

ENTAC

2002

cooperação & responsabilidade social

IX
encontro
nacional de
tecnologia do
ambiente
construído

7 a 10 de maio de 2002
Mabu Thermas & Resort
Foz do Iguaçu - Paraná
B R A S I L

PROMOÇÃO



ENTAC - 1993 a 2002

Primeira Coletânea de Anais dos
Encontros Nacionais de Tecnologia
do Ambiente Construído

REALIZAÇÃO



Editores: Ercília Hitomi Hirota / Ioshiaqui Shimbo / Roberto Lamberts

Papel Reciclado

Comissão Organizadora

Ercília H. Hirota - UEL
Ricardo Rocha de Oliveira - UNIOESTE - Cascavel
Ana Maria Oliveira - UNIOESTE - Cascavel
Lígia Francovig Rachid - UNIOESTE - Cascavel
Aguinaldo dos Santos - UFPR
Roberto Lamberts - UFSC

Comissão Científica

Ioshiaqui Shimbo - UFSCar - Presidente da ANTAC

Editoração eletrônica

info
Hab. LabEEE

Apoio



Organização e Secretaria
Executiva



www.celcom.com.br

Agência de Viagens
Oficial do Evento



www.iguazutravel.com.br

Software e hardware necessários:

Processador Pentium 500 Mhz ou Superior
64 Mb RAM ou superior
CD ROM 32 X ou superior
Windows 98, Me, NT ou 2000
Adobe Acrobat Reader 5.0 e Search Plug-in
(disponível neste CD)

Como abrir o CD:

- 1 - Coloque o disco no drive de CD-ROM
- 2 - Se o programa não iniciar automaticamente, clique em iniciar (Start) e depois em Executar (Run)
- 3 - Digite na caixa de diálogo que surgir D:\ENTAC2002 (ou a letra correspondente ao drive do CD-ROM)
- 4 - Clique OK

Este aplicativo funciona integrado ao
Adobe Acrobat Reader 5.0 com o
Search Plug-in. Se você não possuir esse
programa, ele poderá ser instalado em sua
máquina a partir do diretório ACROBAT
do CD-ROM.

ISBN 85-901939-6-9



9 788590 193968

DIRETRIZES PARA PROJETO ARQUITETÔNICO DE HABITAÇÃO SOCIAL PRODUZIDA POR MUTIRÃO

Maurício Pinto de Arruda (1); Akemi Ino (2)

(1) EESC/USP, mauricio.arruda@uol.com.br

(2) EESC/USP, inoakemi@sc.usp.br

RESUMO

O presente trabalho está baseada em duas questões centrais: o regime de trabalho baseado no mutirão e na utilização da madeira de Pinus em sistemas construtivos habitacionais. O objetivo do trabalho é apresentar as diretrizes a serem utilizadas por assessorias técnicas responsáveis pelo desenvolvimento de projetos arquitetônicos de habitação social em Pinus produzida por processos de mutirão. Para o desenvolvimento das diretrizes de projeto foram analisadas as questões: 1) Contexto de inserção do trabalho, 2) O Pinus e sua utilização no Brasil e, 3) A participação da população no processo projetual. Baseando-se nas informações obtidas nessa análise são apresentadas as diretrizes, divididas em quatro grupos de características que o projeto arquitetônico deve atender: processos construtivos semi-industrializados e métodos construtivos racionalizados, coordenação modular e capacidade evolutiva.

Palavras-chave: projeto arquitetônico; habitação social; mutirão; madeira de reflorestamento; assessoria técnica.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta resumidamente os resultados alcançados pela Dissertação de Mestrado: “Diretrizes para projeto arquitetônico de habitação social em Pinus produzida por mutirão” (Arruda, 2000). A pesquisa foi desenvolvida dentro do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS, EESC-USP/UFSCar. Entre seus objetivos, o HABIS pretende viabilizar o uso de madeira de reflorestamento como alternativa viável na produção de habitação de interesse social.

A realização do estudo sobre projeto arquitetônico de habitação social, visando processos produtivos baseados em regime de mutirão, deve-se ao fato de atualmente estar em andamento no HABIS o Projeto de Pesquisa intitulado “Habitação em madeira de reflorestamento como alternativa econômica para usos múltiplos da floresta”. O projeto faz parte do Programa de Pesquisa em Políticas Públicas – FAPESP, que tem como objetivo final o monitoramento da implantação de Políticas Públicas e Programas Habitacionais. A perspectiva para a próxima fase do Projeto é a produção piloto de uma habitação e posteriormente a construção de um conjunto de aproximadamente 50 casas.

Os resultados alcançados pela Dissertação de Mestrado e apresentados neste artigo têm como público alvo as equipes técnicas ou assessorias técnicas – grupos de profissionais compostos basicamente por arquitetos e engenheiros que em programas de mutirão habitacional são responsáveis pela elaboração do projeto arquitetônico, além do projeto urbanístico, da implantação e do acompanhamento da construção no canteiro de obra. O objetivo deste artigo é apresentar as diretrizes a serem utilizadas pelas assessorias técnicas no desenvolvimento de projetos arquitetônicos de habitação social em Pinus produzida por regimes de trabalho baseados no mutirão.

