



xi ebramem

XI ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA LONDRINA –JULHO 2008

SISTEMAS ABERTOS EM MADEIRA COMO PROPOSTAS PARA HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Luciana da Rosa Espíndola (luciana.esp@ig.com.br); **Poliana Dias de Moraes** (ecv1pdm@ecv.ufsc.br),
Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Civil.

RESUMO: No Brasil, as técnicas construtivas em madeira apresentam-se obsoletas e estagnadas. Principalmente para habitações de baixa renda, estas técnicas não têm se mostrado eficazes na concepção de edificações confortáveis e seguras. A deficiência nessas construções vai além do tipo de madeira selecionada para a edificação; compreende, também, falhas projetuais e de execução de obra. Por estes motivos, o presente artigo tem por objetivo apresentar sistemas abertos em madeira como métodos construtivos eficientes para a adição de qualidade no setor habitacional brasileiro. O artigo discute a coordenação modular como instrumento de racionalização e otimização do processo construtivo, ao reduzir perdas oriundas do desperdício de material e retrabalho decorrentes da má concepção de projeto. Os princípios listados propiciarão a redução de custo das edificações por meio da utilização de módulos construtivos otimizados, de fáceis montagem e conexão. A aplicação destes critérios na construção de habitações de interesse social refletirá diretamente na qualidade destas moradias.

Palavras-chave: Sistemas abertos em madeira, coordenação modular, habitação de interesse social.

OPEN BUILDING AND WOOD LIGHT FRAMING AS A PROPOSE TO LOW-COST HOUSING

ABSTRACT: Nowadays Brazilian wood building techniques have been revealed obsolete. This inefficient practice appears the most in low-cost housing construction because of bad choices and current mistakes on the construction process. Therefore, this paper presents the wood light framing as an alternative to improve the wood house construction in Brazil. The wood light frame is a modular construction system that uses standardized elements high industrialized. This system is an open building, so includes principles like versatility and flexibility on the construction assembly. Coordinating dimensions and positions is a condition for industrialization and open buildings. Modular co-ordination may be an advantaged instrument to optimize site labor work reducing waste of time and materials on the building construction. This paper intends to apply modular co-ordination concepts in a wood light frame low-cost house planning, according to Brazilian technical standards of module.

Keywords: wood light frame, open building, modular co-ordination, low-cost housing

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor habitacional é marcado por um processo produtivo desorganizado, no qual a falta de planejamento, especificações e detalhamentos da construção ocasionam perdas financeiras e qualitativas. Para habitações de baixa renda, principalmente, as técnicas e os processos construtivos não têm se mostrado eficazes na construção de edificações que atendam as condições de desempenho especificadas pelo projeto de norma NBR 02:136.01.001/4 (ABNT, 2006). Um dos motivos da estagnação das indústrias brasileiras de construção de moradias em madeira é a baixa qualidade do produto ofertado ao consumidor. Isto mostra a necessidade urgente de rever os processos e técnicas a fim de proporcionar a modernização do setor e elevação da qualidade do produto.

Uma das características observadas na construção de habitações de interesse social é a adequação da edificação às necessidades da família ao longo do tempo. A ocorrência de expansão e rearranjo dos espaços são características de sistemas construtivos abertos. Estes sistemas destacam a flexibilidade como capacidade de adequação da edificação, ou parte desta, às condições e exigências de seu usuário, aos métodos de produção e aos materiais construtivos disponíveis localmente.

Os sistemas abertos em madeira oriunda de floresta plantada constituem uma opção viável para a prática construtiva habitacional, haja vista o grande potencial madeireiro nacional. No entanto, o receio da sociedade de empregar a madeira na habitação é motivado por suposições referentes à sua durabilidade e ao seu desempenho ao fogo. No entanto, tais preconceitos são decorrentes da má utilização do material devido a fatores como: escolha inadequada do tipo de madeira; ausência ou falha de projeto e detalhamentos; erros de execução; e falta de preservação pós-ocupacional.

Os sistemas construtivos abertos baseiam-se nas técnicas da coordenação modular, a fim de viabilizar os requisitos de intercambiabilidade e combinabilidade dos seus elementos. A coordenação modular é um instrumento prático para padronização, racionalização e economia da construção, possibilitando a compatibilização dimensional guiada por um sistema dimensional de referência. Fabricar produtos padronizados de acordo com dimensões múltiplas implica em ganho para a indústria, a qual pode produzir em maior escala e disponibilizar o produto com menor custo, utilizando os materiais próprios disponíveis em cada região. Este barateamento de elementos construtivos constitui uma vantagem para a aplicação de sistemas abertos nas habitações de interesse social.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o sistema aberto em madeira como uma alternativa eficiente e de qualidade para o setor habitacional brasileiro, principalmente em regiões com disponibilidade de recursos florestais. A industrialização nos sistemas abertos advém de técnicas de coordenações dimensionais e de padronização de componentes de construção. O artigo discute a coordenação modular como instrumento de racionalização e otimização do processo construtivo, ao reduzir perdas oriundas do desperdício de material e retrabalho decorrentes da concepção de projeto inadequada. Os princípios de coordenação modular propiciarão a redução de custo das edificações por meio da utilização de módulos construtivos de fáceis montagem e conexão. A aplicação destes princípios na construção de habitações de interesse social refletirá diretamente na qualidade destas moradias.

Este artigo está organizado em quatro seções: Sistemas abertos, Coordenação modular, Coordenação modular no Sistema Plataforma em madeira e Conclusões. Na seção Sistemas

abertos, descrevem-se as vantagens desse tipo de construção, além de destacar algumas construções industrializadas em madeira. Em Coordenação Modular, são apresentados os conceitos básicos relacionados a esse assunto. Em Coordenação Modular no Sistema Plataforma em Madeira, descrevem-se o sistema construtivo Plataforma e as suas possibilidades de industrialização e modularidade. E, finalmente, são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho.

2. SISTEMAS ABERTOS

Segundo SABBATINI (1989 *apud* CÉSAR, 2002), define-se sistema construtivo como um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e, completamente, interligados pelo processo.

