

PROJETO E PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE REVESTIMENTO VERTICAL EM MADEIRA. CASO: UNIDADE 002, SÃO CARLOS-SP

TAVARES, Simone Fernandes (1); INO, Akemi (2)

(1) Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP), simonetavares83@gmail.com; (2) Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade HABIS, IAU USP, inoakemi@sc.usp.br

Resumo: O sistema de revestimento vertical externo é parte importante da edificação sendo responsável pela sua proteção, ao mesmo tempo em que lhe confere características plásticas e de conforto ambiental. Para uma edificação construída em madeira este sistema se faz imprescindível, e demanda bons detalhamentos de projeto, principalmente no que diz respeito à correta proteção contra acúmulo de água e de umidade, de modo a aumentar a sua durabilidade. Estas características puderam ser verificadas através do projeto de reforma de revestimento da edificação experimental 002, sede do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS, localizado no campus 01 da Universidade de São Paulo, em São Carlos-SP. A unidade 002 foi construída em 1998 e nunca teve seu revestimento reformado. Ao longo dos anos o sistema adquiriu diversas patologias causadas principalmente pela interação com a água. O projeto de revestimento desenvolvido para a reforma é resultado de uma disciplina optativa oferecida para o curso de Arquitetura e Urbanismo, a partir do levantamento e análise do revestimento existente. Desta forma, o objetivo deste artigo é descrever e analisar o processo de projeto e de produção de painéis de revestimento externo, em madeira, produzidos com peças de pequena dimensão proveniente de descarte de processos industriais (eucalipto e pinus). Foram considerados como critério: aplicar o conceito de madeira de sacrifício (durabilidade programada); e ser um sistema leve e modular, de fácil fixação / remoção. Para tanto parte da análise dos registros realizados durante a disciplina, da qual resultou a construção de protótipos em escala real, onde puderam ser verificadas, na prática, as dificuldades do processo de produção, com revisão do projeto. O artigo pretende, assim, contribuir com princípios para projeto e processo de produção de painéis de revestimento vertical externo em madeira, otimizados e de qualidade, que possam ser amplamente utilizados.

Palavras-chave: Revestimento vertical, painéis em madeira, processo produtivo, durabilidade.

Área do Conhecimento: Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos – processo de produção.

1 SISTEMAS DE REVESTIMENTO VERTICAL EM MADEIRA – PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

As fachadas compõem a delimitação entre ambiente interno e externo da edificação, sendo o seu invólucro. Tem como função ser resistente, promover condições de conforto ambiental ao ambiente interno, proteger e dar segurança ao usuário. Além das funções já destacadas, atua na valorização plástica do edifício, sendo amplamente exposta aos diversos agentes climáticos. Neste sentido, os revestimentos externos auxiliam na melhora da qualidade e na durabilidade das fachadas.

De acordo com Medeiros e Sabbatini (1999) existem dois tipos de revestimento de fachada: o revestimento aderido e o revestimento não-aderido. São exemplos de revestimentos aderidos o reboco e as cerâmicas, os quais são colados à superfície da alvenaria. Os painéis, interesse deste trabalho, são considerados revestimentos não aderidos, caracterizados como aqueles que são fixados ou engastados à estrutura da edificação através de componentes mecânicos, como conectores e parafusos. Trata-se de um sistema acoplado a seco, o qual possui maior facilidade de manutenção ou troca.

No que tange ao processo de produção, os painéis de revestimento podem ser pré-fabricados e apenas instalados em canteiro de obras, ou confeccionados no local. Os painéis pré-fabricados oferecem como vantagens o maior controle de produção das peças, em ambiente industrial, o qual tende a gerar menos resíduo, e mesmo favorecer a sua destinação mais adequada. Em canteiro de obras, elementos pré-fabricados colaboram para a rapidez de montagem. Quando feitos em módulos, facilitam o processo de instalação e manutenção do sistema de revestimento, pois possibilitam a retirada e a substituição por unidade. Isso também representa redução de custos de manutenção, menor geração de resíduos por descarte, e

consequentemente, economia de materiais.

