



CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE COMPONENTES CONSTRUTIVOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL UTILIZANDO MADEIRA DE PINUS SP DE TERCEIRA CLASSE DE QUALIDADE.

Maristela Gava (1); Akemi Ino (2); José Nivaldo Garcia (3)

(1) Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: mgava@esalq.usp.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: inoakemi@sc.usp.br

(3) Departamento de Ciências Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: jngarcia@esalq.usp.br

RESUMO

Proposta: Este trabalho apresenta detalhadamente os procedimentos adotados para a concepção e desenvolvimento de componentes construtivos para vedação vertical em madeira de terceira de pinus. As etapas descritas englobam, desde o processo de escolha do subsistema a ser estudado, passando pela definição de critérios para a concepção do projeto até o projeto dos componentes.

Palavras-chave: pinus, componentes construtivos, madeira de terceira

ABSTRACT

Proposal: This work presents the procedures adopted for the conception and development of building components in third class of pinus sawed wood. The described stages includes, since the process of choice of the subsystem to be studied, passing through the criteria definition for the conception of the project up to the project of the components.

Keywords: pinus, building components, third class sawed wood

1 INTRODUÇÃO

Quando se trata da produção de habitação social é comum considerar que o primeiro requisito a ser atendido seja redução de custos, já que a parcela da população mais atingida pela carência habitacional está na faixa de renda de 0-5 salários mínimos. Até pouco tempo acreditava-se que para reduzir os custos da habitação, bastava uma solução tecnológica que fosse replicada infinitamente. Mas o Brasil é um país de grande diversidade social, econômica, cultural, política e geográfica, que não pode ser ignorada, sob o risco de obter soluções inadequadas ao local e às necessidades mínimas de habitação.

Recentemente o conceito de sustentabilidade também foi incorporado como variável no desenvolvimento de novos produtos e o setor da construção civil ainda está dando os primeiros passos na busca por materiais e técnicas menos impactantes. Mas, esse conceito vai além das questões ambientais. Há que se considerar as etapas do processo produtivo e alternativas tecnológicas de fácil compreensão e uso (INO e SHIMBO, 1997). Na habitação em madeira, significa considerar no detalhamento e no projeto as características da floresta, da madeira serrada, equipamentos e ferramentas e da mão-de-obra. Ressalta-se a necessidade de se integrar as múltiplas dimensões da sustentabilidade e a busca pela equidade de riquezas (CIB; UNEP-IETC, 2002). A redução do déficit habitacional deve ser compreendida, então, como uma das faces do combate à pobreza e a redução dos custos das obras deve dar-se através de inovações tecnológicas e de gestão viáveis (FJP, 2002).

A escolha do componente a ser estudado baseou-se na análise da influência das variáveis arquitetônicas no custo das edificações de Mascaró (1998) e no estudo de 2 projetos para habitação social, sendo um em alvenaria de tijolos e outro em madeira. Segundo Mascaró (1998) o custo dos espaços construídos é função direta do seu dimensionamento e o custo dos planos verticais é bastante superior aos demais elementos, chegando a 44,8% do total da obra. Também nos projetos analisados, verificou-se um maior impacto dos planos verticais. Além disso, no projeto foram priorizados os requisitos referentes às características sócio-econômicas do Assentamento Rural Fazenda Pirituba, Itapeva, SP, e a utilização de recursos renováveis de forma mais sustentável.

2 METODOLOGIA DE PROJETO

A concepção de novos produtos deve ser orientada pelo “projeto conceitual”, onde são colocados os requisitos que o produto deve atender (BAXTER, 2000) em função das expectativas do usuário. Sabbatini (1989) propõe uma estratégia que pode ser agrupada em 4 fases: i) **concepção**: atividade de criação na qual as idéias obtidas a partir das informações coletadas e dos requisitos propostos, são materializadas em um modelo; ii) **verificação**: produção experimental e ensaios para aprimorar a proposta inicial; iii) **Descrição**: consolidação da tecnologia através do planejamento de sua implantação no mercado e iv) **comercialização**: introdução e manutenção da tecnologia no mercado. Com base nessa estratégia, definiu-se a metodologia da figura 1, onde os “estudos iniciais” identificam as condições e os pressupostos a serem considerados para a elaboração do projeto e estão relacionados às exigências do usuário, à capacidade tecnológica e às demais características locais relevantes.



Figura 1 - Fluxograma da metodologia de projeto dos componentes (Fonte: Adaptado de Sabbatini, 1989)

Na concepção definem-se, a partir das condições locais, os requisitos a serem atendidos pelo projeto. A fase seguinte de produção e avaliação dos modelos não será apresentada neste trabalho.