Nas últimas décadas, os estudos sobre mecanismos de produção habitacional voltaram-se para a busca de novas tecnologias e novas formas de gestão, influenciados em parte pela consolidação do advento da autoconstrução e das questões ambientais. Como resposta aos novos modelos de produção, os estudos na área de tecnologia das habitações em madeira devem contribuir para que os mutirões habitacionais tenham apoio técnico e suporte tecnológico para produzirem casas baratas e em curto

prazo; com sistemas construtivos leves; adaptáveis às necessidades sociais, culturais, climáticas e às exigências produtivas e ambientais.

2. CONTEXTO DE INSERÇÃO DO TRABALHO

2.1 Política habitacional brasileira e a viabilidade dos mutirões habitacionais

O cálculo quantitativo e qualitativo do déficit habitacional analisado paralelamente à distribuição deste déficit por faixas de renda no Brasil permite constatar que a má distribuição de renda é o principal agente causador do déficit. A falta de políticas habitacionais e programas de financiamento que alcancem a grande parte da população, que representa o verdadeiro déficit, é o problema seguinte. Atualmente, muitas cidades brasileiras acirraram seu processo de autoconstrução, o que reflete a busca da população em solucionar o problema habitacional.

Entre as conquistas da população reunida fora do mercado formal, destaca-se a autoconstrução coletiva, conhecida como mutirão habitacional ou ajuda-mútua. O mutirão pode ser definido como "... uma alternativa habitacional baseado no esforço coletivo e organizado da comunidade, os chamados mutirantes, para a construção de suas próprias casas." (Abiko, 1996)

Para este trabalho, não será definido o sistema de gestão do mutirão a ser utilizado por programas habitacionais, como o formato proposto neste trabalho. Esta definição deverá ser condicionada pelas características do empreendedor e principalmente pelo nível de organização da população local. A forma de gestão de um mutirão define a maneira pela qual se organiza o sistema de decisões dentro do canteiro, podendo ser: gestão institucional ou administração direta, co-gestão e auto-gestão.

As experiências brasileiras em mutirão já demonstraram a viabilidade econômica deste processo, pois a participação da população na construção de suas habitações colabora para a diminuição do custo e aumento da qualidade final da obra. Segundo Cardoso (1993), "... os custos indiretos dos sistemas convencionais são maiores e o custo incidente total dos mutirões é cerca de 45% menor que o custo total de uma construção convencional."

A maior qualidade das obras em relação àquelas executadas em processos convencionais é explicada pelo baixo desperdício de materiais e diversidade de soluções arquitetônicas e tipológicas, devido à participação dos mutirantes no projeto e execução. Além disso, o contato que os mutirantes estabelecem com a casa desde a fase de projeto pode aumentar a relação de apropriação da habitação e, por conseguinte uma maior durabilidade da construção. Socialmente, a participação dos mutirantes no processo de produção das casas pode ser encarada como uma atividade profissionalizante, o que aumenta as possibilidades de inserção do mutirante no mercado de trabalho, especificamente o da construção civil.

Assim, o mutirão habitacional no Brasil não é apenas um regime de trabalho, mas uma forma democrática de se produzir habitações e atender aos desafios propostos pelo desenvolvimento sustentável, que, entre outras metas, destaca a importância da participação comunitária no exercício da cidadania e o alcance social dos programas governamentais – ambos contemplados pela participação comunitária e capacidade dos programas em atender às populações de baixa e baixíssima renda.

2.2 A madeira de reflorestamento como material base na produção de habitação social

Nesse trabalho, o enfoque dado à produção de habitação social pretende considerar de forma mais significativa uma das cinco dimensões sobre as quais se baseia o desenvolvimento sustentável: a sustentabilidade ecológica, obtida pela "... melhoria do uso dos recursos, com limitação do uso daqueles esgotáveis ou danosos ao meio ambiente; (pela) redução do volume de resíduos e de poluição, por meio de conservação de energia e recursos, e da reciclagem; (pela) autolimitação do consumo por parte dos países ricos e dos indivíduos; (pela) pesquisa em tecnologias ambientalmente mais adequadas e (por) normas de proteção ambiental." (Sachs, 1994)

Para isso, assessorias técnicas devem considerar, durante o processo projetual, o impacto sobre o meio-ambiente e os custos energéticos envolvidos na escolha dos materiais de construção a serem utilizados. Além do consumo zero de energia em seu processo de formação e baixíssimo consumo nas outras etapas, a madeira não agride a natureza em sua extração, especialmente se vier de plantio corretamente manejado. A geração de resíduos indesejáveis, bem como a emissão dos mesmos no ambiente, também não é preocupante para o caso da madeira graças à sua fácil biodegradabilidade,

reutilização na geração de energia e na produção de produtos derivados. Em comparação com os demais materiais de construção, a madeira de reflorestamento, neste caso o Pinus, atende às exigências da sustentabilidade ecológica.

O uso irrisório no Brasil da madeira de Pinus na construção justifica-se pelo baixo conhecimento de suas potencialidades, pois esse material apresenta uma série de vantagens quando bem utilizado. Outros fatores que explicam a baixa utilização do material são a falta de manejo florestal adequado para o setor da construção e o grande preconceito devido a fatores culturais. Apesar disso, a extensão do país, seu déficit habitacional, sua capacidade florestal e o parque produtor implantado em algumas regiões justificam o desenvolvimento de tecnologias habitacionais com madeira proveniente de florestas plantadas.