O sistema de painéis, quando sobreposto a uma estrutura principal, conforma a chamada fachada-cortina. Painéis de revestimento vertical, necessariamente, são combinados com paredes ou divisórias, não assumindo a função estrutural (SIQUEIRA JR, 2003). Além disso, os painéis ficam afastados alguns centímetros da vedação principal possibilitando a criação de câmaras de ar, as quais poderão, se dimensionadas de maneira adequada, atuar como fachada ventilada através do efeito chaminé (KISS, 1999).

Entre os materiais mais utilizados nesse sistema de revestimento estão as placas cimentícias, placas de granito, painéis de *Aluminum Composite Materials* (ACM), e painéis cerâmicos (MEDEIROS et al, 2014). Os painéis de madeira ainda não se configuram enquanto uma opção expressiva no Brasil, apesar de todo o nosso potencial madeireiro. Muito se deve ao preconceito e ao desconhecimento das características do material, o qual é considerado de baixa qualidade, que “pega” cupim, “pega” fogo, e apodrece. Estes efeitos negativos associados ao material realmente são uma realidade, se o mesmo não foi projetado e executado da maneira correta, garantindo a sua durabilidade em relação aos agentes físico-químico e biológico (INO, 1997).

Entre os materiais citados a madeira ganha destaque por seu potencial de estocagem de carbono. O processo de crescimento de uma árvore absorve água e nutrientes do solo, e dióxido de carbono (CO₂) do ar, sendo o CO₂ um dos gases responsáveis pelo aquecimento global. O CO₂ absorvido só voltará ao meio ambiente se a madeira for queimada, ou degradada naturalmente. Lehmann (2013) aponta que 1m³ de madeira chega a estocar uma tonelada de CO₂, fazendo com que construções em madeira também sejam depósitos de gás de efeito estufa. Além da característica apontada, a madeira é um material renovável (sempre podemos plantar novas árvores), reciclável, reutilizável, e biodegradável (se não for tratada com produtos químicos tóxicos). Por fim, ao final de seu ciclo de vida, ela pode ser utilizada enquanto biomassa, demandando processos controlados quando impregnada com produtos tóxicos.

Outros pontos positivos do material madeira dizem respeito à sua leveza e baixo nível de transformação. Kolb (2008) faz um comparativo, com diferentes materiais, para um pilar de três metros de altura. De acordo com os seus cálculos o pilar de madeira pesa 5, 1,3, e 7 vezes menos que o de concreto armado, de aço, e de tijolo, respectivamente, o que propicia fundações menos robustas, economia de materiais, e também facilidade para a pré-fabricação e o transporte. Em relação à sua transformação utilizamos a madeira da maneira mais natural possível, como por exemplo, na forma roliça, apenas com o desbaste dos galhos, ou serrada, seca em estufas ou naturalmente. A madeira não precisa passar por processos complexos de transformação, como o aço e o cimento, os quais são retirados da natureza e somente são empregados mediante processos de purificação através do uso de enormes quantidades de energia, ao mesmo tempo em que geram expressivo impacto ambiental. O maior consumo de energia da madeira se dá nos processos de secagem, quando em estufas, e nas etapas de transporte, sendo o transporte comum a todos os materiais.

Segundo Ino (1997) a durabilidade da madeira em edificações é decorrente de alguns cuidados. Calor, umidade e alimento (celulose, lignina, amido) conformam condições adequadas para a proliferação de agentes biológicos de degradação, como fungos, bactérias, bolores, e insetos. Se uma destas condições é eliminada, a ação biológica também cessa. E essas condições podem ser controladas através do bom detalhamento de projeto, pensando na geometria dos componentes construtivos, e na correta interface entre os sistemas, seguidos, é claro, por boa execução de obra e manutenção periódica. Para garantir a durabilidade, a pesquisadora faz as seguintes recomendações:

1. A madeira deve estar sempre em condição ventilada, garantindo a possibilidade de perder a umidade quando umedecida;
2. A madeira deve ser utilizada sempre em condição seca, com umidade equilíbrio ao ar;
3. Toda e qualquer extremidade (topo) e saliências devem estar protegidas;
4. Drenagem de águas pluviais, de modo a permitir o escoamento rápido das águas de chuva;
5. Manter distância do solo, evitando a ascensão da umidade por capilaridade;
6. Assegurar rápida drenagem de água líquida para evitar o acúmulo em juntas e rachaduras (INO, 1997, p. 03).

