CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO

Os dados apresentados no capítulo 1 demonstram que o Governo Federal tem investido significativamente mais no setor habitacional, através de várias linhas de crédito disponibilizadas para a construção de moradias, das quais nenhuma contempla a construção de casas utilizando sistemas construtivos em madeira. Em contrapartida, o mercado de produtos florestais (chapas, madeira serrada etc.) vem reduzindo o seu volume de exportação, em virtude da queda do câmbio e de outros fatores. Levando-se em consideração as demandas existentes e ainda o imenso e crescente déficit habitacional, que ainda seguem sendo encarados sob a ótica das formas tradicionais de se construir, este trabalho procurou expor de maneira clara e objetiva os requisitos a serem atendidos para possibilitar o financiamento de unidades habitacionais, indicando o longo caminho a ser percorrido no sentido de tornar viável a produção de moradias de qualidade (confortável, durável e segura) utilizando madeira de reflorestamento.

Este trabalho possibilitou a aplicação prática do conceito de tecnologia apropriada para habitação social, preconizada por KRÜGER (2003), que prevê a adoção de sistemas construtivos que possam garantir às populações de baixa renda, além da proteção às intempéries, infra-estrutura básica, e um crescimento econômico e social. Sob esta ótica, desenvolveu-se um projeto de habitação social, para atender a demanda inicialmente do Estado de Santa Catarina, podendo-se estender aos demais estados do sul. As características do projeto são: o baixo custo; o uso de materiais e mão-de-obra locais e construção, utilizando recursos locais disponíveis.

Dentro desta perspectiva deve-se chamar a atenção para o fato de que toda a matéria prima (madeira serrada) utilizada para a construção do protótipo de habitação social no município de Canoinhas, foi plantada e beneficiada no município de Timbó Grande que, segundo dados da COHAB-SC, possui o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Santa Catarina.

A idéia de solicitar ao setor de base florestal a apresentação de propostas para sistemas construtivos utilizando madeira de reflorestamento partiu do Governo de Santa Catarina, que considerou a tradição construtiva em madeira da população do interior, e a importância da indústria de base florestal para a economia do Estado, com o objetivo de atender à demanda de uma linha específica de crédito (PSH). Este programa, apesar de estar muito aquém das necessidades de suprir o déficit habitacional, permite a inclusão de 80,9% de famílias a um sistema de aquisição da casa própria.

Em relação aos objetivos secundários da pesquisa, foram feitas considerações, de acordo com os quatro focos (objetivos específicos), delimitados no capítulo 1 :

- ✓ ***Estabelecer uma metodologia de avaliação, envolvendo os diferentes requisitos; baseada nos parâmetros exigidos, segundo padrões da Caixa***

Econômica Federal e outros órgãos financiadores, possibilitando o financiamento de futuras unidades habitacionais

O capítulo 2 apresentou os fatores restritivos à concessão de financiamentos através do sistema financeiro de habitação, bem como os requisitos, critérios e níveis de desempenho segundo o Projeto de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas 02:136.01.001- Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos. Foram citados cinco documentos, elaborados por agentes de três segmentos produtivos (cimentício, siderúrgico e produtores de chapas minerais), apresentados à CAIXA para a aprovação de sistemas construtivos não convencionais. Neste caso é importante evidenciar que estes três setores são muito bem organizados, e esses documentos são o produto da participação de toda cadeia produtiva relacionada aos mesmos.

- ✓ ***Planejar a qualidade do processo de construção, através do monitoramento do protótipo considerando a geração de indicadores de desempenho dos diversos procedimentos pré-estabelecidos;***

Os capítulos 3, 4 e 5 e os Apêndices 1 e 2 trataram da concepção construtiva, da adequação da proposta aos custos pré estabelecidos, da produção de componentes experimentais, e da produção do protótipo. Cada etapa do trabalho apresentou a análise pertinente ao assunto em questão, que será sintetizada na seqüência.

O capítulo 3 (e o Apêndice 2) apresentou o projeto dos componentes pré-fabricados e pré-moldados e a seqüência de montagem do protótipo, tendo em vista a simplificação do processo construtivo, permitido que o mesmo possa ser executado por auto-construção. Na seqüência, foram produzidos os componentes experimentais, com o objetivo de avaliar a exeqüibilidade dos mesmos. Ao final desta fase, foram observadas as necessidades de mudança, através da análise dos modelos com relação à alteração do projeto dos componentes, especificação e seleção da matéria prima e do processo de fabricação, tendo em vista a produção dos mesmos para a construção do protótipo.