Os sistemas abertos já são sistemas construtivos bem conhecidos. Nos primeiros anos após a 2ª Guerra Mundial, estes já eram apresentados como solução racional para habitações mínimas. O sistema aberto consiste em pré-fabricar elementos, acrescentando as possibilidades de especialização, de padronização e de produção em massa. As características básicas de um sistema aberto são definidas por: peças **substituíveis** por outras de diferentes origens; peças **intercambiáveis**, podendo assumir diferentes posições na composição espacial arquitetônica de uma mesma obra; peças **combináveis** entre si, formando conjuntos múltiplos e maiores; e peças **permutáveis** por uma peça maior ou por um conjunto de peças menores (BRUNA, 2002).

A intercambiabilidade e a versatilidade dos sistemas abertos dependem da viabilidade de união e conexão entre elementos ou componentes. Tal fato não indica apenas a necessidade de conexão ou junta física universal. Nos sistemas abertos, devem-se seguir regras de dimensionamento, posicionamento e interface de elementos. Os elementos produzidos, inclusive quando de procedências distintas, podem se relacionar e gerar diversas combinações entre si, desde que estes respeitem um padrão dimensional e qualitativo. Este critério de coordenação dimensional possibilita a utilização polivalente dos elementos, e, conseqüentemente, uma diversidade de composição espacial arquitetônica com qualidade. A aplicação da coordenação modular é requisito essencial nos sistemas abertos (BRUNA, 2002; CÉSAR, 2002).

A adoção do sistema de coordenação modular e normalização de elementos visam organizar as dimensões da construção, de maneira a reduzir a variedade de tamanhos de componentes produzidos, permitindo seu uso sem modificações no canteiro-de-obra e garantindo flexibilidade de composição arquitetônica.

2.1. Sistemas abertos em madeira

Na indústria, discutiu-se, através de métodos sistemáticos, como otimizar o processo de produção em série e em massa, e a utilização da mão-de-obra, tornando-os mais eficientes. A implantação desse processo industrializado apresenta vantagens econômicas por aumentar a produção e padronizar os elementos fabricados, garantindo intercambiabilidade e simplicidade de montagem, e promovendo a redução de desperdícios e gastos, e melhor controle de qualidade de produção.

Após a 2ª Guerra Mundial, os países nortes americanos defrontaram-se com a necessidade de produção em massa de casas. A industrialização sobreveio e a pré-fabricação em madeira foi intensamente explorada como sistema construtivo viável nesse período. Os sistemas construtivos realizados em fábrica tinham como finalidade as reduções do custo, da energia gasta na produção, do tempo total despendido na construção e da necessidade de mão-de-obra especializada no canteiro.

No entanto, não se deve confundir industrialização com pré-fabricação. Segundo BRUNA (2002), a pré-fabricação dos elementos de uma construção constitui uma fase da industrialização. A industrialização envolve a organização e produção em série de acordo com uma mecanização no processo. Enquanto, a pré-fabricação consiste na fabricação industrial, fora do canteiro, de partes da construção que podem ser montadas no canteiro.

Na América do Norte, o sistema de construção em madeira caracteriza-se pela praticidade, flexibilidade de modulação, industrialização das peças e tempo de construção reduzido. Segundo O'BRIEN (*et al*, 2000), os principais sistemas industrializados são: casa modular (*modular home*), casa composta por painéis (*panelized home*) e casa em kits (*kit home*).

Na casa modular, múltiplos módulos são construídos nas fábricas como unidades individuais, utilizando as técnicas do Sistema Plataforma. Depois de finalizados, os módulos são transportados por caminhões ao canteiro-de-obra, onde são instalados, montados e unidos sobre as fundações permanentes. A fundação deve ser executada de forma rigorosa a fim de encaixar os módulos sobre a mesma sem problemas de execução e montagem. Uma das principais vantagens da casa modular é a montagem rápida e redução total do tempo de construção. No entanto, esta deve ser bem planejada e projetada, já que não permite alterações de projeto no canteiro. O detalhamento e a precisão das dimensões dos módulos individuais são rigorosos, objetivando a facilidade na montagem final e conexões entre módulos.

Na casa composta por painéis, os subsistemas da construção, tais como os painéis de paredes e pisos, são precisamente cortados e montados em sequência na fábrica. Posteriormente, são enviados ao canteiro onde são unidos sobre uma fundação permanente. Os painéis de parede podem ser abertos ou fechados. São considerados abertos quando a ossatura da parede é revestida por chapas apenas no lado exterior, enquanto o interior permanece sem vedação para a adição da instalação elétrica e hidráulica no canteiro. E os painéis fechados são aqueles em que a parede é inteiramente montada na fábrica, inclusive as partes elétricas e hidráulicas.

Por fim, nas casas em kits, todas as peças são cortadas na fábrica conforme especificação da dimensão de projeto. O conjunto total de peças é transportado até o canteiro e montado a seguir. Os conjuntos podem ser diferenciados por função de componente na construção, como sistemas de vedação, piso, cobertura e esquadrias. Esse sistema é o menos industrializado dos três citados anteriormente, e requer maior esforço e tempo para montar no canteiro. No entanto, permite maior diversidade de formas. Pode ser visto também como os kits “do-it-yourself” (faça-você-mesmo).

No entanto, cabe ressaltar que a execução de módulos completos nas indústrias não permite a sua alteração posterior no canteiro. No sistema de casas modulares, o cliente seleciona, na etapa de projeto, ambientes-módulo que, unidos no canteiro, irão compor a edificação. No estágio atual, esses sistemas ainda são fechados, pois não se disponibiliza módulos de diferentes empresas construtoras para compor uma edificação. No entanto, com o avanço da indústria, podem tornar-se sistemas abertos, com a anexação de novos módulos, de acordo

com a necessidade e escolha do cliente. Nos sistemas de casas modulares e de casas em kits, em casos de alterações necessárias ocasionadas por danos em alguma peça ou por desejo pessoal do cliente, não haverá disponível um elemento pré-fabricado para substituição e o trabalho de reparo será maior e artesanal.

Em contrapartida, o sistema de casa composta por painéis permite a montagem de painéis modulares em obra. Quando necessário estes painéis podem ser substituídos por outros que se encaixam no seu vão modular. Este método construtivo permite flexibilidade, com alteração da composição espacial. Este fator é preponderante na construção de habitações de interesse social no Brasil, pois a cultura local exprime as alterações pós-ocupacionais constantes. São alterações tanto de rearranjo de ambientes, como de evolução da edificação com a adição de novos ambientes construídos.