3 ESTUDOS INICIAIS

Inicia-se com a identificação das características locais, abordando os aspectos sócio-econômicos relacionados à renda familiar e às condições de moradia e em seguida os aspectos relevantes do contexto que são: o potencial madeireiro e a capacidade tecnológica instalada. Identificadas tais características, apresentam-se os aspectos relacionados às exigências do usuário.

3.1 Características Locais

Em 01/2003 foi realizado um levantamento sócio-econômico e habitacional no assentamento rural Fazenda Pirituba e alguns dos resultados obtidos, foram:

a) Renda Familiar Média Mensal: 97% das famílias possui renda mensal inferior a 5 salários mínimos (gráfico 1). Desse total, 17 % está na faixa de 3-4SM e 35% vive com menos de 1SM/mês. A inadimplência dos titulares frente aos bancos estaduais e federais, por não pagamento de financiamentos agrícolas anteriores, dificulta mais o acesso à moradia através dos programas oficiais.

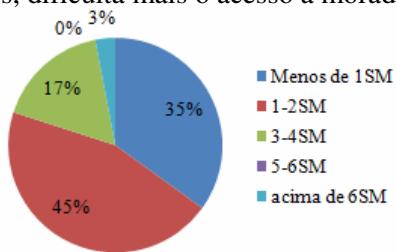


Gráfico 1- Distribuição das famílias por faixa de renda

b) Condições de Moradia: a observação direta dos pesquisadores considerou a qualidade dos materiais e técnicas adotadas em cada subsistema construtivo e as condições de manutenção. O Assentamento ainda carece de habitações que proporcionem condições mínimas de habitabilidade como ilustra a figura 2.



Figura 2 - Aspecto característico de uma habitação precária do assentamento Fazenda Pirituba

Tomando-se como parâmetro para a avaliação o subsistema de vedação vertical, mais da metade (58%) das edificações, adota sistemas de vedação em madeira. Apenas 20% são de tijolo e outros 14% adotam um sistema misto (Gráfico 2). As famílias expressaram em diversas oportunidades o anseio pela “casa de material”, tida como sinônimo de casa definitiva e durável. É provável que tão logo tenham condições financeiras, substituam a madeira por tijolo. Mas, não é o material que determina a precariedade da moradia e sim a forma como esse é empregado e suas condições de manutenção. No caso, a madeira sempre que utilizada, é feita de forma inadequada (costaneiras ou sistema de tábua e mata-juntas).

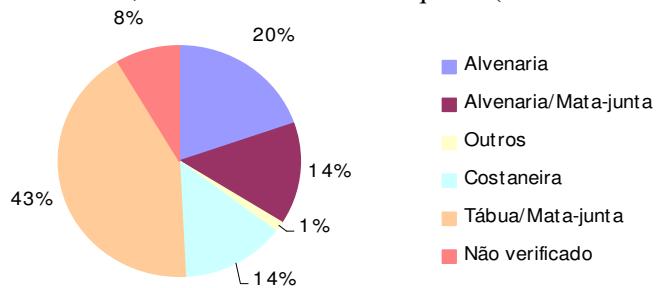


Gráfico 2 - Distribuição das habitações por material utilizado no sub-sistema de vedação

c) Região Produtora de Madeira: A região Sudoeste do Estado de São Paulo se caracteriza por extensas áreas de plantio de pinus e eucalipto e intensa atividade madeireira. Num raio de cerca de 20km, encontram-se além de plantios florestais, um rol de pequenas e médias serrarias e outros empreendimentos da cadeia produtiva da madeira. Essa região concentra as maiores áreas e os plantios de pinus mais idosos do Estado. No entanto, a maior parte pertence às empresas do setor celulósico-papeleiro e reflorestadoras, denunciando a ausência de manejo voltado para a produção de madeira serrada. Há um domínio de mercado dessas empresas. As pequenas serrarias, com baixo poder de articulação, encontram dificuldades de sobrevivência.

d) Capacidade Tecnológica Instalada: A capacidade tecnológica é compreendida como a qualificação e capacidade da mão-de-obra e a existência de equipamentos.

d.1) Qualificação e capacidade da mão de obra: há um equilíbrio entre homens e mulheres no assentamento e entre crianças, jovens e adultos no assentamento. Os idosos correspondem a apenas 5% dos entrevistados (gráfico 3b). A mão-de-obra é essencialmente agrícola, encontrando-se, raramente, quem trabalha ou trabalhou como pedreiro ou ajudante. Em geral, a experiência na construção civil e na lida com a madeira, restringe-se à construção do próprio abrigo.