Na fase subseqüente foram definindos em uma primeira etapa parâmetros para a classificação visual da madeira serrada, aplicando-os à produção dos componentes; em seguida foram produzidos os pré-moldados (vigas e sapatas) e os pré-fabricados. Infelizmente algumas recomendações da fase anterior não foram observadas, pela LAVRASUL /SA, não havia a possibilidade de utilizar os equipamentos apropriados os mesmos estavam sendo utilizados em outra linha de produção. Entretanto foram produzidos formas e gabaritos, que permitiram a padronização da produção dos componentes, obtendo-se ao final desta fase um bom resultado.

Finalmente, o capítulo 5 documentou a montagem do protótipo através do preenchimento dos formulários de acompanhamento e inspeção do processo construtivo. Foram avaliadas todas as operações de montagem, fornecendo subsídios para analisar o processo construtivo, identificando alguns erros ocorridos durante a montagem. Foi aplicado o Diagrama Causa-Efeito para listar as possíveis causas dos erros ocorridos. Também, analisou-se o tempo de duração de cada atividade e o consumo de mão de obra, resultando em uma nova lista de sugestões de modificações para as próximas unidades. Além das recomendações anteriores, as mais significativas foram o redesenho das sapatas e vigas de fundação, com o objetivo de simplificar sua execução, diminuindo o número de operações no canteiro e a mudança no sistema de fixação das mesmas para que, em caso da necessidade da execução de aterros, não haja riscos de movimentação, acarretando os vão ocorridos observados na fase da montagem dos painéis.

Outras duas sugestões importantes dizem respeito à concepção de um sistema forro pré-fabricado, e a apresentação de soluções simples e compatíveis com o tema de habitação social para as áreas úmidas dentro do conceito deste projeto.

- ✓ **Avaliar o desempenho térmico do protótipo, comparando os resultados medidos e simulados; Avaliar o desempenho acústico da fachada e partições internas do protótipo, comparando os resultados medidos e simulados.**

O capítulo 6 trata da avaliação dos requisitos de desempenho térmico e acústico do protótipo. Em dezembro de 2006 foi instalado, um sistema de aquisição de dados, com o objetivo de avaliar as condições de conforto térmico. Foram obtidos dados equivalentes a 1.483 horas de leitura de temperatura interna e externa.

Para análise bioclimática das condições de conforto térmico no interior da edificação, foi aplicado o conceito de conforto adaptativo, que leva em consideração a temperatura média externa para o cálculo da faixa de conforto, considerando edifícios naturalmente ventilados, em que há a possibilidade de interagir no sentido de restabelecer o conforto individual, através de algumas variáveis de controle, como por exemplo, o nível de vestimenta, a possibilidade de abrir e fechar janelas etc. Sob estas condições, o protótipo de Canoinhas-SC apresenta um desempenho excelente para o período de verão, com níveis de conforto de 100% das horas monitoradas, apesar de não atender aos requisitos de transmitância e fator solar da cobertura.

Com os resultados das medições realizadas, foi possível aferir o modelo e simular o protótipo para Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, nos períodos mais rigorosos de inverno e verão. Além da configuração construtiva de paredes do protótipo, simulou-se duas outras com o objetivo de avaliar o impacto das modificações construtivas sobre o conforto térmico

no verão e no inverno para as três cidades. As modificações propostas foram: a) estrutura interna de pinus com 10 cm, chapas internas com 12mm e externas com 15mm a espessura final da parede passou de 9,6cm para 12,7cm; b) mantendo-se a configuração inicial do protótipo, porém preenchendo-se o espaço interno dos painéis com lã de rocha. Como resultados, obtiveram-se os gráficos de temperatura externa e interna de todas as configurações tornando possível a análise das melhores e piores situações de conforto, através da montagem de planilhas (tabelas) que contém o numero de horas totais de conforto e desconforto, e somatório graus-hora, para as três cidades.

Para a melhoria das condições de conforto térmico, principalmente no período de verão sugere-se: adequar as características termo-físicas da cobertura para atender aos requisitos do Projeto de Norma de Desempenho Térmico da ABNT (1998).

Os parâmetros de conforto acústico foram analisados de acordo com os requisitos e critérios definidos pelo Projeto de Norma da ABNT (2004), que indica os métodos das normas ISO 354 (ISO, 1985); ISO 140-4 (ISO, 1998) e ISO 140-5 (ISO, 1998). Foram realizadas medições em quatro partições com características diferentes, duas do coeficiente de isolamento acústico da fachada, e duas do isolamento acústico das partições internas.