A coordenação dimensional está presente na construção de casas modulares, casas compostas por painéis e casas em kits, como um instrumento de projeto, organização e sistematização. A coordenação e precisão dimensional são significantes na etapa de montagem das partes da edificação no canteiro, a fim de facilitar a união dos subsistemas e componentes de construção.

A indústria da construção está mudando a forma de construir em canteiro usando materiais básicos para um processo de montagem: partes completas e complexas de edifícios são manufaturadas nas fábricas e montadas no canteiro de obras. Essa evolução tem resultado em processos construtivos mais eficazes, com a redução do tempo de construção e o aumento da qualidade das partes. Entretanto, a qualidade global do edifício não é determinada somente pela qualidade das partes componentes, mas principalmente pela maneira com que elas são unidas. Neste sentido, a modulação é uma ferramenta importante na busca pela melhoria da qualidade as edificações (PEREIRA, 2005).

A qualidade da mão-de-obra é muito importante na etapa de montagem dos elementos e componentes da edificação. Mesmo não sendo obrigatória uma especialização dos trabalhadores, estes devem ser treinados para seguirem os critérios da coordenação modular no canteiro, especialmente o posicionamento e os limites impostos pelos ajustes modulares. Sendo respeitados esses fatores, a montagem dos módulos será bem sucedida no canteiro.

Todavia, existe uma diferença entre os países europeus e norte-americanos e o Brasil em relação às tomadas de decisões e investimentos para a inovação do uso da madeira na construção de edificações eficientes e confortáveis. Os países europeus e norte-americanos utilizam sistemas construtivos mais avançados, como o sistema leve em madeira – Sistema Plataforma, que possibilita a construção de edificações seguras, confortáveis, duráveis e com grande versatilidade de estilos e soluções para os espaços construídos. Enquanto, as empresas brasileiras estão estagnadas nesse processo de evolução tecnológica, contribuindo para a continuação do preconceito relativo à qualidade da construção em madeira, devido o emprego inadequado da madeira e das técnicas construtivas.

3. CORDENAÇÃO MODULAR

Na concepção arquitetônica, a aplicação de um módulo pode ser encontrada desde a antiguidade em projetos variados. Antes da nossa era, os arquitetos gregos utilizavam a “simetria dinâmica” e as “divinas-proporções”, múltiplos de uma medida básica unitária representada pelo diâmetro inferior da coluna. Os romanos utilizavam o “passus romano”,

uma unidade de medida antropométrica no planejamento de cidades e no projeto de edificações. Isto pode ser constatado através do Tratado de Arquitetura escrito pelo arquiteto-engenheiro Vitruvius no século I a.C. Nesse tratado, ele explica a aplicação dos módulos para garantir a proporção e a simetria na criação de efeitos plásticos das formas arquitetônicas. Dessa forma o módulo é a unidade básica de medida usada para quantificar e medir um espaço. (ROSSO, 1976).

Em épocas próximas à revolução industrial, outras técnicas modulares foram marcantes. Aproximadamente na metade do século XIX, o edifício Crystal Palace foi projetado baseando-se num reticulado modular de 8 pés (244 cm). Essa técnica modular permitiu a utilização e a conectividade de elementos construtivos distintos na sua composição. Ainda, em outra ocasião, o americano Alfred Farewell Bemis desenvolveu uma técnica de coordenação voltada para as necessidades da industrialização denominada “método modular cúbico”, fundamentando que todos os objetos que possuem dimensões múltiplas de uma medida comum são comensuráveis entre si, e, portanto, também o são em relação à construção (ROSSO, 1976; BRUNA, 2002).

A utilização do módulo na arquitetura foi intensificada após a 2ª Guerra Mundial, quando muitos países, passando por processos de recuperação dos efeitos da guerra, necessitavam suprir a carência habitacional por meio de métodos construtivos simplificados, rápidos e de custo baixo. Seguindo esses requisitos estabelecidos pela situação emergente da época e pelo aumento da demanda de empreendimentos de construção, novas idéias sobre eficiência construtiva foram introduzidas na produção industrial. Isso resultou na criação de regras e critérios dimensionais para os elementos construtivos. A modulação foi, nesse contexto histórico, utilizada de forma generalizada nas composições de edificações como um modo de projetar visando a rentabilização máxima (CUPERUS, 2001).

Ainda nesse período, esforços foram realizados a fim de definir sistemas de coordenação modular que adotassem um módulo universal para permitir a combinação de produtos nacionais com internacionais. A International Organization for Standardization (ISO) veio unificar os esforços individuais de vários países definindo o módulo básico de 10 cm. No entanto, conforme GREVEN e BALDAUF (2007), países como Estados Unidos e Inglaterra não adotam esse módulo de escala métrica sugerido pela ISO. Eles usam medidas próprias com módulo de 4 polegadas (10,16 cm).

No Brasil, inicialmente, a normalização não interessou o setor de construção civil que estava direcionado às classes mais abastadas e não preocupadas com a redução de custo. No entanto, na década de 70, quando houve necessidade de produção maciça de habitação de interesse social, o país carecia de uma solução tecnológica voltada para a racionalização construtiva e a redução de custos. A tecnologia apresentada era precária, e, conseqüentemente, relacionou-se pejorativamente o tema coordenação modular com as construções econômicas de baixa qualidade. Todavia, atualmente, devido às mudanças econômicas na produção de edificações e à competitividade de mercado, a coordenação modular surge como instrumento necessário para o aumento da produtividade e a redução de custos (LUCINI, 2001).

A coordenação modular utiliza um vocabulário técnico específico. No Brasil, estes termos estão definidos na norma técnica NBR 5731 (ABNT, 1982) (Tabela 1). Nela define-se o módulo básico igual a 10 cm, conforme especificado pela ISO.