2.3 Perspectivas de implantação do projeto habitacional

A Região Sudoeste do Estado de São Paulo em estudo apresenta um conjunto de fatores considerados ideais para a implantação de conjuntos habitacionais segundo os moldes aqui propostos. Esses fatores referem-se à verificação da grande disponibilidade de reservas florestais de Pinus na Região; relativa capacidade produtiva instalada, que pode ser comprovada pelo grande número de serrarias existentes; e uma demanda por habitação, caracterizada pelos índices de pobreza e déficit habitacional. Porém, para viabilizar a produção, é necessário que se desenvolva um trabalho coletivo entre o setor madeireiro, as universidades, centros de pesquisa e profissionais especializados interessados.

3 O PINUS E SUA UTILIZAÇÃO NO BRASIL

3.1 As características do Pinus e suas influências no processo de produção habitacional

Apesar das características de resistência da madeira de Pinus serem baixas, sua utilização é totalmente viável em construções habitacionais de pequeno porte, pois a madeira estará submetida a baixas solicitações mecânicas. Além disso, a escolha do Pinus, entre as madeiras de reflorestamento, justifica-se pela sua baixa densidade, ou seja: menor massa, que resulta em maior facilidade de manuseio dos componentes pelos mutirantes; maior trabalhabilidade, que resulta em economia de equipamento e tempo durante o beneficiamento; e maior permeabilidade, que facilita a impregnação de preservativos químicos em processos artesanais de tratamento.

A análise do Pinus como material construtivo permitiu verificar que as características físicas e mecânicas desta madeira exercem influência determinante nas etapas de produção da habitação por regime de mutirão. Esta análise permitiu sistematizar algumas informações que devem ser observadas pelas assessorias técnicas para uma melhor utilização do Pinus:

- A caracterização da espécie a ser usada possibilita cálculos estruturais mais precisos;
- A classificação das toras e definição do desenho de corte aumenta o rendimento;
- A anisotropia da madeira determina seu uso em diferentes partes;
- A secagem natural é mais econômica e utiliza maior mão-de-obra;
- Um rigoroso processo de secagem produz madeira de melhor qualidade;
- A classificação da madeira otimiza seu uso na construção;
- A classe de umidade adequada da madeira evita seu apodrecimento;
- Os defeitos característicos da madeira de Pinus definem seu uso da construção;
- Os materiais e equipamentos disponíveis orientam o desenho dos componentes;
- Uma maior precisão durante a pré-fabricação garante maior produtividade durante a montagem;
- Os tratamentos químicos determinam diferentes graus de resistência da madeira;
- Os processos manuais de tratamento são mais econômicos e utilizam mais mão-de-obra;
- A qualificação da mão-de-obra depende da disponibilidade de recursos no canteiro.

3.2 Os sistemas e processos construtivos das construções em madeira

A classificação dos sistemas construtivos em madeira no Brasil é um estudo ainda bastante incipiente, resultado do baixo emprego desse material como solução construtiva. Durante a pesquisa, foram analisadas as características dos sistemas construtivos em madeira mais utilizados no Brasil e mais indicados para o mutirão: Sistema Entramado, Sistema Pilar e Viga e Sistema de Painéis (Ino, 1992).

Por meio da identificação das vantagens e desvantagens dos sistemas, é possível considerar todos os sistemas viáveis para serem utilizados em regimes de mutirão. Por esta razão, a escolha de um sistema construtivo deve ser determinada por fatores que só serão conhecidos caso a demanda realmente se

configure. Esses fatores referem-se ao tipo de madeira disponível, às expectativas da população, às limitações impostas pelo desenho dos lotes ou características físicas do terreno, como declividade, e por fim, à capacidade do sistema em atender ao maior número de diretrizes de projeto, que estão apresentadas no item 5.

Os processos construtivos definem a complexidade das etapas produtivas, desde a extração até a montagem no canteiro de obras. A classificação dos processos construtivos em madeira pode ser feita de acordo com o seu grau de industrialização, sendo divididas em: Não-industrializados – artesanal e tradicional, Semi-industrializado – tradicional racionalizado e pré-fabricado parcialmente e Industrializado – pré-fabricado totalmente (Martucci, 1990; JUNAC, 1984).

Assim, para definir o processo construtivo mais indicado para a construção de habitações sociais em Pinus por regime de mutirão é necessária a definição prévia do grau de industrialização da obra. Isso significa analisar previamente quais serão os recursos financeiros e humanos destinados para o empreendimento. Estes recursos definirão a quantidade e o tipo de materiais e equipamentos, o tamanho e grau de envolvimento da assessoria técnica e a quantidade de mão-de-obra a ser contratada.

Caso o grau de industrialização do empreendimento for alto, será necessário um acompanhamento rigoroso da assessoria técnica, em todas as etapas de fabricação dos componentes, inclusive com um alto controle de qualidade de todas as etapas, e conseqüente correção caso haja erros. Isso porque, a qualidade das habitações dependerá muito mais da qualidade dos componentes produzidos do que da qualificação da mão-de-obra. Ao contrário, se o grau de industrialização for baixo, devido à baixa quantidade de componentes fabricados, a qualidade das habitações dependerá de um acompanhamento rigoroso da assessoria responsável na obra, em todas as etapas da montagem.

