme o grau de compactação na densidade e espessuras desejada. A densidade da Lã de Rocha pode variar desde 30 kg/m³ até 300 kg/m³ (Isolamentos Térmicos e Acústicos - ISAR, 2011).

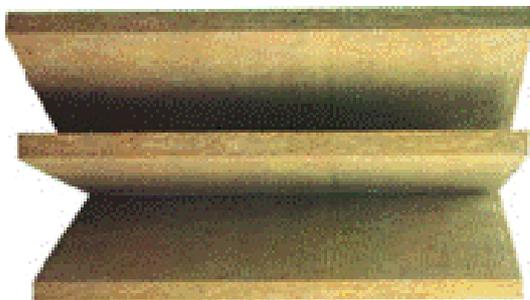


Figura 8: Painéis rígido, de lã de rocha Ecolã,
Fonte: www.larocha.com

2.7 MADEIRA

São perfis que podem ser fabricados industrialmente ou em serralherias mediante um processo de conformação contínua por serra, atendendo a norma brasileira que regulamenta o uso das madeiras, NBR 7190/97 – Projetos de Estruturas de Madeira. A seguir são descritos dos perfis de madeira necessários para esta proposta; dimensões guias: 50x51mm; comprimento: varia conforme o projeto unidades em mm.

Estas guias são utilizadas para fixação dos painéis sobre a fundação, e marcos de portas e janelas, especiais. A estabilidade dimensional desta madeira

está intimamente relacionada com a variação da unidade relativa, pelo que os painéis com lâminas em madeira devem ser utilizados em ambientes sem grandes variações de unidade. Em painéis sujeitos a carregamentos de longa duração, a fluência é um aspecto que deve ser considerado. Algumas propriedades destes derivados de madeira encontram-se resumidas na Tabela 4 (ALMEIDA, 2009).

Tabela 4: Propriedades físicas e mecânicas derivados da madeira

Propriedade		Madeira contraplacada	Laminados de madeira
Densidade [kg/m ³]		550-700	600-750
Módulo de Elasticidade [GPa]		11-15	1.2-1.9
Extensão por 1% de variação da HR* [%]	Direção paralela às laminas	0.0015	0.004
	Direção perpendicular às laminas	0.45	0.2-0.3
Resistência à compressão [MPa]		35-60	4.0-5.0
Resistência à tração [MPa]		30-70	3.0-4.0
Resistência em flexão [MPa]		35-80	7.0-8.5

Fonte: ALMEIDA, 2009

2.8 INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

Neste sistema, com fundação em radier, deve-se determinar o tipo de tratamento que o esgoto terá, pois dependendo da escolha, as tubulações devem seguir uma direção até um tratamento primário, como por exemplo, na escolha de fossa, o local de implantação deverá ser próximo à área edificada, então a tubulação deverá chegar até ela. Caso a escolha seja ligar o esgoto domiciliar com a rede pública de esgoto, a tubulação sairá da casa direto para a rede. Assim, pode se optar por três citas neste trabalho: Fossa séptica com filtro anaeróbio, Fossa Ecológica e Ligação com a rede coletora pública de esgoto.

2.9 ACABAMENTO

Para a proposta deste trabalho, os acabamentos compatíveis são os mesmos que as construções convencionais. Assim temos duas divisões, acabamento interno e externo. Veja-se a seguir a descrição de cada um deles:

ACABAMENTO INTERNO: a parte interna da edificação, forro e paredes, podem receber acabamento como qualquer outro sistema de construção convencional, por exemplo, podendo ser aplicado massa acrílica (Figura 9), papel de parede ou texturas e etc.

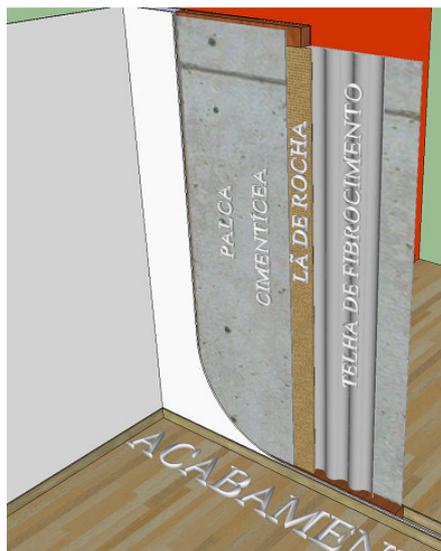


Figura 9: Acabamento interno

Fonte: do autor

ACABAMENTO EXTERNO: a estrutura, também, pode receber qualquer tipo de acabamento convencional, tais como rebocado, texturizado ou cerâmico e etc.

Capítulo 3

3.1 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho serão utilizadas as bibliografias pertinentes no assunto (painéis sanduíches), bem como sobre as conexões e encaixes. Após e com base nesses estudos propor uma nova tipologia de painel sanduíche para construção de um projeto arquitetônico residencial, compatibilizando com todas as interfaces das paredes com as aberturas, telhados, forros, fundações etc.

A metodologia foi baseado em etapa, iniciando-se pela análise dos materiais compatíveis com a necessidade de se compor um sistema de painéis sanduíches, a partir desta passou-se para a seleção dos materiais para constituir a modulação de um painel padrão.

Para formular esta nova proposta construtiva, adotaram-se como base alguns estudos anteriores de variadas tipologias construtivas existentes, de modo a manter semelhanças com estas, como por exemplo, em ser uma estrutura leve, de fácil montagem e rapidez na montagem.

3.2 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

Para o núcleo, ou “miolo” do painel, procurou-se um material portante, assim, selecionou-se a telha de fibrocimento, por mostrar-se vantajosa pela variedade de formas e dimensões.

A telha de fibrocimento escolhida foi a do tipo ondulada, pois, esta apresenta ondulações “vãos” que possibilitam a passagem de instalações prediais. Além da telha de fibrocimento, material principal que compõem o núcleo do painel, foi também planejado a colocação de uma placa de lã de rocha, com a intenção de melhorar o conforto térmico e acústico deste conjunto.

3.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE DIMENSÕES

A partir da dimensão da placa sanduíche estabelecida, em função da seleção dos materiais, a dimensão final desta placa sanduíche proposta tem comprimento de 3,10m com largura de 1,20m e espessura 10,2cm.

3.4 MODULAÇÃO DO PAINÉL

A fim de estipular os encaixes utilizando a madeira, deve-se saber que a telha estrutural tem 1,10m de largura e as placas cimentícias e de lã de rocha têm 1,20 m de largura, assim sobra um vão na extremidade lateral do painel de 10 cm.

3.5 REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Para representar os encaixes foram utilizados dois softwares, o software auto CAD da empresa Autodesk, e para os detalhamentos em três dimensões foi utilizado o software Google SketchUp.

Capítulo 4

4.1 RESULTADOS

Neste capítulo detalham-se a concepção de um módulo padrão de painéis, os vínculos, as possibilidades de variadas soluções estruturais das ligações entre painéis, as interferências e as soluções entre os painéis sanduíches e as instalações complementares, como por exemplo, as instalações elétricas e hidrosanitárias e outros detalhes construtivos pertinentes.

4.2 COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS SANDUÍCHES

As paredes serão fechadas com os painéis sanduíches, contendo a seguinte composição para a montagem de 1 painel, ou seja, módulos de 1,20x3,10 metros.

- duas placas cimentícias;
- cinco placas de lã de rocha do tipo rígida;
- uma telha de fibrocimento;
- suporte/vigota de madeira para encaixes internos;
- parafusos tipo autobrocantes.

As placas cimentícias industrializadas e comercialmente encontradas no mercado para a montagem de um painel sanduíche têm as seguintes características: comprimento de 3,0 metros, largura de 1,2 metros, e espessura de 13 mm e peso de, aproximadamente, 73,50 kg cada placa.

Para melhorar o isolamento térmico e acústico dos painéis sanduíches, e também, com o intuito de diminuir o atrito entre as duas placas e a telha de fibrocimento, foi, proposto a colocação de 5 placas de lã de rocha tipo rígida. Estas placas são encontradas facilmente no mercado e possuem dimensões de 1,20m x 60 cm x 2,5cm.

Na proposta do painel sanduíche, a telha de fibrocimento recomendada para a montagem possui 3,0 metros de comprimento, largura de 1,10 metro e espessura de 6 mm. O parafuso recomendado na montagem do painel sanduíche é do tipo autoportante (ver 4.8 - Fixadores).

A Figura 10 mostra o detalhamento das peças que compõem o painel sanduíche proposto, bem como, a ordem de colocação desses encaixes. A primeira peça (placa cimentícia de baixo) será parafusada com arruela e porca junto à telha de fibrocimento, após serão colocadas as 5 placas de lã de rocha e, por fim, a última

placa cimentícia, então estes 2 últimos conjuntos de componentes serão fixados com parafusos na telha de fibrocimento e na vigota de madeira lateral.

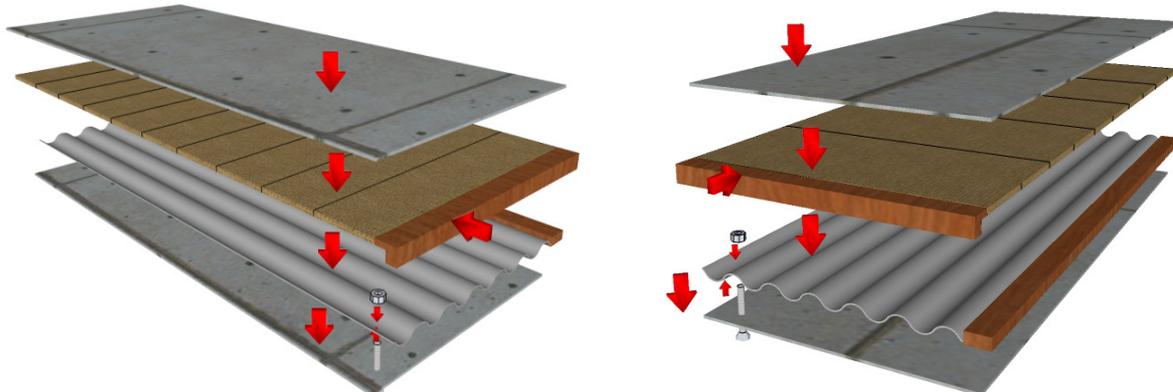


Figura 10: Montagem dos painéis sanduíches

Os parafusos devem ser colocados ou fixados de forma a garantir a estabilidade de todo o painel sanduíche, ou seja, devem-se colocar parafusos no máximo a cada 60 cm, no sentido horizontal e vertical.

Para melhor entendimento na realização da montagem deste painel, a Figura 11 ilustra imagens deste painel proposto, bem como as posições sugeridas para a fixação dos parafusos.

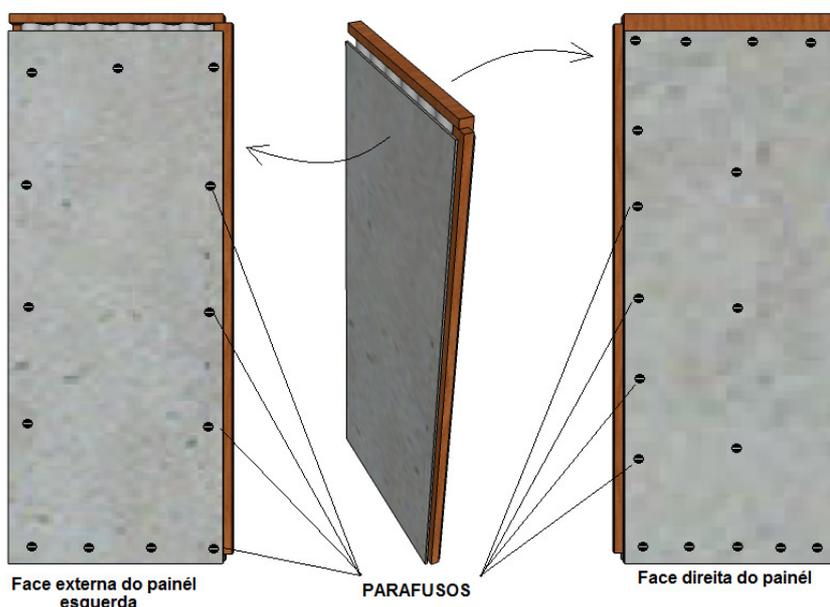


Figura 11: Posição dos parafusos sob a placa.

