



**ENTAC2006**

**A CONSTRUÇÃO DO FUTURO** XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## **DIRETRIZES PARA IMPANTAÇÃO DE SISTEMAS DE VEDAÇÃO NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL ATRAVÉS DA MODULAÇÃO**

**Aguinaldo dos Santos (1); Agnes C. W. Pereira (2)**

(1) Programa Pós Graduação Construção Civil, Universidade Federal do Paraná  
Centro Politécnico, C.P. 19011, CEP: 81531-990 Curitiba- PR, e-mail: [asantos@ufpr.br](mailto:asantos@ufpr.br)

(2) Programa Pós Graduação Construção Civil, Universidade Federal do Paraná  
Centro Politécnico Caixa, Postal 19011 CEP: 81531-990, Curitiba, PR, e-mail: [agnes@creapr.org.br](mailto:agnes@creapr.org.br)

### **RESUMO**

Este artigo trata da importância do uso da modulação, dentro de uma prática modular para a habitação de interesse social, integrando as visões da construção e da manufatura. O objetivo geral é contribuir para a melhoria da habitação de interesse social com diretrizes para a obtenção de sistemas modulares abertos. O aspecto que diferencia o trabalho de pesquisas anteriores é a análise da modulação sob as óticas tradicional da construção e a da manufatura. A primeira abordagem tem foco predominantemente geométrico, enquanto a segunda tem seu foco voltado às questões de manufaturabilidade, particularmente na interface entre os sistemas. Para atender aos objetivos enunciados, o estudo inicia com uma visão histórica dos sistemas construtivos e segue expondo o conceito de construtibilidade, com ênfase nos princípios da coordenação modular. Na sequência, é apresentado o paradigma da modularização na visão da manufatura. Através do estudo de caso em dois conjuntos habitacionais, foi feita a análise de componentes utilizados na construção destas habitações, na visão das duas abordagens. Conclui-se que o presente paradigma de modulação utilizado na construção civil é limitado em escopo, e pode ter seu impacto ampliado na redução de perdas quando integrado com o paradigma da manufatura, orientando para soluções que resultem em maior intercambiabilidade e manufaturabilidade.

Palavras-chave: habitação de interesse social, modulação, componentes, coordenação modular

### **ABSTRACT**

This work deals with the importance of the modulation use, with focus in the practical aspects for housing projects for low income people, integrating the construction and manufacture perspectives. Its general goal is to contribute for improving these housing projects with modulation guidelines implemented for open building systems. The difference between this work and previous research is the integration of the traditional vision of construction and manufacture. The first approach has preferentially geometric focus and the second one has focus in manufacturability aspects, particularly in the interface between the systems. In order to reach the above goals, this study starts with the historic vision of the construction systems and follows explaining the constructability concepts, with emphasis on the modulate coordination principles. After that, it present the modularization paradigm from a manufacturing point of view. The study is carried out on typical low income housing projects. It is possible to conclude that the present modulation paradigm used in the civil construction has a limited scope. It can have its impact amplified in order to reduce the waste and increase added value, when it is integrated with the manufacturing paradigm and oriented to solutions that generate more interchangeability and manufacturability.

*Key words: low income housing, modulation, component, modulate coordination*

# 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo trata da aplicação da modulação como instrumento de racionalização do projeto e da produção de habitações de interesse social. São utilizados conceitos voltados para a perspectiva tradicional, com ênfase na geometria dos componentes e subsistemas, e também, na perspectiva da manufatura, com ênfase nos aspectos de *design* dos componentes. O objeto analisado neste artigo é uma produção artesanal de difícil modulação; assim, é analisada como elemento paradoxal, podendo ser incorporado a uma produção sistematizada a partir da utilização de técnicas de coordenação modular.

Segundo Sarja e Hannus (1995), a intenção das habitações é que atendam as necessidades durante toda a vida útil da construção. Para isso, as casas devem ser funcionais, saudáveis, confortáveis e econômicas, buscando o aproveitamento da tecnologia para construir de forma a contentar as pessoas. A construção deve ser voltada para a adaptação às mudanças, procurando adequar a construção dentro do conceito de economia sustentável. Como economia sustentável entende-se, por exemplos, projetar visando economia de energia, causar baixo impacto no meio-ambiente e prever tratamento de resíduos durante toda a vida útil da construção.