Através do emprego dos cuidados técnicos demandados pelo material, painéis em madeira para revestimento vertical se configuram enquanto uma solução adequada e durável, favorecendo processos industriais de pré-fabricação, e contribuindo para minimizar os impactos ambientais antrópicos no cenário da construção civil. Vale ressaltar que o impacto ambiental é minimizado quando a madeira é proveniente de manejo florestal, seja de florestas nativas ou de florestas plantadas.

1.1 Contexto da pesquisa – Unidade Experimental 002 como objeto de intervenção

Os painéis de revestimento a serem analisados aqui são resultados de uma disciplina optativa oferecida para o curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP) denominada IAU0693 Parâmetros para Projeto de Habitação em Madeira, ministrado pela professora Akemi Ino, com monitoria da presente autora. A disciplina propôs como meta o desenvolvimento de painéis de revestimento externo em madeira para a troca do sistema da Unidade Experimental 002, atual sede do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS. A Unidade 002 foi construída em 1998 como uma habitação experimental, com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em um sistema construtivo misto com estrutura de madeira de eucalipto (sistema pilar-viga), e vedações em terra palha, taipa de mão e painéis pré-fabricados em madeira (Figura 1a). Externamente, as paredes de terra palha e de painel de madeira foram revestidas com o sistema tábua e mata-junta vertical, com madeira de pinus, sem tratamento, apenas pintadas com *stain*. Após a construção da edificação a mesma não passou por nenhum tipo de reforma ou manutenção.

Os alunos participantes da disciplina puderam verificar, na prática, tanto as condições do material empregado, os detalhes do sistema construtivo, as condições de implantação do projeto, e as patologias presentes na edificação, e mais precisamente o não cumprimento das recomendações básicas para projeto em madeira. Locais onde existia o acúmulo de água e umidade constante, como próximo ao solo e na interface entre as pingadeiras e o revestimento, apresentavam apodrecimento (figuras de 1b a 1d). A presença de deterioração da madeira por insetos xilófagos aconteceu apenas próximo ao chão devido à umidade permanente. Na figura 1c podemos observar que o sistema de revestimento se encontra muito próximo ao nível do solo (menos que 30cm). Outro problema observado foi o desprendimento das peças mata-junta da edificação, com o encurvamento da madeira. Os pontos de prego, próximos às áreas que retinham umidade, tornaram-se pontos frágeis. E a despeito da situação do revestimento externo, foi verificado que a estrutura e as paredes internas estavam bem preservadas, sem apresentar nenhum tipo de deterioração.

Figura 1a (esquerda) - Planta da edificação e tipos de parede; 1b (centro) - edificação 002 com indicação dos pontos de maior deterioração; 1c (direita acima) - detalhe do revestimento próximo ao chão mostrando a degradação da madeira e o desprendimento das tábuas; 1d (direita abaixo) - detalhe aproximado da degradação da madeira próximo ao chão na fachada oeste.



Imagem: Grupo Habis. Fotos: Angel Castañeda (2016)

Do levantamento realizado pelos alunos concluiu-se os seguintes parâmetros de projeto para o novo sistema de revestimento vertical: necessidade de um desenho que evitasse o acúmulo de água, através da geometria dos elementos, associada à ventilação permanente; proteção das extremidades da madeira; afastamento dos painéis do chão; painéis leves, modulares e pré-fabricados de fácil fixação e remoção, e por consequência, fácil manutenção ou troca.

As dimensões do painel padrão foram definidas como sendo de 1,0m x 0,8m (largura e altura), devido às dimensões das paredes da edificação (3,00 x 2,40m), com a aplicação do conceito de madeira de sacrifício

(durabilidade programada). Ainda, como desafio projetual, foi estipulado o uso da madeira de reaproveitamento. Assim, os alunos consideraram para o projeto a madeira de pinus da desmontagem do revestimento existente nas seções 2x12x240cm e 1,7x5x240cm. E também, peças de pequena dimensão proveniente de rejeito de processos industriais de fabricação de Madeira Laminada Colada (MLC) em eucalipto, doados pela ITA Construtora, nas seções 1,5x3cm e 2,5x3cm, com comprimentos variados.

