



## COORDENAÇÃO MODULAR EM SISTEMAS LEVES DE MADEIRA E SISTEMAS MISTOS

**Luciana da Rosa Espíndola (1); Poliana Dias de Moraes (2)**

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa

Catarina, Brasil – e-mail: luciana.esp@ig.com.br

(2) Dr<sup>a</sup>, Professora – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina,  
Brasil – e-mail: ecv1pdm@ecv.ufsc.br

### RESUMO

A coordenação modular é um princípio fundamental para a racionalização na construção. Ela permite novas possibilidades com a permutabilidade de diferentes sistemas construtivos para uma mesma edificação, caso estes obedeçam a critérios definidos por um módulo proposto. O sistema construtivo de estrutura leve em madeira foi desenvolvido como um sistema de construção modular que consiste em elementos estandardizados pré-fabricados e montados facilmente. Apesar de existir um avanço nas técnicas desenvolvidas de construções em madeira, como os sistemas leves aqui mencionados, a situação brasileira ainda é regida por uma estagnação tecnológica no setor de edificações em madeira. Tal ponto crítico do setor madeireiro fundamenta a pesquisa que tem por objetivo principal aplicar o conceito de coordenação modular em elementos construtivos do sistema leve em madeira, de acordo com as normas técnicas brasileiras. E, como resultado, a pesquisa apresenta propostas de módulos de painéis do sistema leve em madeira que podem ser aplicados em sistemas mistos de construção coordenada modularmente.

Palavras-chave: coordenação modular, módulo, sistemas leves em madeira, painel de madeira.

### ABSTRACT

Modular co-ordination is an essential instrument that contributes to decrease waste generation with products and processes on construction. Coordinating dimensions and positions is a tool and condition for industrialization. Designing space plans, material plans, construction details and product designing according to modular co-ordination rules increases the building process reducing waste of time, material and manual labor on site. The wood light framing is a building process that uses principles of modular planning and is also a high industrialized construction process. In spite of the general improvement on wood building constructions, Brazilian building industry situation is not following this up grade technology. Because of these critical circumstances, this paper intends to apply modular co-ordination concepts in wood light frame elements, according to Brazilian technical standards of module. As result, this paper proposes a wood modular panel based on modular co-ordination principles.

Keywords: Modular co-ordination, module, wood light framing, wood panel.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil destaca-se mundialmente pelo desmatamento de florestas, sendo a floresta Amazônica a mais visada. Segundo o Greenpeace (2008), desmatam-se cerca de 23.000 km<sup>2</sup> de mata nativa por ano. As florestas plantadas têm sido utilizadas como uma alternativa pelo setor madeireiro para obter uma maior produtividade de madeira por hectare, bem como diminuir pressões ambientalistas e não perder o mercado centenário de exportação de madeira tropical brasileira. Porém, o preconceito existente quanto ao uso de madeiras oriundas de floresta plantada na construção impede a implantação efetiva dessa alternativa. Esse preconceito surgiu devido ao mau uso deste material. Porém, para reverter essa situação é necessário o emprego das boas técnicas existentes para construção em madeira e técnicas industrializadas de construção.

A aplicação da técnica da coordenação modular nos processos construtivos proporciona simplificação, organização, rapidez de produção, redução de mão-de-obra, de desperdícios de materiais e de custos na construção. A utilização do módulo padronizado permite a intercambialidade de vários sistemas construtivos. Ao aplicar a coordenação modular, o projetista deve respeitar as condicionantes de projeto: necessidades do cliente, materiais de construção disponíveis, normas e legislações pertinentes referentes a códigos de posturas, dimensionamento estrutural, segurança contra incêndio. Quando da proposição de componentes básicos, estes devem respeitar um módulo de dimensão universal para serem adequadamente coordenados e unidos.

O presente artigo tem como objetivo demonstrar a aplicação do conceito de coordenação modular, definido pelas normas brasileiras, em elementos construtivos do sistema leve a partir de madeiras oriundas de florestas plantadas. Tal emprego é exemplificado com a proposta de módulos de painéis do Sistema Plataforma em madeira que podem ser utilizados em sistemas mistos de construção coordenada modularmente. A adequação do Sistema Plataforma em madeira para as condicionantes e normas brasileiras de modulação é uma tentativa de aproveitar o grande potencial na produção madeireira, impulsionando o agro-negócio e o setor madeireiro, aprimorando a qualidade das construções nacionais por meio de soluções industrializadas com flexibilidade, praticidade e rapidez.