Segundo Rosado (2005), as vistas são a representação do plano, através de projeções. A seguir a Figura 12 expõe a planta baixa de um painel sanduíche. Após a montagem e fixação dos componentes do painel são mostradas nas Figuras 13 e 14.

Dessa forma, o painel sanduíche proposto terá a dimensão final de 1,20 X 3,10 metros e espessura de 10,2 cm e o peso em massa do conjunto terão, aproximadamente, 175 quilos, ou seja, cada placa cimentícia pesa 75 kg, e a telha de fibrocimento 20 kg, mais acessórios como os parafusos, os encaixes de madeira e a placa de lã de rocha.

Esses painéis sanduíches quando montados na posição vertical, terão a função de parede, e poderão ser colocados tanto para as paredes externas como para as divisões internas. Quando esses forem executados na posição horizontal, então estes funcionarão como forro (Laje).

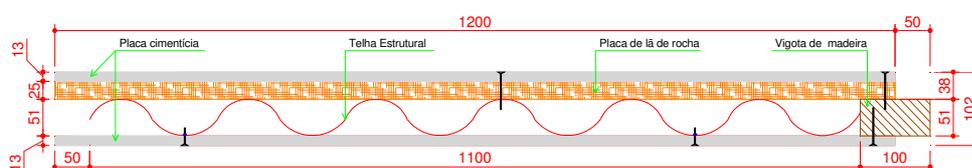


Figura 12: Planta baixa do painel

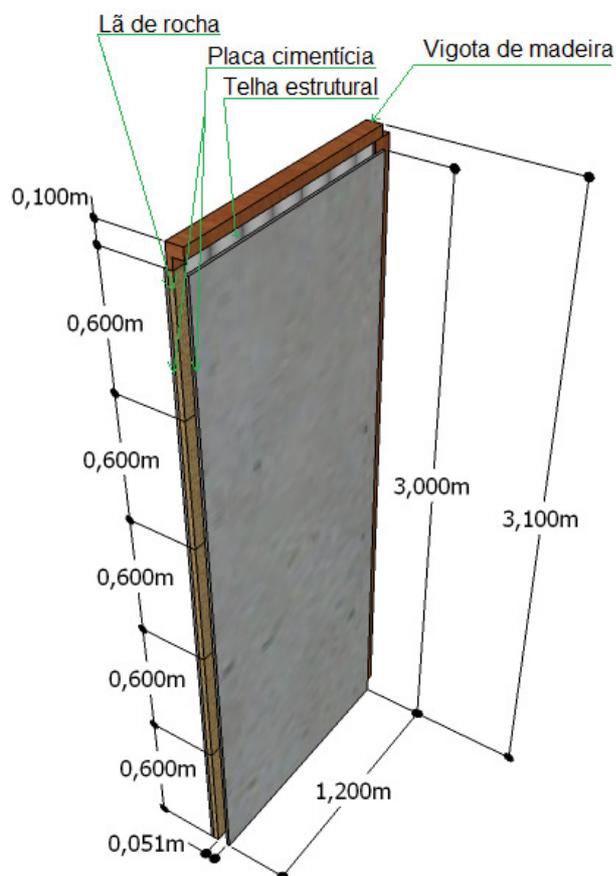


Figura 13: Dimensões do painel

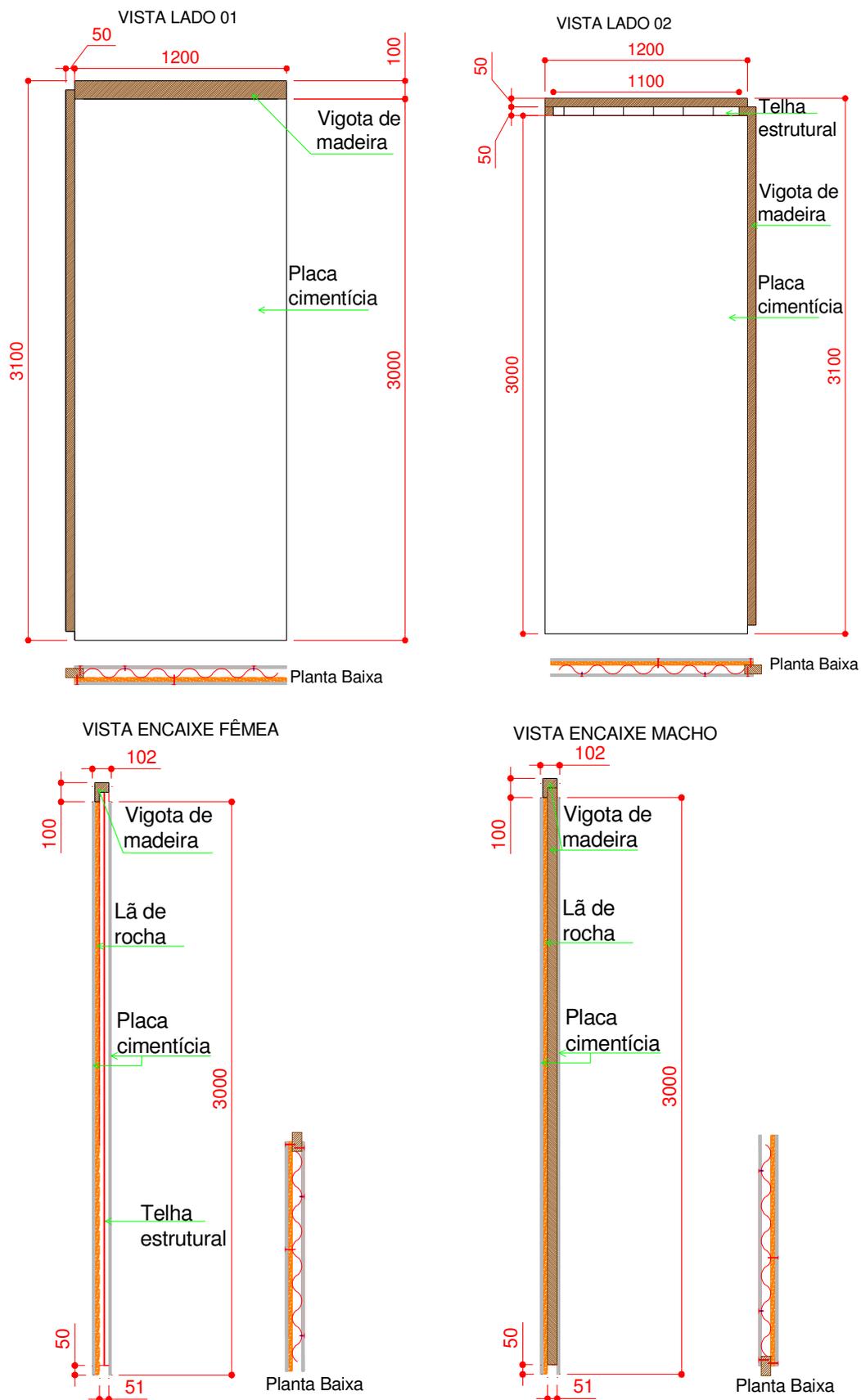


Figura 14: Vistas e cortes do painel sanduiche

4.3 VÍNCULOS

São ligações entre partes diferentes de uma construção, ou seja, entre os elementos estruturais. Segundo Nóbrega (2004), vínculos são apoios e articulações pelos quais são unidas as chapas entre si ou, no caso dos apoios, à “chapa terra”. Os vínculos têm a função de impedir os deslocamentos em uma determinada direção.

Nesse sentido, a seguir são apresentadas as principais tipologias de encaixes ou travamentos dos painéis sanduíches nas variadas posições encontradas, normalmente, em um projeto arquitetônico:

- travamento entre painel e fundação;
- travamento entre painel e painel (parede);
- travamento entre painel e forro;
- travamento entre painel e painel (forro).

4.3.1 Ligação entre Guias de Madeira com a Fundação

Após o término da execução da fundação do tipo radier, proposto anteriormente, na qual a superfície deve estar limpa, e isenta de impurezas, serão fixadas as guias de madeira (50x51mm), em todo o perímetro da planta da construção, para promover a estabilidade dos painéis sanduíche com a laje de fundação, ver Figura 15.

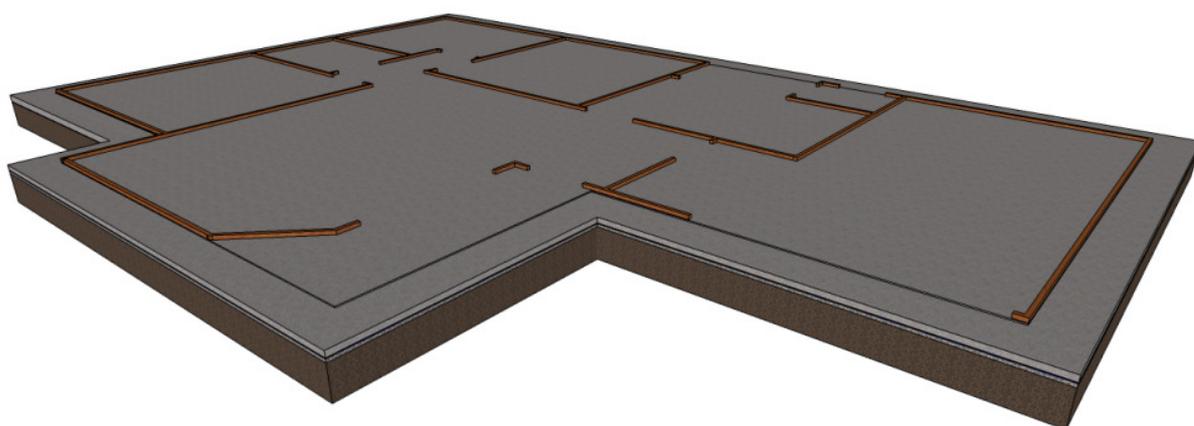


Figura 15: Guia de madeira fixadas na laje radie

Estas guias de madeira servirão de encaixes para os painéis sanduíches, que serão colocados sobre ela (Figura 16). Para fazer a fixação destes painéis à guia serão fixadas aos parafusos na borda dos painéis pelos dois lados da estrutura.

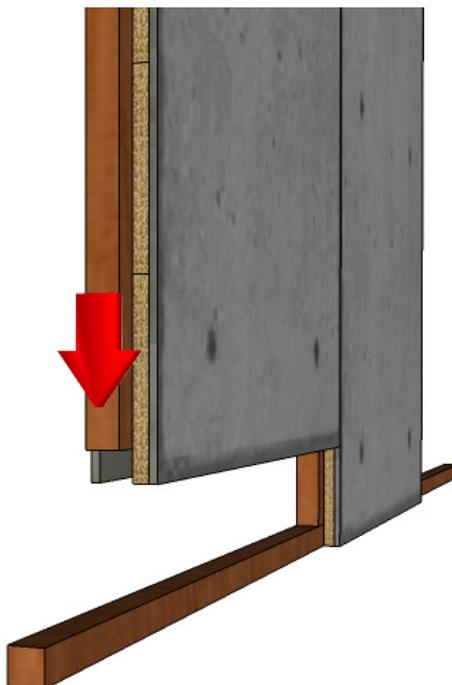


Figura 16: Detalhamento das guias de madeira

Nas peças de madeira fixadas na fundação devem ter emendas, as quais são sugeridas as do tipo conexão japonesa, ver Figura 17.

