

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Tecnologia

Dissertação de Mestrado

**A COORDENAÇÃO MODULAR COMO FERRAMENTA DE  
PROJETO DE ARQUITETURA E LEVANTAMENTO DE  
COMPONENTES NORMATIZADOS NO MERCADO DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

CLARISSA BELLE DE REZENDE PIMENTEL CIRQUEIRA

ORIENTADOR: JANES CLEITON ALVES DE OLIVEIRA

Brasília

2015

**CLARISSA BELLE DE REZENDE PIMENTEL CIQUEIRA**

**A COORDENAÇÃO MODULAR COMO FERRAMENTA DE  
PROJETO DE ARQUITETURA E LEVANTAMENTO DE  
COMPONENTES NORMALIZADOS NO MERCADO DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de  
Brasília para obtenção do título de mestre em  
arquitetura.

Área de Concentração: Tecnologia do  
Ambiente Construído

Orientador: Janes Cleiton Alves de Oliveira

Brasília

2015

## **RESUMO**

Palavras-chave: Coordenação Modular; coordenação dimensional; componentes; indústria aberta; indústria fechada; blocos de concreto; blocos cerâmicos; esquadrias.

A Coordenação Modular é tema fundamental para o desenvolvimento da Indústria Aberta no Brasil e no mundo. A norma brasileira em vigor desde 2010 estabelece o módulo básico = 100mm, em conformidade com as normas internacionais. Por não ser um assunto obrigatório nos programas de ensino das faculdades de arquitetura, o tema é pouco conhecido e permeado por confusões. Esta pesquisa dedicou-se a compreender os princípios da Coordenação Modular e seu uso como ferramenta diretiva de projeto de arquitetura, experimentando-a em um projeto de casa popular. Também avaliou a viabilidade de seu uso no que diz respeito a encontrarem-se componentes normatizados no mercado da construção civil do Distrito Federal. Foram priorizados os seguintes componentes de vedação vertical: blocos de concreto, blocos cerâmicos, esquadrias metálicas e portas de madeira. Concluiu-se que as indústrias de componentes pesquisadas não utilizam as nomenclaturas estabelecidas pela norma e que as indústrias de esquadrias pesquisadas não adaptaram as medidas de seus componentes em adoção aos princípios da Coordenação Modular. Entretanto, dentre a diversidade de medidas dos componentes pesquisados, encontrou-se componentes adequados ou passíveis de serem usados em um projeto coordenado modularmente.

## **ABSTRACT**

Key Words: Modular Coordination; Dimensional Coordination; Components; Open Industry; Close Industry; Concrete Blocks; Ceramic Blocks; Frames.

Modular Coordination is a fundamental theme for the development of the Open Industry in Brazil and worldwide. The Brazilian standard in force since 2010 establish the basic module = 100 mm, in accordance with the international standards. Since it isn't a mandatory subject in the educational curricula of architecture schools, the subject is little known and is permeated by confusions. This research was dedicated to understanding the principles of Modular Coordination and its use as a directive project tool in architecture, attempting to use it in a common home project. It also evaluated the feasibility of its use in regards to finding standardized components in the construction industry of the Federal District of Brazil. The following vertical sealing components were prioritized: concrete blocks, ceramic blocks, metal frames and wooden doors. It was concluded that the surveyed components industries do not use the nomenclatures established by the standard and that the surveyed frames industries have not adapted the measures of its components by adopting the principles of Modular Coordination. However, among the diversity of measurements from the surveyed components, suitable or likely to be used components were found to be used in a modularly coordinated project.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, pelas oportunidades e pela boa sorte.

Aos colegas do Centro de Planejamento da UnB – CePlan-UnB, que me incentivaram a participar do processo seletivo de mestrado.

Ao professor Janes, por sua compreensão, otimismo, motivando-me a cada orientação.

Ao meu chefe imediato, o arquiteto Alberto Alves de Faria, diretor do CePlan, que consentiu com meu pedido de afastamento remunerado para estudo, viabilizando, assim, a conclusão do meu mestrado.

Aos colegas arquitetos que aceitaram participar de minha pesquisa através da aplicação de questionário.

À irmã em Cristo, Norma Barbosa Novaes Marques, pelas correções de texto.

Ao meu primo, o tradutor Diogo Tolentino, por me ajudar com o *abstract*.