Foram também realizadas simulações acústicas do protótipo através do software *Bastian 2.0*, que utiliza os métodos de cálculo da norma européia EN12.354-1 (E.N., 2000), que indica um método de predição de nível isolamento acústico entre cômodos de residências e EN12.354-3 (E.N., 2000). A simulação da partição 4 (entre dois cômodos sem ligação) serviu para aferir os resultados em relação a situação medida. As demais simulações foram realizadas utilizando-se esquadrias de alumínio, de um padrão melhor que as utilizadas no protótipo, concluindo-se que a simples substituição dos "*vitrôs* de ferro" por esquadrias de alumínio garantiriam um incremento no índice de redução sonora de **4,5dB** a **5,5 dB**, evidenciando a importância de investir-se em esquadrias de boa qualidade.

Em relação ao desempenho acústico concluiu-se que os índices de isolamento de todas as partições mostraram-se **inadequados** quando comparados aos parâmetros apresentados no Projeto de Norma da ABNT (2004). Entretanto, comparando-se os resultados das avaliações dos parâmetros acústicos do protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento, ao padrão das residências brasileiras, consideradas pela CAIXA "como sistema construtivo convencional", o mesmo apresenta um desempenho **satisfatório.**

Os projetos desenvolvidos, o registro de todas as operações para a construção do protótipo, e as avaliações dos requisitos de conforto térmico e acústico não são suficientes para a comercialização do mesmo. É necessário investir em pesquisas para a avaliação de outros parâmetros, como por exemplo, a durabilidade do sistema construtivo. Este assunto não foi investigado neste trabalho. No entanto, no caso do protótipo, as peças foram

preservadas com Isômero gama do 1,2,3,4,5,6- Hexaclorociclohexano ($C^6H^6CL^6$), um agente inseticida, para preservação de madeira serrada e compensada, utilizado para a erradicação de agentes xilófagos (cupins ou térmitas) e coleópteras (brocas, besouros e carunchos). Foi utilizado concomitantemente um fungicida, tribromofenato de sódio, para preservação, evitando o ataque de fungos manchadores, apodrecedores e do bolor, sendo também considerado um retardante de fogo devido a sua alta concentração de bromo aromático.O processo utilizado para tratar as peças estruturais foi a preservação por imersão, e os custos foram computados na planilha de quantitativo de material (Anexo 3) (U$350,00). Estes produtos são preservantes hidrosolúveis, amplamente utilizados na indústria de fabricação de painéis, porém se fazem necessárias pesquisas mais aprofundadas sobre a escolha de um método preservante realmente eficaz, principalmente se tratando de madeira de uso estrutural, de pequenas dimensões, não aparente e de espécie altamente susceptível a agentes biodegradantes.

7.1 PROPOSTAS PARA A CONTINUIDADE DA PESQUISA

O fluxograma (Fig 7.1) estabelece as ações a serem executadas, na continuidade deste trabalho para o reconhecimento do sistema construtivo por parte dos agentes financeiros, até a disponibilização de casas pré-fabricadas aos consumidores:

- ✓ Geração da idéia- pesquisas de demanda de mercado, levantamento de todos os pré-requisitos;
- ✓ As especificações funcionais do produto e seus requisitos;
- ✓ A seleção do produto- esta fase é muito importante, diz respeito as tomadas de decisão, do que fazer e como fazer;
- ✓ Projeto preliminar- esta fase envolve todos os aspectos técnicos, como resultado obteve-se o projeto arquitetônico, estrutural, e os demais projetos complementares, o custo global, e um estudo detalhado de viabilidade econômica e processo produtivo;
- ✓ Construção do protótipo- com o objetivo de realizar todos os testes necessários a sua homologação, nesta fase foi gerado um volume grande de valiosas informações sobre a exiquibilidade do sistema;
- ✓ Testes- esta fase envolve a realização de ensaios, conforme o descrito no capitulo 2;
- ✓ Avaliação dos resultados dos testes realizados, recomendações para melhoria do sistema com o objetivo de atender aos requisitos pré-estabelecidos. Este trabalho tratou apenas da realização dos testes de desempenho térmico e acústico.
- ✓ Projeto final- redesenho de todos os projetos, tendo em vista as recomendações da fase anterior e elaboração do manual de montagem, utilização e manutenção da habitação;

- ✓ Introdução do produto no mercado- estudo detalhado de logística, desenvolvimento de fornecedores e de distribuidores.