Uma das maneiras de otimizar o processo construtivo, aumentando a produção e reduzindo os custos, é com o uso de regras dimensionais para a produção de componentes modulares. A coordenação modular é um requisito de projeto na industrialização aberta, sendo passível de ser definida como a elaboração dos projetos sobre módulos (uma grade de linhas a distâncias iguais). Os módulos orientam a construção desde a edificação até seus componentes construtivos (CUPERUS, 2001).

Enquanto a indústria manufatureira busca os caminhos da flexibilidade através de novas tecnologias, o trabalho no canteiro de obras não pode ser realizado utilizando-se os métodos industriais empregados nas linhas de produção (BOBROFF, 1989). É bastante provável que o emprego e os investimentos flexibilizados na indústria sejam mais estáveis que os do segmento de edificações. Cabe assim buscar alternativas à construção, que permitam a fixação da mão-de-obra, através de uma estratégia de qualificação e polivalência. Uma destas alternativas é buscar maior integração e parcerias com as empresas fornecedoras de insumos e empreiteiras, visando ampliar a racionalidade do processo, mantendo flexível a estrutura produtiva (CARVALHO; SAURIN, 1995). Muitas são as empresas de construção que já iniciaram algum processo de modernização baseadas nestas tendências (BRANDÃO & HEINECK, 1998). Porém, para ser possível a utilização dos conceitos de modulação de acordo com a visão da manufatura na construção civil, são necessárias mudanças na maneira de ver a própria construção (CUPERUS, 2001).

É importante que os novos projetos voltados para a habitação de interesse social contemplem, entre outras questões fundamentais, os materiais especificados em relação ao estudo dimensional, calcados na coordenação modular (SILVA, 1995). Sistemas abertos são aqueles desenvolvidos a partir de vários elementos e componentes da construção, combinando-os em diferentes soluções arquitetônicas. Neste contexto, esta pesquisa pretende contribuir com diretrizes para a implementação de sistemas construtivos abertos para habitação de interesse social utilizando o conceito de modulação, analisada sob a ótica tradicional da construção e sob a ótica da manufatura.

## 2 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

### 2.1 Sistemas abertos

Sistemas construtivos abertos são aqueles desenvolvidos a partir de um elenco de elementos e componentes da construção (paredes, lajes, coberturas, janelas, portas) os quais podem ser combinados em diferentes soluções arquitetônicas em que se variam a quantidade, dimensões e disposição dos diversos cômodos. São ditos convencionais quando seus principais elementos (paredes, lajes e coberturas) são executados no canteiro de obras e são utilizadas técnicas e materiais construtivos convencionais, como tijolos, concreto, madeira e telhas cerâmicas (DORFMAN, 2002).

Outra visão de um sistema aberto consiste em modular partes de níveis diferentes, em produto e projetos intercambiáveis, que possam ser unidos de acordo com as regras de forma que o todo funcione. Um sistema aberto com múltiplos degraus tem sido selecionado como sistemática de construção. Estes degraus são construção, sub-construção, modulação, componentes e elementos básicos (SARJA & HANNUS, 1995). É condição necessária à viabilização do conceito de sistemas abertos combináveis, intercambiáveis e complementares entre si é que todos eles estejam calcados em um sistema de dimensões comuns – a coordenação modular (DORFMAN, 2002).

As regras dimensionais para a produção de componentes modulares estão entre as maiores responsáveis pelo aumento de produção e redução de custos na indústria, sendo a coordenação modular um requisito de projeto na industrialização aberta. A evolução das técnicas e materiais de construção permitiu uma mudança da ênfase da coordenação dimensional, da modulação padronizada para a conectividade entre componentes vistos como subsistemas (CUPERUS, 2001).

## **2.2 Sistemas fechados**

Sistemas construtivos fechados são os desenvolvidos a partir de um projeto arquitetônico único, que lhe serve de modelo. Os sistemas fechados não permitem variações na disposição e nas dimensões dos cômodos, das janelas, das portas ou de qualquer componente da moradia.