Ao meu esposo Flávio Cirqueira, pelo apoio.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABELAS.....	9
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO .....	14
1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	17
1.3. METODOLOGIA.....	17
1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	19
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
2.1. ENTENDENDO O QUE É E O QUE NÃO É COORDENAÇÃO MODULAR .....	21
2.2. SISTEMA FECHADO X SISTEMA ABERTO .....	27
2.3. HISTÓRICO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	30
2.4. RESUMO CRONOLÓGICO DAS PRINCIPAIS OBRAS SOBRE O TEMA .....	34
2.5. TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR.....	38
<b>2.5.1. Módulo Básico .....</b>	<b>39</b>
<b>2.5.2. Medida de Coordenação .....</b>	<b>40</b>
<b>2.5.3. Medida de Fabricação .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5.4. Posição do Elemento/Componente num Sistema de Referência .....</b>	<b>42</b>
<b>2.5.5. Multimódulos .....</b>	<b>45</b>
<b>2.5.6. Incrementos Submodulares .....</b>	<b>46</b>
<b>3. A COORDENAÇÃO MODULAR COMO FERRAMENTA DE PROJETO DE ARQUITETURA ....</b>	<b>48</b>
3.1. O ESTUDO DE VIABILIDADE .....	51
3.2. O ESTUDO PRELIMINAR .....	52
3.3. O ANTEPROJETO .....	55
3.4. O PROJETO EXECUTIVO .....	58
<b>4. DISPONIBILIDADE DE COMPONENTES COORDENADOS MODULARMENTE NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL .....</b>	<b>60</b>
4.1. BLOCOS DE CONCRETO.....	64
<b>4.1.1. Normatização Vigente.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.2. A Pesquisa de Campo .....</b>	<b>66</b>
4.2. BLOCOS CERÂMICOS NÃO ESTRUTURAIS .....	69
<b>4.2.1. Normatização Vigente.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.2. A Pesquisa de Campo .....</b>	<b>72</b>
4.3. ESQUADRIAS .....	75
<b>4.3.1. Considerações Sobre Vãos Modulares.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3.2. Esquadrias Metálicas e Portas Mistas.....</b>	<b>79</b>
4.3.2.1. Avaliação das Janelas .....	87
4.3.2.2. Avaliação das Portas .....	88
4.3.2.3. Medidas Preferidas .....	89
<b>4.3.3. Portas de Madeira .....</b>	<b>90</b>
4.3.3.1. Norma Vigente.....	91
4.3.3.2. A Pesquisa de Campo.....	93
<b>5. EXEMPLO DE CASO .....</b>	<b>98</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>106</b>
6.1. RESULTADOS ENCONTRADOS.....	106
6.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	108
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
<b>NORMAS TÉCNICAS E MANUAIS .....</b>	<b>112</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE - PESQUISA DE CAMPO: QUESTIONÁRIO A ARQUITETOS. ....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estante denominada modular. Fonte: <a href="http://www.archiproducts.com/pt.....">http://www.archiproducts.com/pt.....</a>	22
Figura 2.2 – Torre cápsula de KishoKurokawa, 1971. Fonte: TARDIVO e MOREIRA, 2012.	23
Figura 2.3 – A MÉMÉ, Centro Social da Medical Faculty em Woluwé-St Lambert, Bruxelas, projetado por LucienKroll. Fonte: <a href="http://claudiovergara.wordpress.com/2012/05/17/entrevista-a-lucien-kroll-es-mas-importante-ser-contemporaneo-que-moderno/">http://claudiovergara.wordpress.com/2012/05/17/entrevista-a-lucien-kroll-es-mas-importante-ser-contemporaneo-que-moderno/</a>	24
Figura 2.4 - Exemplo de Coordenação Dimencional: Escola Transitória, João Felgueiras Lima. Fonte: LIMA, 1984.	25
Figura 2.5 – Casas pré-fabricadas. Fonte: <a href="http://www.mgcasasrj.com.br/">http://www.mgcasasrj.com.br/</a>	26
Figura 2.6 – Medida de coordenação: 20x40x20; Medida modular: 2Mx4Mx2M. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010).	40
Figura.2.7 – Medida nominal: 19x39x19. Fonte: Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, p 13.	41
Figura 2.8 – Medida real: 19,1 x 38,8 x 19,2. Fonte: Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, p. 13.	41
Figura 2.9 – Reticulado Modular. Fonte: GREVEN e BAUDALF (2007).	42
Figura 2.10 – Quadrículos modulares M, 3M e 24M. Fonte: GREVEN e BAUDALF, 2007, p 41.	43
Figura 2.11 – Componentes e elementos posicionados alinhados à malha. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, a, p. 15).	44
Figura 2.12 – Planos modulares de referência e espaços amodulares. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, a, p. 16).	44
Figura 3.1– Projeto sobre malha modular: componentes justapostos às linhas da malha. Fonte: Amorim, Kapp e Ecksterman, 2010, a, p. 26.	53
Figura 3.2 –Revestimento e acabamento inclusos na malha planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 128.	57
Figura 3.3 – Revestimento e acabamento desconsiderados na malha planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 127.	57
Figura 3.4 – Localização dos revestimentos e acabamentos em uma zona neutra planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 127.	58
Figura 4.1 – Regiões Administrativas do Distrito Federal. Fonte: <a href="http://www.semarrh.df.gov.br/qualiar/mapa.html">http://www.semarrh.df.gov.br/qualiar/mapa.html</a>	61
Figura 4.2 – Incremento de bloco complementar em planta baixa. Fonte: AMORIM et al, 2010, a.	66
Figura 4.3 – Vão da Porta. Fonte: ABNT NBR 15930-1:2011.	76
Figura 4.4 – Vão modular e vão nominal. Fonte: GARBARZ, 2013, pg. 91.	78