Como a produção de componentes é uma atividade seriada, que se repete sobre uma bancada ou gabarito de pré-fabricação, o acompanhamento dessas tarefas demanda uma assessoria técnica menor do que aquela necessária para o canteiro, se o processo construtivo tiver um grau de industrialização baixo. No canteiro, muitas atividades acontecem paralelamente, e se o grau de industrialização fosse baixo, seria necessário um altíssimo nível de organização e planejamento da assessoria. Caso isso não ocorresse, a chance dos mutirantes cometerem erros em atividades de corte ou pregação dos elementos se tornaria muito maior.

Assim, conclui-se que deva ser mais vantajoso investir no grau de industrialização e por isso, os processos semi-industrializados apresentam-se como os mais adequados. Estes processos são identificados por considerar o número de atividades realizadas nas unidades de pré-fabricação quase igual às atividades feitas no canteiro de obras. O aumento de atividades na fábrica é justificado pela repetição de alguns elementos e componentes nos sistemas construtivos.

3.3 Panorama das construções habitacionais em Pinus no Brasil

As experiências habitacionais analisadas nesta pesquisa são projetos construídos em diferentes regiões do país, resultado de programas habitacionais municipais, projetos de pesquisa e comercialização de habitações por empresas privadas. A escolha dos projetos analisados foi condicionada pela disponibilidade de dados científicos, variedade de soluções construtivas e diferentes graus de industrialização dos processos construtivos.

Os projetos analisados foram: Projeto Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), realizado em Campos do Jordão em 1983; Projeto Instituto Florestal (IF), realizado nos Institutos Florestais do Estado de São Paulo a partir de 1975; Projeto Ghab (atual HABIS)/ Programa Novas Fronteiras da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável (PNFC), realizado no canteiro experimental do Horto Florestal de Campos do Jordão em 1998 e o Projeto de Kits de Pinus, que resulta na construção de habitações sociais em Florianópolis, segundo levantamento realizado em 1999.

Esta avaliação não teve como objetivo sugerir adequações dos sistemas para serem utilizados em mutirões, mas destacar os aspectos que tornam um sistema construtivo mais ou menos apto a ser construído por mutirão. Para isso, foram analisados as premissas de projeto, o projeto arquitetônico e o processo de produção dos sistemas construtivos. Verificou-se que os projetos que apresentam maior grau de industrialização, capacidade de evoluir em planta, coordenação modular e racionalização construtiva são considerados mais apropriados para os mutirões. O levantamento também demonstrou que apesar das poucas realizações habitacionais em Pinus no Brasil, a viabilidade econômica e tecnológica na utilização da madeira de Pinus já foi comprovada.

4. PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NO PROCESSO PROJETUAL

Assegurar a participação da comunidade no desenvolvimento do projeto é determinante para o sucesso de mutirões habitacionais. Assim, as exigências, ou requisitos do mutirão devem ser a base para a concepção do projeto arquitetônico habitacional, pois devem ser consideradas em todas as etapas do processo projetual. As principais exigências são: a utilização da mão-de-obra desqualificada e mista dos mutirantes e a economia em todas as etapas da construção.

A maioria da população que participa de mutirão habitacional não trabalha no setor da construção civil e, por esta razão, caracteriza-se como mão-de-obra desqualificada, ou seja, despreparada para as atividades às quais será submetida. A mão-de-obra também pode ser definida como mista, devido à participação conjunta de homens, mulheres, crianças e idosos. A economia nos mutirões refere-se à máxima redução dos custos financeiros da obra. Porém, essa redução deve ser constantemente equacionada com a qualidade final das habitações. Isso significa buscar soluções construtivas capazes de responder aos níveis de habitabilidade e desempenho exigidos, dentro dos limites impostos pelo agente financiador.

Consciente de que o projeto habitacional tem a responsabilidade de responder às expectativas dos mutirantes, a assessoria técnica deve iniciar um processo projetual científico passível de verificação e disciplinado por uma metodologia. Na área das construções em madeira, os trabalhos voltados para o projeto arquitetônico baseiam-se na necessidade de uma maior durabilidade e qualidade final das construções. Em geral, os trabalhos indicam ser essencial basear o processo projetual em torno dos conhecimentos acerca das características específicas da madeira a ser utilizada, respeitando suas limitações e tirando partido dessas informações.

Além disso, para alcançar um bom projeto habitacional em madeira é essencial a elaboração de um projeto detalhado do sistema construtivo proposto. O que significa "...a elaboração de desenhos, listas de especificações e quantificação dos componentes, integrando os vários sub-sistemas (fundação, estrutura, vedação, cobertura, esquadrias e instalações) e componentes da edificação às várias etapas da produção (desdobro, secagem, usinagem, tratamento preservativo, pré-fabricação e montagem no canteiro) e ao uso e manutenção" (Ino & Shimbo, 1997).