Tabela 1: Termos empregados na coordenação modular segundo a NBR 5731 (1982)

| | |
|-----------------------------------|--|
| Módulo | Unidade básica, “1M” equivale a distância padrão 10 cm. |
| Multimódulo | Múltiplo inteiro do módulo básico. |
| Reticulado espacial de referência | Reticulado tridimensional formado por planos ortogonais, configura uma malha espacial com linhas dispostas em distâncias de um módulo (1M), nessa malha serão posicionados os componentes de construção. |
| Medida modular | Referente ao tamanho do módulo ou multimódulo, sempre valores inteiros. |
| Medida modular fracionária | Segue a fórmula $n M/4$. |
| Medida de projeto | Determina-se no projeto para qualquer componente da construção. |
| Zona neutra | Zona não modular que separa reticulados espaciais de referência. |
| Ajustes modulares | Relacionam as medidas de projeto com a medida modular. |

A coordenação modular utiliza um reticulado espacial de referência estabelecido por medidas modulares. Esse reticulado impõe, como conceito principal, o módulo, a unidade básica de medida, que permite a repetição com compatibilização das formas escolhidas. É um instrumento que auxilia no dimensionamento, posicionamento e conectividade dos materiais e componentes, tanto no projeto quanto na execução da construção. O sistema modular é um diferencial na construção, pois estabelece precisão e organização, visando produtividade, racionalização e qualidade da edificação, minimizando os gastos oriundos de perdas desnecessárias no processo construtivo.

Atendendo à intercambialidade, os elementos da construção devem ser posicionados adequadamente na quadrícula modular, a fim de facilitar o processo de montagem. A coordenação modular busca auxiliar o processo de montagem por definir parâmetros comuns de posicionamento e dimensionamento, além de definir a necessidade de ajustes modulares. Esses ajustes incluem folgas e tolerâncias dimensionais, que são estabelecidos de acordo com os materiais aplicados e sistemas construtivos utilizados. O objetivo dos ajustes é prevenir possíveis casualidades decorrentes de erros de fabricação, de posicionamento na obra ou também de deformações no material.

4. COORDENAÇÃO MODULAR NO SISTEMA PLATAFORMA EM MADEIRA

O sistema construtivo de estrutura leve em madeira foi desenvolvido como um sistema de construção coordenado. A primeira versão do sistema leve em madeira, conhecido como Balloon-Frame, era composta por inúmeras peças delgadas e pouco espaçadas, que seguiam desde a fundação até o telhado de forma contínua. No entanto, após modificações, chegou-se ao sistema construtivo Plataforma. Este sobrepujou seu antecessor por apresentar maior facilidade e rapidez de execução, assim como melhor desempenho perante o fogo. O Sistema Plataforma constitui o padrão para a maioria das construções pré-fabricadas em madeira na América do Norte (DIAS, 2005).

Vários arquitetos destacaram-se utilizando e inovando as técnicas dos sistemas leves em madeira, como Frank Lloyd Wright, Konrad Wachsmann e Walter Gropius. Para Wright, a modularidade de uma construção é um princípio básico na composição arquitetônica. Suas edificações foram projetadas e fabricadas sobre um sistema único, como uma malha quadriculada que guia o posicionamento dos componentes da construção. As dimensões de seus módulos variavam em cada projeto, utilizando 3 pés (91,44 cm) ou 16 polegadas (40,64 cm). Essas grades e matrizes, que para Wright eram mais focadas na economia e redução do esforço da mão-de-obra do que um suporte para criação da forma e espaço arquitetônico, foram essenciais para o desenvolvimento de práticas industriais (KUCKER, 2002).

Em 1941, também Wachsmann e Gropius, após serem contratados pela General Panel Corporation, aplicaram o conceito de retículos modulares para painéis de madeira, conhecido como “General Panel System”, um sistema construtivo pré-fabricado em casas compostas por painéis. O sistema universal correspondia aos requisitos de fabricação industrial, onde juntas metálicas padrão permitiam a conexão de painéis tanto em sentido horizontal quanto vertical, sem precisar ocupar uma posição pré-determinada. Pois nas palavras de Wachsmann “construção significaria montagem”, determinando redução de tempo, movimento e energia (CABRAL, 2001).

Em 1946, foi publicado nos Estados Unidos, o projeto A62 - *Guide for modular coordination*. Este guia para arquitetos e engenheiros usa a coordenação modular nos projetos e construções, definindo um módulo básico de 4 polegadas (10,16 cm).

O Sistema Plataforma, diferente de outros sistemas construtivos tradicionais, não apresenta o sistema estrutural pilar e vigas. O sistema é formado por um entramado estrutural composto de montantes, de comprimento restrito à altura de cada pavimento, e peças de seção transversal de dimensões reduzidas. Essa ossatura é enrijecida por chapas estruturais em madeira compensada ou OSB, “Oriented Strand Board”, que dão estabilidade ao painel.

A concepção do Sistema Plataforma é estabelecida através de uma coordenação dimensional. Suas dimensões de espaçamentos entre montantes são 30 cm, 40 cm ou 60 cm, de acordo com a carga suportada pelos painéis (Tabela 2).

Tabela 2: Bitolas e espaçamentos de montantes verticais parede externa

| Carga | Dimensões mínimas do montante | Espaçamento máximo | Altura máxima |
|--|-------------------------------|--------------------|---------------|
| Suporta apenas cobertura (telhado e forro) | 4 cm × 7 cm | 40 cm | 2,4 m |
| | 4 cm × 9 cm | 60 cm | 3,0 m |
| Suporta um pavimento e cobertura | 4 cm × 9 cm | 40 cm | 3,0 m |
| | 4 cm × 14 cm | 60 cm | 3,0 m |
| Suporta dois pavimentos e cobertura | 4 cm × 9 cm | 30 cm | 3,0 m |
| | 4 cm × 14 cm | 40 cm | 3,0 m |
| | 7 cm × 9 cm | 40 cm | 3,8 m |
| Suporta três pavimentos | 4 cm × 14 cm | 30 cm | 1,8 m |

Fonte: adaptado de National Research Council of Canada apud WEYERHAEUSER, 2007.

Esses elementos podem ser pré-fabricados e normalizados possibilitando a montagem simplificada no canteiro. O Sistema Plataforma permite a total construção no canteiro-de-

obras, a pré-fabricação parcial e a completa industrialização, sendo que a escolha do grau de industrialização depende dos fatores relacionados à técnica da construção local e à qualidade da mão-de-obra disponíveis.