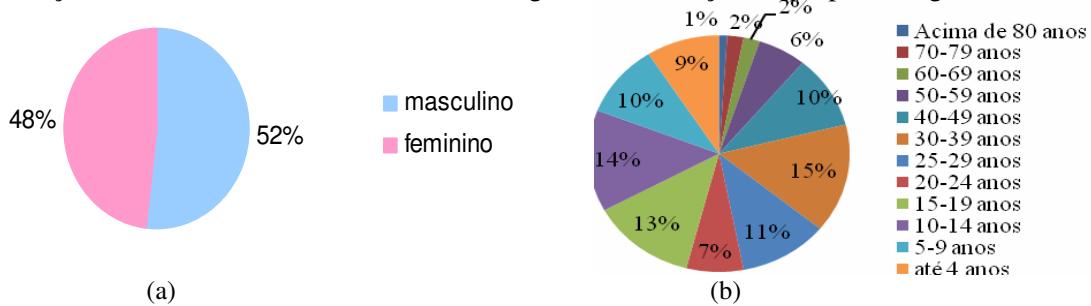


Gráfico 3 – Composição da população do assentamento por sexo (a) e por faixa de idade (b).

d.2) Equipamentos: considerou-se a implantação de uma marcenaria coletiva autogestionária equipada com esquadrejadeira, desempenadeira, desengrossadeira, tupia, lixadeira e furadeira.

3.2 Exigências do usuário:

A concepção de novos produtos visa atender as exigências do usuário que são as necessidades que esse deve satisfazer a fim de cumprir a sua função (MITTIDIERI FILHO, 1998). No caso da habitação, relacionam-se às necessidades de segurança e saúde. O atendimento às exigências do usuário é apresentado por Oliveira e Heineck (s.d.) como “satisfação do usuário”, e está vinculada aos conceitos de qualidade e desempenho. Em relação à edificação e suas partes, o conceito de desempenho é colocado por Ino (1991) e pelo CSTC apud Sabbatini (1989), como um conjunto de propriedades que determinam a sua aptidão em atender as funções exigidas. A ISO 6241 apresenta uma lista com 14 exigências relacionadas aos requisitos de segurança, conforto, durabilidade, salubridade e economia (quadro 1) (INO, 1991; MITTIDIERI FILHO, 1998; e CÉSAR, 2002).

Exigência		Descrição
Segurança	Estrutural	Estabilidade e resistência mecânica
	Ao fogo	Limitações do risco e propagação de um incêndio, segurança dos usuários
	À utilização	Segurança dos usuários e contra intrusões
conforto	Estanqueidade	Aos gases, líquidos e sólidos
	Higrotérmico	Temperatura e umidade do ar, condensação
	Visual	Aclaramento, aspecto dos espaços e das paredes, vista para o exterior
	Acústico	Isolação acústica e níveis de ruído
	Tátil	Eletricidade estática, rugosidade, umidade, temperatura de superfície
	Antropodinâmico	Acelerações, vibrações e esforços de manobra
saúde	Atmosféricas	Pureza do ar e limitação de odores
	Higiene	Cuidados corporais, abastecimento de água, eliminação de matérias usadas
Adaptação à utilização	Adaptação à utilização	Número, dimensões, geometria e relações de espaços e equipamentos
	Durabilidade	Conservação do desempenho ao longo do tempo
	Economia	Custo inicial e custos de manutenção e reposição durante o uso

Quadro 1 - Exigências do usuário (ISO-6241 apud Ino, 1991; Mittidieri Filho, 1998 e César, 2002)

Estas exigências referem-se à edificação como um todo e algumas não podem ser aplicadas ao componente isoladamente. No caso do subsistema de vedação vertical, para que os componentes possam responder às exigências de adaptação à utilização, higiene, atmosférica, conforto antropodinâmico e estanqueidade, é necessária a atuação conjunta de outros componentes e elementos construtivos. Para facilitar a definição de quais exigências deveriam ser respondidas em sua tese, César (2002), baseado no método proposto por Baxter (2000) e nas exigências enfatizadas por INO et al (1998), elaborou o quadro 2, no qual classifica as funções de um componente de vedação vertical.