Este artigo está organizado em cinco seções: Coordenação modular, Sistemas leves em madeira, Painéis verticais modulares, Aplicação dos painéis em sistemas mistos e Conclusões. Na seção Coordenação modular, serão apresentados os conceitos básicos relacionados a esse assunto. Em Sistemas leves em madeira, descreve-se o Sistema Plataforma. Na seção Painéis verticais modulares, são propostos os módulos básicos dos painéis e discutidos sua composição e detalhes técnicos. Na seção Aplicação dos painéis em sistemas mistos, apresentam-se exemplos de ligações entre os painéis do Sistema Plataforma em madeira e alvenaria. E, finalmente, são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho.

## **2 COORDENAÇÃO MODULAR**

O uso da coordenação modular não é incomum na história da arquitetura. Os gregos utilizavam na construção de seus templos a “simetria dinâmica” e as “divinas-proporções”. E os romanos utilizavam medidas antropométricas conhecidas como “passus romano” (ROSSO, 1976). Isto pode ser constatado através do Tratado de Arquitetura escrito pelo arquiteto-engenheiro Vitrúvio 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. Nesse contexto, o módulo é a unidade básica de medida usada para quantificar e medir um espaço.

A utilização do módulo na arquitetura foi intensificada após a 2<sup>a</sup> 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 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 (CUPERUS, 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, seguindo a especificação da International Organization for Standardization (ISO).

A coordenação modular utiliza um reticulado espacial de referência definido por um módulo, 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.

Entre as vantagens da prática da coordenação modular, ressalta-se: a simplificação e a compatibilização dos projetos e das operações de execução, com maior precisão dimensional e locação da obra, facilitada pelo reticulado modular; a padronização dos materiais e componentes, facilitando a produção em série, evitando quebras e a substituição; a redução dos problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas; a facilidade na utilização de técnicas pré-definidas; o possível intercâmbio nacional e internacional das tecnologias de construção e inovações nos materiais (PARIZOTTO FILHO, 2004).

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

<b>Módulo</b>	Unidade básica, “1M” equivale a distância padrão 10 cm.
<b>Multimódulo</b>	Múltiplo inteiro do módulo básico.
<b>Reticulado espacial de referência</b>	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.
<b>Medida modular</b>	Referente ao tamanho do módulo ou multimódulo, sempre valores inteiros.
<b>Medida de projeto</b>	Determina-se no projeto para qualquer componente da construção.
<b>Zona neutra</b>	Zona não modular que separa reticulados espaciais de referência.
<b>Ajustes modulares</b>	Relacionam as medidas de projeto com a medida modular.

### 3 SISTEMA CONSTRUTIVO MISTO

Este trabalho adota a definição de Sabbatini (1989, p. 25) para sistema construtivo como “um processo construtivo de elevados níveis de organização e industrialização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente interligados pelo processo”.

O conjunto de componentes de um determinado sistema em uma habitação nem sempre é composto por um único material ou elemento, devido à diversidade em que estes estão disponíveis atualmente. Por isso, cabe ao cliente e ao projetista escolherem quais tipos de elementos constituirão os componentes e subsistemas da edificação.

Quando ocorre um intercâmbio de componentes em um mesmo subsistema, pode-se dizer que este é um sistema misto. Por exemplo, hoje no Brasil, tradicionalmente utiliza-se a alvenaria cerâmica para o subsistema vedação vertical. No entanto, este subsistema será misto quando associar este processo tradicional com outro na mesma função de vedação, como os painéis em estrutura leve de madeira.

Todavia, para facilitar essa associação de elementos distintos na construção, sem danificar a proposta de racionalização, devem-se respeitar as condicionantes de coordenação dimensional. Por isso, a coordenação modular mostra-se responsável nesse papel de intercambialidade de componentes na construção.