Considerando a aplicação em sistemas abertos, o Sistema Plataforma em madeira apresenta: facilidade de modulação e pré-fabricação de componentes, principalmente de peças padronizadas; união entre peças simples, sem juntas ou encaixes especiais, bastando o emprego de pregos ou parafusos; alto grau de flexibilidade, tanto em relação ao projeto inicial, como também em modificações futuras, se necessárias; facilidade de manutenção; processo construtivo rápido (DIAS, 2005).

4.1. Projeto de Habitação de Interesse Social

Adequar o Sistema Plataforma em madeira para as condicionantes e normas brasileiras de modulação é uma tentativa de aproveitar o grande potencial da produção madeireira, impulsionando o agro-negócio e o setor madeireiro do país, aprimorando a qualidade das construções nacionais por meio de soluções industrializadas.

O sistema aberto de casas composta por painéis mostra-se viável para as habitações de interesse social, haja vista a possibilidade de flexibilidade de projeto e construção. Conforme já mencionado, a montagem da edificação por painéis de madeira leves, avulsos e pré-fabricados, permite uma construção em curto prazo e com pouca mão-de-obra.

Neste estudo, após as revisões conceituais sobre coordenação modular e sistemas abertos em madeira, seguiu-se o seguinte método de trabalho: (1º) propuseram-se painéis-módulos aplicando técnicas do Sistema Plataforma visando à intercambialidade com outros sistemas construtivos; (2º) traçou-se o perfil do cliente para uma habitação unifamiliar; (3º) realizou-se um estudo ergométrico de ambientes conforme as dimensões dos painéis propostos; (4º) finalmente, projetou-se uma habitação de interesse social com os parâmetros estabelecidos nas etapas anteriores, que permitisse sofrer alterações pós-ocupacionais.

Os módulos de painel propostos encaixam no vão modular 120 cm × 240 cm. Adotou-se o módulo 12 M, por ser um multimódulo 2 M ou 3 M, sendo estes múltiplos utilizados em outros sistemas construtivos, como de blocos cerâmicos, sistema construtivo usualmente utilizado no Brasil. São apresentados três módulos básicos: painel cego ou fechado, painel-porta e painel-janela (Figura 1), os quais poderão ser combinados resultando em painéis do tipo: fechado + porta; fechado + janela; porta + janela; fechado + porta + janela. Ainda, pode-se variar a dimensão do painel-fechado (Figura 1a) com a meia medida 6 M, com intuito de compor espaços de dimensões mínimas necessárias para cada função do ambiente.

Os critérios de estabilidade e resistência do Sistema Plataforma determinaram, para os módulos básicos, a adoção de montantes de 4 cm × 9 cm espaçados, no máximo, a cada 40 cm, travessas de 4 cm × 9 cm, fechamento externo por chapas OSB de 12 mm de espessura.

A fixação dos painéis módulos na fundação pode ser feita por parafusos auto-atarrachantes (“parabolts”) ou aplicar, previamente, uma guia de madeira à fundação por meio de parafusos. O painel módulo é fixado sobre esta guia por meio de pregos, ou pelos próprios parafusos de fixação da guia à fundação, se o comprimento dos parafusos for suficiente. O uso da guia facilita a instalação e a precisão de posicionamento do painel (DIAS, 2005).

Cuidados devem ser tomados na montagem dos painéis em obra para garantir a qualidade da construção. As conexões de ossatura e de painéis devem: garantir estanqueidade e estabilidade estrutural, permitindo a transmissão dos esforços de um painel a outro e evitar o arrancamento. Também devem ser conferidos os esquadros do painel.

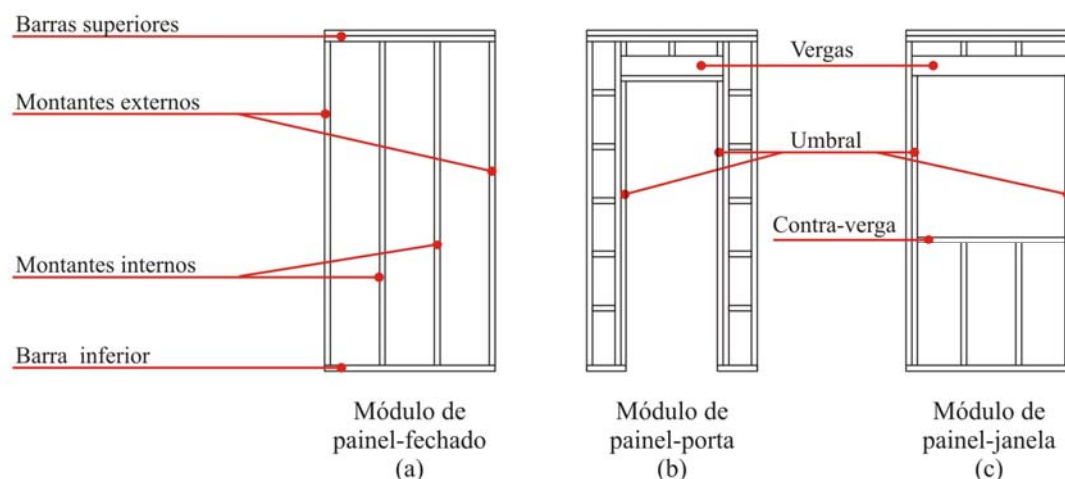


Figura 1 – Tipos de módulos de painel no Sistema Plataforma em madeira.

Adotaram-se os painéis-módulos propostos para o projeto de uma habitação unifamiliar, supondo que o cliente é uma família de 4 ou 5 pessoas, de baixa renda. Antes de lançar as idéias iniciais de projeto da habitação, elaboraram-se estudos dimensionais de ambientes mínimos. Nessa etapa preliminar, a fim de manter a qualidade espacial habitacional, observou-se como cada ambiente pode conter o mobiliário necessário com conforto ergométrico, além de satisfazer a fatores tais como salubridade e funcionalidade. Considerou-se o Índice de Avaliação Dimensional da Habitação (ALUCCI *et al*, 2007) como base para compor os espaços.