A idéia de sistemas fechados de construção foi a que mais rapidamente se difundiu na onda da construção industrializada ocorrida nos anos 50 e 60. Como exemplo pode-se citar o grande painel pré-fabricado de concreto que foi a marca da reconstrução da Europa destruída pela II Grande Guerra. A lógica que levou à concepção destes sistemas e à sua aplicação foi a da busca de ganhos de escala. Assim, na medida em que se desse às empresas a garantia de que estas iriam poder utilizar seus sistemas construtivos em escala e intensidade compatíveis com a recuperação dos recursos investidos em seu desenvolvimento e na aquisição dos equipamentos necessários à sua operação, instalar-se-ia o mesmo processo de redução dos custos unitários dos produtos finais que vinha sendo observado nos mais diversos ramos industriais (DORFMAN, 1989).

Cabe salientar que, desde o início do século XX, a indústria automobilística era o modelo que a indústria da construção buscava imitar (DORFMAN, 1989). Nos anos 60 e 70, a idéia era que a casa poderia ser um produto com o grau de industrialização de um carro, sendo este a “expressão máxima” de industrialização. Isso não se verificou na prática, porque a habitação tem tantas outras implicações que a industrialização não consegue satisfazer (CAVAGLIÁ, 1994). O fracasso da aplicação destes princípios à indústria da construção deveu-se a motivos diversos; um dos mais apontados foi a sua rigidez, incompatível com a estrutura pulverizada e heterogênea do mercado de edificações (DORFMAN, 2002).

## **3 MODULAÇÃO**

### **3.1 Modulação na visão de construção**

A modulação na visão da construção é um instrumento geométrico, físico e econômico que tem por função compatibilizar dimensionalmente os espaços de uma edificação. Como instrumento de projeto, objetiva contribuir para a melhoria da qualidade do mesmo, facilitando a concepção, elaboração e construção das edificações. A implantação da coordenação modular requer o estabelecimento de um sistema que coordene as dimensões do projeto, aliado ao ordenamento racional dos componentes de construção, em suas partes e totalidade (ANDRADE, 2000).

A modulação é tratada neste trabalho como instrumento de racionalização do projeto e da produção de habitações de interesse social. A modulação na construção civil envolve uma gama de considerações, tanto em relação ao número de componentes quanto às condições de fabricação, montagem e execução. A conciliação de todos estes componentes em projeto, ou seja, a coordenação modular é de grande importância, quando estão envolvidos dois aspectos: a repetição e a organização (NUIC;

SOUZA; ARAUJO, 2003).

### *3.1.1 Impactos da modulação na visão tradicional para a racionalização construtiva*

Geralmente as soluções dimensionais do projeto, como espessuras diferenciadas das paredes, espessuras do revestimento, alturas de portas e janelas e dos vãos deixados para serem preenchidos pela vedação vertical são concebidas sem que sejam considerados os valores que poderiam otimizar estes sistemas (FRANCO, 1998). Segundo o mesmo autor, com a utilização da coordenação dimensional e modular seria possível a padronização dos detalhes construtivos. Esta padronização, além de facilitar a execução e o controle dos mesmos, permitiria a padronização das soluções e o desenvolvimento de alternativas cada vez melhores para as diversas situações padrão. Desde a utilização de alvenarias tradicionais, até painéis com mais elevado grau de industrialização de seus componentes, a coordenação dimensional é requisito fundamental para diminuir a necessidade de ajustes, e para que não haja arremates ou improvisações que, por sua vez, correspondem a situações de desperdício e diminuição da produtividade na execução dos serviços.

A utilização do conceito de modulação na construção de edificações para Habitação de Interesse Social traduz-se em vários benefícios, entre os quais pode-se citar: possibilitar a utilização de componentes industrializados com sistema de pré-fabricação e linhas de montagem; permitir a padronização dos componentes, gerando flexibilidade na colocação dos mesmos; facilitar a ampliação dos espaços seguindo a evolução das necessidades e condições financeiras dos usuários; permitir a utilização das linhas de montagem facilitando o planejamento e evitando *re-trabalhos*; tornar mais rápida a construção, reduzindo o tempo de mão-de-obra e conseqüentemente os custos finais (FRANCO, 1998).