Figura 4.5 – Instrução da Gravia sobre o ajuste de coordenação. Fonte: <a href="http://www.gravia.net.br/portas-e-janelas/download/gravia-manual-janela-correr.pdf">http://www.gravia.net.br/portas-e-janelas/download/gravia-manual-janela-correr.pdf</a> . 86	86
Figura 4.6 – Instruções imprecisas sobre o ajuste de coordenação em Manual de Instalação da Lucasa. Fonte: <a href="http://www.ullian.com.br/dicas/detalhe/2/Passo-a-Passo-para-a-Instalacao-das-Portas-e-Janelas-de-aco-e-aluminio">http://www.ullian.com.br/dicas/detalhe/2/Passo-a-Passo-para-a-Instalacao-das-Portas-e-Janelas-de-aco-e-aluminio</a> ..... 86	86
Figura 4.7 – Vista mostrando tipos de verga. Fonte: Grabarz, 2013, p.135..... 89	89
Figura 4.8 – Especificação de medidas de vão do fabricante Camilotti. As portas deveriam ter incrementos de 4 ou 4,5cm na altura e as portas de 100 e 120cm deveriam ter incremento de 8cm na largura. Fonte: website do fabricante. .... 95	95
Figura 4.9 – Especificação de medidas de vão do fabricante Dalcomad. O incremento na largura está correto se as portas possuírem padrão de massa médio. O incremento na altura deveria ser de 4,5, conforme Norma. Fonte: website do fabricante. .... 95	95
Figura 4.10 – Especificação de medida de vão do fabricante Randa. O incremento de 7,5cm não coincide com a especificação normativa. Não há informação sobre incremento na altura. Fonte: website do fabricante. .... 96	96
Figura 5.1 – Croqui desenhado sobre papel milimetrado. Fonte: autora..... 99	99
Figura 5.2 – Planta Baixa 1ª fiada. Malha 1Mx1M. Fonte: desenho da autora. .... 100	100
Figura 5.3 – Planta Baixa 2ªfiada com Layout, malha 4Mx4M. Fonte: desenho da autora.101	101
Figura 5.7 – Paginação de piso em ambientes coordenados modularmente. Fonte: desenho da autora..... 102	102
Figura 5.4 - Corte AA. Malha 2Mx2M. Fonte: desenho da autora. .... 103	103
Figura 5.5 – Detalhe da instalação da janela extraído do Corte AA. Fonte: desenho da autora. .... 104	104
Figura 5.6 – Fachada Principal. Fonte: desenho da autora. .... 105	105