No projeto, busca-se otimizar o espaço arquitetônico implementando preceitos ergométricos limitados pelos tamanhos de painéis módulos, obedecendo aos critérios impostos pela coordenação modular de posicionamento na quadrícula modular de referência. No presente artigo, são demonstradas propostas de habitações concebidas sobre essas condições citadas, posicionadas sobre uma quadrícula modular de 2 M (20 cm). Toma-se como base a primeira proposta de habitação, sobre a qual são elaboradas as outras duas propostas com possibilidades de rearranjo e evolução do espaço arquitetônico.

A primeira concepção de habitação de interesse social desenvolvida sob as regras de coordenação modular consiste em dois quartos, um banheiro e sala e cozinha conjugada, totalizando em 46,48 m² (Figura 2). Os painéis externos têm função estrutural, enquanto os internos, de divisória, com exceção do painel interno entre banheiro e quarto de casal, que tem função estrutural para suportar a carga da caixa d'água. Os painéis que não têm função estrutural podem ser substituídos por painéis divisórios de outros materiais, como de gesso acartonado, desde que respeitem a modularidade do projeto.

A segunda proposta de habitação exemplifica a possibilidade de alteração espacial pós-ocupacional por opção do cliente (Figura 3). Na proposta, o espaço do banheiro é relocado para parte posterior da habitação, mantendo a parede em comum com a cozinha. A transição ocorre com alterações de posicionamento de painéis que podem ser reaproveitados para

compor os ambientes. Também, na proposta, ressalta-se a possibilidade de evolução da edificação. A fim de facilitar essa flexibilidade espacial, optou-se locar um painel 12 M, que, futuramente, poderá ser retirado para dar continuidade à composição espacial.

Já a última proposta demonstra a ampliação da edificação com adição de mais um quarto (Figura 4). Esta proposta consiste em uma área de 72 m², composta por: três quartos, sala e cozinha conjugadas e banheiro com cuba em espaço independente do vaso sanitário e lavatório.

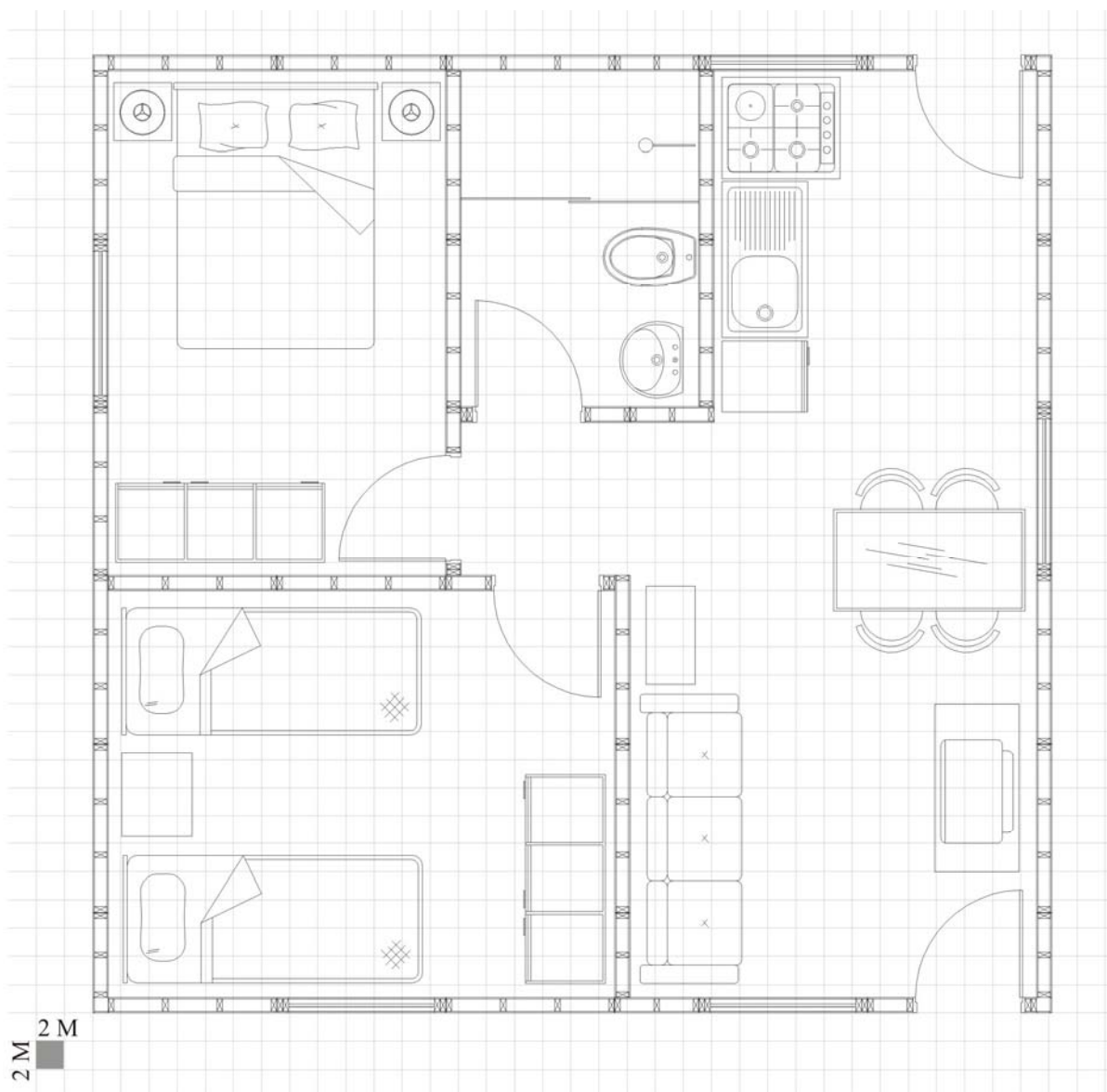


Figura 2 – Primeira proposta de habitação composta com painéis do Sistema Plataforma em madeira aplicando as regras da coordenação modular

A sugestão dessas três propostas de habitação discutidas demonstra que o projeto, mesmo sendo condicionado por critérios de posicionamento na quadrícula modular, tem inúmeras possibilidades de composição espacial. A composição dependerá exclusivamente da necessidade da família como cliente, que decidirá como preservar sua identidade espacial, funcional e estética no projeto. A escolha dos materiais utilizados depende da disponibilidade

de cada região, haja vista que a utilização de sistemas abertos permite a utilização de diversos materiais, desde que estes considerem os princípios da coordenação modular. Ressaltando que pelo grande potencial madeireiro nacional, os sistemas abertos em madeira oriunda de floresta plantada constituem uma opção viável para a prática construtiva habitacional.