### 4 SISTEMAS LEVES EM MADEIRA

O sistema de construção em estruturas leves em madeira é muito difundido na América do Norte e caracteriza-se pela praticidade, flexibilidade de modulação, industrialização das peças, curto prazo de construção e produtividade (CAMPOS, 2006). Após a 2ª Guerra Mundial, os países norte-americanos

defrontaram-se com a necessidade de produção em massa de casas. A industrialização sobreveio e a pré-fabricação em madeira foi intensamente explorada a partir desse período como técnica construtiva viável. Pesquisas contribuíram para a evolução do uso deste material na construção, resultando no desenvolvimento de estruturas leves em madeira. Esses sistemas destacaram-se por sua eficiência, por um processo construtivo de fácil e rápida execução e de baixo custo.

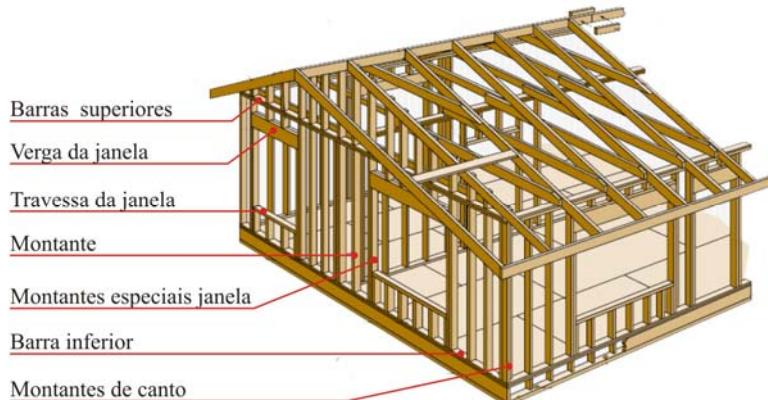
Existem, basicamente, dois tipos de sistemas leves em madeira: o sistema “Balloon-frame” e o Sistema Plataforma, sendo este último o mais difundido. Neste trabalho, optou-se pela utilização do último.

#### 4.1 Sistema Plataforma em madeira

O Sistema Plataforma em madeira é formado por um entramado estrutural composto de montantes e travessas de madeira maciça de pequenas dimensões (Figura 1) e chapas estruturais. Os montantes têm comprimento restrito à altura de cada pavimento, são pouco espaçados entre si e unidos por parafusos autoatarrachantes, pinos especiais ou pregos em aço (CAMPOS, 2006; DIAS, 2005). Essa ossatura é enrijecida por chapas estruturais em madeira compensada ou OSB, “Oriented Strand Board”, que dão estabilidade ao painel (Figura 2).

As chapas de madeira compensada ou OSB podem ser aplicadas horizontal ou verticalmente (Figura 2). Estas devem ser revestidas externamente por materiais protetores (“siding”) para garantir proteção contra as intempéries. Internamente, o painel pode receber revestimento de chapas de gesso acartonado, as quais garantem acabamento estético e também proteção contra incêndio.

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).

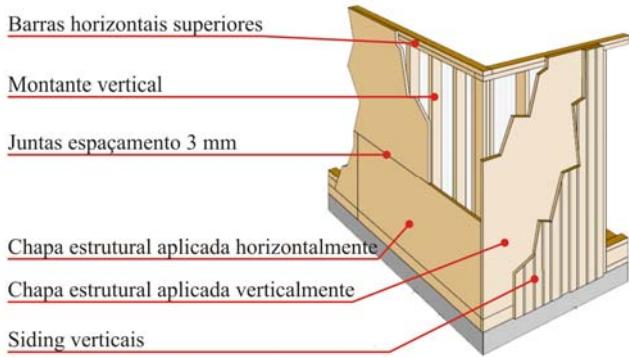


**Figura 1:** Detalhe da ossatura de vedação externa do Sistema Plataforma em madeira  
Fonte: adaptado de APA, 1997.

**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 x 7 cm	40 cm	2,4 m
	4 cm x 9 cm	60 cm	3,0 m
Suporta um pavimento e cobertura	4 cm x 9 cm	40 cm	3,0 m
	4 cm x 14 cm	60 cm	3,0 m
Suporta dois pavimentos e cobertura	4 cm x 9 cm	30 cm	3,0 m
	4 cm x 14 cm	40 cm	3,0 m
	7 cm x 9 cm	40 cm	3,8 m
Suporta três pavimentos	4 cm x 14 cm	30 cm	1,8 m

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



**Figura 2:** Detalhe de parede externa no Sistema Plataforma

Fonte: adaptado de APA, 1997.