Componente	Função	Classificação das Funções				
		Principal	Básica	Secundária	Uso	estima
Chapa	Vedar a edificação	-			-	
	Delimitar espaços		-		-	
	Segurança Estrutural			-	-	
	Segurança contra fogo			-	-	
	Durabilidade			-	-	
	Segurança à intrusão			-	-	
	Conforto térmico			-	-	
	Conforto Acústico			-	-	
	Economia			-	-	
	Conforto Visual			-		-

Quadro 2 - Classificação das funções de um componente de vedação vertical. (Fonte: CÉSAR, 2002)

a) Segurança estrutural: A segurança estrutural é considerada como uma das principais exigências, pois dela depende a integridade física dos usuários. Para garantir a segurança estrutural os requisitos e critérios de desempenho devem ser fixados para garantir que não atinjam os estados-limite último (ruína do elemento) e de utilização (quando deixa de satisfazer as condições previstas para sua utilização ou tem sua durabilidade comprometida). Na avaliação dos requisitos e critérios de segurança estrutural devem ser consideradas a resistência mecânica, a estabilidade e as deformações dos componentes. Um dos métodos que pode ser utilizado é a realização de ensaios físicos e mecânicos, em laboratório ou no campo, através da construção modelos (MITTIDIERI FILHO, 1998).

b) Durabilidade: Jesus (1987) aborda o tema da preservação da madeira de pinus sob o ponto de vista dos cuidados no corte, secagem, armazenamento e disposições construtivas e avalia os métodos utilizados em peças estruturais e conclui que o mais indicado é o banho quente e frio com sal hidrossolúvel CCA, tipo A. A utilização de produtos tóxicos é nociva à saúde humana e ao ambiente. Uma alternativa inteligente é a especificação de diferentes tratamentos e níveis de retenção segundo o grau de exposição de cada componente. Também a construção de barreiras físicas pode contribuir para a redução das quantidades de produtos utilizados. Para Benevente (1995) a durabilidade das construções em madeira se relaciona a 4 fatores básicos: i)qualidade do material, do preservativo e dos acabamentos; ii)qualidade do projeto; iii)qualidade do trabalho; iv)qualidade, periodicidade e abrangência da manutenção.

c) Economia: Referem-se aos custos de produção e manutenção e estão estreitamente ligadas aos aspectos sócio-econômicos dos usuários e às características do lugar. O tipo, qualidade e a disponibilidade local dos materiais, a capacidade e qualidade da mão de obra, a possibilidade de se produzir localmente, são fatores que influenciam o custo de produção dos componentes. As questões relacionadas essa exigência são de suma importância, especialmente quando se trata de habitação social. Nesse caso, as medidas necessárias deixam de ser uma exigência e passam a ser um requisito.

4 CONCEPÇÃO DOS COMPONENTES

O desafio proposto no presente trabalho é o desenvolvimento de um componente construtivo de vedação vertical para famílias de baixa renda que contribua para melhorar a qualidade de suas habitações, devendo ser durável, estruturalmente resistente e possa ser produzido com madeira de baixa qualidade numa marcenaria minimamente equipada, com emprego mão-de-obra não qualificada.

4.1 Critérios Relacionados às Características Locais

Sobre as características sócio-econômicas locais, as experiências mostram que uma alternativa eficiente é a autoconstrução por ajuda mútua. O aspecto positivo é o barateamento devido à não inclusão dos custos indiretos da mão-de-obra. O aspecto negativo é o sobre-trabalho, pois o mutirante assume dupla jornada, além de trabalhar nos feriados e finais de semana (ARRUDA, 2000). Este autor definiu os requisitos para elaboração de projetos habitacionais e propôs 41 diretrizes de projeto de habitação em pinus para mutirão. Os principais são: mão-de-obra desqualificada e mista e economia em todas as etapas. A questão da mão-de-obra pressupõe que a maioria dos mutirantes não atua na construção e por isso, as atividades não devem requerer alto grau de especialização. Já a necessidade de economia relaciona-se à capacidade de pagamento e às limitações do financiador.

As diretrizes elaboradas por Arruda (2000) para a construção por mutirão baseiam-se em 4 características essenciais, pelas quais o projeto arquitetônico deve: i) “Orientar processos construtivos semi-industrializados; ii) Resultar em métodos racionalizados; iii) Ser concebido sob princípios de coordenação modular e iv) Assegurar a evolução da habitação”. Nos processos semi-industrializados há equilíbrio entre as atividades no canteiro e na unidade de pré-fabricação. Dividem-se em tradicional racionalizado, em que os elementos são usinados, pré-cortados e pré-furados na unidade de pré-fabricação e montados no canteiro; e pré-fabricado parcialmente, em que os componentes são totalmente fabricados na unidade de pré-fabricação (MARTUCCI, 1990). Os métodos racionalizados são fundamentais por serem facilmente assimiláveis e reduzirem os custos pela otimização do uso dos recursos em todas as fases (SABBATINI, 1989). Uma das principais ferramentas para a máxima racionalização é a coordenação modular (INO, 1991). A evolução é dada pelo projeto arquitetônico que deve prever a construção por etapas e a possibilidade de ampliações. No quadro 3 estão os critérios estabelecidos como prioritários para a concepção dos componentes.