As cinco etapas gerais de elaboração do projeto arquitetônico para o mutirão habitacional, explicitando a participação dos mutirantes durante todas as fases, em diferentes momentos, foram organizadas em um fluxograma (Arruda, 2001). As fases são: Fase 1 – Levantamentos Preliminares e Estudo de Viabilidade; Fase 2 – Concepção Geral e Estudo Preliminar; Fase 3 – Elaboração do Anteprojeto; Fase 4 – Produção Experimental e Fase 5 – Elaboração do Projeto do Produto e da Produção.

5. DIRETRIZES PARA O PROJETO DE HABITAÇÃO SOCIAL EM PINUS

Durante todas as fases de elaboração do projeto arquitetônico, descritas anteriormente, a assessoria técnica deverá considerar as diretrizes de projeto. Estas foram baseadas nas análises feitas anteriormente e são um conjunto de instruções ou indicações que servem de suporte para o processo projetual. Para sistematizar as diretrizes foram identificadas quatro características consideradas essências para o projeto arquitetônico habitacional, o qual deve:

- orientar processos construtivos semi-industrializados;
- resultar em métodos construtivos racionalizados;
- ser concebido sob os princípios da coordenação modular;
- assegurar a capacidade evolutiva da habitação.

5.1 Processos Construtivos Semi-Industrializados

As principais características dos processos construtivos semi-industrializados são: sistemas construtivos abertos, adaptabilidade à pré-fabricação e racionalização construtiva.

Os sistemas construtivos abertos, ou sistemas de produção em ciclo aberto são aqueles que se baseiam em componentes e elementos convencionais provenientes do mercado. Segundo Szücs (1992), a associação dos elementos entre si pode ser feita através de um nível relativamente elevado de liberdade pelo projetista, o que resulta em uma diversidade de soluções construtivas e espaciais. Abiko (1996) aponta que a utilização de materiais, componentes e elementos provenientes do mercado facilita a assimilação do sistema construtivo pelo mutirante e sua comunidade, pois o pré-conhecimento e a familiaridade com elementos da construção facilitam o entendimento, o treinamento e a execução da obra pelas pessoas envolvidas. Assim, definem-se as primeiras diretrizes de projeto:

1. O sistema construtivo deve utilizar elementos serrados com seção transversal e insumos de base não madeireira, como telhas, caixilhos, acabamentos, materiais elétricos e hidro-sanitários, encontrados facilmente no mercado;
2. Os materiais a serem utilizados devem ser procedentes da região e o sistema construtivo possuir componentes com viabilidade de inserção no mercado local de construção;

A adaptabilidade à pré-fabricação tem como objetivo minimizar o trabalho no canteiro, concentrando o maior número de atividades possíveis na usina de pré-fabricação, onde serão fabricados os elementos e componentes do sistema construtivo. Com a produção nas usinas é possível empregar equipamentos, máquinas e ferramentas que não seriam possíveis de se utilizar no canteiro, além da possibilidade de maior controle na qualidade e custos de produção dos componentes.

A etapa de pré-fabricação é essencial nos programas de mutirão, pois transformando as atividades no canteiro basicamente em montagem, a possibilidade de erros é menor. Em contrapartida, as atividades nas usinas ou unidades de pré-fabricação devem objetivar a montagem de componentes com o máximo de precisão possível, por meio do gerenciamento de todas as atividades, controle dimensional das peças, utilização dos equipamentos adequados e gabaritos. Os elementos pré-cortados devem chegar ao canteiro com comprimento um pouco maior do que aquele especificado em projeto, evitando a perda da peça caso o vão tenha aumentado. Se for possível, é aconselhável instalar uma bancada de trabalho em lugar coberto e seguro junto ao canteiro de obras, onde serão realizadas todas as tarefas de corte no comprimento das peças, conferindo as medidas após a montagem de cada peça pré-fabricada.

Quanto aos níveis de pré-fabricação, ou seja, o número de componentes pré-fabricados, esse deverá ser resultado de um levantamento da capacidade produtiva referente à disponibilidade de equipamentos e local para a produção e armazenagem. O ideal é que a usina de pré-fabricação esteja próxima do canteiro, mas se estiver distante, os componentes deverão ser transportados para lá e armazenados de maneira a conservar o material em melhor estado possível. Para a conservação ideal das peças até a montagem da habitação deve-se certificar que o local esteja limpo, seco, ventilado e se possível coberto, evitando a ação das intempéries. Esses aspectos da pré-fabricação dão origem as seguintes diretrizes de projeto:

3. Os sistemas construtivos devem ser divididos em sub-sistemas, compostos de seus respectivos elementos e componentes, pensados e concebidos do ponto de vista dimensional, funcional e técnico;
4. Os componentes devem possuir autonomia construtiva, permitindo o máximo de pré-fabricação nas usinas e deixando para o canteiro as atividades de montagem;
5. Os elementos e componentes construtivos devem permitir encaixes fáceis entre si e com as demais partes, podendo absorver variações dimensionais e imprecisões durante a montagem;
6. A componentização do sistema construtivo não deve representar um aumento na complexidade das etapas de usinagem, fabricação, transporte e montagem;
7. Visando um processo que utiliza componentes pré-fabricados, o sub-sistema fundação deve permitir o ajuste da estrutura durante a montagem, o que minimiza erros posteriores;

Dessa forma, quanto maior for o nível de pré-fabricação do sistema construtivo, maior será a produtividade no canteiro, além de resultar na redução de entulhos e maior organização da produção das unidades por meio de métodos de racionalização. A racionalização construtiva tem como principal objetivo minimizar custos e desperdícios, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade final da habitação construída.