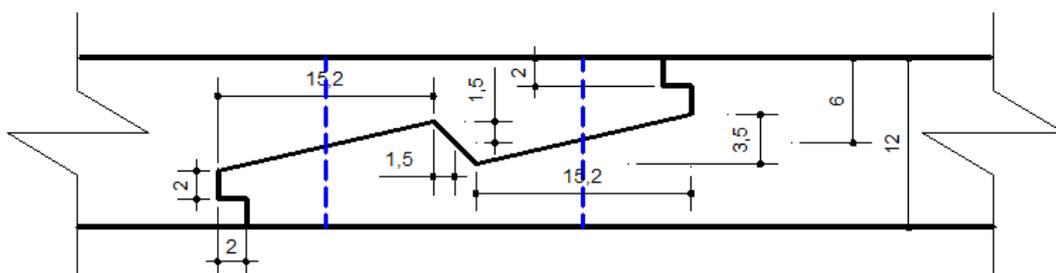


Figura 17: Vista lateral da guia-conexão japonesa

4.3.2 Ligação Entre Painel E Painel (Paredes)

O travamento dos painéis, ou seja, painel com painel na vertical (paredes), é realizado através de uma vigota de madeira de (51x100)mm, colocada em apenas um dos lados, por exemplo, lado direito (Figura 32), de forma a os encaixes sejam do tipo travamento macho-fêmea.

Após a colocação da viga de madeira, em uma das laterais do painel sanduíche, os encaixes entre os próximos painéis são realizados de forma a travar um painel de lado “oco” com a viga de madeira conforme esquema da Figura 18.

Para a fixação da vigota de madeira utilizam-se os parafusos autoperfurantes, para dar travamento entre as peças, de modo a garantir a estabilidade da parede. As Figuras 19 e 20 mostram os detalhamentos deste.

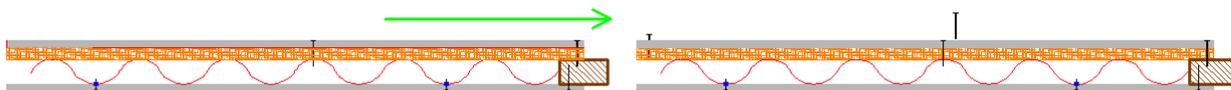


Figura 18: Detalhamento de travamento dos painéis: tipo macho-fêmea



Figura 19: Vista geral do travamento entre os painéis

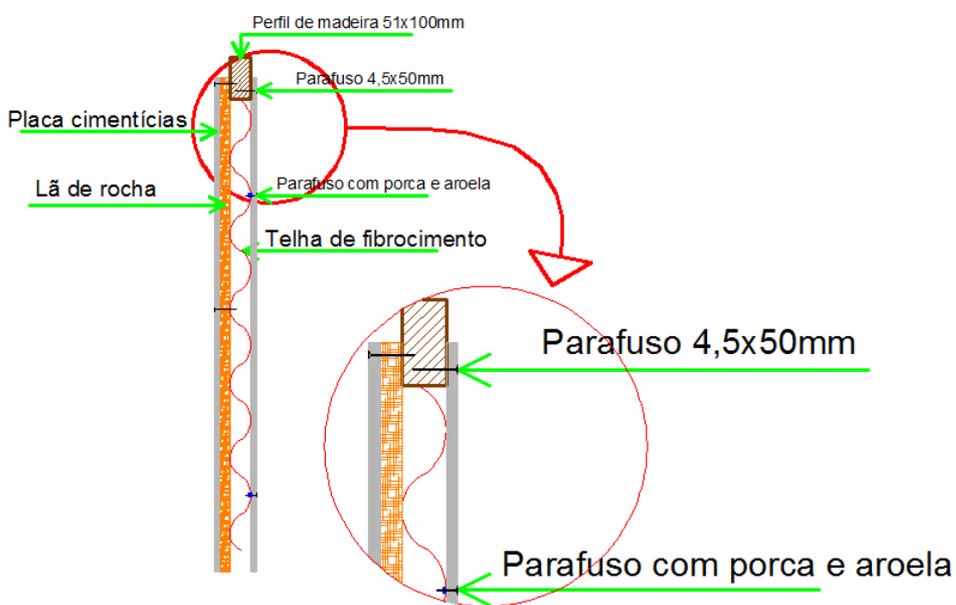


Figura 20: Fixação dos parafusos no painel sanduíche

4.3.3 Ligação entre Painel E Painel (Forro)

Para realizar esta ligação quando forem paredes de meio (paredes que dividem ambientes internos) a laje passara por cima delas, assim é necessário parafusar uma a outra (painel parede com painel forro). Em relação a painéis que

fecham a edificação, a laje chegara até eles, e restara um vão na extremidade do painel forro que deverá ser preenchida com uma vigota de madeira de 50x51mm, assim possibilita-se a fixação do painel forro com o painel parede (Figura 21). Os painéis como laje serão ligados aos painéis paredes, por parafusos fixados de cima para baixo:

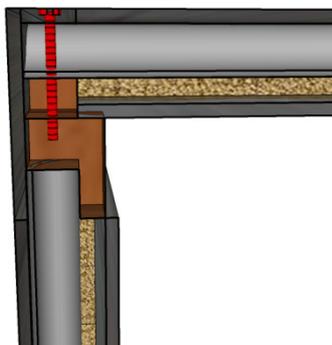


Figura 21: Parafuso fixando a laje ás paredes.

4.3.4 Ligação entre Painel e Painel (Travamentos)

O travamento da viga de madeira encaixado entre painel e painel na vertical (como parede) é diferente quando se encaixa painel e painel (no forro). Assim, o travamento entre o painel e painel (forro), será realizado por uma viga de madeira, ver Figuras 22 a 24, que ilustram os painéis sanduíches com esta viga na parte superior desses painéis.

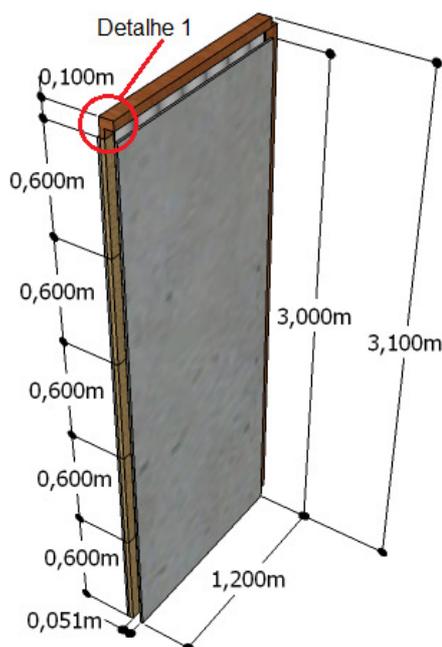


Figura 22: Vista geral do travamento superior da telha com a guia de madeira

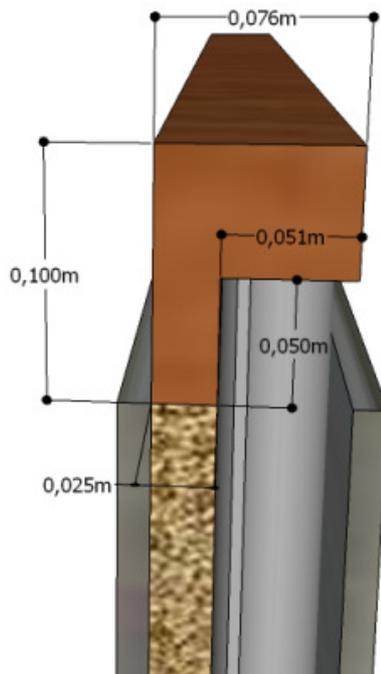


Figura 23: Detalhamento do travamento

Quando utilizado na vertical os painéis são encaixados a uma guia de madeira fixa na fundação. Para utilizar os mesmos painéis, com as mesmas modulações, na horizontal, para unir um painel a outro, pelas extremidades (Figura 24).

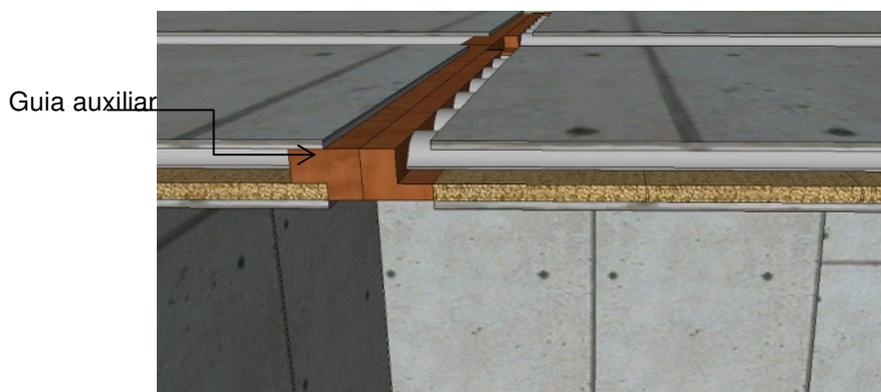


Figura 24: Ligação extremidades entre painel e painel (laje)

4.4 PLANTA BAIXA MODULADA

Tendo em vista que os painéis têm largura de 1,20m, a proposta de uma planta residencial foi formulada de forma a conter esta modulação, assim, serão localizado os detalhes ilustrativos desta planta. As Figuras 25 e 26 mostram os detalhes.