Requisitos	Critérios Relacionados
Redução de custos da habitação	Utilizar materiais facilmente encontrados no mercado e de baixo custo Usar seções retangulares, que não requeiram processamentos elaborados* O desenho dos componentes deve tirar partido das seções e comprimentos, para reduzir as perdas através do máximo aproveitamento possível das peças. Basear-se em um sistema de coordenação modular, de forma a otimizar os trabalhos e evitar desperdício de material
Utilização de recursos locais e renováveis	Utilizar preferencialmente material produzido localmente Utilizar materiais de baixo consumo energético na sua produção Utilizar o mínimo possível de elementos metálicos**
Potencialização da capacidade tecnológica implantada	Prever um máximo de pré-fabricação, deixando para o canteiro apenas as atividades de montagem da habitação. Ter forma, dimensão e peso que permitam o manuseio por 2 pessoas Assegurar na montagem, atividades de baixo esforço físico, uma vez que o mutirante assumirá dupla jornada de trabalho Utilizar equipamentos e ferramentas encontrados em qualquer marcenaria Empregar técnicas de fácil assimilação

* Critério também relacionado à potencialização da capacidade tecnológica instalada;

** Critério também relacionado à redução de custos da habitação.

Quadro 3 - Critérios para projeto dos componentes construtivos para vedação vertical em madeira de terceira de pinus, definidos pelas características locais. (adap. de Szücs, 1992c; Arruda, 2000 e Galinari, 2003)

4.2 Critérios Relacionados à Segurança Estrutural

Os requisitos e critérios que visam atender às exigências de segurança estrutural estão mais relacionados ao componente em uso, avaliado pelo conjunto da edificação, do que ao componente isolado. Mittidieri Filho (1998) apresenta os requisitos tidos como mais importantes e propõe os critérios que devem ser considerados para avaliação das diferentes partes da edificação. No caso dos componentes de vedação vertical o autor considera os seguintes requisitos:

- a) **Estabilidade e resistência estrutural:** “devem apresentar um nível satisfatório de segurança contra ruína, considerando-se as combinações possíveis de carregamento”. Devem ser consideradas as cargas permanentes, acidentais, ação do vento e ações devido às deformações específicas.
- b) **Deformações e ocorrência de falhas sob ação de cargas de serviço:** os danos decorrentes das cargas permanentes e de utilização devem ser mínimos e não comprometer os demais componentes.
- c) **Resistência às solicitações decorrentes de cargas provenientes de peças suspensas:** apresentar resistência aos esforços transmitidos por cargas provenientes de peças suspensas como prateleiras.
- d) **Resistência às cargas concentradas:** os componentes devem resistir a esforços concentrados, simulando o esforço aplicado pelo homem, provenientes de sua utilização normal.
- e) **Resistência a impactos de corpo mole e de corpo duro:** sob a ação de tais impactos, os componentes não devem entrar em ruína ou apresentar deformações excessivas.
- f) **Interação com portas:** devem resistir a impactos decorrentes do fechamento brusco das portas.

4.3 Critérios Relacionados à Durabilidade

Além dos cuidados, critérios, métodos e processos preservativos, destacam-se, no caso específico deste trabalho, os critérios: i) especificações diferenciadas de tratamento para diferentes peças, segundo o nível de exposição; ii) utilização de produtos de baixa toxidez e custo reduzido e iii) utilização de processos de baixo custo e que possam ser efetuados na unidade de pré-fabricação.

4.4 Critérios Relacionados à Economia

Os critérios que visam atender ao requisito de economia encontram-se ora implícitos, ora explícitos dentre aqueles estabelecidos no item 4.1.

5 PROJETO DOS COMPONENTES

O estudo dos componentes baseou-se no projeto de um protótipo para habitação social que seria construído no assentamento, como parte dos trabalhos desenvolvidos pelo grupo HABIS (figura 3). Os componentes seriam empregados como painéis portantes no subsistema de vedação vertical do setor íntimo da casa. O projeto forneceu parâmetros para o dimensionamento dos painéis de vedação, contribuindo especialmente na definição do módulo-base que teve como referência, o dimensionamento dos cômodos em função dos usos e do mobiliário.