Atualmente, as chapas OSB são comercializadas em dimensões de 1,22 m × 2,44 m. A largura de 1,22 m é padrão e determinada pelo maquinário do fabricante. Porém, seu comprimento é definido pelo cliente, conforme sua necessidade. A seleção da espessura das chapas de OSB deve respeitar os esforços solicitantes, a direção de aplicação, o espaçamento máximo entre os montantes e o tipo de revestimento a ser aplicado sobre ela. O mesmo critério é seguido para a dimensão das chapas de madeira compensada. Estas devem ser para vedação externa, com espessura mínima de 12 mm e 5 lâminas no mínimo, respeitando as normas NBR 9531 e NBR 9532 (ABNT, 1986).

O Sistema Plataforma permite a construção no canteiro-de-obras, a pré-fabricação parcial e a completa industrialização. Ele pode utilizar elementos pré-fabricados e normalizados passíveis de serem montados facilmente. A escolha do grau de industrialização depende dos fatores relacionados com a realidade da técnica da construção local e da qualidade da mão-de-obra. Todavia, ressalta-se que a mão-de-obra deve ser treinada para evitar problemas de execução e conexão de componentes deste sistema construtivo.

## 5 PAINÉIS VERTICIAIS MODULARES

As possibilidades de criação de painéis verticais modulares utilizando a técnica do Sistema Plataforma em madeira são amplas. No entanto, a proposta a ser apresentada aqui visa mostrar a aplicação da coordenação modular nesse sistema para evidenciar a racionalização da construção.

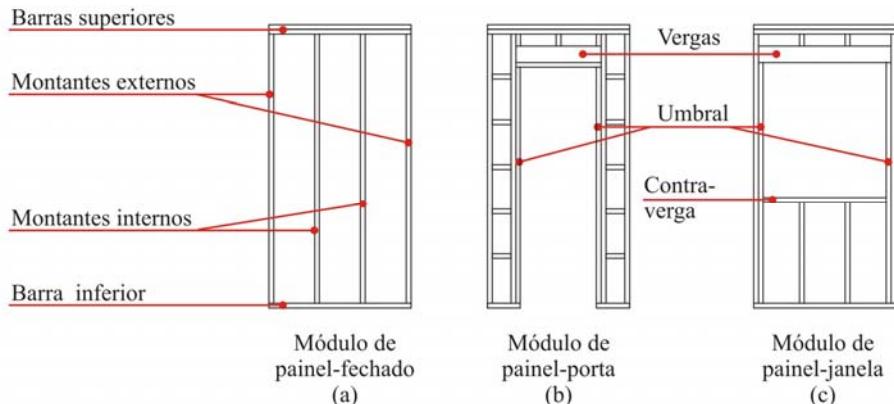
Os projetos de painéis verticais em madeira foram baseados nas seguintes premissas: existência de mão-de-obra treinada; pré-fabricação dos módulos básicos em indústrias especializadas, possuidoras de equipamentos com bom nível de automação e ajustados precisamente; utilização de madeira tratada oriunda de florestas plantadas e com teor de umidade adequado.

Os tamanhos dos painéis podem variar conforme a necessidade do cliente e do projeto arquitetônico, ou devido às possibilidades e limitações dos maquinários em fábrica. Segundo HOOR (1987 apud KRAMBECK, 2006) esses painéis modulares podem ser de pequenas dimensões, entre 1,00 e 1,20 metros de largura, ou de grandes dimensões, chegando até 10 m de largura. Contudo, neste trabalho, optou-se pela utilização de um vão modular de 120 cm × 240 cm.

### 5.1 Módulos básicos dos painéis

Nesta seção, serão apresentados três módulos básicos: painel cego ou fechado, painel-porta e painel-janela (Figura 3), os quais poderão ser combinados resultando em painéis do tipo: fechado + porta; fechado + janela; porta + janela; fechado + porta + janela.

No projeto dos módulos básicos de painel foram considerados: as técnicas da coordenação modular, os critérios estruturais, as dimensões dos elementos constituintes, as dimensões dos vãos modulares e folgas para montagem em obra, o tamanho do painel considerando a montagem com um pequeno número de pessoas envolvidas, e a possibilidade de utilização dos painéis em sistemas mistos.



