

---

**Autora: Vanessa Ferraz Lacerda de Mello**

**Orientador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes**

**Monografia**

**UMA VISÃO GERAL SOBRE MODULAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2010

**VANESSA FERRAZ LACERDA DE MELLO**

**UMA VISÃO GERAL SOBRE MODULAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola  
de Engenharia da UFMG.

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2010

À Deus, pela vida. E a todos que me apoiaram.

## RESUMO

A utilização de uma medida padrão ocorre desde a antiguidade com os gregos e romanos. A partir da década de quarenta os estudos acentuaram-se e normas brasileiras foram criadas na tentativa de padronizar a coordenação modular.

São muitos os conceitos envolvidos no sistema de coordenação modular, que objetiva a redução de custo, prazo e flexibilização a partir da racionalização da construção.

Países como Canadá, Estados Unidos e Alemanha têm avançado na utilização do sistema modular na construção civil. O processo de construção civil no Brasil é ainda artesanal, com prazos de entrega extensos, mão de obra não especializada e com grande desperdício.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Exemplo de um sistema de coordenação modular.....	12
FIGURA 2: Edifício Crystal Palace.....	14
FIGURA 3: Módulo –M.....	17
FIGURA 4: Reticulado Modular de Referência.....	17
FIGURA 5: Quadriculado Modular de Referência.....	18
FIGURA 6: Posicionamento de tijolo maciço.....	18
FIGURA 7: Módulo básico.....	19
FIGURA 8: Zona Neutra.....	20
FIGURA 9: Interfaces e Interações internas e externas dos módulos.....	25
FIGURA 10: GHX-1 Gas Handling Expansion - Prudhoe Bay, Alaska.....	26
FIGURA 11: Conjunto habitacional na Alemanha.....	28

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Coordenação Modular – Terminologias.....	20
--	----

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>10</b>
3.1.	O MÓDULO E A COORDENAÇÃO MODULAR.....	10
3.2.	HISTÓRICO DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	12
3.3.	CONCEITOS.....	16
3.2.1	Sistema Modular de Referência .....	16
3.2.2	Reticulado Modular de Referência .....	17
3.2.3	Quadriculado modular de referência ou malha modular.....	17
3.2.4	Módulo Básico.....	18
3.2.4	Medida de Projeto do componente.....	19
3.2.4	Zona Neutra.....	19
3.4.	NORMAS BRASILEIRAS.....	21
3.5.	SISTEMAS MODULARES DE CONSTRUÇÃO.....	24
3.6.	PANORAMA MUNDIAL DA CONSTRUÇÃO MODULARIZADA.....	26
<b>4.</b>	<b>ANALISE CRÍTICA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>30</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO

A modulação é um conceito que não surgiu nos dias atuais. As civilizações gregas, a romana e até mesmo os egípcios, trabalharam com a modulação, pelo menos em algum grau, na sua arquitetura. No sentido do dicionário, um módulo é simplesmente uma unidade de medida, cujas dimensões podem ser grandes ou pequenas. Assim, em qualquer construção em que uma determinada dimensão, como a de espaçamentos de coluna, é utilizada repetidamente, pode-se dizer ser de concepção modular.

Até o advento da máquina, o módulo foi usado principalmente como um instrumento estético ou arquitetônico, mas na era da industrialização os seus valores práticos se tornaram tão ou mais importantes. O design modular de hoje, muitas vezes implica a coordenação dimensional de componentes pré-fabricados, ou coordenação modular - um conceito que remonta menos de cinquenta anos. Durante várias décadas este conceito mais complexo, foi promovido por várias agências, tanto aqui como no exterior, e em flutuantes graus de atividade, como um auxílio para construção mais eficiente.



## **1. OBJETIVO**

O presente trabalho tem como objetivo conceituar a coordenação modular, identificar sua aplicação na construção civil, bem como, abordar os principais aspectos dessa estratégia de construção na indústria brasileira e mundial.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O MÓDULO E A COORDENAÇÃO MODULAR

Segundo o dicionário Aurélio (2008), a palavra módulo apresenta as seguintes definições:

- a) Medida adotada para regular as proporções das diversas partes de uma construção;
- b) A menor medida comum que devem apresentar os diferentes elementos que entram na composição de um edifício, a fim de que possam tais elementos justapor-se e sobrepor-se no espaço, sem necessidade de rotação, quando da respectiva colocação.

A NBR 5706 (1977) define o módulo como a distância entre dois planos consecutivos do sistema que origina o reticulado espacial de referência.

O módulo mundialmente adotado é o decímetro (10 cm) e é universalmente representado pela letra M.

A definição de um módulo implica que todos os componentes, ou parte significativa deles, tenham suas dimensões estabelecidas pela multiplicação ou fração de uma mesma unidade. Isso faz com que se obtenha mais facilmente uma mesma medida pela combinação de diferentes elementos, o que resulta numa inter-relação harmônica dos componentes entre si e com o total do edifício (ARGENTINA, 1977).