2 OBJETIVO DO TRABALHO E METODOLOGIA

A disciplina optativa teve como produto final um caderno de projeto, com especificações projetuais e de produção dos painéis, e cinco protótipos construídos. Desta maneira, o objetivo deste artigo é descrever e analisar o processo de projeto e de produção de cinco painéis de revestimento vertical externo modular em madeira, produzidos com peças de pequena dimensão proveniente de rejeito industrial e de reaproveitamento (eucalipto e pinus), leves, de fácil instalação e manutenção. A metodologia utilizada é o estudo de caso múltiplo, baseado na observação direta e nos registros realizados durante o processo de projeto e de produção dos protótipos. A pesquisa foi desenvolvida seguindo as etapas: 1) Revisão bibliográfica sobre sistemas de revestimento externo e princípios de projeto e construção em madeira; 2) Descrição do processo de projeto, com destaque aos conceitos empregados; 3) Descrição da etapa de produção dos protótipos; 4) Análise dos resultados de projeto e de produção com apontamento de problemas encontrados e soluções empregadas. O artigo pretende, assim, contribuir com parâmetros de projeto e de produção de painéis de revestimento vertical externo, em madeira, otimizados e de qualidade, que possam ser amplamente utilizados.

3 O PROCESSO DE PROJETO E DE PRODUÇÃO DOS PAINÉS DE REVESTIMENTO EM MADEIRA

3.1 O processo de projeto

Levando em consideração os pontos discutidos na etapa anterior, os alunos iniciaram o desenho do projeto. A primeira preocupação foi criar um painel usando peças esbeltas, resistente às solicitações durante o transporte e instalação. Para a estrutura dos painéis, chamada aqui de quadro estruturante, optou-se pelo uso de peças de seção maior entre as madeiras disponíveis, possibilitando maior área de contato para ligações, tanto por encaixes quanto por parafusos. Foram projetados dois tipos de ligações para o quadro estruturante: “madeira sobreposta” e “meia madeira”, conforme mostrado na figura 2. O quadro estruturante, além de garantir ao painel a estabilidade estrutural, teve como função ser suporte para a fixação das régua de revestimento, e permitiu criar uma camada de ar entre as régua e a superfície das paredes, promovendo a ventilação permanente, uma das recomendações chave para garantir a durabilidade do sistema.

Outro ponto a ser destacado refere-se à geometria das régua de revestimento. Todos os modelos foram desenhados tendo em vista o não acúmulo de água, ou o seu escoamento rápido, através de cortes inclinados em extremidades e topos, conforme pode ser observado na figura 2 (tipos de régua de revestimento), também espaçadas para garantir a ventilação permanente, e a diminuição do peso dos painéis. Este espaçamento foi bem variável, conforme detalhado na figura 2, demandando, em alguns casos, revisão de projeto, pois o painel ficou aberto demasiadamente (painel 2 e 5).

Para a fixação de todas as peças optou-se pelos parafusos auto-atarraxantes, de cabeça chata, galvanizados. Um dos modelos utilizou parafuso auto-atarraxante de cabeça redonda, pois incluiu em seu projeto uma cantoneira metálica dobrada a 45° para a solidarização das régua no quadro. Foram selecionados parafusos, e não pregos, pela possibilidade de desmontagem do sistema sem a perda das peças. Além disso, os parafusos dificultariam o desprendimento das madeiras devido à sua movimentação natural de retração e inchamento. Quanto à fixação desse elemento, parte dos grupos escolheu posicioná-lo por trás do quadro, para que o mesmo não ficasse exposto, tanto por questões de aparência, como para a proteção dos pontos de furo contra ação climática.