**Figura 3:** Tipos de módulos de painel no Sistema Plataforma em madeira.

### 5.1.1 Módulo de painel fechado

O módulo painel fechado é o menos complexo dos três módulos básicos, logo o mais simples de confeccionar, pois possui menor quantidade e variedade de elementos na sua composição. A ossatura desse painel é formada por: dois montantes externos, dois montantes internos, uma travessa inferior e outra superior. Essas peças de madeira são conectadas entre si, normalmente, por pregos cravados de topo ou em ângulo. Ao invés dos pregos, podem-se utilizar conectores metálicos. Para completar o painel estrutural, a chapa de OSB, que enriquece a ossatura, deve ser pregada em todos montantes e travessas.

A fixação do painel-fechado 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 fechado é fixado sobre esta guia por meio de pregos, ou pelos próprios parafusos de fixação da guia à fundação, se a altura dos parafusos for suficiente. O uso da guia facilita a instalação e a precisão de posicionamento do painel (GUERTIN e ARNOLD, 2001 *apud* DIAS 2005).

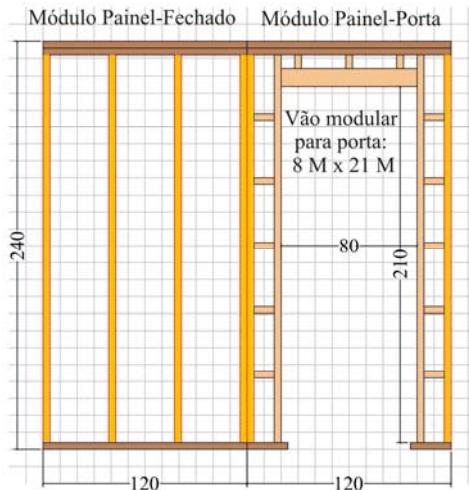
### 5.1.2 Módulos de painel-porta e painel-janela

A ossatura dos módulos de painel-porta e painel-janela é diferenciada da ossatura do painel fechado, a fim de comportar os vãos de encaixe das esquadrias. Por isso, além dos montantes externos e das travessas, existem os elementos especiais desses módulos: vergas, contra-vergas e umbrais. Segundo Dias (2005), cada umbral está fixado lateralmente a um montante inteiro e tem seu comprimento limitado ao nível da verga. As vergas estão apoiadas e fixadas sobre os umbrais, e a contra-verga está apoiada e fixada sobre montantes curtos (Figuras 3b e c).

O módulo de painel-porta possui pouca área coberta com chapa estrutural OSB e por isso apresenta pouca rigidez. Desde a saída da fábrica até a instalação na obra, sugere-se a aplicação temporária de um elemento na diagonal do vão da porta, a fim de manter o esquadro do mesmo.

Nos módulos porta e janela, deve-se ter cuidado com os ajustes e tolerâncias externas e internas ao módulo. Internamente, há um vão modular para encaixar a esquadria (Figura 4). A folha, marco, contra-marco e junta devem corresponder ao vão modular para garantir o posicionamento adequado destes componentes no painel.

As esquadrias padronizadas e utilizadas em diferentes sistemas construtivos devem apresentar acabamentos adequados ao sistema construtivo para garantir a estanqueidade dos painéis e a proteção do material construtivo. O estudo realizado por Lucini (2001), sobre a modulação de vãos de esquadrias, define as dimensões preferidas de esquadrias, porém salienta que a dimensão precisa da esquadria é definida pelo fabricante do produto, em função do projeto do mesmo e da tecnologia empregada, desde que atenda aos critérios mínimos de modulação de vão e juntas estabelecidos. Cabe salientar que, no Brasil, as esquadrias não são coordenadas modularmente. Verifica-se a necessidade de adequação dos fabricantes desse produto às normas técnicas de coordenação modular.



**Figura 4:** Vão modular para porta

### 5.1.3 Considerações gerais

A altura modular dos painéis foi definida para otimizar o aproveitamento das chapas de OSB em um vão vertical modular de 240 cm. Para seguir a quadrícula modular de referência, incluindo as folgas necessárias, a chapa deve sofrer alguns recortes. Para satisfazer o vão modular de 120 cm × 240 cm, ela perde 4 cm na altura e 2,3 cm na largura. Porém, neste caso, a pequena perda do material com recortes representa um ganho com a possibilidade de permutabilidade entre sistemas construtivos mistos. A edificação não necessita, obrigatoriamente, apresentar o pé-direito limitado pela altura da chapa de OSB ou pela altura do painel modular. O pé-direito, altura entre o piso acabado e a laje ou forro de cobertura, depende do projeto da edificação e deve respeitar as normas impostas pelo código de obras locais.