Segundo BARICHELLO (2008), a definição para o módulo parece um pouco confusa, uma vez que ela varia de acordo com o período histórico e o contexto em que está aplicado. Na Antigüidade, o módulo era uma unidade de medida utilizada como referência para técnicas construtivas. Ao longo do tempo, o conceito de módulo variou considerando-se o surgimento das indústrias de manufaturas, a produção em massa e seriada. Na atualidade, a definição mais conhecida é aquela em que o módulo é um componente ou uma unidade independente o qual possibilita a padronização de medidas e conseqüente variedade de produtos.

Segundo Rosso (1976), o módulo é a unidade básica de medida usada para quantificar e medir um espaço.

Na atualidade, o conceito de módulo também é aplicado aos cômodos de construções, à casa por completo, ou grandes blocos de edificações industriais que são produzidos em fábricas e/ou galpões de montagem e depois transportados para o canteiro onde serão encaixados. Este conceito também será exemplificado neste trabalho.

A Coordenação Modular consiste num sistema capaz de ordenar e racionalizar a confecção de qualquer artefato, desde o projeto até o produto final. Esta ordenação e racionalização se efetiva, principalmente, pela adoção de uma medida de referência, o módulo, considerada como base de todos os elementos constituintes do objeto a ser confeccionado.

A sua utilização é mais freqüente em obras de grande porte e que requerem um método construtivo rápido e racionalizado. É o caso, por exemplo, de obras institucionais (escolas, prédios públicos), hospitais, conjuntos habitacionais e edifícios industriais (como galpões). A coordenação modular envolve módulos: funcionais, estruturais, construtivos, de instalações, de infra-estrutura predial, etc.

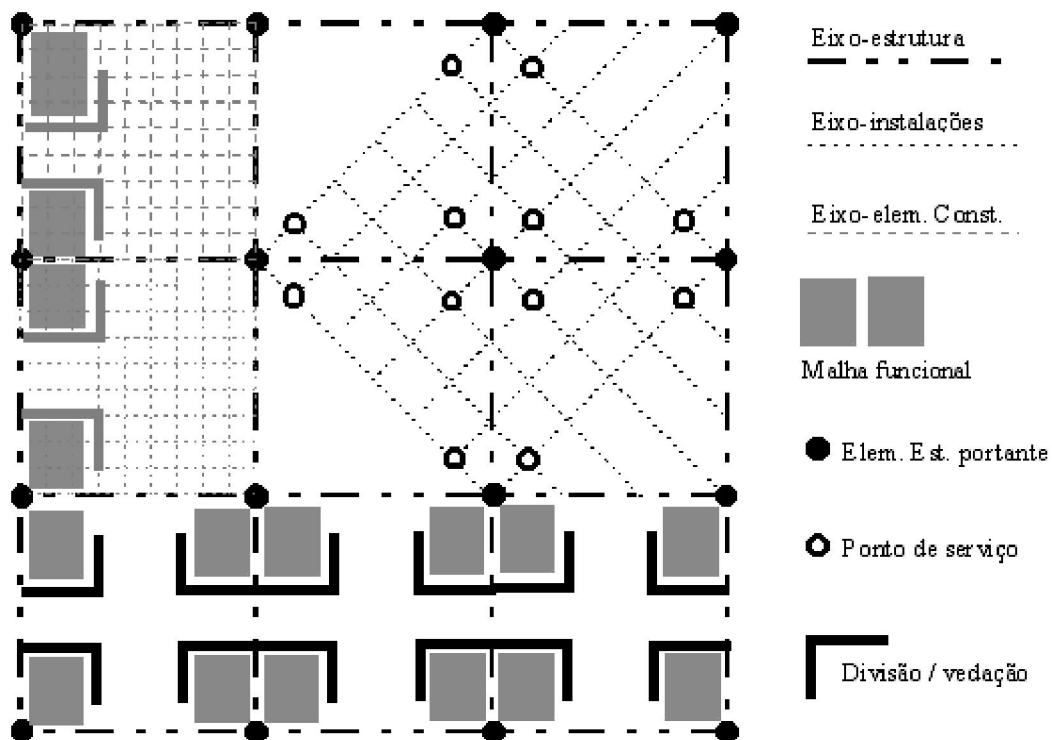


FIGURA 1: Exemplo de um sistema de coordenação modular

## 2.2. HISTÓRICO DA COORDENAÇÃO MODULAR

Desde a Antiguidade a concepção de módulo é conhecida. Gregos e romanos utilizavam o conceito de módulo na arquitetura objetivando proporção e simetria a partir da unidade básica utilizada (VITRÚVIO, 2007).

Na civilização Grega, para a unidade básica das dimensões era utilizado o diâmetro da coluna. A partir desse módulo, criavam-se todas as demais dimensões, não só da própria coluna – como o fuste, o capitel e a base –, mas de todas as demais dimensões da obra arquitetônica.

Os romanos criaram uma unidade de medida antropométrica denominada passus romano. Assim, todo o planejamento das cidades e projetos de edificações eram baseados no reticulado modular baseado no passus. Os romanos também padronizaram os tijolos em dois tipos universais: bipetalis e o sesquipetalis (ROSSO, 1976).