Para a fixação do painel na parede existente foram propostas soluções diferentes, mas sempre considerando a maior facilidade de montagem e desmontagem. Na figura 2 temos representado os modelos de fixação por chapa metálica dobrada, e pelo sistema “clic” por pressão. Em ambos os casos uma peça do sistema de fixação se prende ao quadro, e outra na parede em que o painel será fixado. Alguns grupos também optaram pela fixação do painel direto na parede através de parafusos.

Os modelos de painéis e algumas de suas especificidades estão representados na figura 2.

Figura 2 - Composição dos painéis de vedação.

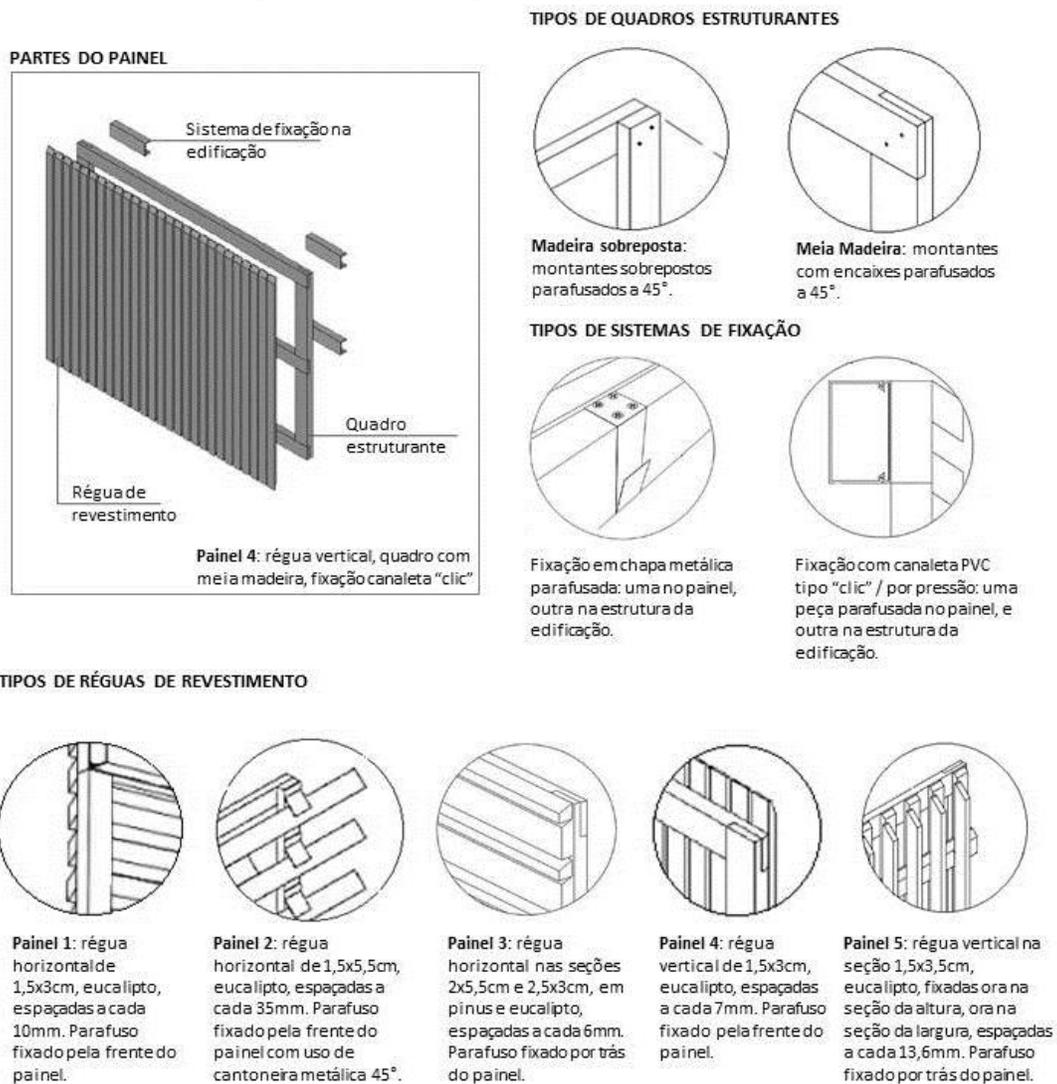


Imagem: IAU0693 (2017).