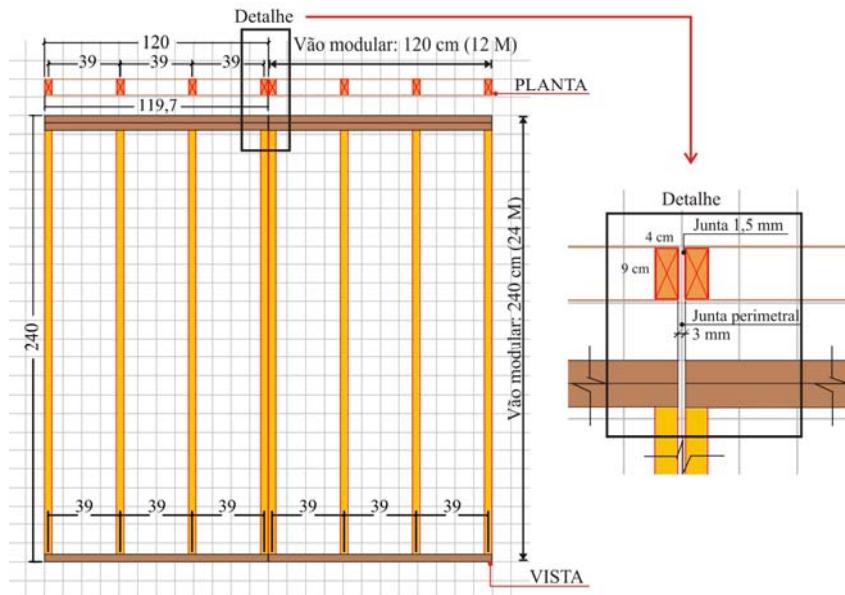
Para que ocorra a conexão adequada entre os elementos de madeira, é necessário estabelecer ajustes e tolerâncias conforme os materiais aplicados e o sistema construtivo usado. Essas folgas são estabelecidas com objetivo de prevenir possíveis casualidades decorrentes de erros de fabricação, de posicionamento na obra ou também de deformações no material. A MASISA (2006) sugere a utilização de uma junta de aproximadamente 3 mm para chapas OSB, a fim de garantir esse ajuste, os fabricantes devem usar espaçadores adequados na montagem. Assim sendo, para este trabalho, a largura adotada para os painéis foi de 119,7 cm ± 0,3 cm (Figura 5 - detalhe).

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 máxima utilização das chapas de OSB implicaria na adoção de um módulo de 1,22 m × 2,44 m. Todavia, esse painel poderia ser combinado apenas com aqueles dessa mesma proporção e não corresponderia a painéis que seguem as normas da coordenação modular de 10 cm. Do ponto-de-vista industrial e comercial, é importante aumentar as possibilidades de uso do produto a fim de garantir uma maior demanda do mercado consumidor. Os painéis elaborados com base nos princípios da coordenação modular atendem a esse critério e são mais adequados para sistemas construtivos mistos.

## 5.2 Composição dos painéis verticais modulares

Na composição dos painéis verticais modulares, adotaram-se painéis com vãos modulares de 120 cm × 240 cm, com junta perimetral de 3 mm, permitindo a composição dos espaços arquitetônicos em função de múltiplos de 120 cm. Esta composição poderia ser concebida utilizando unicamente o sistema plataforma ou um sistema misto, desde que os módulos dos sistemas fossem multimódulo 2 M ou 3 M. A Figura 5 ilustra a aplicação de dois módulos básicos, do tipo fechado, posicionados na quadrícula modular de referência em planta e em vista (Figura 5).