Lucini (2001) enfatiza que a racionalização construtiva, vinculada ao conceito de modulação, possibilita a resposta a várias necessidades na produção das edificações, como por exemplo: repetição de técnicas e processos; redução da variedade de tipos e dimensões de componentes; compatibilidade dimensional e tecnológica entre componentes; intercambialidade de componentes; produção seriada de componentes e de montagem tipificada; autonomia de etapas de execução e de montagem de componentes; detalhamento e especificação técnica sistematizada; controle eficiente de custos e de produção e o aumento da produtividade na fabricação e montagem.

## **3.2 Modulação na visão da manufatura**

Na visão da manufatura, módulo é a unidade básica do produto, tendo as interfaces padronizadas, possibilitando assim procedimentos como testes e pré-montagem, sem haver a interferência do produto como um todo (SANCHEZ, 2002). O conceito difere, portanto, da definição utilizada na construção civil, onde é fortemente voltada à questão da otimização geométrica entre componentes.

Os módulos têm sido por muito tempo uma concepção usada na indústria da manufatura (ERIXON et al., 2004). Na década de 60 foram realizadas as primeiras pesquisas sobre a aplicação da modularização, entendido como o ato de tornar algo modular, no desenvolvimento de produtos (MILLER & ELLGARD, 1998). Com o passar das décadas, o interesse pelo assunto têm aumentado, como pode ser verificado pelo volume cada vez maior de literatura sobre o tema. Segundo Pelegrini (2005), o aumento de interesse deve-se, provavelmente, a necessidade de inovação contínua e a tendência de customização em massa.

A modularidade é a propriedade de um sistema ser ou se tornar modular, sendo assim um atributo do sistema decorrente de um planejamento prévio (PELEGRINI, 2005). Miller e Elgard (1998), definem modularidade como um atributo de um sistema relacionado a sua estrutura e funcionalidade, sendo que uma estrutura modular consiste na junção de módulos por meio de interfaces e interações padronizadas. A substituição de um módulo por outro gera uma variação no produto. Modularização é uma estratégia para organizar e desenvolver produtos e processos de forma mais eficiente e dinâmica (BALDWIN & CLARK, 1997).

### *3.2.1 Impactos da modulação na visão da manufatura para a racionalização construtiva*

Os atributos funcionais desejáveis são decompostos em unidades básicas, denominados módulos. A perspectiva de desenvolvimento de produtos se dá de forma sistêmica, sendo o produto concebido a partir de uma plataforma. Dessa forma, é possível obter futuras variações ou aperfeiçoamentos (BALDWIN & CLARK, 1997). Neste contexto, as interfaces e as interações entre os módulos são amplamente especificadas.

No quesito agilidade, as atividades e as tarefas são planejadas em paralelo, sendo assim menor o tempo de desenvolvimento e menor a possibilidade de ocorrer erros. Todo o direcionamento de produção é para a customização em massa, obtendo-se como resultado o produto, ou a família de produtos modulares (ULLRICH; UPPINGER, 2002).

Baldwin e Clark (1997) afirmam que a modularização aumenta o grau de comunicação entre a empresa e cliente, permitindo que se crie um produto que realmente atenda as necessidades destes. Considerando que oferecer qualidade para satisfazer o cliente é o objetivo principal da empresa, e que uma característica das pessoas é a necessidade de variabilidade, a modularidade auxilia neste processo (FISHER, 1998).

A modularização cria possibilidades de produzir com o custo mais baixo, permitindo um conjunto de combinações, gerando novos produtos (OYEBODE, 2004). Outro impacto importante desta visão é a possibilidade de postergar decisões do projeto, permitindo que o projetista gerencie as mudanças nas exigências do mercado que afetem o produto (BALDWIN e CLARK, 1997). Estes autores enumeram as principais vantagens que a modularização apresenta, sob a abordagem da manufatura: variedade de produtos e customização em massa; maior velocidade de atualização do produto; redução de custos; inovação e introdução rápida de novos produtos; redução de risco e gestão da complexidade e a redução do impacto ambiental. Neste contexto, a modularização é uma ferramenta importante na busca de melhores práticas nas indústrias, na busca constante por melhorias.