Em meados da Revolução Industrial, o conceito de módulo baseou-se na produção industrial e os projetos. O edifício Crystal Palace, construído em 1851, foi concebido em um reticulado modular de 8 pés (2440 mm) em chapas de vidro (ROSSO, 1976).

Em 1921, o americano Albert Farwell Bemis começou seu trabalho no campo da modulação na construção. Sua principal preocupação naquela época era atualizar o setor imobiliário, o qual não tinha conseguido acompanhar a evolução da tecnologia industrial. Observando que quase todos os outros campos da vida tinham se beneficiado devido à industrialização, Bemis procurou um método mais racional para a produção de materiais de construção e seus componentes. Esta racionalização, segundo ele, poderia ser conseguida a partir de uma análise da estruturação física da construção (ROSSO, 1976).



FIGURA 2: Edifício Crystal Palace

Em 1936, Bemis publicou seu livro “The Envolving House” no qual ele descreveu com detalhes sua proposta para o desenvolvimento de um sistema de construção com base em um módulo de três dimensões, denominado de “método modular cúbico”.

Embora a redução de resíduos fora o objetivo principal de propor seu método modular, Bemis enfatizou que também traria vantagens muito importantes como:

- Uma unidade de medida comum;
- Redução de uma diversidade de tamanhos para alguns tamanhos padrão;
- Economia de detalhes;
- Compatibilidade dimensional dos acessórios, equipamentos e mobiliário.

Os seguidores de Alfred Farewell Bemis adotaram o módulo-dimensão de 4 polegadas, conforme havia sido sugerido em 1925 pelo engenheiro Fred Head. no motivo da escolha é explicado que esta dimensão daria uma flexibilidade adequada e também porque estava relacionada com a dimensão utilizada nos estudos das casas em madeira americanas (BYRNE, 1970).

Muitos países europeus também vieram a estudar a questão da coordenação modular. A França adotou uma norma padrão de modulação, e no mesmo ano, 1942, Bergvall e Dahlberg desenvolveram um módulo de 10 cm de tamanho de janela, na Suécia, enquanto na Alemanha a coordenação modular começou a ser usada na construção durante a guerra. A Rússia aprovou uma "Norma regulamentadora de Construção", em 1954. Em todos esses casos, 10 centímetros, o equivalente aproximado de 4 polegadas, foi escolhido como o módulo base.

A motivação para a aplicação dessas normas européias tem sido um pouco diferente, porém, desde aquelas relacionadas com os padrões americanos. A maioria delas envolveu também algum módulo maior compatível ou de "tamanho preferido", para ser usado junto com o módulo base de 10 cm.

Estes módulos maiores são geralmente relacionados com dimensões planejadas adequadas para um tipo particular de construção, o módulo planejado de 40 cm para a construção residencial e o maior, de 3m para construções industriais. Além disso, a maioria dos padrões europeus resultou de pressões dentro do setor de habitação. Nos países onde a mão de obra qualificada é escassa e os custos de materiais é

relativamente alto, a pré-coordenação e pré-montagem foram encontrados para guardar os materiais e obter velocidade na montagem no site (AZUMA, 2008).

Atualmente, através da atuação de várias entidades internacionais, incluindo a International Standard Organization (ISO), definiu-se o módulo básico de 10 cm. No entanto, os Estados Unidos ainda não aplicam o módulo de 10 cm. Em 1946, foi publicado nos Estados Unidos, o projeto A62 - Guide for Modular Coordination, que define um módulo básico de 4 polegadas.

No Brasil, quando da criação da primeira norma, em 1950, não houve interesse por parte do setor de construção civil que estava direcionado às classes mais abastadas e não preocupadas com a redução de custo. Porém, durante a década de 70, houve grande necessidade de crescimento e produção de habitação com interesse social e 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).

## 2.3. CONCEITOS

### 3.2.1 Sistema Modular de Referência



Segundo a NBR 5706 (1977) é o sistema constituído por pontos, retas e planos, que servem de referência espacial para se determinar as dimensões e a posição dos componentes construtivos.

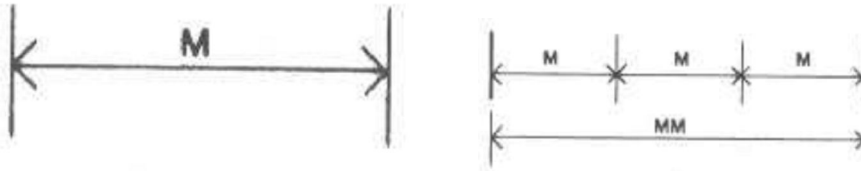


FIGURA 3: Módulo -M

### 3.2.2 Reticulado Modular de Referência

A partir do sistema modular de referência tem-se o reticulado modular de referência o qual é definido na NBR 5731 (1982) como uma malha tridimensional em que um sistema de linhas delinea módulos espaciais subsequentes de dimensões (largura, comprimento e altura) iguais a um módulo.