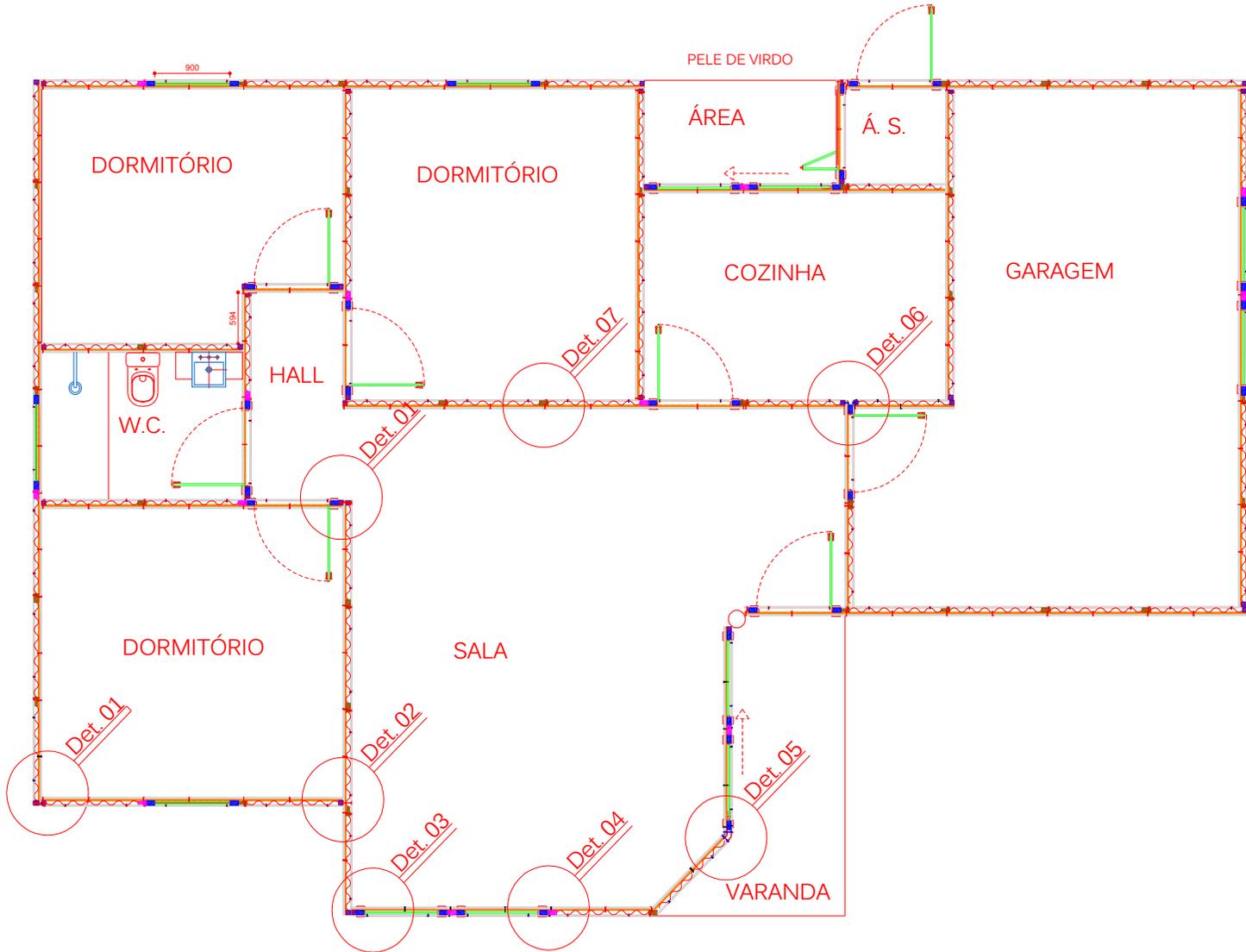


Figura 25: Planta baixa com localização dos detalhes

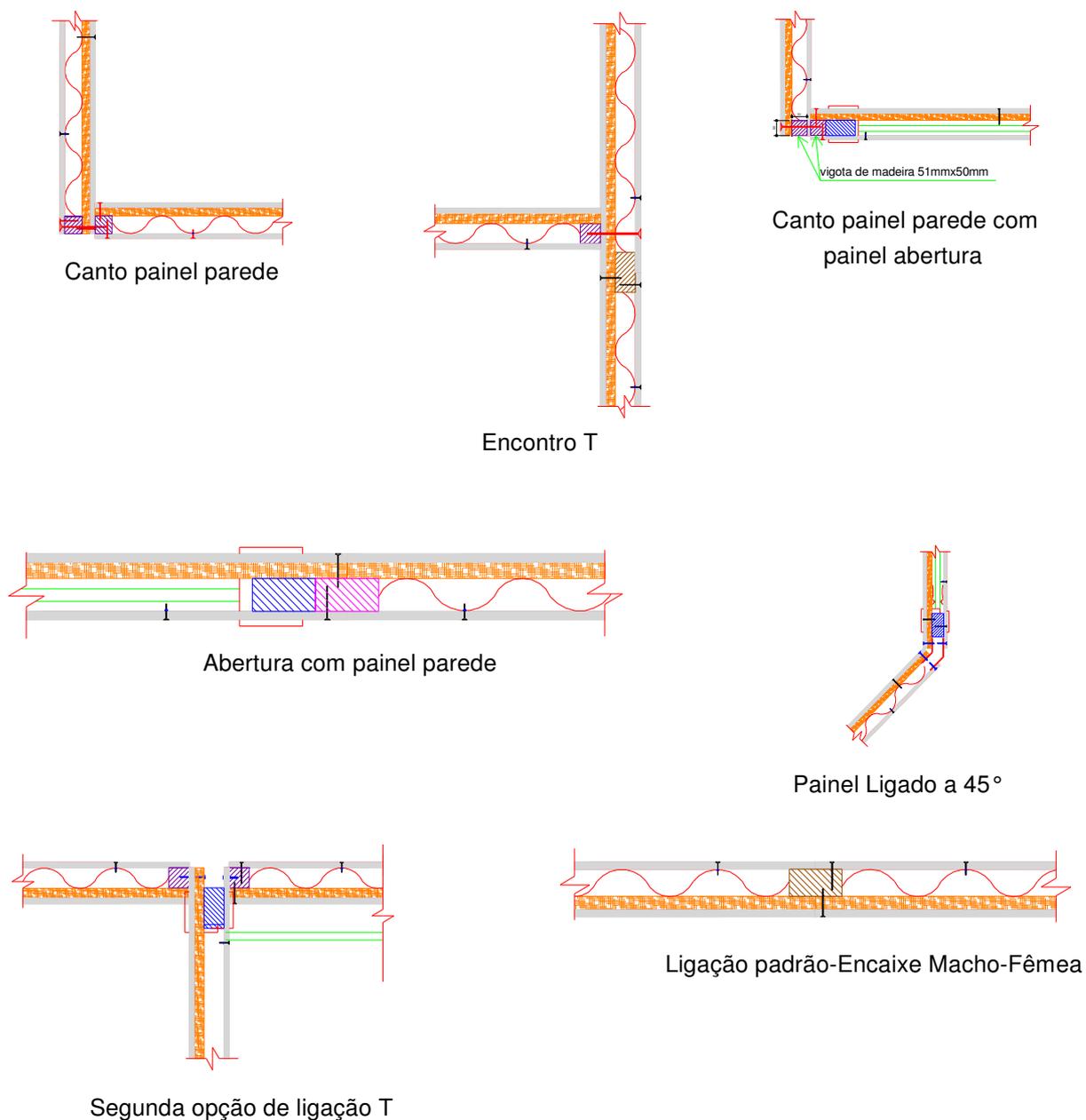


Figura 26: Detalhamento dos encaixes

4.5 COBERTURA E TELHADOS

Os tipos de telhas da cobertura para a proposta de painéis sanduíches possuem as mesmas características e princípios das estruturas convencionais e assemelham-se a estruturas leves de aço, assim, podem ser utilizadas telhas metálicas, cerâmicas, fibrocimento, entre outras.

A estrutura escolhida para o telhado deve suportar o peso da vedação, forros suspensos, mantas térmicas ou acústicas, ações devidas ao vento, os

equipamentos e as instalações que nela se apóiam, além da sobrecarga de pessoas quando a cobertura estiver em manutenção (TÉCHNE, 2009).

Para a proposta de telhado foram escolhidas treliças inclinadas, conhecidas como tesouras (Figura 27).



Figura 27: Exemplo de tesoura inclinada em madeira

Fonte: www.mctelhados.com.br

O telhado proposto é do tipo colonial, com várias águas, sem oitões. Os telhados são compostos por linha que conferem forma a estrutura, para isto, é apresentada, na Figura 28, os detalhes destes.

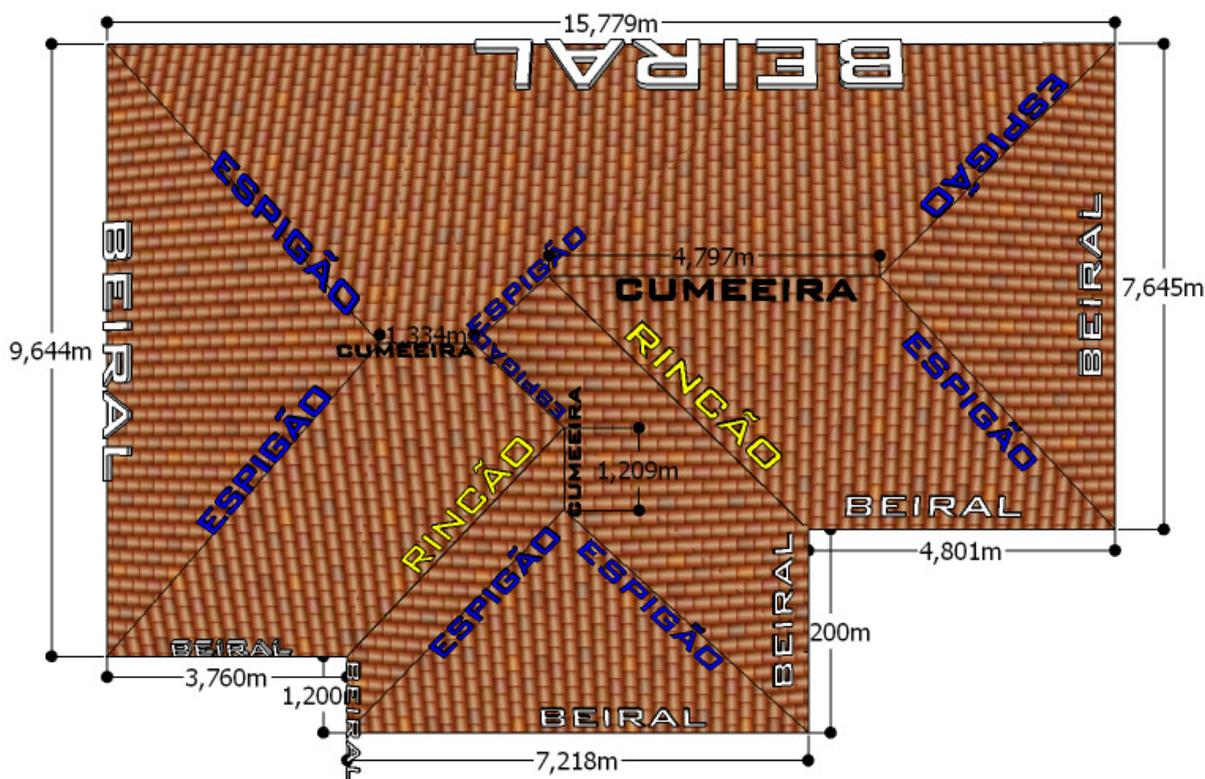


Figura 28: Telhado

Para melhor adaptação da proposta sugere-se utilizar telhado do tipo colonial (4 águas), pois é utilizado o potencial dos painéis no sentido horizontal, servindo como laje. As abas serão inclinadas (Figura 51), pois a laje de cobertura cobre apenas as paredes, assim as guias das tesouras terão continuidade de 70 cm.



Figura 29: Corte - inclinação da aba

4.6 VERGA E CONTRA VERGA

Nesta proposta as vergas serão de vigotas de madeira. Para representar melhor a posição da verga e contraverga representa-se os painéis de aberturas sem a face externa dos painéis (placa cimentícia) como mostram as Figura 30 e 31.