**Figura 5:** Painéis modulares fechados sobre quadrícula modular de referência e detalhe da entre painéis

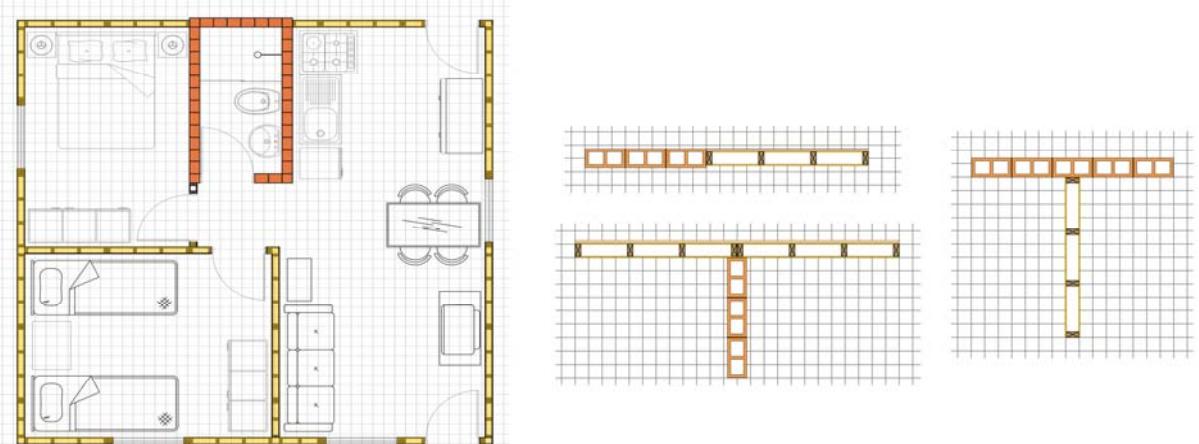
Cuidados devem ser tomados na montagem dos painéis em obra para garantir a qualidade da construção. As conexões de ossatura e de painéis devem: garantir estabilidade estrutural, permitindo a transmissão dos esforços de um painel a outro; evitar o arrancamento; e garantir a estanqueidade. Devem-se também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

## 6 APLICAÇÃO DOS PAINÉIS EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS MISTOS

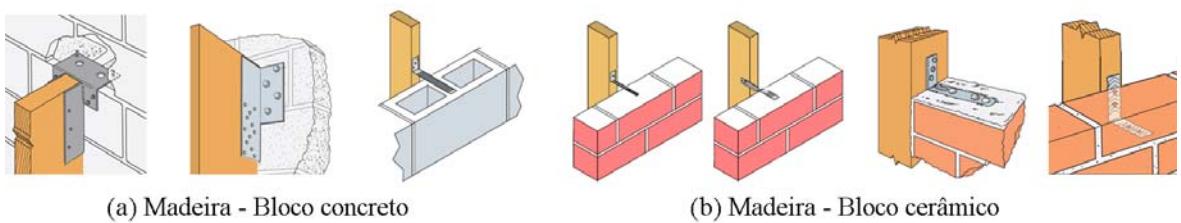
Após propor os painéis verticais do Sistema Plataforma para módulos de  $12\text{ M} \times 24\text{ M}$ , exemplifica-se aqui a possibilidade de construção mista entre painéis em madeira e uma forma mais tradicional de construção brasileira, a alvenaria (Figura 6). Os painéis em madeira são compatíveis com sistemas modulares múltiplos de 2 M ou 3 M, então a escolha da alvenaria a ser aplicada não é tão difícil, já que existem disponíveis diversas dimensões de blocos cerâmicos. Para o presente estudo, utilizou-se o bloco cerâmico de  $14 \times 19 \times 29\text{ cm}$  (largura, altura, comprimento), traduzindo em medidas de modulares, incluindo as juntas, correspondem a  $15 \times 20 \times 30\text{ cm}$ .

O detalhe de encontro entre os painéis em madeira e a alvenaria pode ocorrer de diversas formas, dependendo da composição do espaço arquitetônico (Figura 6). A inserção desses diferentes componentes na edificação será adequada quando suas dimensões estiverem bem coordenadas. No entanto, para manter a qualidade da edificação deve-se analisar mais do que a coordenação dimensional dos elementos. Conforme Cuperus (2001), além da ênfase dada para a coordenação de posição e dimensão de elementos, agora é importante salientar a “coordenação conectiva”, ou seja, a possibilidade de conectividade entre sistemas construtivos. A alteração da construção tradicional em canteiro para construção desenvolvida para montagem, em um processo mais eficiente reduz o tempo de construção e aprimora a qualidade das partes dos sistemas. No entanto, a qualidade da edificação não é apenas determinada pela qualidade das suas partes, mas também na forma em que estas são reunidas e conectadas entre si.