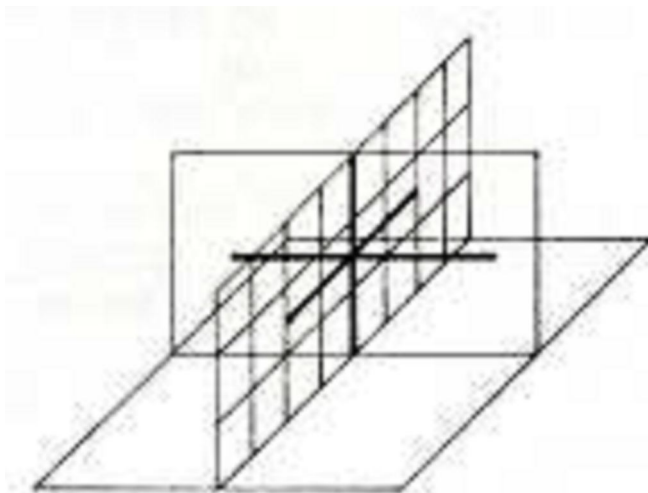


FIGURA 4: Reticulado Modular de Referência

### 3.2.3 Quadriculado modular de referência ou malha modular

O quadriculado modular de referência (ou malha modular) é a projeção ortogonal do reticulado espacial de referência sobre um plano paralelo a um

dos três planos ortogonais (NBR 5706, 1977). A Figura 5 representa um quadriculado modular de referência, onde o espaçamento entre as linhas é igual a 1M. Conforme a NBR 5729 (1982), para que se tenha um perfeito posicionamento no quadriculado modular de referência é necessário conhecer previamente os componentes da construção, bem como suas propriedades físicas e dimensões.

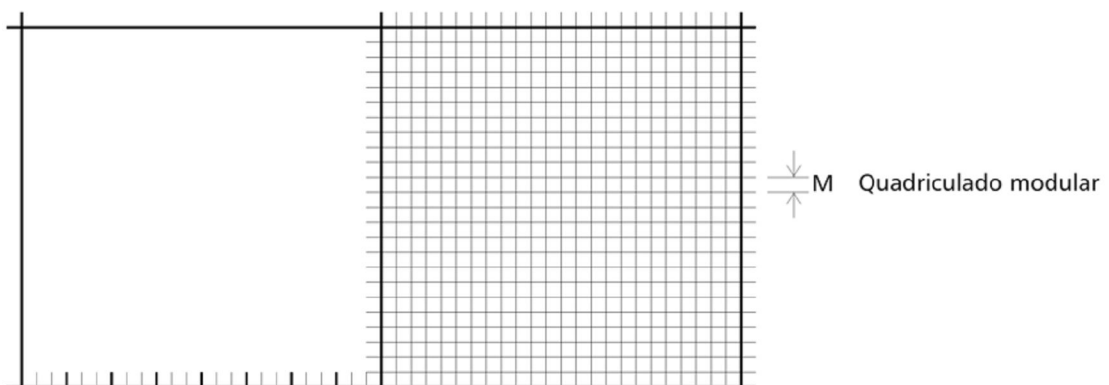


FIGURA 5: Quadriculado Modular de Referência

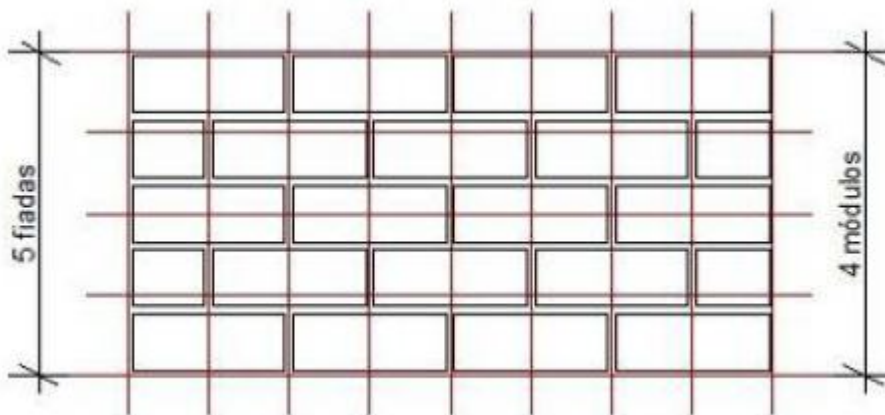


FIGURA 6: Posicionamento de tijolo maciço

### 3.2.4 Módulo Básico

Medida mínima de referência da qual devem derivar as medidas em projeto e obra. Corresponde a uma medida mínima divisora comum que visa coordenar as dimensões dos elementos de construção. O desenho do reticulado modular de

referência resulta dessa medida. Por convenção internacional, o módulo básico (M) mede 10 cm.