## **4 METODOLOGIA**

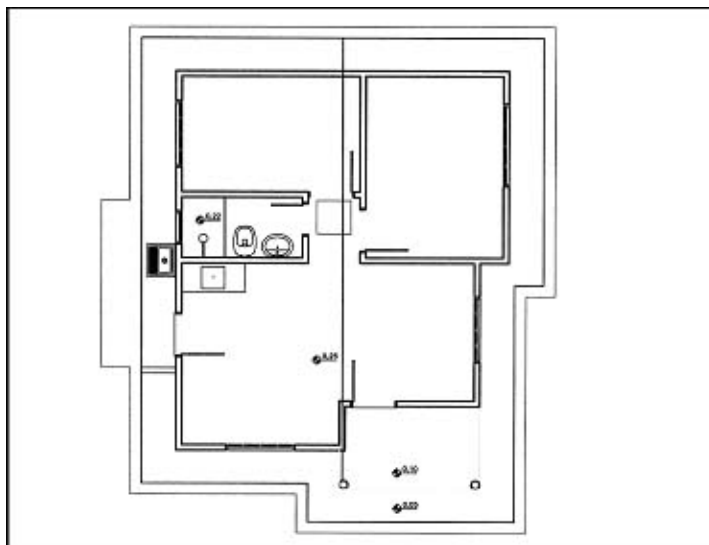
### **4.1 Método de pesquisa**

Para permitir a análise da modulação em habitações de interesse social, a partir de componentes existentes no mercado, foi adotado o método estudo de caso. Este método foi escolhido pelo problema a ser estudado ser contemporâneo, fazendo parte da realidade presente das empresas construtoras, incorporações, instituições como companhias de habitação e do usuário (YIN, 2005).

O conjunto habitacional foi escolhido para o estudo de caso por ter como futuros usuários população de baixa renda, serem residências térreas, utilizarem sistemas construtivos convencionais de execução, estar em processo de construção e por ser administrado por órgão público ligado a Habitação de Interesse Social (COHAPAR-PR). A coleta de dados ocorreu em uma tipologia do projeto arquitetônico previsto no conjunto habitacional. Na coleta de dados foram utilizadas observações diretas, registros fotográficos e medições geométricas.

O conjunto habitacional analisado é composto de 221 (duzentas e vinte e uma unidades), com 6 (seis) projetos arquitetônicos distintos, tendo áreas que variam de 40,03 m<sup>2</sup> a 40,36 m<sup>2</sup>, codificadas de CF-40A a CF-40F. As áreas dos lotes são de aproximadamente 180 m<sup>2</sup> para cada unidade habitacional. Todas as habitações são constituídas de dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro e varanda. O tanque está localizado em área externa à residência.

A tipologia utilizada para o estudo de caso foi a CF40-A1, sendo que no conjunto foram previstas a construção de 19 (dezenove) unidades desta tipologia. Estavam sendo construídas durante a realização das visitas ao local 13 (treze) destas residências, em diferentes fases de execução.



**Figura 1 - Planta baixa tipo CF40-A1**

## **4.2 Análise geral**

O recurso utilizado para a análise dos dados obtidos nas unidades habitacionais selecionadas foi a verificação do uso intencional do princípio de modulação nas diversas etapas construtivas. Foram analisados diversos itens, elencados a seguir:

- a) modulação na fase de concepção do projeto, com opção por espaçamentos uniformes entre os elementos construtivos;
- b) padronização dos materiais;
- c) grau de simplificação dos projetos, com opções por dimensionamento repetido de peças com poucas variações em seu desenho;
- d) possibilidade de liberação das montagens em qualquer seqüência executiva;
- e) uso preferencial de materiais de construção de forma a permitir posterior ampliação;
- f) busca na redução do número de componentes;
- g) busca pela eliminação de embutimentos e sobreposições de elementos construtivos, utilizando as instalações de forma concentrada tanto vertical como horizontalmente no projeto;
- h) utilização de materiais convencionais na obra;
- i) busca por flexibilidade entre os componentes da construção;
- j) intercambiabilidade dos materiais utilizados;
- k) possibilidade de repetição de técnicas e processos;
- l) compatibilidade dimensional e tecnológica entre os componentes;
- m) utilização do conceito de módulo;
- n) agrupamento de componentes;
- o) projeto com interfaces e interações claras;
- p) possibilidade de utilização do conceito de plataforma nos produtos especificados;
- q) modularidade por slot (onde as relações das partes são diferentes uma da outra); por bus (caracteriza-se por empregar uma estrutura base que pode receber diferentes tipos de

componentes); ou seccional (possibilita uma ampla possibilidade de configuração entre diferentes tipos de componentes).