Até o momento, foram discutidos na pesquisa, apenas assuntos relativos a técnicas construtivas e concepção arquitetônica. Futuramente, será realizado um estudo de viabilidade econômica, a fim de comparar a vantagem de aplicação do sistema plataforma conforme as normas de coordenação modular do Brasil com a aplicação de outros sistemas construtivos.

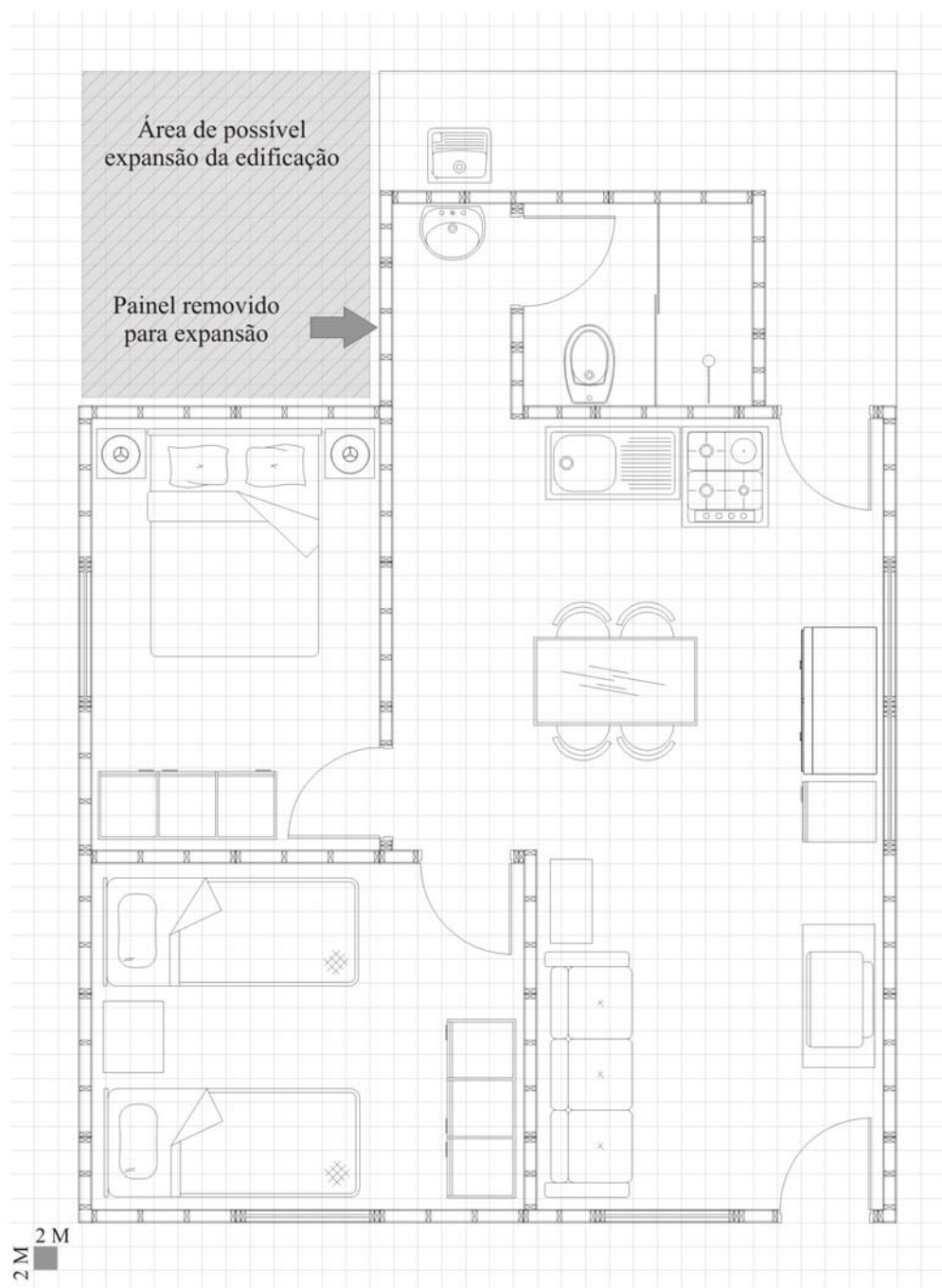


Figura 3 – Possibilidade de alteração espacial pós-ocupacional por opção do cliente