Os projetos apresentados consideraram também a condição do entorno da edificação, propondo o rebaixamento do solo ao longo das paredes externas, afastando as peças de madeira do chão e evitando a subida de umidade por capilaridade. Foi projetado, ainda, uma vala de escoamento preenchida com pedriscos neste mesmo entorno, com o propósito de drenagem e não acúmulo de água próximo à fundação.

3.2 O processo de produção dos painéis

Com o projeto bem definido, durante o último dia da disciplina, num período de oito horas, os alunos fizeram a produção dos painéis. A realização da atividade de produção do protótipo permitiu aos mesmos reconsiderarem algumas especificações antes da entrega final do caderno de projetos, sendo esta uma etapa importante no aprimoramento do desenho. A construção dos protótipos teve o auxílio dos técnicos do laboratório de modelos do IAU. No geral, o processo de produção dos painéis seguiu a seguinte dinâmica:

- **Seleção, corte e regularização:** as madeiras foram selecionadas buscando o melhor aproveitamento das peças, tanto em seu comprimento quanto seção. As tábuas de pinus tiveram seus pregos retirados com o uso do martelo em bancada de trabalho. Logo em seguida as peças selecionadas passaram por processo de regularização em serra circular, obtendo seções uniforme ao longo do seu comprimento (figura 3a);

- **Marcação e corte em ângulos das extremidades das réguas:** os ângulos para destopo de extremidade foram marcados a lápis na madeira, e o corte foi realizado com o uso de serra de fita (figura 3b);
- **Marcação e corte da meia madeira dos quadros estruturantes:** os detalhes de corte foram marcados a lápis na madeira (figura 3c), e o encaixe foi recortado com uso de serra de fita ou serra circular;
- **Lixamento:** todas as peças passaram por acabamento fino em lixadeira de fita;
 - **Montagem do quadro estruturante:** para a montagem as peças dos quadros estruturantes foram posicionadas no chão do laboratório, ou em bancada de trabalho, neste último caso, presas com uso de sargento. Com os montantes dos painéis posicionados fixou-se as peças com uso de parafusadeira. A posição dos parafusos foi marcada, e procedeu-se à fixação direta, sem pré-furo. Fixadas as duas primeiras partes do montante do painel, houve a verificação do esquadro entre as peças, com esquadro metálico (figura 3d), o posicionamento do próximo montante do quadro e a sua fixação. Seguiu-se nesta dinâmica até a fixação de todos os elementos do quadro. Neste processo apareceram trincas nos topos de alguns montantes;
 - **Fixação das réguas:** nesta etapa os alunos marcaram no quadro estruturante, a lápis, o posicionamento de cada uma das réguas. E surgiram algumas dificuldades. A primeira diz respeito à fixação das réguas por trás do painel (figura 3e), o que demandou um cuidado especial no seu posicionamento e a sua imobilização durante a fixação com parafuso. Para esses painéis a marcação a lápis não foi suficiente sendo necessária a criação de um gabarito. Outra dificuldade teve relação com a fixação dos parafusos. Os alunos planejaram fazê-lo diretamente. No entanto, o processo se tornou exaustivo, pois a madeira de eucalipto se mostrou muito dura. As parafusadeiras disponibilizadas não conseguiam fixar os parafusos até o final, o que foi reforçado pela falta de habilidade dos alunos com a ferramenta. A fim de resolver este problema foi realizado um pré-furo / furo passante nas réguas de eucalipto, marcado previamente. Em seguida, as réguas foram posicionadas no quadro estruturantes e parafusadas de maneira mais fácil.

Figura 3 - a) regularização das peças; b) réguas com ângulos; c) marcação para corte de meia madeira; d) montagem do quadro estruturante; e) fixação das réguas de revestimento no quadro.



Imagem: Autora (2017).