#### 4.3 Problemas de modulação identificados no processo de construção

**Aspectos gerais:** A obtenção das características do processo de construção das habitações foi baseada em dados coletados através de registro fotográfico, realizado durante as visitas ao conjunto habitacional. Os componentes utilizados para a construção das unidades são convencionais, utilizando estacas do tipo broca; fôrmas de madeira para as vigas de baldrame; blocos cerâmicos de 6 furos para execução da alvenaria (dimensões 9x14x19 cm); vergas pré-moldadas, concretadas no próprio canteiro; as fôrmas das cintas de respaldo são de madeira; a estrutura da cobertura é executada com tesouras de madeira, e os demais componentes são também cortados e montados no local; a cobertura é com telhas cerâmicas e o forro é de madeira.

**Alvenaria:** Não existe na obra projeto de modulação da alvenaria, cabendo ao pedreiro de cada unidade a decisão sobre o assentamento dos blocos cerâmicos. São diversos os fornecedores dos blocos cerâmicos, sendo que as medidas dos blocos são diferentes. A argamassa de assentamento é preparada em betoneira numa central e transportada aos locais de obra e blocos cerâmicos estão depositados na central e são transportados imediatamente antes da sua utilização.

Nas Figuras 2 e 3, é perceptível que a falta de modulação em projeto acarreta problemas na execução. Na Figura 2, a verga está superposta na cinta superior. Na visita à obra foi realizada conferência geométrica nas duas unidades, em relação a altura piso-teto, constatando-se que esta altura (do contrapiso até a parte superior da cinta) é a mesma nas duas unidades. Desta forma, é possível afirmar que, neste caso, a falta de padronização dos blocos e a falta de modulação em projeto são responsáveis pela falta de padronização neste item da análise.



**Figura 2 – Verga e cinta sem espaçamento entre as peças**

Na Figura 3, foi necessário o preenchimento com blocos cerâmicos entre a verga e a cinta de respaldo, apesar da altura piso-teto ser a mesma que na unidade da Figura 2.



**Figura 3 – Existência de bloco cerâmico entre verga e cinta**

*Análise:* Nas figuras 2 e 3 é perceptível que não há projeto de modulação de alvenaria, através das diferenças de medidas mostradas nas figuras. Foi constatado também, na verificação na obra, que os blocos utilizados nos dois casos são de fornecedores diferentes, com variações nas dimensões que excedem o permitido pela norma. Esta variação configura outro problema, que é a falta de padronização dos fornecedores para o mesmo componente construtivo. A padronização de componentes auxiliaria na resolução deste problema, evitando os cortes dos blocos sobre as esquadrias.

**Esquadrias:** A Figura 4 mostra que o vão para a colocação da abertura foi maior do que o necessário durante a execução da alvenaria, gerando trabalho em espera, e posterior *re-trabalho*. Por vão de colocação de esquadria entende-se o tamanho da esquadria mais a folga para a instalação da mesma. Além da demora na conclusão da tarefa, a prática aplicada pode acarretar problemas de patologia, quando do preenchimento do vão com alvenaria, como fissuras na junção da alvenaria previamente existente com a executada depois, causando infiltração de água da chuva.



**Figura 4 – Preenchimento com blocos cerâmicos após instalação de esquadrias**

Na Figura 5, percebe-se a existência de folgas excessivas na execução da alvenaria, dificultando a colocação destas.