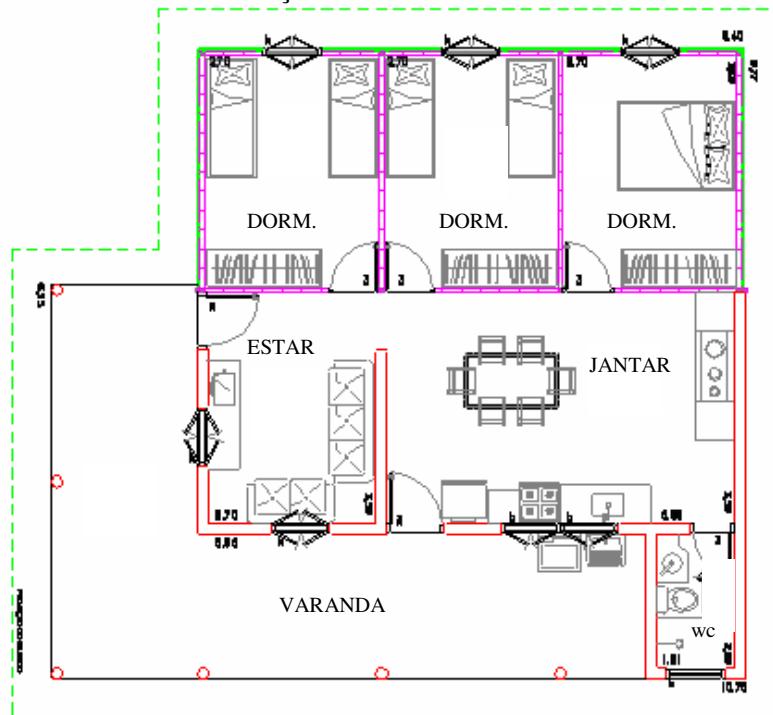


Figura 3 – planta do protótipo que seria construído no Assentamento Rural Fazenda Pirituba, Itapeva, SP.

5.1 Concepção inicial

A partir da avaliação das potencialidades para a utilização da madeira de pinus de terceira frente às características da madeira disponível, optou-se por experimentar o processo de laminação vertical por ter sido considerado, a princípio, o mais adequado na medida em que possibilita uma utilização mais otimizada da madeira, da mão de obra e dos equipamentos disponíveis. A laminação vertical é obtida a partir da justaposição das peças de madeira, colocadas perpendicularmente ao plano neutro de flexão, podendo ser unidas por meio de adesivo, pregos, parafusos e cavigilhas, entre outros. As ligações com adesivos e com parafusos são de custo bastante elevado, o que as torna inviáveis para a produção de componentes para habitação social. A título de primeira experimentação, testou-se então o processo de laminação vertical pregada, para o qual foi elaborada uma concepção inicial dos painéis portantes (figura 4) e, em seguida, confeccionado um modelo reduzido, a fim de avaliar, qualitativamente, o processo de produção e o atendimento aos critérios estabelecidos (quadro 4) e aprimorar a proposta.

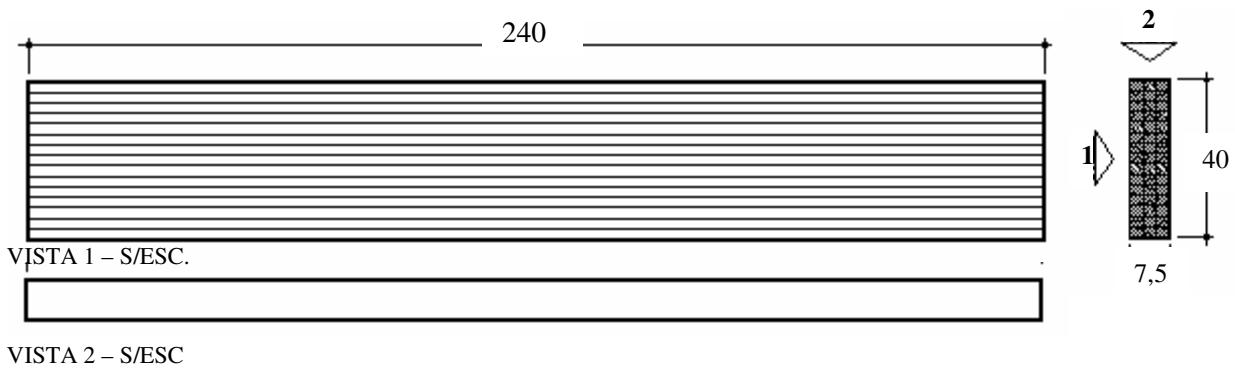


Figura 4 - Primeiro estudo dos painéis portantes, utilizando o processo de laminação vertical pregada

5.2 Avaliação da proposta

Critério: Utilizar materiais facilmente encontrados no mercado e que sejam de baixo custo

Comentários: Além da madeira de pinus de terceira, que é um material facilmente encontrado local, foram utilizados pregos anelados de 2,5x38mm, espaçados em 15cm, encontrados somente em lojas especializadas e, à época da produção do modelo, em junho de 2003, representava acréscimo no custo de produção, estimado em R\$4,00 por painel

Modificações sugeridas: i) aumentar espaçamento entre os pregos, reduzindo a quantidade necessária ou ii) utilizar nas ligações cavilhas de madeira produzidas na unidade de pré-fabricação.