Os métodos de união são especialmente importantes na etapa de montagem dos elementos constitutivos. O grau de facilidade da montagem afeta o custo da construção. Por isso, esta deve ser fácil, rápida e estruturalmente confiável. Geralmente, os conectores entre madeira e bloco cerâmico ou bloco de concreto são chapas metálicas ou chumbadores (Figura 7). O que mostra a aplicação de elementos estruturais do Sistema Plataforma em madeira em sistemas construtivos mistos.



**Figura 6:** Habitação em alvenaria e Sistema Plataforma em madeira e detalhes da possibilidade de encontro entre os dois tipos construtivos.



**Figura 7:** Conexões entre madeira-bloco de concreto e entre madeira-bloco cerâmico.  
Fonte: SIMPSON, 2008.

## 7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo aplicar os conceitos da coordenação modular em elementos construtivos do Sistema Plataforma em madeira e sem sistemas mistos, de acordo com as normas técnicas brasileiras. Inicialmente, foram propostos painéis modulares que aplicam os conceitos do Sistema Plataforma. A proposição dos módulos de painel teve como condicionantes: as dimensões dos materiais constituintes de acordo com a estabilidade e resistência; as dimensões dos vãos modulares e folgas para montagem em obra; e montagem com pouca mão-de-obra envolvida. Após, analisou-se a conexão desses painéis com blocos cerâmicos, compondo um sistema construtivo misto.

Os painéis propostos atendem aos critérios estipulados por um quadriculado modular de referência a fim de proporcionar a intercambialidade entre painéis de sistemas construtivos mistos. O painel deve ser encaixado em um vão modular de 120 cm × 240 cm. Há necessidade de deixar espaços destinados aos ajustes, tolerâncias e juntas que garantirão o posicionamento adequado do painel no vão designado.

Conclui-se que a aplicação da coordenação modular em sistemas construtivos em madeira permite a utilização de elementos construtivos do Sistema Plataforma em sistemas mistos. A integração desses sistemas diferenciados é permitida pela intercambialidade e conectividade de componentes e sistemas que respeitam um módulo-padrão no sistema de referência. A adoção dos sistemas leves em madeira, em especial o Sistema Plataforma, é atraente para a construção de edificações no Brasil, haja vista a imensa disposição de madeira.

Sugere-se para futuras pesquisas a adequação das normas de esquadrias aos princípios da coordenação modular.

## **8 REFERÊNCIAS**

- APA (1997). **Panel Handbook and Grade Glossary**. The Engineered Wood Association, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-5731. **Coordenação modular da construção: terminologia**, 1982. 4p.
- \_\_\_\_\_. NBR 9531. **Chapas de madeira compensada: classificação**, 1986.
- \_\_\_\_\_. NBR 9532. **Chapas de madeira compensada: especificação**, 1986. 6p.
- CAMPOS, R. J. A. (2006). **Diretrizes de projeto para produção de habitações térreas com estrutura tipo plataforma e fechamento com placas cimentícias**. 2006. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.
- CUPERUS, Y. (2001). **An introduction to open building**. International Group for Lean Construction Annual Conference, 9a, Singapura, 6-8 agosto 2001. Proceedings... Singapura, 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, 2005.
- GREENPEACE. (2008). **Amazônia viva: Prioridade global**. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/amazonia/> Acessado em 21/02/08.
- KRAMBECK, T. I. (2006). **Revisão de sistema construtivo em madeira de floresta plantada para habitação popular**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2006.
- LUCINI, H. C. (2001) **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: PINI, 2001.
- MASISA. (2006). **Painel Estrutural OSB MASISA – Recomendações práticas**. Catálogo impresso. Curitiba, outubro 2006.
- PARIZOTTO FILHO, S. (2004). **Análise arquitetônica e construtiva de tipos habitacionais edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004
- 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.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 336p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- SIMPSON (2008). **Wood construction connectors** (catalog). SIMPSON Strong-Tie, 2008. Disponível em: [www.strongtie.com](http://www.strongtie.com) Acessado em: 01/05/08.
- WEYERHAEUSER (2007). **ILevel Trus Joist® Residential Wall Specifier's Guide**. July 2007.

## **9 AGRADECIMENTOS**

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