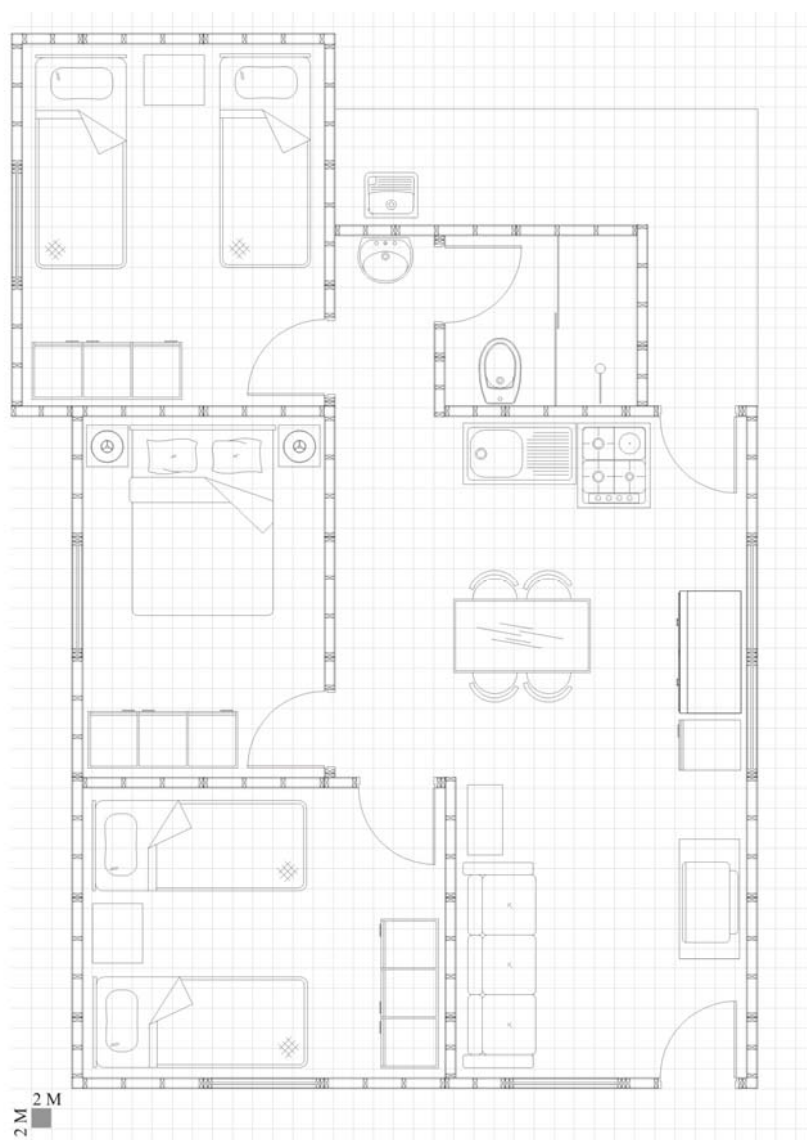


Figura 4 – Demonstração de ampliação da edificação com adição de mais um quarto

5. CONCLUSÕES

Tendo em vista a situação precária e ineficaz das técnicas construtivas de habitação no Brasil, principalmente das habitações de interesse social, este trabalho teve como objetivo apresentar a adequação do Sistema Plataforma às normas de coordenação modular como proposta para aumentar a qualidade nesse setor nacional. Para isso, elaboraram-se projetos de habitações que respeitam as condicionantes de sistema abertos e coordenação modular, e preceitos de ergonomia espacial e ambiental.

A composição dos projetos das habitações baseou-se em painéis modulares em madeira, que atendem aos critérios de coordenação modular e podem ser encaixados em vão modulares de 120 cm × 240 cm, podendo ser usado também meio painel de 60 cm × 240 cm. A modularidade no projeto proporciona a intercambialidade entre painéis. As três propostas de habitações demonstraram a flexibilidade que os painéis modulares permitem ao alterar seus

posicionamentos e compor novos espaços com rearranjos e expansões da edificação.

As propostas apresentam uma evolução da habitação. Primeiramente, observa-se uma concepção de ambientes dispostos com o objetivo de maximizar o aproveitamento espacial. Na segunda proposta, ocorreu um rearranjo espacial do banheiro para a parte posterior externa da edificação, onde se optou por localizar um painel 12 M que possibilitaria ser futuramente retirado para dar continuidade à composição espacial. A última proposta demonstra como seria a retirada desse painel-módulo e a expansão da habitação adicionando um quarto.

Conclui-se que a padronização e a pré-fabricação de elementos na construção, tais como os painéis-módulos apresentados, implicam em uma produção em maior escala e disponibilidade do produto com menor custo, utilizando os materiais disponíveis em cada região. Também, nota-se que a aplicação desses painéis de acordo com os critérios de coordenação modular proporciona a flexibilidade espacial da habitação. O barateamento de elementos construtivos e a flexibilidade de composição espacial pós-ocupacional da edificação constituem vantagens para a aplicação de sistemas abertos em madeira nas habitações de interesse social.

Até o momento, foram discutidos na pesquisa, apenas assuntos relativos às técnicas construtivas e à concepção arquitetônica. Está em desenvolvimento, um estudo detalhado sobre conexões que garantam estabilidade estrutural e estanqueidade. Posteriormente, será realizado um estudo de custos, a fim de verificar a viabilidade de construção utilizando o Sistema Plataforma conforme as normas de coordenação modular do Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo financiamento desta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCCI, M.; CREMONESI, F.; FROTA, A.; DUARTE, D.; MÜLFARTH, R. C. K. (2007). **Ergonomia, Acessibilidade e Desenho Universal**. Notas de aula da disciplina Conforto Ambiental AUT 268, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.usp.br/fau/ensino/graduacao/arq_urbanismo Acessado em: 05/03/2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). NBR-5731. **Coordenação modular da construção: terminologia**, 1982. 4p.

_____. (2006). Projeto de norma 02:136.01.001/4. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas**. Rio de Janeiro, Abril 2006.

BRUNA, P. (2002). **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2002.

CABRAL, C. P. C. (2001). **Grupo Archigram, 1961-1974. Uma fábula da técnica**. Tese (doutorado). Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, ETSAB. Barcelona, 2001.

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

CUPERUS, Y. (2001). **An introduction to open building**. International Group for Lean Construction Annual Conference, 9a, Singapura, 6-8 agosto 2001. Proceedings... Singapura, NUS, 2001. pp.261- 270.

DIAS, G. L. (2005). **Estudo experimental de paredes estruturais de sistema leve em madeira (sistema plataforma) submetidas a força horizontal no seu plano**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2005.

GERVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. (2007) **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Coleção Habitare 9. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

KUCKER, P. (2002). **Framework: construction and space in the architecture of Frank Lloyd Wright and Rudolf Schindler**. University of Virginia, Charlottesville, Virginia, USA. The Journal of Architecture Volume 7, Summer 2002.

LUCINI, H. C. (2001). **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: PINI, 2001.

O'BRIEN, M.; WAK'EFIELD, R; BELIVEAU, Y. (2000). **Industrializing the Residential Construction Site**. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, Washington, DC, July 2000.

PEREIRA, A. C. W. (2005). **Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação**. Curitiba, 2005, 139p. Dissertação (mestrado). Setor de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

ROSSO, T. (1976). **Teoria e prática da coordenação modular**. Faculdade de arquitetura e urbanismo /USP. Curso de pós graduação. Disciplina: Teoria e prática da coordenação modular. São Paulo: 1976.

WEYERHAEUSER (2007). **Residential Wall Specifier's Guide**. ILevel Trus Joist® TJ-9004 July 2007. Disponível em: <http://www.ilevel.com/literature/TJ-9004.pdf> Acessado em: 13/09/2007.