Critério: Utilizar, preferencialmente, peças com seções retangulares, de modo que não requeiram processamentos muito elaborados

Comentários: As peças foram utilizadas com as seções provenientes da serraria (21 x 50; 75 e 100mm) e a seção prevista para os painéis foi de 7,5 x 40cm. O único processamento realizado visou à regularização

Modificações sugeridas: -

Critério: O desenho dos componentes deve tirar partido das seções e comprimentos, para evitar sobras na unidade de pré-fabricação e no canteiro, reduzindo as perdas através do máximo aproveitamento das peças.

Comentários: A laminação vertical permite utilizar a madeira com as mesmas seções obtidas na serraria e com comprimentos variados. As perdas resultantes foram referentes à eliminação dos defeitos.

Modificações sugeridas: -

Critério: Estar baseado em um sistema de coordenação modular, de forma a otimizar os trabalhos e evitar desperdício de material

Comentários: Foi adotado para o painel o módulo base de 40cm de largura,

Modificações sugeridas: -

Critério: Utilizar preferencialmente material produzido localmente

Comentários: A madeira utilizada é proveniente das serrarias da região, ao passo que pregos são provenientes de grandes industriais situadas em outras regiões

Modificações sugeridas: Substituir os pregos por cavilhas de madeira, aproveitando o potencial local

Critério: Buscar a utilização de materiais de baixo consumo energético na sua produção

Comentários: Foi utilizada a madeira, que é material de baixo consumo energético, porém o mesmo não ocorre em relação aos pregos.

Modificações sugeridas: Substituir a ligação com pregos por ligações com cavilhas de madeira

Critério: As conexões entre as peças devem utilizar o mínimo possível de elementos metálicos

Comentários: As ligações entre as peças de madeira foram executadas com pregos metálicos

Modificações sugeridas: Substituir a ligação com pregos por ligações com cavilhas de madeira

Critério: Prever um máximo de pré-fabricação, deixando para o canteiro as atividades de montagem.

Comentários: O painel pode ser totalmente produzido nas unidades de pré-fabricação

Modificações sugeridas:

Critério: Apresentar forma, dimensão e peso que permitam o manuseio (transporte, içamento e montagem) por no máximo duas pessoas, sem o auxílio de equipamentos.

Comentários: O modelo produzido, com as dimensões de 7,5 x 40 x 100cm, depois de pronto, foi pesado e a balança acusou o valor de 19kg. Considerando-se o peso específico do pinus no valor de 600kg/m³, teremos: 0,075x0,40x1,0 = 0,03m³ x 600kg/m³ = 18,00kg. Esse peso refere-se somente à madeira, o 1,0kg

restante refere-se aos pregos utilizados. Se considerarmos o pé direito mínimo de uma habitação como sendo de 2,40m, o menor componente produzido seria, aproximadamente 2,4 vezes o tamanho do modelo e teria como peso total o valor proporcional de 45,6kg, sendo 43,20kg referentes à madeira e 2,40kg referentes aos pregos.

Modificações sugeridas: Reduzir o módulo que define a largura do componente, passando de 40cm para 30cm, reduzindo dessa forma o volume de madeira e, consequentemente, o peso do componente; substituir os pregos por cavilhas de madeira, em menor quantidade e de menor peso específico, provavelmente representarão uma redução no peso dos componentes.

Critério: Assegurar na montagem, atividades de baixo esforço físico, uma vez que o mutirante assumirá dupla jornada de trabalho.

Comentários: O processo de montagem dos painéis é de fácil execução, sem grandes esforços físicos.

Modificações sugeridas:

Critério: Utilizar equipamentos e ferramentas comuns, facilmente encontrados em qualquer marcenaria minimamente equipada

Comentários: Os equipamentos utilizados para a fabricação dos componentes foram: serra circular, esquadrejadeira para a preparação das peças e compressor e pinador pneumático para a pregação além de um gabarito em madeira, montado na própria marcenaria. Desses equipamentos, somente o pinador pneumático não é muito comum de ser encontrado em pequenas marcenarias.

Modificações sugeridas: Utilizar pregação com martelo ou substituir os pregos por cavilhas de madeira, de forma que possam ser também produzidas na unidade de pré-fabricação.

Critério: Empregar técnicas de fácil assimilação

Comentários: O processo de montagem dos componentes é bastante simples e não requer nenhuma especialização da mão-de-obra, exceto um treinamento técnico para a operação das máquinas.