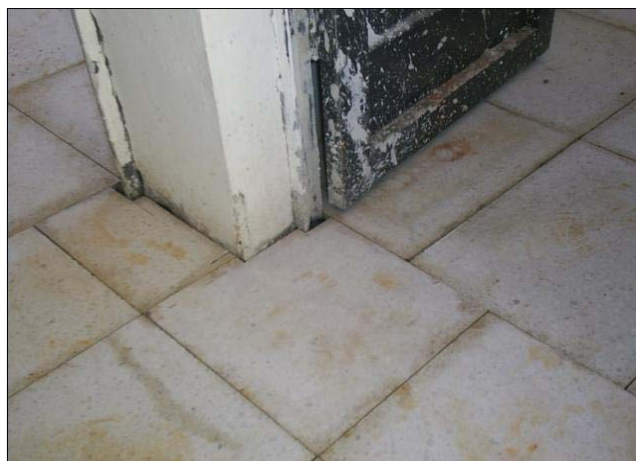




**Figura 5- Folga demasiada entre esquadria e alvenaria**

*Análise:* o procedimento de retornar à unidade em construção para o preenchimento de uma fiada de blocos sob a janela após o revestimento é um procedimento que demonstra a falta de modulação. Em uma análise preliminar poder-se-ia indicar como solução a utilização de janelas maiores no sentido da altura, ou buscar junto ao mercado fornecedor um bloco que satisfizesse a dimensão necessária, ou executar contra verga pré-moldada para o preenchimento do vão, entre outras medidas. A modulação em projeto teria sido de grande auxílio para a solução deste problema, trazendo benefícios como economia e agilidade ao processo.

**Pisos:** As dimensões dos pisos utilizados, conforme medição geométrica realizada na obra, eram de 20cm x 30cm ou 30cmx30cm. A falta de modulação em projeto causa transtornos como os que verificamos na Figura 6, na qual se observa o grande número de cortes para a execução do piso.



**Figura 6- Cortes efetuados na cerâmica**

*Análise:* a modulação dos pisos, especialmente dos cerâmicos é importante no processo construtivo, especialmente nas habitações de interesse social. Os cortes, além de representar perda de material, oneram o processo pelo dispêndio de tempo de mão-de-obra e pela necessidade de utilização da máquina de corte.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos resultados provindos de procedimentos de coleta de dados como pesquisa documental, observação direta, entrevistas e o registro fotográfico evidenciaram que o conceito de modulação de componentes não está presente de forma intencional nos projetos analisados.

Através da observação direta e dos registros fotográficos, foi possível perceber que perdas de material e trabalho humano poderiam ser evitados se houvesse a concepção de modulação em projeto. As entrevistas, por sua vez, demonstram que existe a percepção empírica nos usuários e nos operários quanto a importância da modulação no que tange a eliminação de perdas de material e mão-de-obra.

O mercado da construção civil oferece diversos produtos com os quais é possível proceder a modulação dos componentes, porém a falta da concepção na fase do projeto muitas vezes inviabiliza o uso destes elementos na fase da execução da obra.

Visando auxiliar os profissionais da área, a seguir são apresentadas algumas diretrizes que podem ser usadas como ferramentas para viabilizar a modulação. Estas diretrizes foram divididas em relação ao projeto, à interface com a mão-de-obra e aos componentes.

**Em relação ao projeto:** os projetos devem ser simplificados, principalmente no que tange aos detalhes, de modo a simplificar a execução dos trabalhos no canteiro de obras; projetar de modo a permitir a repetição de técnicas e processos, buscando a redução da variedade de tipos, dimensões e número de componentes construtivos; projetar para ser possível a atualização do projeto com facilidade; especificar materiais de construção que permitam posterior ampliação; o projeto deve buscar formas de permitir a customização em massa; deve haver a preocupação em especificar componentes com intercambiabilidade, de forma a possibilitar a modulação, buscando utilizar a modularidade por slot, bus ou seccional.

**Em relação à interface com a mão-de-obra:** buscar projetar de forma a ser possível liberar a montagem em qualquer sequência executiva; buscar informações sobre a habilidade da mão-de-obra a ser utilizada na obra, buscando também projetar de modo a simplificar as substituições práticas no canteiro de obras; projetar com vistas para sequências práticas e simplificadas de execução; eliminar ou diminuir os embutimentos de elementos construtivos, no sentido de não haver sobreposições dos elementos.

**Em relação aos componentes:** buscar a especificação de componentes com compatibilidade entre os elementos, utilizando sempre que possível especificar elementos construtivos padronizados; prever o uso de peças pré-fabricadas sem complexidade, com um claro desenvolvimento das sequências construtivas; buscar interfaces claras entre os componentes especificados no projeto; observar a definição de espaçamentos uniformes entre os elementos construtivos; especificar materiais convencionais; verificar se há compatibilidade dimensional e tecnológica entre os componentes especificados, buscando a flexibilidade entre estes, com interfaces entre os componentes da construção; projetar utilizando o conceito de plataforma de produtos e de família de produtos.