5.2 Métodos Construtivos Racionalizados

A racionalização dos métodos construtivos é um fundamento balizador do processo construtivo das habitações sociais produzidas por mutirão. A racionalização é um processo complexo que exige as melhores soluções para problemas com uma enorme quantidade de variáveis. As exigências e pressões exercidas sobre o mutirão só poderão ser equacionadas com a otimização de todas as atividades dentro e fora do canteiro. Isto porque, além das resistências à utilização da madeira de Pinus e da mão-de-obra da comunidade, a produção habitacional pode produzir reflexos sociais e econômicos importantíssimos na sociedade local e como um todo.

Segundo Sabattini (1989) a racionalização construtiva "é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos financeiros, materiais, energéticos, humanos, organizacionais, tecnológicos e temporais disponíveis na construção em todas as suas fases".

A otimização dos recursos financeiros tem como objetivo uma maior economia durante toda a obra, já que estes são sempre escassos e a sua descontinuidade de fluxo é apontada como a principal dificuldade dos programas de mutirão. Para garantir a redução dos custos, as diretrizes para o projeto arquitetônico são:

8. A planta da unidade habitacional deve buscar os formatos ortogonais, evitando reentrâncias que aumentam o número de peças e detalhes construtivos;
9. O desenho da habitação deve apropriar-se dos materiais disponíveis no local, não demandando a compra de materiais que necessitem de muito transporte;
10. A escolha dos materiais a serem utilizados em todos os sub-sistemas deve considerar a capacidade de garantir a qualidade e durabilidade da habitação, com o menor custo possível;
11. O desenho da habitação deve buscar o menor número de paredes com instalações hidro-sanitárias e plantas que possibilitem instalações elétricas econômicas, quanto à quantidade de material necessário mas, capazes de responder às normas técnicas exigidas para estas instalações;
12. Com exceção das partes de madeira, o sistema construtivo deve evitar a fabricação não-industrial de componentes, como por exemplo, ferragens e esquadrias;
13. Na escolha dos materiais deve-se conciliar o custo direto com o custo de manutenção, evitando economias durante a fabricação, que implicam em investimentos por parte da comunidade nos primeiros meses de uso da habitação;
14. O projeto deve considerar a porcentagem de madeira serrada na composição de custos da casa. Essa porcentagem não pode ser muito baixa, por exemplo, menor que 50%, pois é na redução do custo da madeira que está a possibilidade de reduzir o custo por metro quadrado da habitação;

A otimização dos recursos materiais tem como objetivo principal evitar desperdícios da madeira e deve estar presente no projeto habitacional segundo as seguintes diretrizes:

15. Caso não haja controle sobre o desenho de desdobro das toras, o sistema construtivo deve ser realizado com a madeira disponível, e com o mínimo possível de usinagem para a fabricação das peças;
16. O desenho dos elementos e componentes deve tirar partido das seções e comprimentos e estar baseado em um plano de corte, evitando sobras na usina de pré-fabricação e no canteiro;
17. O desenho dos elementos e componentes construtivos deve possibilitar a compatibilidade com os demais materiais provenientes do mercado, reduzindo o número de peças;
18. Todos os elementos e componentes desenhados no projeto devem possuir a especificação da classe da madeira, evitando cortes desnecessários e assegurando um bom desempenho estrutural;

A otimização dos recursos energéticos tem como objetivo utilizar a madeira de forma sustentável é um dos pressupostos deste trabalho. Deve estar presente no projeto habitacional segundo as seguintes diretrizes:

19. Além do desdobro da madeira, segundo corte seletivo das árvores em idade apropriada e reposição de mudas, o sistema construtivo deve buscar a utilização de materiais que possuem baixo consumo energético na sua produção;
20. Caso haja disponibilidade de tempo e espaço coberto, o projeto do sistema construtivo deve prever métodos de secagem naturais, evitando o uso intensivo de energia elétrica;
21. O projeto do sistema construtivo deve conter especificações diferenciadas de tratamento preservativo para as diferentes peças, segundo o nível de exposição às intempéries e agentes de deterioração;
22. O design do sistema construtivo deve possibilitar a manutenção da habitação por meio da substituição de peças superficiais, sem função estrutural, que protegem o conjunto e que podem ser substituídas com investimentos baixos e sem comprometer o conjunto;

A otimização dos recursos humanos e organizacionais tem como objetivo potencializar a utilização da mão-de-obra da população e deve estar presente no projeto habitacional segundo as seguintes diretrizes:

23. Os sistemas construtivos devem assegurar a utilização de mão-de-obra das mulheres, crianças a partir de 14 anos e de idosos; possuindo componentes leves (até 20Kg) e de proporções adequadas para seu fácil transporte e manuseio na montagem;
24. Os grandes componentes, por exemplo, tesouras, não devem possuir peso ou dimensões superiores àqueles capazes de serem transportados e manuseados por dois homens;