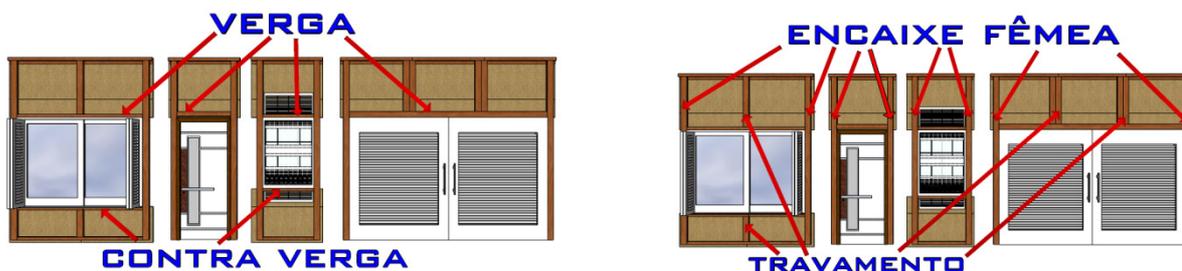


Figura 30: Detalhamento das vergas e contra vergas

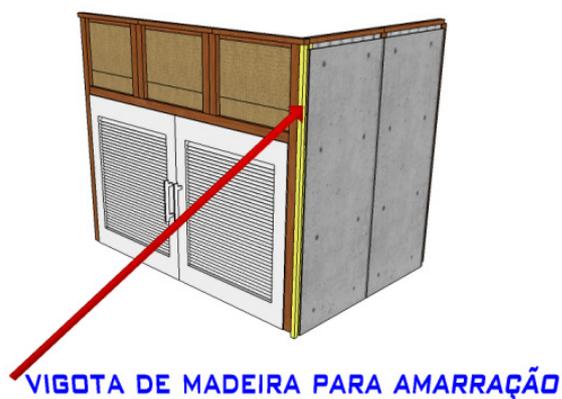
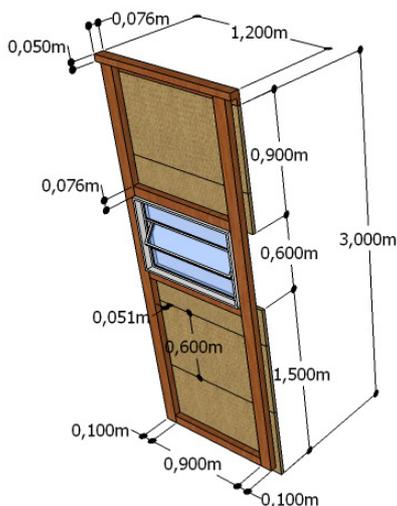
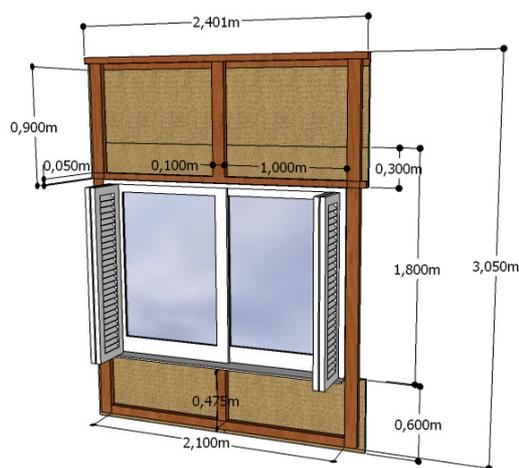


Figura 31: Detalhe de fixação da abertura

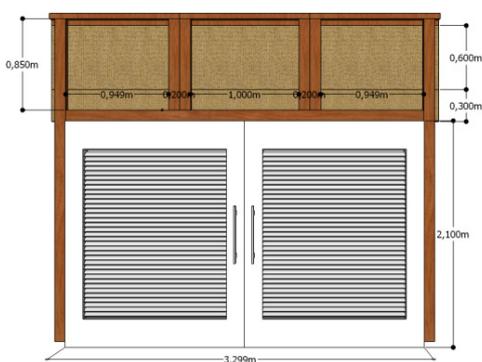
As janelas e as portas, em relação as placas, devem ter altura compatível, pois as placas de lã de rocha possuem altura de 60 cm, e para melhor aproveitamento deste, devem ser realizadas recortes de 30 cm. O comprimento da abertura é variável em função do número de painéis utilizados para criar o vão livre da abertura (Figura 32).



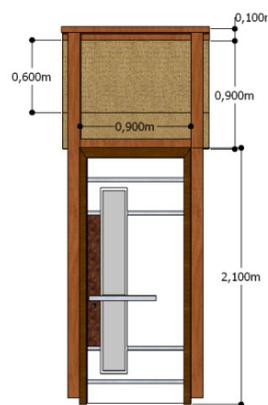
Painel abertura com um módulo



Painel abertura com dois módulos



Painel com 3 módulos



Painel para portas

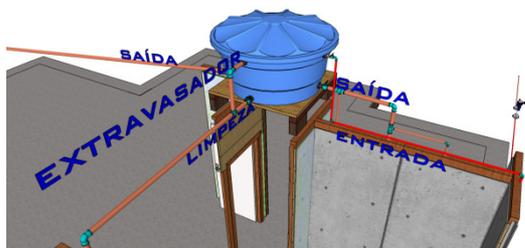
Figura 32: Detalhes das aberturas

4.7 INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS

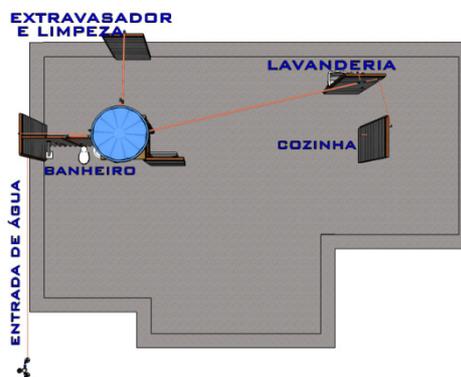
4.7.1 Água Fria

Para esta tipologia será proposto sistema indireto (Figura 60), no qual todos os aparelhos e torneiras são alimentados por um reservatório superior da edificação, que é alimentado diretamente pela rede pública, ou por meio de recalque, a partir de um reservatório inferior.

A tubulação de água fria, advinda da rede pública de abastecimento, deve passar pelo “cavelete”, medidor de consumo de água, e seguir diretamente até o reservatório de água. A distribuição de água, para as dependencias, é realizada pela tubulação que “corre” pela laje, e, desce pelos vãos da telha de fibrocimento, até os pontos de utilização, ver Figura 33 e 34.



Esquema reservatório-sistema indireto



Instalação água fria vista superior

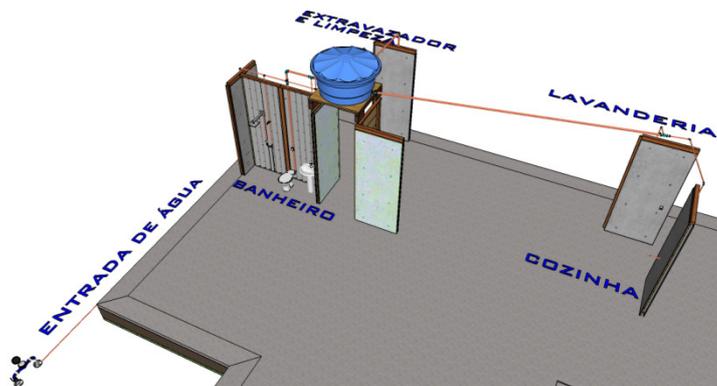


Figura 33: Instalação água fria

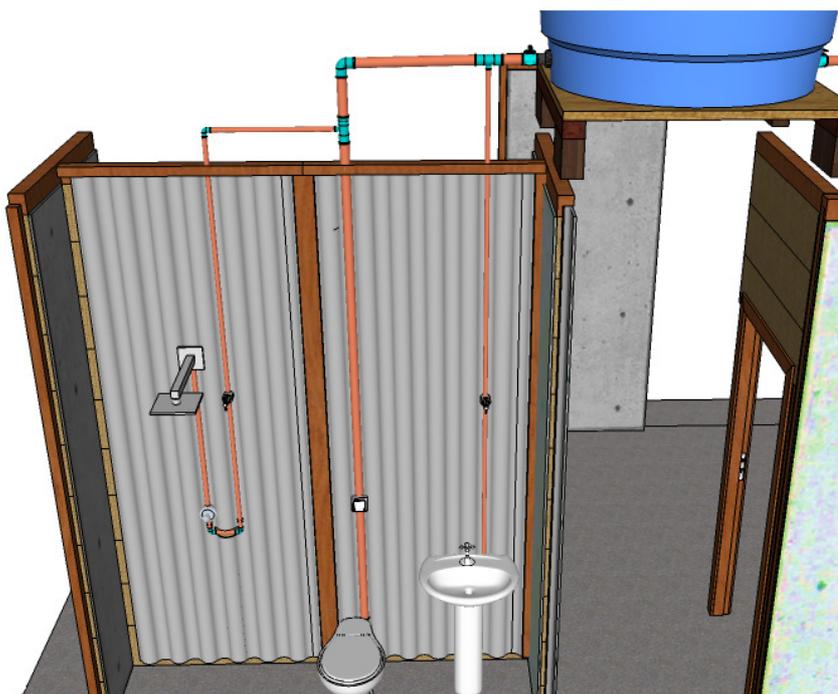


Figura 34: Banheiro- Detalhe com a tubulação de Água Fria

A instalação da tubulação para o chuveiro, necessita-se fazer recorte na telha de fibrocimento, para que a tubulação possa fazer a volta para passar pelo registro de pressão (Figura 35).

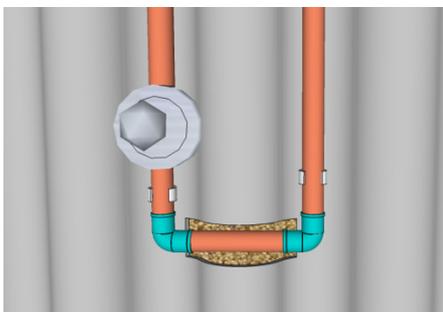


Figura 35: Detalhe do corte na telha para curva registro chuveiro

4.7.2 Esgoto Sanitária

A tubulação da instalação do esgoto sanitário deve ser previamente colocada na posição das saídas do esgoto de cada peça de utilização de esgoto, antes da concretagem da laje de fundação, conforme ilustração da Figura 36 e 37.

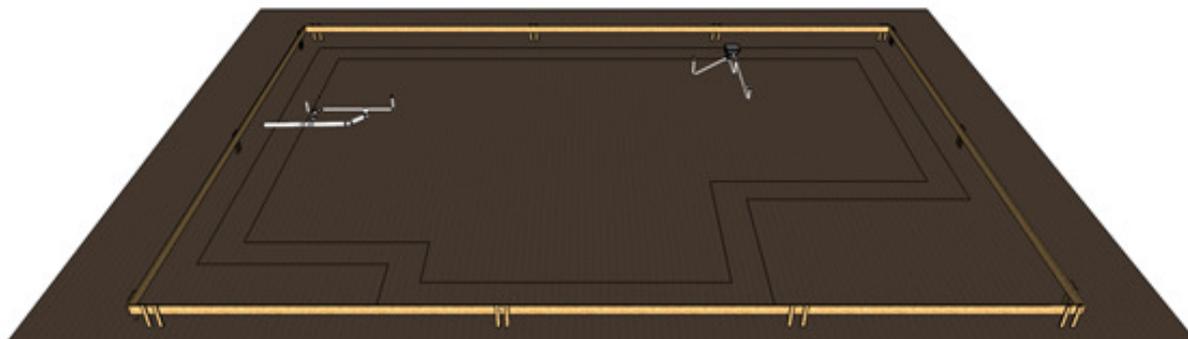
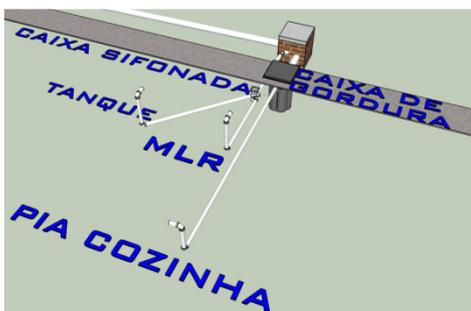


Figura 36: Planta da tubulação de esgoto



Instalação sanitária cozinha e lavanderia



Instalação Sanitária Banheiro

Figura 37: Detalhe da tubulação de esgoto

4.8 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A fiação de energia para a instalação elétrica dos pontos de utilização deverá “correr” sobre a laje. Para as decidas nos pontos de utilização elétrica a tubulação deverá passar pelos vãos da telha de fibrocimento, como as tubulações de hidráulica de água fria.

Os cortes serão feitos com serra copo para passagem do eletroduto da laje para os painéis, e para instalação nos pontos de luz, por exemplo, será feito cortes retangulares com a serra circular. As Figuras 38 e 39 mostram os detalhamentos das tubulações elétricas.