O painel tipo 2 teve ainda algumas especificidades em sua montagem:

- **Corte, dobra e furo das chapas metálicas:** Foram projetadas para esse modelo cantoneiras metálicas dobradas a 45°, responsáveis pela fixação da régua no quadro estruturante. Para tanto as cantoneiras foram marcadas em chapa metálica, cortadas com o uso de guilhotina, e dobradas na dobradeira manual. Em seguida, as peças tiveram a posição dos parafusos marcados para a realização de furos em furadeira de bancada. Nesta etapa foi necessário desenvolver um suporte para prender a cantoneira na bancada, sem o uso das mãos, pois ao furá-la a chapa esquentava demasiadamente, machucando o operador, ou girava escapando das mãos.
- **Fixação dos conectores nas réguas:** As réguas de revestimento foram marcadas com o posicionamento das cantoneiras, as quais, em seguida, foram fixadas com o uso de parafusadeira manual e parafusos, sem a presença de pré-furos na madeira. Em seguida, as réguas com os conectores foram posicionadas no painel estruturante, seguindo as marcações previamente realizadas, e fixadas com uso de parafusadeira manual.

Todos os grupos concluíram a construção do painel, conforme mostrado na figura 4. Cabe ressaltar que nenhum deles testou a instalação do sistema responsável pela fixação do painel na edificação.

Figura 4 – Imagem dos painéis.



Imagem: Paulo Ceneviva (2017).

3.3 Apontamentos para a melhora no processo de produção

Este subcapítulo traz alguns apontamentos sobre o desenvolvimento do projeto e a etapa de produção dos painéis. Quanto ao projeto, em geral, todos alcançaram um resultado satisfatório, sendo os mesmos estáveis, leves, com o peso variando entre 10 e 15kg. Já no processo de produção dos painéis ficaram evidentes algumas dificuldades, umas referentes ao detalhamento proposto pelo projeto, outras relacionadas ao ambiente de produção. Apesar do processo de construção dos protótipos ter sido positivo, podemos indicar alguns detalhes que fariam a diferença no processo construtivo, tornando-o mais rápido e eficiente, e garantindo um produto final com maior qualidade e padronização. Entre eles destacamos:

- **Criação e utilização de gabaritos:** O gabarito dispensa a constante marcação a lápis de tamanhos de cortes e posição de régua, e garante maior rapidez e padronização no alinhamento de parafusos, quando os mesmos ficam aparentes, pela frente do painel. Também torna mais constante o espaçamento entre régua, garantindo o seu alinhamento em esquadro com o quadro. E ainda facilita o processo de fixação das régua por trás do painel;

- **Uso de bancadas de trabalho e kits de ferramentas:** Nenhum painel poderia ser realizado no chão. Este procedimento representa perda de salubridade pelos trabalhadores, e dificulta o correto manuseio dos equipamentos. Os painéis devem ser montados em bancada de trabalho, com espaço adequado para o posicionamento e o processamento das peças. A mesma deve estar equipada com esquadro metálico; sargento / prensa para fixação dos elementos, evitando sua movimentação indesejada, principalmente ao usar a furadeira; furadeira e parafusadeira; lápis para marcações; cola branca; conjunto de parafusos. Deve, ainda, ter ponto de energia próximo, evitando fios e cabeamentos espalhados pelo chão, evitando assim obstáculos que poderiam causar acidentes.

- **Execução de cortes em ângulos em equipamentos de maior precisão:** Ângulos devem ser realizados em máquinas que permitam maior regularidade nos cortes através de um sistema de controle dos ângulos, como as serras de mesa. Os ângulos de topo executados em serra de fita não tiveram um resultado satisfatório. Os cortes ficaram irregulares, impactando o desenho e o acabamento do painel.

- **Dimensionamento e posicionamento de parafusos:** Tanto o posicionamento dos parafusos próximos à extremidade da madeira, quanto a bitola escolhida para os mesmos, contribuíram para as rachaduras de topo, no sentido das fibras da madeira, prejudicando a resistência e a estabilidade do painel. Neste caso seria necessário especificar o correto dimensionamento da bitola dos parafusos, de acordo com a seção da peça, seguindo norma técnica NBR7190 Projeto de Estruturas de Madeira, bem como aumentar a largura das peças e os recuos para a fixação.