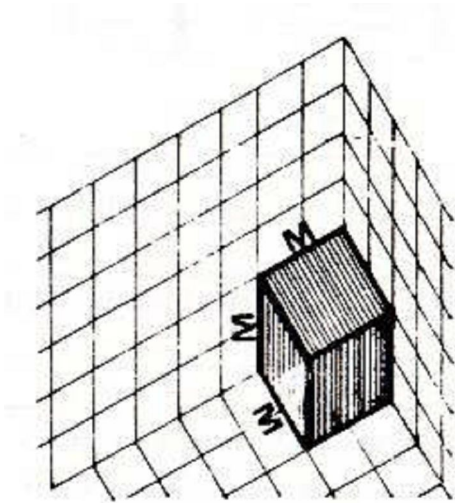


FIGURA 7: Módulo básico

#### 3.2.4 Medida de Projeto do componente

Consiste na medida de cada componente seja janela, porta ou bloco no projeto. Por exemplo, um bloco de concreto tem uma medida de projeto de 20 cm x 20 cm x 40 cm. Porém, todos os componentes para serem acoplados, têm juntas. Para blocos a junta é de 1 cm, isso consiste em dizer que a medida real do bloco é de 19 cm x 19 cm x 39 cm.

#### 3.2.4 Zona Neutra

Segundo a NBR 5707 (1982), consiste em uma zona não modular que separa reticulados modulares espaciais de referência que, por alguma razão, necessitem ser separados entre si. Todo o espaço pode estar modulado, mas há esta região que há interferências. Essa região é denominada de zona neutra e apenas dentro dela a coordenação modular não é respeitada.

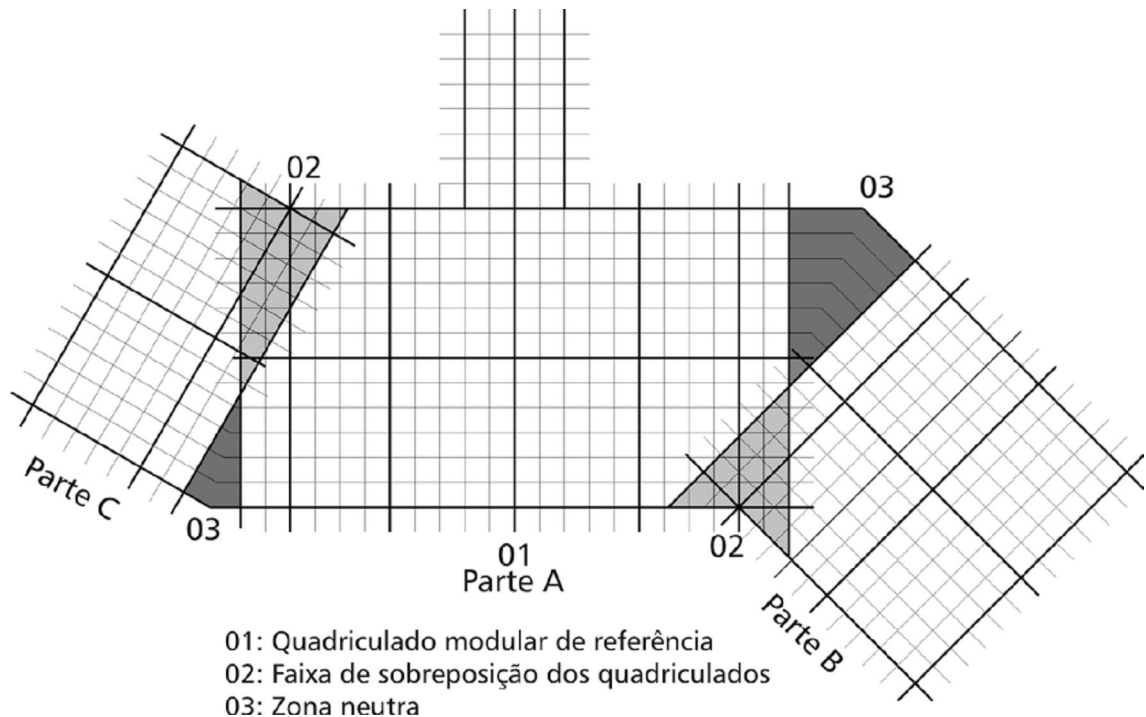


FIGURA 8: Zona Neutra

O Quadro a seguir resume os principais termos utilizados ([www.mom.arq.ufmg.br](http://www.mom.arq.ufmg.br)):

Coordenação dimensional	Qualquer convenção para coordenar entre si medidas de componentes construtivos e das edificações nas quais são usados.
Coordenação modular	Coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de multimódulos.
Módulo ou módulo básico	A medida linear fundamental da coordenação modular, cujo valor é $M=10\text{ cm}$ ou $M=100\text{mm}$ .
Multimódulos	Múltiplos inteiros do módulo básico.
Incrementos submodulares	Frações normalizadas do módulo básico.
Sistema coordenador	Sistema geométrico de $n$ planos ortogonais no qual a distância entre quaisquer planos paralelos é igual ao módulo ou a um multimódulo.
Plano coordenador	Um dos planos que constituem o sistema coordenador.
Espaço coordenador	Espaço limitado em três dimensões por planos coordenadores, designado a um elemento ou componente, incluindo tolerâncias e espaços de juntas.
Reticulado coordenador	Representação gráfica tridimensional do sistema coordenador.
Quadriculado coordenador	Representação gráfica bidimensional das projeções ortogonais do sistema coordenador.