Modificações sugeridas:

Quadro 4 - Análise da concepção inicial dos painéis portantes para vedação vertical

5.3 Aprimoramento da proposta

Da avaliação da concepção inicial dos painéis portantes, foi possível inferir basicamente duas indicações para o aprimoramento da proposta: i) reduzir a largura do módulo básico, para diminuir o volume de madeira e reduzir o peso do componente; ii) substituir a ligação com pregos entre as peças pela ligação por cavilhas de madeira, de modo a reduzir custos, utilizar materiais locais e de baixo consumo energético e também reduzir o peso do componente. Desse modo, uma nova proposta foi elaborada (Figura 5), na qual os pregos foram substituídos por cavilhas de madeira e o módulo base foi reduzido de 40cm para 30cm. Além de reduzir o peso do painel, o módulo de 30cm mostrou-se mais adequado ao projeto arquitetônico do protótipo.

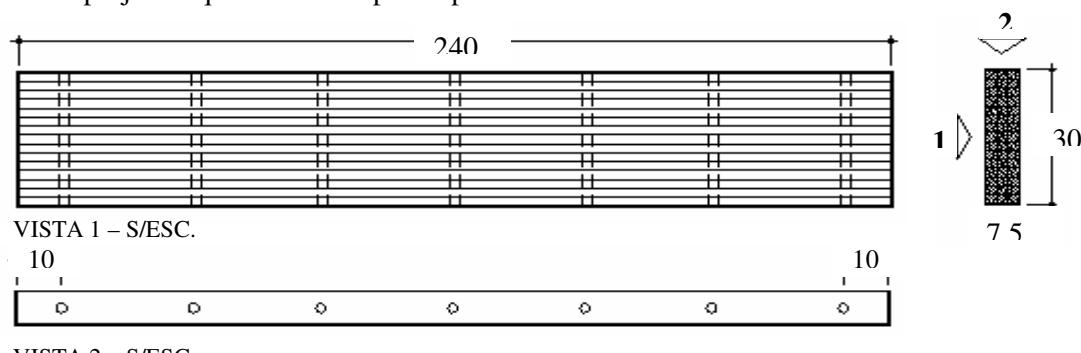


Figura 5 - Segundo estudo dos painéis portantes, utilizando o processo de lamination vertical cavilhada

6 REFERÊNCIAS

ARRUDA, M. P. **Diretrizes para projeto arquitetônico de habitação social em pinus produzida por mutirão.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos: 2000.

BAXTER, M. **Projeto de produto:** guia prático para o design de novos produtos. Tradução de Itiro Iida. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BENEVENTE, V. **Durabilidade em construções de madeira:** uma questão de projeto. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos: 1995.

CÉSAR, S. F. **Chapas de madeira para vedação vertical de edificações produzidas industrialmente:** projeto conceitual. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2002.

CIB; UNEP-IETC. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document.** Pretoria: CSIR Building and Construction Tecnology, 2002.

GALINARI, A. F. **A escolha do sistema construtivo:** caracterização e análise de propostas para habitação de interesse social em madeira de plantios florestais. 180p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GALVÃO, A. P. M. **Processos práticos para preservar a madeira.** Piracicaba: Industrias Gráficas Luiz de Queiroz, 1975.

INO, A. **Sistema estrutural modular em eucalipto roliço para habitação.** 212p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica , Universidade de São Paulo. São Paulo, 1991.

INO, A.; SHIMBO, I. A madeira de reflorestamento como alternativa sustentável para a produção de habitação social. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1, 1997, Canela. Anais... Canela: UFRGS/NORIE/ANTAC.

JESUS, L. L. H. **Preservação da madeira de pinus sp para a construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 1987.

MARTUCCI, R. **Projeto tecnológico para edificações:** utopia ou desafio? Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas:** como explorar boas idéias com orçamento limitado. Porto Alegre: Sagra Luzzatto. 180p.

MITTIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações:** proposições específicas à avaliação do desempenho estrutura. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, M. C. G.; HEINECK, L. F. M. **Caracterização da satisfação do usuário:** proposições conceituais e metodológicas para o marketing imobiliário. [s.d.] [s.l]

SABBATINI . **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos:** formulação e aplicação de uma metodologia. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) –Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SZÜCS, C. P. Usando o pinus: uma questão de desenho. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 4., 1992b, São Carlos. Anais... São Carlos: LaMEM/EESC/USP. v.2, p.177-185.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Déficit habitacional no Brasil 2000. **Informativo CEI**, Belo Horizonte, 2002, jun. Disponível em <http://www.fjp.gov.br/exibe_subproduto.php?produto=9&unidade=CEI> acesso em: 24 ago. 2004.

INO, A; SHIMBO, I; DELLA NOCE, L. G. **Produção de casas de madeira:** controle de qualidade na cadeia produtiva. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. Apostila.