Figura 38: Tubulação de Elétrica

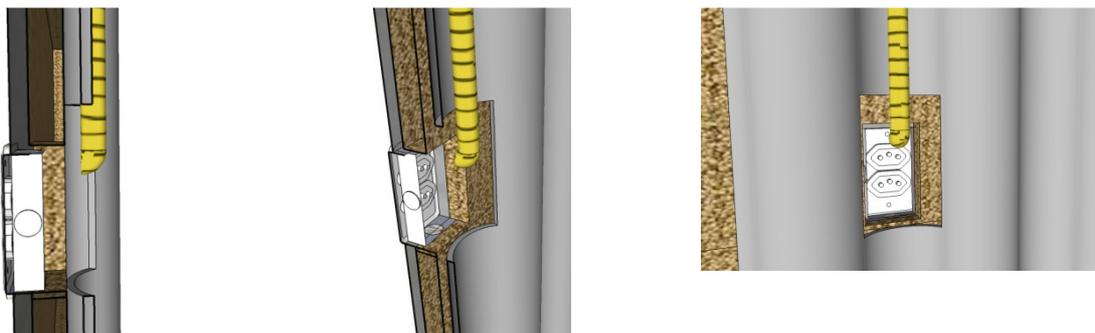


Figura 39: Detalhe da tubulação de Elétrica

4.9 FERRAMENTAS DE USO PARA O PAINEL SANDUÍCHE

4.9.1 Ferramentas de cortes

O corte e a fixação dos painéis exigem ferramentas diferentes para os entalhes na madeira, placa cimentícia, telha de fibrocimento, entre outros elementos. Além disso, deve-se evitar a realização de cortes em campo, ou seja, na montagem e execução dos painéis. Nesse sentido, deve-se fazer um projeto detalhado de cortes e detalhamentos nas peças, de forma a informar as dimensões e localizações desses recortes. A Figura 40 indica as principais ferramentas para utilização dos cortes e fixação dos painéis sanduíches.



Furadeira de Impacto 10 mm
 Fonte: www.skil.com.br



Parafusadeira Reversíveis
 Fonte: www.skil.com.br



Serra Copo
 Fonte: www.barracores.com.br



Serra circular com uma lâmina abrasiva
 Fonte: www.mondialline.com.br

Figura 40: Detalhe da tubulação de Elétrica

4.9.2 Fixadores

As ligações entre os componentes do sistema devem ser feitas através de parafusos ou pregos. Os fixadores devem ter tratamento antioxidante (Galvanizado ou *Fendcoat*) e resistir a 120 horas no teste *Salt Spray*. Para inserção dos fixadores, alguns parafusos possuem dimensões maiores que os normalmente utilizados, como os de ancoragem a fundação, por isto, é preciso abrir fendas utilizando broca escalonada (Figura 41).



Broca Escalonada

Fonte: www.citrinus.com



parafuso cabeça trombeta ponta agulha

Figura 41: Detalhe da tubulação de Elétrica

4.10 REVESTIMENTO

Antes de começar os revestimentos, cabe observar que, existem algumas regiões da edificação que precisam de acabamento com a placa cimentícia, como os cantos, extremidade do forro e dos painéis. Na seqüência, observam-se os locais que precisam de acabamento.

4.10.1 Acabamento

Nos cantos e roda-forros existem áreas que ficaram expostas, sem a placa cimentícia, devido à modulação dos painéis; para isto, deve-se recortar uma placa cimentícia e fazer os acabamentos nos cantos e no vínculo do painel com a laje, a Figura 42 mostra como deve ser o acabamento nesta região.

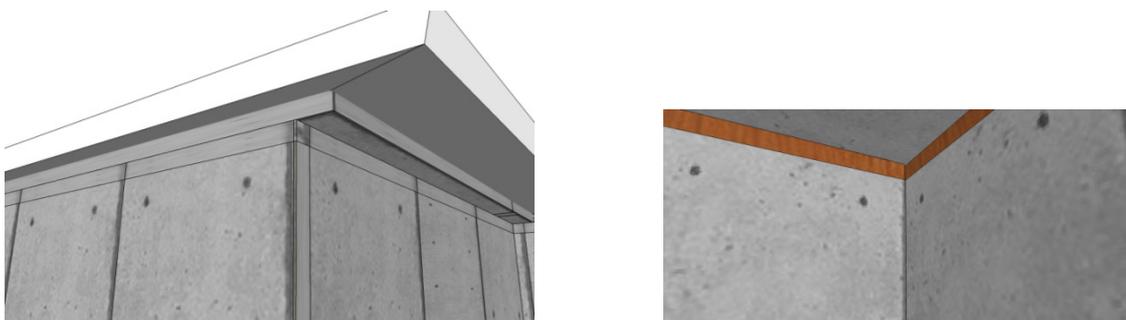


Figura 42: Ligação Parede x Laje

A partir da colocação dos painéis na vertical como parede e na horizontal como laje, sobram algumas arestas que devem receber acabamento com cortes de placa cimentícia, assim, as regiões que necessitam destes acabamentos é ligação painel com forro interna (Figura 42), o mesmo sistema funciona com a parte interna e externa da edificação.

Os painéis ligados a 45°: necessitam de uma cantoneira metálica (Figura 43) para fixação dos painéis e posterior acabamento com placa cimentícia.



Figura 43: Detalhe com cantoneira metálica

4.10.2 Revestimentos

Para receber os revestimentos a estrutura deve estar com todos os acabamentos prontos. As faces que receberão acabamento serão superfícies cimentícias e lisas (Figura 44).



Figura 44: Edificação preparada para receber revestimento

Os revestimentos propostos estão divididos em revestimento com cerâmica (Figuras 45 e 46); revestimento em grafiato (Figura 47) e em pedra palito (Figura 48). Após, para uma melhor visualização da modelagem proposta as Figuras 49 a 60 ilustram a seqüência de montagem da edificação proposta, desde a fundação a cobertura e acabamento final.



Figura 45: Revestimento Banheiro



Figura 46: Revestimento cozinha

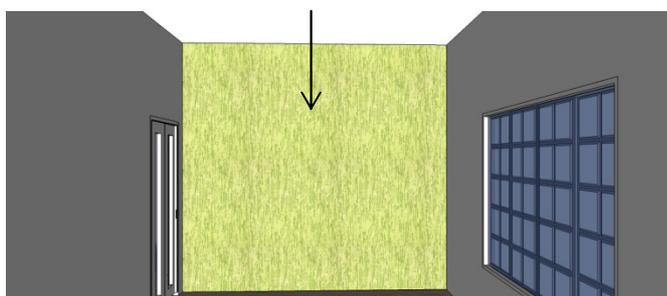


Figura 47: Parede interna Garagem



Figura 48: Pedra palito á esquerda e pedra São Thomé á direita

1. Projeto

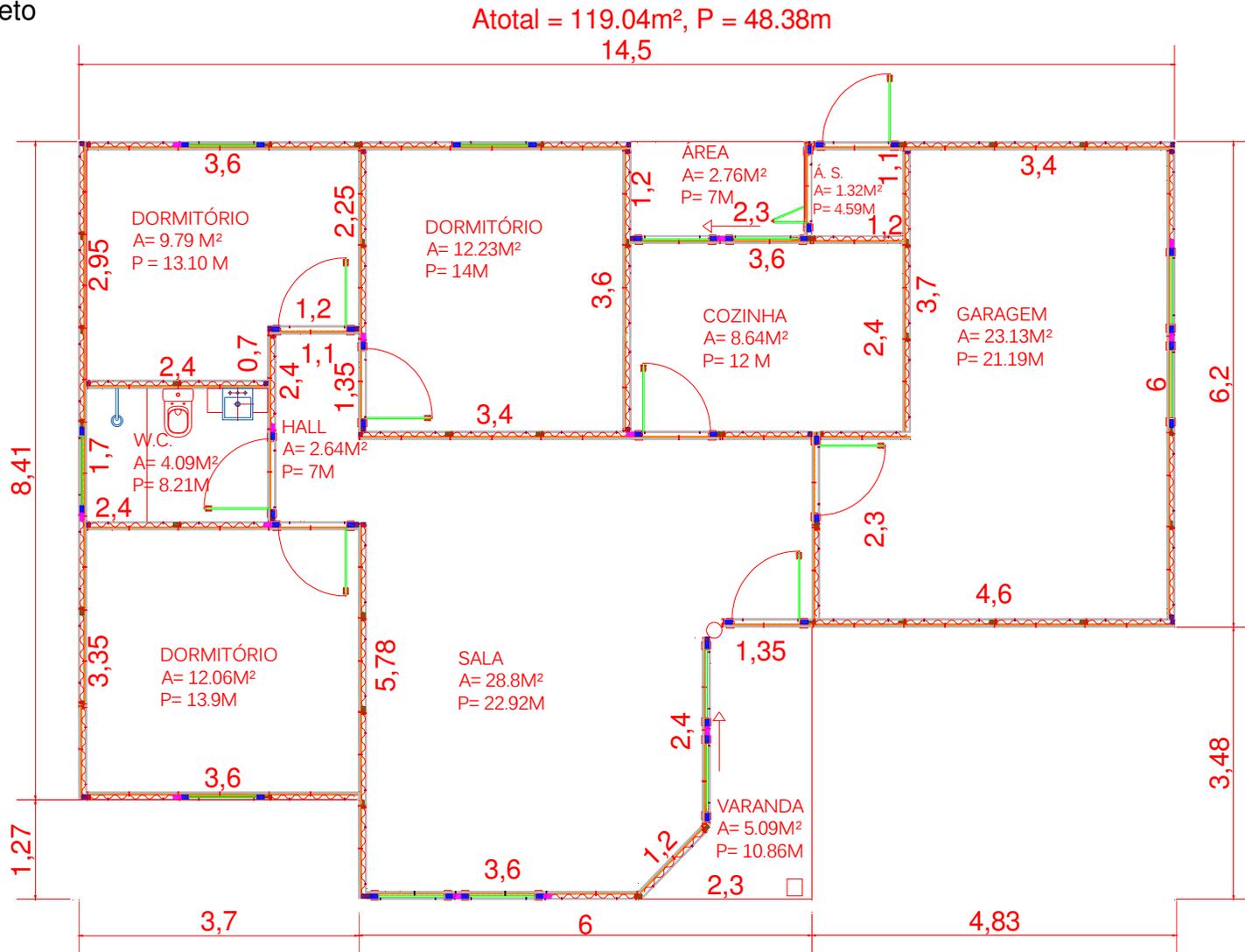


Figura 49: Projeto arquitetônico proposto (planta baixa)