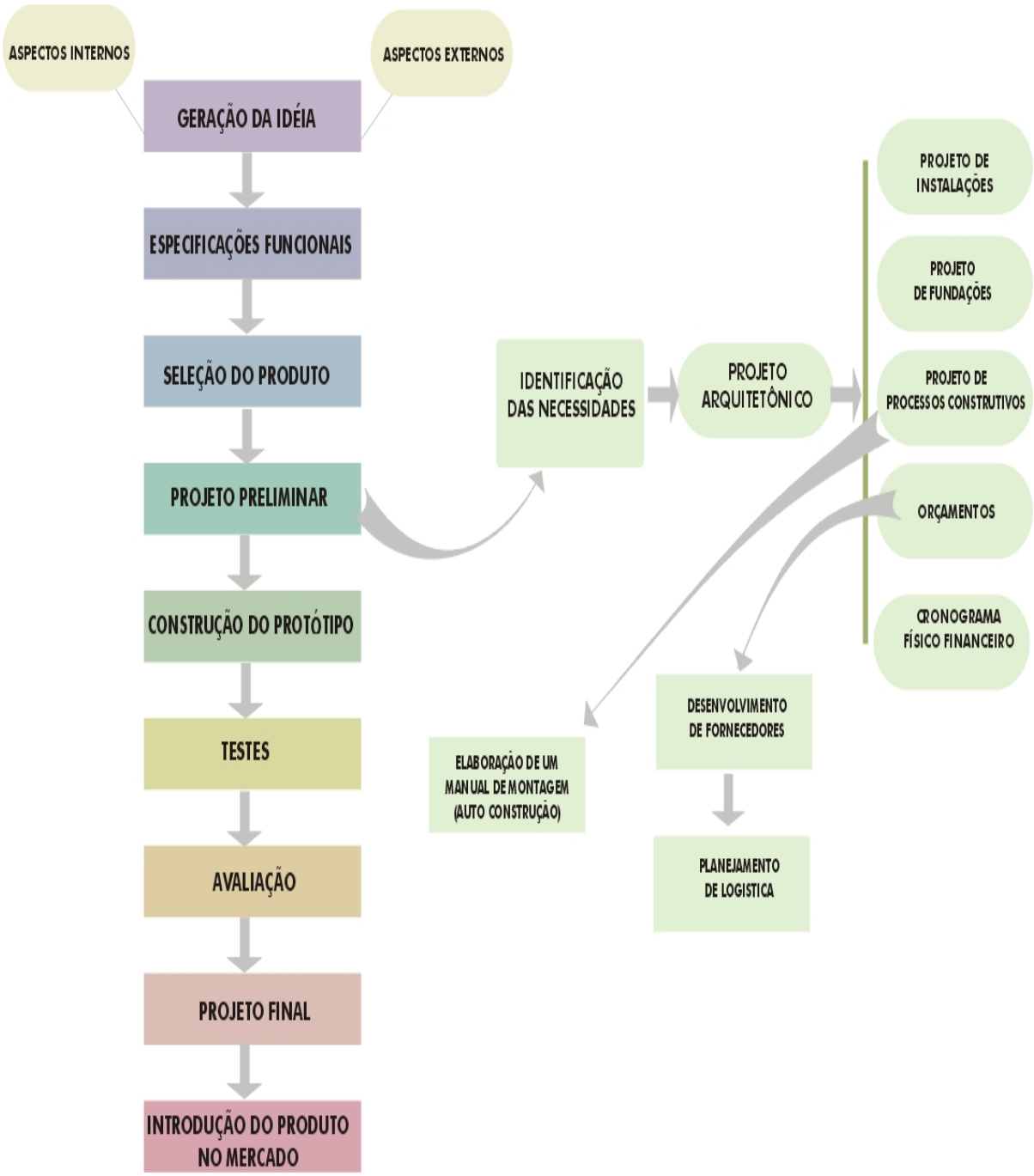

Figura 7.1- Fluxograma de todas as etapas, da concepção do protótipo à introdução do produto no mercado consumidor

No âmbito deste trabalho foram realizadas parcialmete as ações de levantamento de dados; geração de ideias; seleção do produto; projeto preliminar, por sugestão da COHAB-

SC adotou-se a mesma planta utilizada por outro programa de auto construção; e finalmente foram realizadas as avaliações do conforto térmico e acústico. Na continuidade desta pesquisa pretende-se avaliar os demais parametros estabelecidos no capitulo 1. Após a avaliação dos resultados obtidos, haverá a necessidade da adequação do projeto através de especificações técnicas e desenho final do sistema.