Os resultados obtidos no estudo de caso ilustram que os conceitos de construtibilidade, especialmente no que concerne à modulação de componentes, estão sendo pouco utilizados na indústria da construção civil. Apesar dos avanços da tecnologia, pouca coisa mudou nas últimas décadas no canteiro de obras. As perdas de materiais e de trabalho humano continuam grandes. A indústria da manufatura, mais adiantada tecnicamente, pode contribuir com subsídios importantes para a indústria da construção.

Para que os usuários das habitações de interesse social possam habitar residências com melhores condições gerais, órgãos públicos ligados à construção de habitações para baixa renda, projetistas e engenheiros de obra, fornecedores de insumos precisam se unir, trocando informações que permitam a melhoria das interfaces entre os diversos elementos que compõe as residências.

Não obstante o tipo de indústria a ser analisada, é possível afirmar que a modulação é uma maneira de realizar projetos para melhor atender a população. Portanto, considera-se que o atributo da modulação para implementação de sistemas construtivos abertos deveria necessariamente fazer parte dos projetos, particularmente em instituições e organizações envolvidos com habitações de interesse social.

## 6 REFERÊNCIAS

BALDWIN, C.Y.; CLARK, K. *Managing in an Age of Modularity*. Harvard Business view, 1997. Disponível no endereço eletrônico: [www://users.du.se/~pke/Course.htm](http://www://users.du.se/~pke/Course.htm). Acesso em 03.04.05.

BOBROFF, J. *A new approach of quality in the building industry on France*. Lisboa, 1989

BRANDÃO, D. Q.; HEINECK, L. F. M. **Classificação das formas de aplicação da flexibilidade arquitetônica planejada em projetos de edifícios residenciais**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, ANTAC, 1998, v. 2, p. 215-222.

CARVALHO, M. S. e SAURIN, T. A. **Tópicos sobre Flexibilidade como Estratégia Competitiva na Indústria da Construção Civil** - Subsetor Edificações. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, Nov/1995.

CAVAGLIÁ, G. **Os ritmos da tecnologia**. Techne, São Paulo: PINI, 1994

CUPERUS, Y. *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.

DORFMAN, G. **Contribuição à visão integradora das técnicas de edificação e de seu processo de mudança**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1989.

DORFMAN, G. **Flexibilidade como balizador do desenvolvimento das técnicas de edificação no século XX**. UNB/FAU/Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: UNB, 2002

ERIXON, G. et al. (2004). *Development of Modular Products* Disponível no endereço eletrônico <http://www.users.du.se/~pke>. Acesso em 03.04.05

FISHER, L. *Can't someone tell me how to measure quality?* Quality SIG newsletter, (1988). Disponível no endereço eletrônico: [www://stcsig.org/quality/1998\\_2.pdf](http://www://stcsig.org/quality/1998_2.pdf). Acesso em 20.04.05

FRANCO, L.S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica. USP, 1992.

FRANCO, L.S. **O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção**. In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1o: 1998 : São Paulo) Anais.

LUCINI, H.C. **Manual técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias**-1 ed. São Paulo: Pini, 2001

MILLER, T.D.; ELGARD, P. *Defining modules, Modularity and Modularization*. ISBN 87- 89867-60-2, *Design forIntegration in manufacturing, Proceedings of the 13<sup>th</sup> IPS Research seminar, Fuglose*, 1998.

OYEBODE, A. *Modularity and Quality* In: Proceedings from the 2nd seminar on development of Modular Products, Dalarna University, Sweden, 2004.

PELEGRINI, A. V. **O processo de modularização em embalagens voltado para a customização em massa: uma contribuição para a gestão do design**. Dissertação de Mestrado- UFPR. Curitiba,

2005

SANCHEZ, R. *Using Modularity to manage the Interactions of technical and dustrial Design*. Design management Journal, Vol .2. Boston MA: design Management institute, 2002

SARJA, A; HANNUS, M. *Modular systematics for the industrializes building*. Technical research Centre of Finland, ESPOO,1995

ULLRICH, T., EPPINGER, D. (2000). *Product design and Development*. Singapore. Disponível no endereço eletrônico: [www.users.du.se/~pke/Course.htm](http://www.users.du.se/~pke/Course.htm). Acesso em 06.05.05

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed. Trad. Daniel Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2005.