2. Marcação da obra com tubulação de espera de esgoto, rede de água fria.

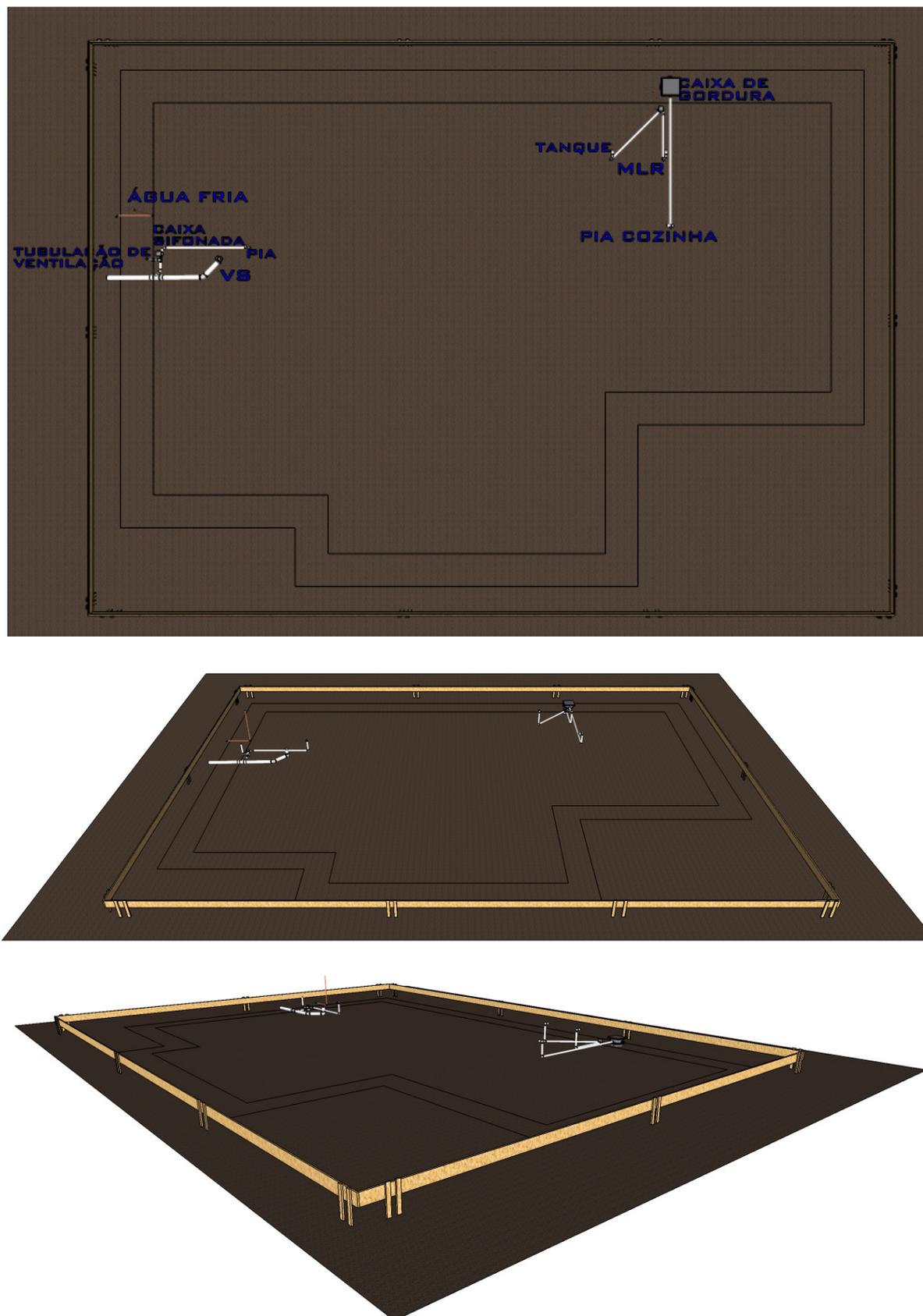


Figura 50: Marcação da obra com tubulações de espera

4. Guia de madeira

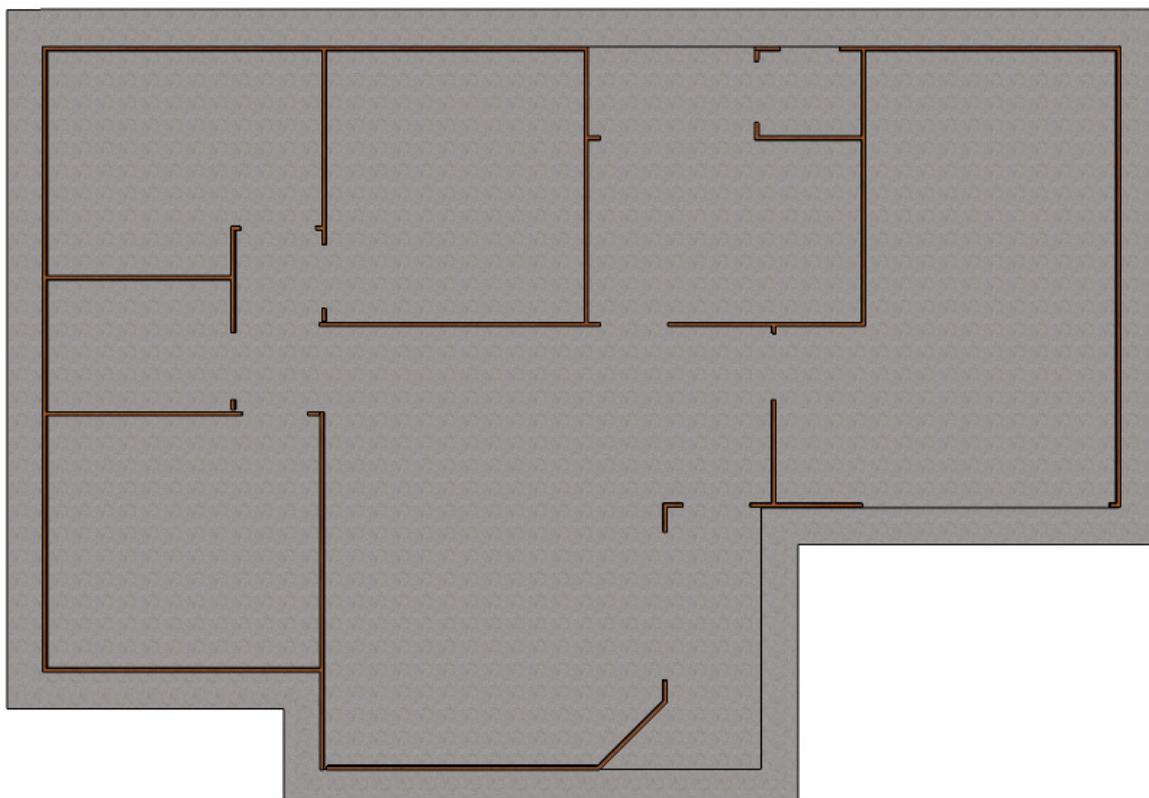


Figura 53: Vista superior das guias de madeira

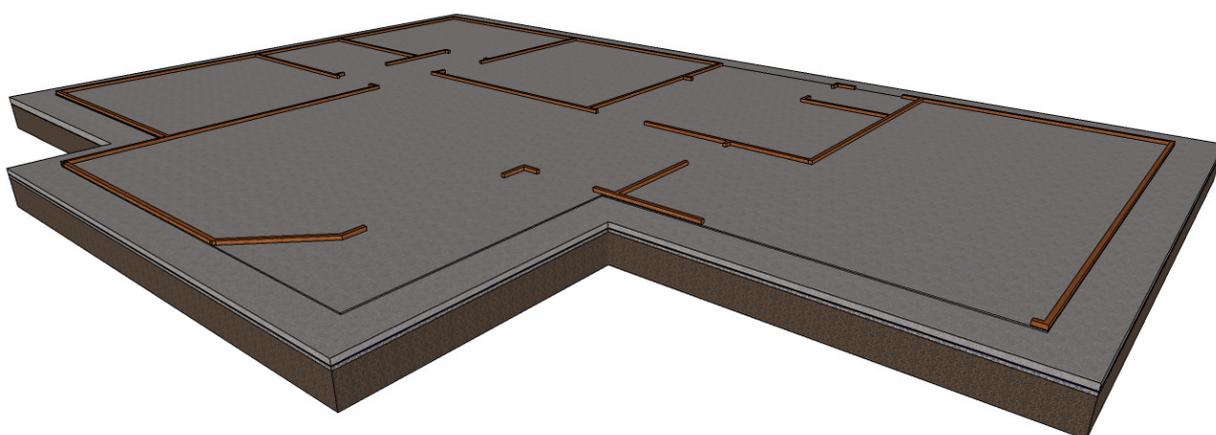


Figura 54: Perspectiva das guias de madeira

5. Montagem dos painéis

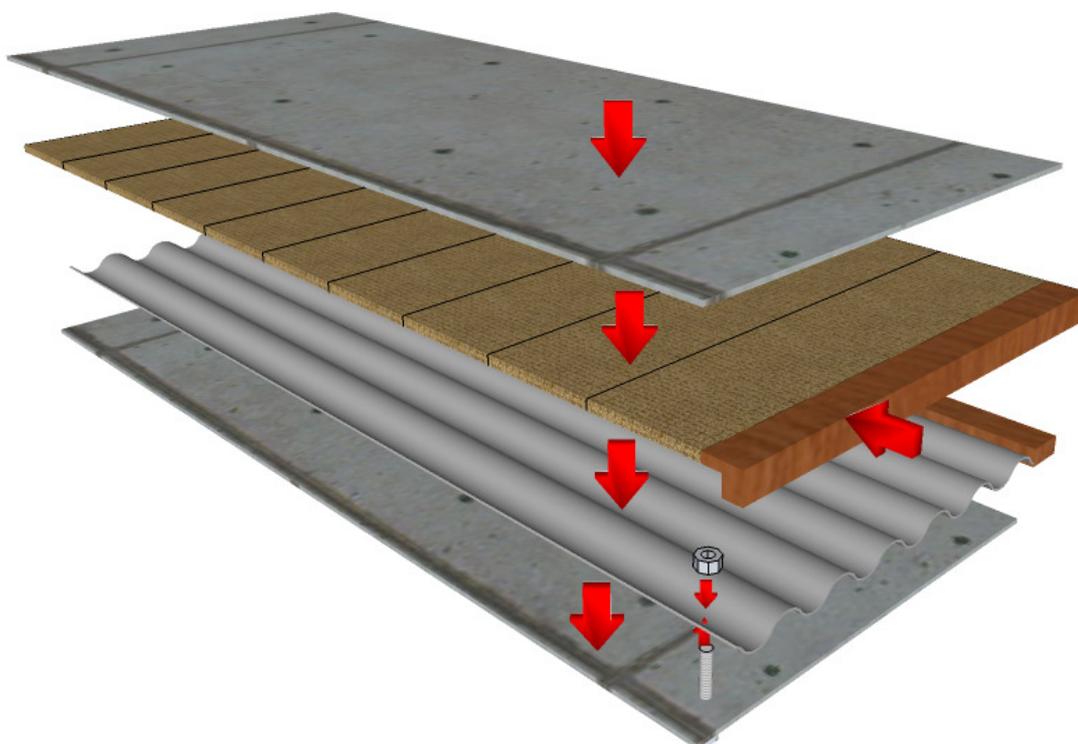


Figura 55: Montagem dos painéis

6. Colocação dos painéis: fechamento vertical



Figura 56: Colocação dos painéis - fechamento vertical



Figura 57: Painéis como fechamento vertical

7. Colocação dos painéis: laje

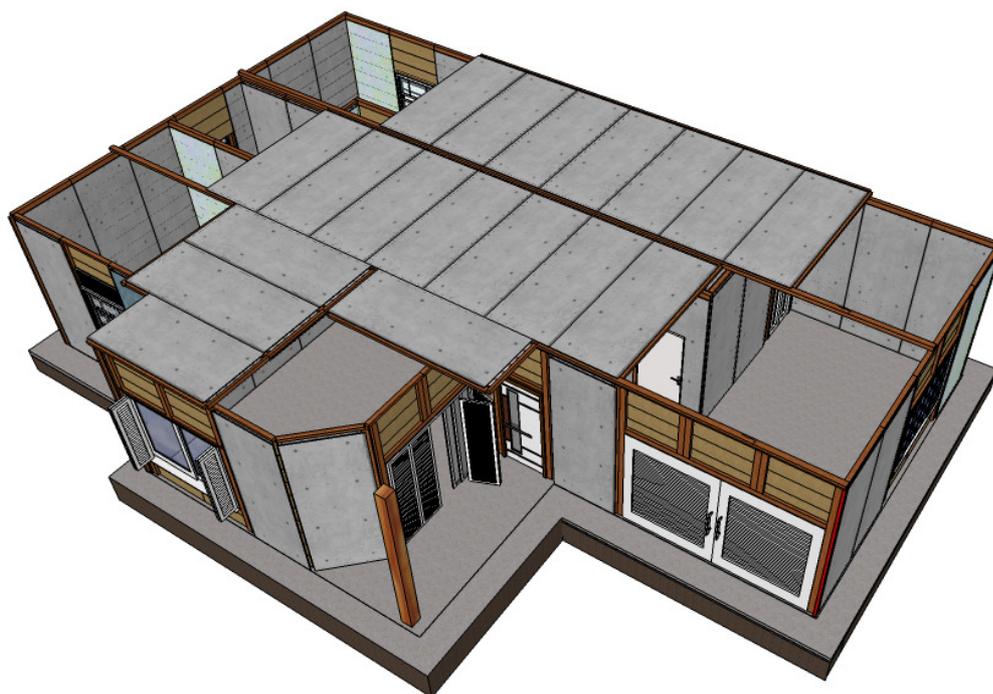


Figura 58: Colocação dos painéis - laje

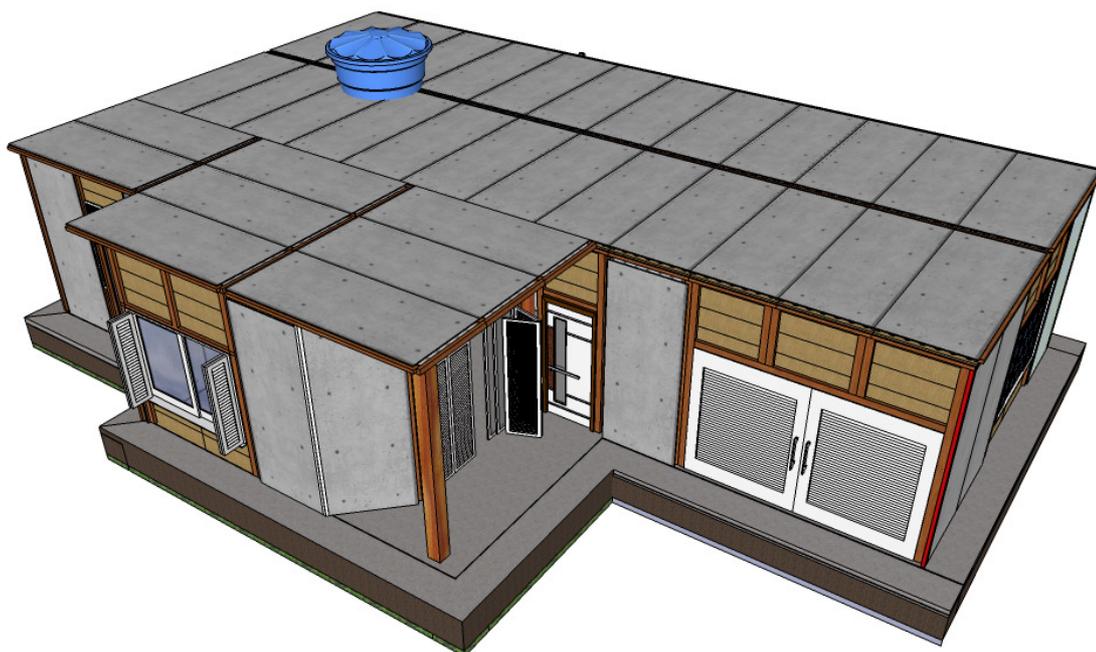


Figura 59: Painéis colocados como laje

8. Edificação concluída



Figura 60: Edificação concluída – Fachada principal

Capítulo 5

5.1 CONCLUSÃO

Este trabalho se concentrou em apresentar a modulação de um painel sanduíche composta por duas placas cimentícias, uma telha de fibrocimento e cinco placas de lã de rocha para elaboração de um projeto arquitetônico completo realizado por meio da utilização de um programa computacional, detalhando-se todas as interfaces em contato com este painel.

Todo o projeto arquitetônico seguiu as modulações do painel sanduíche proposto, mostrando-se bastante versátil quanto a sua aplicabilidade entre os vínculos e ou os encaixes entre os painéis.

Constatou-se que o painel sanduíche proposto não é leve, ou seja, possui uma massa final do conjunto com cerca de 175 kg. Tal massa, poderá dificultar a sua montagem.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- utilizar placa cimentícia com menor espessura de 6,0x1200x3000 mm, (espessura x largura x comprimento), tendo massa de 36,7 Kg.
- realizar ensaios mecânicos no sistema construtivo
- verificar tempo e custo de execução

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Maria Inês Avó de. Comportamento estrutural de painéis sanduíche compósitos para aplicações na indústria da construção. Lisboa: INSTITUIÇÃO SUPERIOR TÉCNICO Universidade Técnica de Lisboa, 2009. 161pag. Dissertação de Mestre em Engenharia Civil, Lisboa 2009.
- ANAIS. ENTAC. *XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. 06 a 08 de out. 2010. Canela- RS.
- BERTINI, Alexandre Araújo. Estruturas Tipo Sanduíche com placas e argamassa projetada. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos/SP, 2002.
- BUSTAMANTE, Renato Corrêa Ribeiro. Otimização de painéis sanduíche utilizando o método de recozimento simulado / R.C.R. – Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Mecânica Espacial e Controle. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais– INPE-9255-TDI/817. 101p. São José dos Campos, 2000.
- CAMPOS, Rubens Junior Andrade de. Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias. Dissertação de Mestrado. Londrina, 2006.
- CORREIA, João Pedro Ramôa Ribeiro. Perfis Pultrudidos de Fibra de Vidro (GFRP). Aplicação de Vigas Mistas GFRP-Concreto na Construção, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2004.
- DÓRIA. Luís Eduardo Santos, LIMA. Flávio Barboza de. Análise de fundação tipo radier empregando o modelo de analogia de grelha. Anais do 50º congresso brasileiro do concreto - cbc2008 – 50cbc0578. 2008.
- FREITAS, A.M.S. et al. Manual de construção em Aço. Steel Framing: Arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 121 p.
- HERNANDES, H. Apresentação PALESTRA_AB2. SISTEMA CONSTRUTIVO STEEL FRAMING. CBCA. 12 p.
- Manual CES Construção Energética Sustentável – LP Building Products Soluções Construtivas-Curitiba, PR.
- MILITO, José Antônio de. Técnicas de construção civil e construção de edifícios- Anotações de Aula 6, pág. 131.
- NÓBREGA, Petrus Gorgônio Bulhões da. ANÁLISE DINÂMICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO: ESTUDO EXPERIMENTAL E NUMÉRICO DAS CONDIÇÕES DE CONTORNO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS .Tese de

- Doutorado em Engenharia. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. 285 p. São Carlos, 2004.