Linha coordenadora	Qualquer linha do reticulado ou do quadriculado coordenador.
Medidas reais	Medidas de um elemento ou componente construtivo verificadas diretamente no objeto singular. Não devem diferir das medidas nominais em mais do que as tolerâncias.
Medidas nominais	Medidas teóricas ou esperadas de um elemento ou componente construtivo.
Medidas modulares	Medidas do espaço coordenador de um elemento ou componente construtivo. São sempre iguais ao módulo ou a um multimódulo.
Medidas preferíveis	Conjunto de medidas modulares preferencialmente utilizadas para o dimensionamento de elementos e componentes construtivos.
Tolerância	Diferença admissível entre uma medida real e a medida nominal correspondente.
Ajuste modular	Metade da diferença entre uma medida nominal e a medida modular correspondente.
Junta modular	Soma de dois ajustes modulares adjacentes.
Elemento construtivo	Qualquer parte material de uma construção.
Componente construtivo	Todo produto empregado na construção que tenha forma geométrica e medidas definidas nas três dimensões.
Componente coordenado ou componente modular	Componente construtivo que, somado a seus ajustes modulares, ocupa um espaço de medidas modulares.
Material de construção	Todo produto empregado na construção que não tenha forma geométrica e medidas definidas.

QUADRO 1: Coordenação Modular - Terminologias

#### 2.4. NORMAS BRASILEIRAS

O Brasil também promoveu estudos relativos à Coordenação modular e foi um dos pioneiros a desenvolver e aprovar a norma NB-25R no ano de 1950. Um total de vinte e seis normas brasileiras que tratam sobre a coordenação modular foram publicadas entre os anos de 1977 e 1982 e permanecem em vigor na atualidade.

Mesmo sendo referências técnicas para o projeto e construção modular, segundo AZUMA (2008), as normas brasileiras que tratam sobre modulação estão incipientes, com conceitos e procedimentos vagos e com pouca especificação para medidas dos componentes construtivos. As normas brasileiras que tratam sobre a coordenação modular são:

- NBR 5706 – Coordenação modular da construção: procedimento
  
- NBR 5707 – Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência: procedimento
  
- NBR 5708 – Vãos modulares e seus fechamentos: procedimento
  
- NBR 5709 – Multimódulos: procedimento
  
- NBR 5710 – Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural: procedimento
  
- NBR 5711 – Tijolo modular de barro cozido: padronização
  
- NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos
  
- NBR 5713 – Altura modular de teto-piso (entre pavimentos consecutivos): procedimento

- NBR 5714 – Painel modular vertical: procedimento
- NBR 5715 – Local e instalação sanitária modular: procedimento
- NBR 5716 – Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente: procedimento
- NBR 5717 – Espaço modular para escadas: procedimento
- NBR 5718 – Alvenaria modular: procedimento
- NBR 5719 – Revestimentos: procedimento
- NBR 5720 – Coberturas: procedimento
- NBR 5721 – Divisória modular vertical interna: procedimento
- NBR 5722 – Esquadrias modulares: procedimento
- NBR 5723 – Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares): procedimento

- NBR 5724 – Tacos modulares de madeira para assoalhos na construção coordenada modularmente: procedimento
- NBR 5725 – Ajustes modulares para complemento da habitação na construção coordenada modularmente: procedimento
- NBR 5726 – Série modular de medidas: procedimento
- NBR 5727 – Equipamento para complemento da habitação na construção coordenada modularmente: procedimento
- NBR 5728 – Detalhes modulares de esquadrias: procedimento
- NBR 5729 – Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente: procedimento
- NBR 5730 – Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção: simbologia
- NBR 5731 – Coordenação modular na construção: terminologia

## 2.5. SISTEMAS MODULARES DE CONSTRUÇÃO

A montagem dos componentes no local da obra deverá ser planejada e a questão da conectividade é importante para o sucesso da montagem.



Em um sistema modular a conectividade é obtida quando há a padronização das interfaces e interações de forma a garantir a intercambialidade e a criação de variedade com as combinações. Os módulos podem ser intercambiáveis se possuírem interfaces e suas interações compatíveis e bem projetadas (AZUMA 2008).