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-1 – Vantagens da Coordenação Dimensional.....	13
Tabela 1-2 – Vantagens exclusivas da Coordenação Modular.....	13
Tabela 1-3– Avaliação das medidas das janelas de correr 100x150cm produzidas por cinco fabricantes distintos. Unidade: cm. ....	19
Tabela 2-1 – Resumo das conclusões sobre componentes de vedação vertical publicados em 2009. Fonte: ABDI-FEC, 2009.....	36
Tabela 2-2 – Dimensões horizontais preferenciais definidas pela ISO 6513/1982. Fonte: Amorim at all, 2010, a, p 31.....	46
Tabela 3-1- Etapas do projeto de edificações. Fonte: NBR 13531/1995. ....	51
Tabela 4-1– Lojas pesquisadas para investigação de fabricantes de blocos de concreto e blocos cerâmicos.....	62
Tabela 4-2 – Lojas pesquisadas para investigação de fabricantes de esquadrias metálicas e portas de madeira.....	63
Tabela 4-3 – Blocos de concreto: Linhas normalizadas pela NBR 6136:2007 e características de coordenação. Fonte: ABDI-FEC, 2009, p. 23.....	65
Tabela 4-4 - Linhas de blocos de concreto praticadas no mercado da construção civil do DF. ....	68
Tabela 4-5 - Existência de 3 empresas fornecedoras de cada uma das linhas de blocos de concreto possíveis de serem usadas em projeto coordenado modularmente.....	69
Tabela 4-6 - Medidas normalizadas para blocos cerâmicos de vedação. Fonte: ABNT 15270-1:2005.....	71
Tabela 4-7 – Linhas normalizadas e conformidade com a coordenação modular. Em destaque as medidas praticadas. Legenda: *= apenas em conjuntos modulares. ....	73
Tabela 4-8 – Linhas praticadas, conformidade com a CM e linhas fornecidas por cada fabricante. Legenda: *= apenas em conjuntos modulares. ....	74
Tabela 4-9: Existência de 3 empresas fornecedoras de cada uma das linhas de blocos de concreto possíveis de serem usadas em projeto coordenado modularmente.....	75
Tabela 4-10 – Relação de fabricantes de aço e alumínio. ....	80
Tabela 4-11 – Esquadrias de aço: .....	81
Tabela 4-12 – Esquadrias de alumínio. ....	82
Tabela 4-13 – Medidas nominais (cm) praticadas de portas mistas. ....	84
Tabela 4-14 – Ajuste de Coordenação orientado pelos fabricantes de esquadrias.....	87
Tabela 4-15 – Padronização das dimensões das portas internas de acordo com a massa. Fonte: Tabela 4, NBR 15930-2:2011. ....	91
Tabela 4-16 – Padronização das dimensões das folhas das portas de entrada e externas. Nota: as larguras 60cm e 70cm não são admitidas para portas externas. Fonte: Tabela 5 da ABNT NBR 15930-2:2011.....	92

Tabela 4-17 – Dimensionamento e tolerância dos vãos das portas fixadas com espuma PU. Nota: L = largura e H = altura. Fonte: Tabela 2 da ABNT NBR 15930-2:2011.....	92
Tabela 4-18 – Relação de empresas fornecedoras de portas de madeira.....	94
Tabela 4-19 – Medidas nominais praticadas de folhas de portas no DF. Fonte: web sites dos fornecedores. ....	94
Tabela 4-20 – Cálculo dos vãos para portas de madeira. Nota: em azul claro as portas consideradas de padrão médio e em azul escuro as de padrão pesado. Em negrito as portas consideradas coordenadas modularmente considerando-se tolerância de $\pm 1$ cm. Fonte: catálogo dos fabricantes somado às medidas dispostas na tabela 2 da NBR 15930-2:2011.	97
Tabela 5-1 – Programa da habitação de interesse social. Fonte: arquivo da autora. ....	98
Tabela 0-1 – Resultados obtidos. Fonte: autora .....	116

## 1.INTRODUÇÃO

A Cadeia de Produção da Indústria da Construção (CPIC) por muitos anos considerou apenas o tripé custo, qualidade e tempo. Entretanto, o atual contexto de crise ambiental vivido pela humanidade demonstra a necessidade de conservação/preservação do meio ambiente como mais um fator fundamental da CPIC.

Essa mudança se deve a uma nova consciência sobre o fato de vivermos em um universo de recursos finitos. Conseqüentemente, explorá-los irracionalmente poderá comprometer a qualidade de vida e até a existência das gerações futuras.

Nesse contexto, as pesquisas voltadas para a Racionalização Construtiva buscam sempre a otimização de processos visando à redução do consumo de materiais, energia e tempo.

Segundo Sabbatini (1989), a Racionalização Construtiva (das operações da construção) “...é o processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos disponíveis na construção em todas as suas fases”(SABBATINI, 1989 apud FRANCO, sem data, p. 1).

Esta dissertação pretende resgatar o tema da Coordenação Modular (CM), por suas diversas vantagens, tanto de redução de custos, de tempo e aumento de qualidade, quanto à sustentabilidade, uma vez que reduz desperdícios.

A Coordenação Modular enquanto ferramenta de compatibilização de medidas foi concebida após a 1ª Guerra Mundial com vistas à rápida reconstrução dos países devastados pela guerra e, desde então, esta ferramenta tem comprovado suas vantagens relativas à racionalização da construção.

Mascaró (1976) define a Coordenação Modular como “um mecanismo de simplificação e inter-relação de grandezas e de objetos diferentes de procedência distinta,

que devem ser unidos entre si na etapa de construção (ou montagem), com mínimas modificações ou ajustes” (MASCARÓ, 1976, apud GREVEN e BAUDAUF, 2007, p. 33).