- **Pré-furo ou furo passante:** executar um pré-furo ou furo passante consiste em furar uma das peças a ser solidarizada, com furo de diâmetro maior que o diâmetro do parafuso a ser utilizado, mas menor que a sua cabeça. Por exemplo, realizar o pré-furo na régua de revestimento, e depois posicioná-la no montante, colocando o parafuso no pré-furo, e fixando-o no quadro estruturante. Neste processo a rosca do parafuso terá ação de ancoragem apenas no montante do quadro, mantendo a régua presa através da pressão da cabeça do elemento, ação que facilita a montagem dos painéis, diminui o espaço entre as peças solidarizadas evitando pontos de acúmulo de água, e minimiza efeitos trincas e rachaduras no local dos furos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os projetos desenvolvidos durante a disciplina, bem como os protótipos construídos, atenderam aos objetivos da disciplina, e serviram enquanto um importante instrumento de aprendizagem, através das ações de observação e prática, com início na avaliação de desempenho do revestimento vertical em madeira da edificação protótipo; definição de princípios de projeto de construção em madeira; e realização de projeto e construção. A etapa de produção dos painéis permitiu aos participantes confrontar o resultado final com os parâmetros projetuais estabelecidos, e consequente revisão da proposta inicial. A maior dificuldade do processo foi na execução dos protótipos, sendo esta a etapa menos planejada pelos alunos. Isso se deve, entre outros fatores, ao nosso modelo de ensino baseado mais na teoria do que prática.

Todos os painéis construídos apresentaram boa estabilidade estrutural, peso adequado ao transporte e ao manuseio, proposta fácil para a instalação, boa aparência, bom aproveitamento dos materiais disponíveis, e baixa complexidade na montagem, apesar das dificuldades identificadas e avaliadas. Trata-se de soluções construtivas com grande potencial de fabricação e de uso, que não demandam infraestrutura de produção complexa e de grande porte. Na continuidade da pesquisa estão previstas a escolha de um ou mais modelos de painel para a troca do revestimento da Unidade 002, sua produção piloto e montagem, com avaliação técnica de cada uma das etapas. O sistema executado ficará exposto às intempéries climáticas, e será monitorado e avaliado quanto ao desempenho e à durabilidade.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-7190: Projeto de estruturas em madeira. Rio de Janeiro, 1997.

INO, Akemi. Princípios básicos para garantir a durabilidade de uma edificação em madeira. W orkshop Durabilidade das Construções, 1997, São Leopoldo: Brasil.

KISS, P. Pulmões prediais. Techné, ed.39, 1999. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/39/artigo286158-1.aspx>>. Acesso em: abril, 2017.

KOLB, J. Systems in timber engineering. 2008, Birkhauser: Germany.

LEHMANN, S. Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions. Sustainable Cities and Society.6,2013, pp.57–67.

MEDEIROS, J.S.; SABBATTINI, F.H. Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios, 1999. EPUSP: São Paulo.

MEDEIROS, J.S.; MELLO, M.B.; ROGGERO M.V.V.; SEGUNDO, M.J.P.; PIETRANTONIO, V.B. Tecnologia de vedação e revestimento para fachadas. Rio de Janeiro: Instituto do Aço Brasil, 2014.

SIQUEIRA JUNIOR, A.A. Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato. Dissertação – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003, São Paulo: Brasil.

6 AGRADECIMENTOS

Aos alunos Painel A: Débora Ifenger, Giuliana Speroto, Janaína Bianconcini; Painel B: Carlos E. W ellichan, Jessica Komori, Luiz F. Gambardella; Painel C: Ayrton Diniz, Gabriele Trombeta, Masae Kassahara; Painel D: Amanda Basso, Jeanne Vilela, Vinícius Okada; Painel E: Beatrice Volpato, Bruno Lima, Julia Silva. Aos arquitetos e professores Marcelo Aflalo e Mônica Aprilanti. Aos técnicos José Renato Dibo e Odinei Carlos Canevarollo. À CAPES pelo auxílio à pesquisa. À ITA pela doação de material.