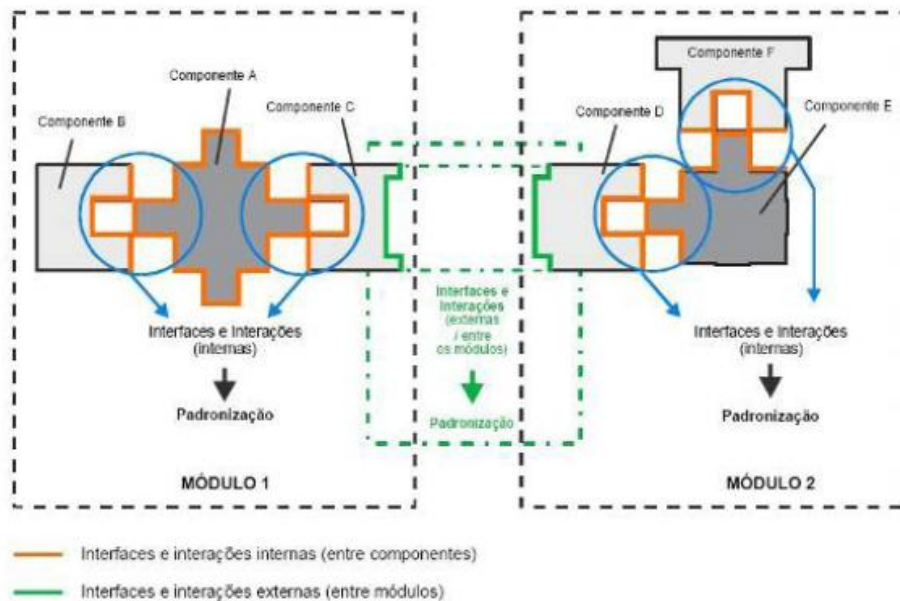


FIGURA 9: Interfaces e Interações internas e externas dos módulos

Richard (2008) apud Azuma (2008) descreve três sistemas modulares de construção:

- Sistema de KITS com foco no canteiro – todos os subsistemas (inclusive a estrutura) são produzidos industrialmente e levados ao local da obra, em partes, e serão montados no canteiro de obra. Assim, no local da obra há intensa atividade de montagem. A vantagem está no fato da facilidade de desmontagem e relocação dos sistemas para qualquer local devido à presença das juntas secas.

- Sistema de módulos industriais 3D – os cômodos e componentes da construção são feitos e montados em fábrica, fora do canteiro, como módulos 3D.
- Sistema híbrido – refere-se à mistura de características do sistema de kits e do sistema de módulos industriais.

## 2.6. PANORAMA MUNDIAL DA CONSTRUÇÃO MODULARIZADA

Os países industrializados europeus e norte americanos que no pós guerra – décadas de 50 e 60 adotaram a técnica da coordenação modular, hoje continuam adotando-a na construção civil.

Países que possuem limitações de clima, ou mão de obra escassa, como Canadá e Estados Unidos vêm desenvolvendo a técnica também para a construção industrial. Plataformas de petróleo são fabricadas em módulos e montadas em local externo ao canteiro e transportadas até o mesmo, como a figura 10.



FIGURA 10: GHX-1 Gas Handling Expansion - Prudhoe Bay, Alaska

Países como Estados Unidos, Canadá, Japão, escandinavos e europeus possuem a tradição de ter um sistema construtivo que possibilite a construção de edificações seguras, confortáveis. Utilizam a construção baseada em estruturas de madeira que se caracteriza pela praticidade, flexibilidade de modulação, industrialização das peças e redução do tempo da construção.

Na Alemanha, na cidade de Herzogenrath, foi implementado o projeto Alte Windkust no qual foi dada ênfase na coordenação modular utilizando os princípios arquitetônicos, urbanísticos e de sustentabilidade (FERREIRA, 2008). A idéia do projeto partiu do ponto de vista urbanístico de que as áreas comunitárias (pátio e infraestrutura) e os espaços de acesso e interligação das habitações são aspectos determinantes para a interlocução e convívio entre os moradores. Com área total de 4.300 m<sup>2</sup> e área construída de 1490 m<sup>2</sup>.

Neste projeto há nove unidades habitacionais que têm três pisos, que, de acordo com suas disposições, constituem uma forma geométrica octogonal, cujo padrão modular permite outras configurações e padrão de crescimento que possibilita arranjos a partir de uma configuração adotada. A configuração octogonal origina um espaço de convívio central.



FIGURA 11: Conjunto habitacional na Alemanha

Conforme AZUMA (2008), países como Japão, Suécia e Holanda possuem processos construtivos baseados na industrialização, pré-fabricação de componentes e gerenciamento da produção focando o cliente. Os processos construtivos apresentam as seguintes características:

- Foco no cliente – conforme desejos e necessidade dos clientes.
- Gerenciamento da cadeia de suprimentos.
- Busca por um relacionamento parceiro longo e duradouro objetivando aprender e garantir a padronização dos processos.
- Planejamento e controle dos processos.
- Medição de desempenho.

Na construção civil brasileira, que possui mínima industrialização, vários componentes, como blocos cerâmicos, divisórias, pisos, telhas, não possuem nenhuma relação métrica entre si o que leva às adaptações no canteiro de obra levando a trabalhos artesanais.

Porém, em grandes obras, ou na montagem de sistemas pré-fabricados, o mínimo de padronização é requerido, não somente pela necessidade de aumento da produtividade, como pela conseqüente compatibilização de projetos.

Na construção de estabelecimentos assistenciais de saúde, notadamente os de grande complexidade, como hospitais e centros de diagnóstico, e de redes hoteleiras, a coordenação modular também se impõe pelos fatores já citados, além de facilitar posteriores reformas, ampliações, manutenção e adaptações em geral.