25. O sistema construtivo deve assegurar atividades de baixo esforço físico durante a montagem, uma vez que o mutirante assumirá dupla jornada de trabalho, tornando ainda mais cansativa a atividade de construir;

26. O sistema construtivo deve evitar durante a montagem a utilização de andaimes, escadas e equipamentos especiais, por exemplo, gruas;

27. O sistema construtivo deve prever a utilização no canteiro de ferramentas de fácil manuseio e popularmente conhecidas pela comunidade, como esquadro, martelo, serrote, chave de fenda, etc;

A otimização dos recursos tecnológicos e temporais tem como objetivo uma maior simplicidade construtiva e economia e deve estar presente no projeto habitacional segundo as seguintes diretrizes:

28. O sistema construtivo deve ser o mais simples possível, e ser capaz não só de absorver erros, mas possuir uma lógica construtiva baseada em peças que se encaixam com facilidade e em lugares indicados;

29. Os detalhes do sistema construtivo devem ser desenhados de forma clara e didática, podendo para isso ser representados de diferentes formas no manual de montagem;

30. O desenho das conexões deve possuir o mínimo de elementos metálicos possível, buscando o máximo de ligações por meio de entalhes e encaixes feitos na fase de pré-fabricação;

31. O número de ligações entre os componentes e elementos do sistema estrutural deve ser o mínimo possível, evitando erros na fase mais importante para a estabilidade da construção;

5.3 Coordenação Modular

A modulação é considerada um requisito da racionalização. No desenvolvimento de projetos habitacionais em madeira a coordenação modular é apontada como uma preciosa ferramenta para alcançar a máxima racionalização. Para isto, é necessária a aplicação do "Sistema de Coordenação Modular, que tem como objetivo relacionar as dimensões dos materiais com as dimensões dos ambientes arquitetônicos, aumentar o rendimento da mão-de-obra e diminuir os tempos de construção." (JUNAC, 1984)

A coordenação modular permite organizar todas as medidas do projeto arquitetônico, definindo de maneira ordenada o desenho das peças de madeira independente do sistema construtivo a ser adotado. Por meio da modulação dos projetos, todos os materiais, elementos e componentes construtivos se tornam compatíveis dentro de um sistema de medidas, que permite que eles sejam intercambiáveis, combináveis e flexíveis.

A coordenação modular se pratica pela adoção de uma dimensão base, ou módulo básico, capaz de compatibilizar as diferentes partes da construção, tendo em vista um sistema construtivo aberto. O módulo básico define a prática projetual e produtiva, tornando as dimensões lineares, bidimensionais e tridimensionais de todas as partes da construção sempre múltiplos e submúltiplos do módulo básico.

Para definir o módulo de projeto, uma boa solução é considerar as dimensões (transversal e longitudinal) da madeira disponível para a produção, as dimensões de alguns materiais provenientes do mercado que podem ser utilizados no projeto, como portas, janelas e blocos de alvenaria e as dimensões mínimas necessárias para os ambientes residenciais. A análise de toda essas dimensões deve resultar na escolha do módulo básico que se diferencia de um projeto para o outro (Ex: 3cm, 5cm, 15cm, 80cm, 1m, etc.).

Com a definição dos módulos básicos é possível elaborar uma trama modular, que consiste em um plano formado de uma sucessão de linhas paralelas horizontais e verticais, distanciadas pela dimensão do módulo básico. Sobre essa trama modular é que se deve desenvolver o desenho da planta arquitetônica, sistema construtivo, elementos e componentes, que devem estar organizados segundo o critério escolhido para a coordenação modular. Esses aspectos da coordenação modular dão origem as seguintes diretrizes de projeto:

32. O projeto arquitetônico deve estar baseado em um Sistema de Coordenação Modular capaz de otimizar ao máximo os trabalhos no canteiro, reduzindo custos e desperdícios com material;

33. O módulo básico do sistema construtivo deve estar baseado na pesquisa dimensional dos materiais provenientes do mercado, da madeira disponível e dos ambientes da habitação;

34. As dimensões dos ambientes devem ser amplamente discutidas com a comunidade, apesar da área total da habitação poder ser limitada pelo agente promotor;

35. O arranjo dos ambientes, a partir da trama modular definida no projeto arquitetônico, deve permitir a evolução da habitação por meio da adição de novos cômodos;

5.4 Capacidade Evolutiva

O conceito básico para projetos de habitação em intervenção por ajuda-mútua é o da casa evolutiva, ou seja, constrói-se um embrião, ou núcleo inicial habitável, que é ampliado e melhorado ao longo do tempo. Esse conceito está fundamentado em duas idéias: a de que os recursos financeiros usualmente disponíveis não são suficientes para construir a habitação de acordo com as necessidades da família, e a de que a remoção da população para o conjunto construído tem que ser feito em curto prazo de tempo.

Além dos requisitos de capacidade evolutiva, o sucesso da ampliação nas habitações também dependerá da continuidade da atividade produtiva de componentes de madeira e do acompanhamento da assessoria após a entrega das unidades. Caso outros materiais sejam utilizados nas ampliações, provavelmente a interface entre o embrião e os novos materiais será propícia para o aparecimento de patologias, uma vez que não foi considerada na etapa de projeto.