- PINHO, M.O. et al. Manual de construção em Aço. Transporte e Montagem. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005. 144 p.
- PINI. Manual de projeto de sistemas Drywall. Paredes, forros e revestimentos. 2 ed. São Paulo: PINI, 2006. 85 p.
- POMBO. Luciana. U.S. Home, Construções Steel Frame. FOLHA DE LONDRINA, domingo, 1 de fevereiro de 2004.
- RODRIGUES, F. C. et al. Manual de construção em Aço. Steel Framing Engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 129 p.
- ROSADO. O.G.VÍCTOR. Notas de aula desenho técnico: Fundamentos Teóricos e Introdução ao CAD, UNESP-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia Campus de Guaratinguetá, 2005.
- SABBATINI. Fernando Henrique. Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos-Formulação e Aplicação de uma Metodologia. Escola Politécnica da USP. 206p. São Paulo, 1989.
- SILVA, M.G. et al. Manual de construção em Aço. Painéis de Vedação. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. 59 p.
- SOUZA, C.F. Notas de Aula - ENG 350 - Instalações hidráulico-sanitárias, DEA/UFV.
- TERNI. A. W. et al. Como Construir. Steel frame Artigo técnico. *Revista Técnica* - Edição 144 - Março 2009.
- VARGAS, M.R. et al. Manual de construção em Aço. Resistência ao fogo das estruturas de Aço. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2005. 78 p.
- ARTIGOS TÉCNICOS. CBCA. Centro Brasileiro da Construção em Aço. Disponível em <www.cbca-acobrasil.org.br/index.php> Acesso em: 07 de Jan.2012
- BARRACORES. Disponível em: Fonte: < Site www.barracores.com.br>. Acesso em 10 de março de 2012.
- CATÁLOGO TÉCNICO. Eterplac. Placa cimentícia Eternit. Disponível em: <www.esplane.com.br/pdf/placa_cimenticia.pdf>. Acesso em: 08 de Dez. 2011.
- CATÁLOGO. ISAR. Isolamentos acústicos e térmicos. Isolantes Acústicos. Disponível em: < www.isar.com.br/index.php?/produtos_sub/isolantes-acusticos/la-rocha>. Acesso em: 06 de Nov. 2011
- CATÁLOGO. LaRocha indústria e comércio de fibras Minerais Ltda. Isolantes Térmicos. Disponível em: <www.larocha.com/?larocha=produtos>. Acesso em: 13 de Dez.2011.

- CATÁLOGO. Construtora Sequencia. Disponível em www.construtorasequencia.com.br/im_cenariogeral_edificacaohorizontal.asp >. Acesso em: 06 de Jan.2012.
- CATÁLOGO. Placo Center. Sorocaba- SP. O mundo do Drywall. Disponível em www.placocentersorocaba.com.br/Catalogos/AFTakeone_PLACA_CIMENTICA.pdf>. Acesso em 08 de Jan.2012.
- CATÁLOGO. Indústria e Com. De Fibras MineraisLtda. LaRocha, 2011. Disponível em <http://www.larocha.com> > Acesso em 14 de novembro. 2011.
- FORÚM DA CONSTRUÇÃO. Disponível em:< www.forumdaconstrucao.com.br/ >. Acesso em: 25 de janeiro 2012.
- LP BRASIL- BUILDING PRODUCTS. Disponível em WWW.lpbrasil.com.br >. Acesso em 18 de abril de 2012.
- MET@ALICA - MAIOR PORTAL SOBRE ARQUITETURA E CONSTRUCAO EM ESTRUTURAS METALICA. Disponível em WWW.metallica.com.br >. Acesso em 03 de abril de 2012.
- MONDIAL. Disponível em: www.mondialline.com.br >. Acesso:10/03/2012.
- REVISTA EQUIPE DE OBRA. Edição 52. Disponível em WWW.equipededeobra.com.br>. Acesso em 10 de maio de 2012.
- REVISTA TÉCNICA. Edição nº156, 2010. Disponível em WWW.revistatechne.com.br >. Acesso em 18 de abril de 2011.
- REVISTA TÉCNICA. Edição nº144, 2009. Disponível em WWW.revistatechne.com.br >. Acesso em 18 de abril de 2011.
- SALA DE IMPRENSA. U.S. HOME Brasil Construções Ltda. Construções Steel Frame. Curitiba-PR. 2005. Disponível em www.ushome.com.br> Acesso em: 07 de Jan.2012
- SINAPROCIM. Guia Empresarial 2ª Edição De fabricantes e especificações técnicas de produtos de cimento. Disponível em: Fonte: <http://www.sinaprocim.org.br>>. Acesso em 10 de março de 2012.
- SKIL FERRAMENTOS ELÉTRICAS. Disponível em WWW.skil.com.br >. Acesso em 10 de março de 2012.
- U.S. HOME BRASIL CONSTRUÇÕES LTDA. Disponível em:< www.ushome.com.br >. Acesso em: 02 de abril de 2012.
- VTN - Concretagem em Fundação, Base, Alicerce, Construindo Fundação Radier. Disponível em: www.vtn.com.br/pre-moldados-e-fundacoes/fundacao-radier/concretagem-em-fundacoes.php>. Acesso em 16 de novembro. 2011