### 3. ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir da revisão bibliográfica apresentada, percebe-se que a utilização na construção civil da técnica de coordenação modular racionaliza e facilita o processo desde a etapa de projeto, pois há limites para as medidas tanto dos componentes, quanto do projeto como um todo. Há otimização do tempo uma vez que a padronização de medidas reduz, ou elimina as mudanças de projeto na obra.

Os componentes são fabricados no tamanho ideal e colocados no espaço planejado o que também reduz o prazo de execução da obra e o gasto com mão de obra.

Porém, essa padronização reduz a variedade de projetos e as construções passam a ter a aparência similar. Há também a necessidade de mão de obra especializada que dependendo do local, não será encontrada e poderá encarecer a obra.

Dependendo do sistema modular a ser utilizado, haverá necessidade de instalação de local de montagem e/ou fabricação de componentes. Tal fato irá elevar o custo do empreendimento, o que implica em um estudo de viabilidade inicial que contemple a execução de grande quantidade de unidades.

Percebe-se que o Brasil, apesar de ter sido um dos pioneiros a ter uma norma de coordenação modular, não tem o hábito de utilizá-la em suas construções. O processo de construção civil no Brasil é em grande parte artesanal, com prazos

de entrega extensos, mão de obra não especializada e ainda possui muito desperdício. É perceptível algum esforço de iniciativas privadas, como hospitais e redes hoteleiras para utilizar a técnica modular em suas construções, uma vez que esse tipo de empreendimento pode ter projetos padronizados. Esse fato certamente reduz custo com projetos e prazo para implantação do edifício.

#### 4. CONCLUSÃO

Na coordenação modular, o termo módulo significa medida de 10 cm. Mas na linguagem coloquial entre engenheiros e arquitetos, esse termo tem outros significados influenciados pela história e pelo uso.

O equívoco mais comum é a idéia de que a coordenação modular seria o mesmo que a repetição de determinado elemento construtivo. Diz-se que uma edificação é modular quando a repetição de elementos materiais ou espaciais – em geral relativamente grandes é evidente e determina o projeto. Por extensão, muitos profissionais entendem a expressão coordenação modular como “composição de repetição de elementos iguais”, “racionalização de componentes predefinidos”, “projetos com partes pré-fabricadas”, etc. Uma construção pode ter repetição de elementos sem ser coordenada modularmente e, inversamente, pode ser coordenada modularmente sem ter elementos construtivos repetidos. De fato, a coordenação modular torna possível unir elementos muito variados, sem perdas e retrabalho. Na realidade, a coordenação modular é fundamentada na repetição de uma pequena medida – o módulo de 10 cm, não na repetição de um objeto ou espaço.

A coordenação modular foi criada com o objetivo de compatibilizar elementos industrializados entre si e com outros elementos, produzidos no canteiro e conseqüentemente reduzindo o lixo gerado. Porém, ela não é exclusivamente aplicada a processos de manufatura, ou implica dependência de um único fabricante. A coordenação modular facilita a união entre a pré-fabricação e técnicas construtivas tradicionais.



O uso da coordenação modular parece estar crescendo, mas a um ritmo muito lento. Entre as principais vantagens historicamente reivindicadas pela coordenação modular tem sido a de redução de custos. No entanto, é difícil estabelecer que esse ganho tenha sido efetivado com algum grau de consistência. Este estudo embora seja baseado em leituras e análises das referências bibliográficas existentes, não conseguiu divulgar construções, cujos custos foram comprovadamente reduzidos pelo uso da coordenação modular. O que pode ser evidenciado na pesquisa por sites de empresas de engenharia é que há uma redução nos prazos de execução da obra que utiliza os conceitos de modulação comparados com os prazos de uma construção convencional.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-5706. **Coordenação modular da construção**: procedimento, 1977. 4p.

\_\_\_\_\_. NBR-5707. **Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência**: procedimento, 1982. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR-5729. **Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente**, 1982. 3p.

\_\_\_\_\_. NBR-5731. **Coordenação modular da construção: terminologia**, 1982. 4p.

ARGENTINA. INTI. **Coordinacion Modular**. Buenos Aires, 1977.

AZUMA, F. **Uma contribuição através de um sistema CAD baseado na web para aplicação da coordenação modular nas habitações de interesse social**. 256p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BYRNE, G. S. (1970). **Racionalização do processo de projecto I – Coordenação Dimensional Modular. Princípios e Aplicações**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC.

BARICHELLO, C.; MORAES, P. D.; ESPÍNDOLA, L. R.. **Sistema Plataforma em madeira**: coordenação modular e conectividade. 75f. Relatório Parcial de Pesquisa – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FERREIRA, M. S.; BREGATTO, P. R.; D'AVILA, M. R.. **Coordenação Modular e Arquitetura**: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade. 8p. 2008.

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

ROSSO, T. (1976). **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP.

VITRÚVIO, M. (2007). **Tratado de arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes. 560p.

<http://www.dicionarioaurelio.com>

<http://www.mom.arq.ufmg.br>