A configuração do embrião deve conter uma área que pode variar em torno de 25m² a 40m², sendo primordial que essa construção inicial possa proporcionar as condições necessárias para as famílias exercerem suas necessidades básicas, como por exemplo, comer, dormir e realizar a higiene pessoal. O processo de ampliação e melhoria das casas poderá acontecer sob a forma de construção de mais um ou dois dormitórios ou subdivisão dos ambientes, como sala e cozinha. Também é possível com as ampliações adicionar varandas e áreas de serviço cobertas e realizar acabamentos, principalmente internos.

Entregar a unidade habitacional em formato de embrião não significa uma despreocupação por parte da assessoria técnica ou do agente promotor e muito menos que a casa foi mal projetada ou construída. Pelo contrário, garantir o aspecto de capacidade evolutiva da habitação exige dos projetistas grande capacidade técnica. O embrião é uma forma de provisão mais rápida da habitação, principalmente em caso de remoção da população de áreas de risco. Além do que, após a construção do embrião, as famílias estarão mais preparadas para os serviços de ampliação e de acabamentos, que requerem maior precisão e experiência.

Um ponto importante a ser considerado no projeto arquitetônico do embrião é que as paredes nas quais foram feitas as instalações hidro-sanitárias não devem fazer parte das ampliações, pois envolverão serviços que devem ser realizados por mão-de-obra especializada, já contratada durante o mutirão. Esses aspectos da capacidade de evoluir da habitação dão origem as seguintes diretrizes de projeto:

36. O sistema construtivo embrionário deve ser capaz de responder às necessidade específicas da família em dado momento, às necessidade estimadas no futuro quanto ao número de moradores e às necessidades funcionais e aspectos culturais e sócio-econômicos da população, traduzidos em características formais;

37. No caso do projeto habitacional ser um embrião, o desenho dos cômodos iniciais deve responder a programas variados ou utilização múltipla, pois abrigarão atividades provisórias até que a habitação esteja completa;

38. O sistema construtivo deve buscar um desenho que permita e seja compatível com futuras ampliações e melhorias. Para isso, as ligações devem ser concebidas levando em conta esta necessidade de ampliação, evitando custos desnecessários e perda da qualidade das habitações durante as reformas;

39. O projeto habitacional deve prever a construção em etapas e a ampliação sucessiva da casa, sem atrapalhar a estabilidade estrutural do conjunto construtivo;

40. O projeto arquitetônico deve responder às necessidades de uma família de no mínimo três pessoas, atendendo o melhor possível o programa traçado a partir dos anseios e aspirações da comunidade;

41. As ligações estruturais do sistema construtivo devem apresentar esperas e encaixes que transpareçam as possibilidades evolutivas do projeto, sem que essas partes fiquem vulneráveis à deterioração;

Essas quarenta e uma diretrizes listadas deverão ser consideradas em todas as fases do processo de desenvolvimento de projetos arquitetônicos habitacionais, produzidos por mutirão e que utilizam a madeira de Pinus como material base dos sistemas construtivos.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

O desenvolvimento de uma metodologia de utilização das diretrizes é uma atividade a ser considerada para dar prosseguimento a este projeto de pesquisa. Da maneira como foram sistematizadas, as diretrizes funcionam como instrumentos de verificação da viabilidade do sistema construtivo desenvolvido ser utilizado em regimes de mutirão. A importância de uma metodologia exprime-se na sua capacidade de fazer das diretrizes ferramentas de projeto, ou seja, por meio delas possibilitar o desenvolvimento, em etapas consecutivas, do processo projetual.

Como perspectiva de continuidade a esse trabalho, pretende-se acompanhar a implantação de um conjunto habitacional em madeira de Pinus, construído pelos mesmos processos indicados neste artigo, o que possibilitaria a comprovação da eficácia dessas diretrizes. Além disso, seria possível obter dados sobre a eficácia das diretrizes em relação a todo o processo construtivo, e reavaliar a sistematização das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. Gestão Habitacional e Mutirão. In: **Mutirão Habitacional. Curso de Formação em Mutirão**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, EPUSP, 1996.

ARRUDA, M. P. **Diretrizes para projeto arquitetônico de habitação de interesse social em Pinus produzida por mutirão**. São Carlos, 2000. 250p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ARRUDA, M. e INO, A. A participação da sociedade na produção de habitação social em madeira de reflorestamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., 2001, Canela, Porto Alegre. **Anais**.

CARDOSO, L. R. A. **Construção habitacional por mutirão** – caracterização, gerenciamento e custos. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

INO, A. **Sistema Estrutural Modular em Eucalipto Roliço para Habitação**. São Paulo, 1992. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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, Porto Alegre. **Anais**.

JUNTA DEL ACUERDO DE CATAGENA – JUNAC. **Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino**. Colombia: Carvajal S.A., 1984.

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

SABATTINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos** – Formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SACHS, I. Estratégias de Transição para o Século 21. **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. BURSZTYN, M. (Org.) São Paulo: Brasiliense, 1994.

SZÜCS, C. P. Critérios de Projeto para a Autoconstrução em Madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRA E ESTRUTURAS EM MADEIRA, 4., 1992, São Carlos, São Paulo **Anais**. v.4.