Observamos nesse conceito que a Coordenação Modular está intimamente ligada à Indústria Aberta. Na chamada Indústria Aberta, indústrias diferentes produzem componentes compatíveis uns com os outros, ou seja, não se trata de componentes encomendados sob medida, mas produzidos em série, oriundos de indústrias diversas, que são compatíveis entre si devido às suas dimensões serem múltiplas de um mesmo módulo.

Desse modo, a Coordenação Modular contribui para o desenvolvimento da Indústria Aberta, pois, ao estabelecer princípios, definir um módulo básico e demonstrar medidas preferíveis, orienta a indústria a projetar e produzir componentes cujas medidas se inter-relacionarão com outros componentes igualmente submetidos à padronização dimensional, bem como a limitar a variedade de medidas de componentes, priorizando aqueles cujas medidas correspondem aos multimódulos preferidos.

Ao longo dos anos cada país escolheu e testou sua medida modular preferida, até que na década de 80 as normas internacionais definiram a medida de 100mm como módulo básico. No Brasil, a nova norma de Coordenação Modular a define como “Coordenação Dimensional mediante o emprego do módulo básico = 100 mm e seus múltiplos” NBR 15873:2010.

Assim, projetos que fazem uso de um módulo diferente e não múltiplo de 100mm devem ser denominados como *Coordenação Dimensional*. As tabelas abaixo descrevem as vantagens da Coordenação Dimensional e as vantagens exclusivas da Coordenação Modular.

Tabela 1-1 – Vantagens da Coordenação Dimensional.

<b>Coordenação Dimensional</b>	
<b>Conceito</b>	“Inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem.” NBR 15873:2010
<b>Vantagens</b>	Simplifica a marcação do canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;
	Construtibilidade: agilização operacional e organizacional, em função da repetição de técnicas e processo e do domínio tecnológico (Oliveira, 1999, apud Greven e Baudalf, 2007).
	A agilidade da execução promove redução de prazos e de custos com mão-de-obra;
	A não necessidade de recortes de materiais implica na redução de desperdícios;
	Controle eficiente de custos e de produção (Lucini, 2001)

Tabela 1-2 – Vantagens exclusivas da Coordenação Modular.

<b>Coordenação Modular</b>	
<b>Conceito</b>	“Coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico = 100mm e seus múltiplos” NBR 15873:2010
<b>Vantagens</b>	Segundo Rosso (1976), há uma simplificação do projeto, tanto pelo fato de os detalhes construtivos mais comuns já estarem solucionados em função da própria padronização, quanto pelo estabelecimento de uma linguagem gráfica, descritiva e de especificações que será comum a fabricantes, projetistas e construtores.
	Racionaliza a variedade de medidas utilizadas na fabricação de componentes construtivos;
	Manutenibilidade: facilita a substituição de componentes, sem necessidade de recortes, tanto na construção inicial quanto nas reformas e manutenções ao longo da vida útil do edifício.
	Viabiliza importações e exportações de componentes, pois existe um consenso internacional sobre módulos preferidos.
	Amplia a cooperação entre os diversos agentes da cadeia produtiva da construção;

A Coordenação Modular pode ser classificada, ainda, como uma inovação incremental, que “melhora condições de produção, aperfeiçoa materiais, componentes, procedimentos operacionais e procedimentos organizacionais (planejamento, administração e controle de operações construtivas)” (SABBATINI, 1989).

Franco (sem data) especifica o planejamento, o projeto e os sistemas de informação integrando projetistas como recursos que influenciam diversas fases do empreendimento e cuja racionalização tem se mostrado muito mais efetivas e de resultados mais expressivos do que a simples mudança de ferramentas e técnicas no momento da execução.

Barros (1996, apud Franco (sem data), identificou cinco campos de atuação nas empresas, em sua metodologia de implantação de Tecnologias Construtivas Racionalizadas: Recursos Humanos, Suprimentos, Documentação, Controle do Processo e Projetos.

O projeto merece especial destaque, uma vez que é o principal articulador e indutor de todas as ações, organizando e garantindo o emprego eficiente da tecnologia. Essa importância pode ser entendida pela grande capacidade que as decisões de projeto têm em influenciar decisivamente os custos finais do empreendimento. (FRANCO, s/d, p.2)

Assim, podemos afirmar que o uso da Coordenação Modular enquanto ferramenta diretiva de projeto merece especial destaque, uma vez que promoverá benefícios às etapas seguintes do empreendimento (incluindo até mesmo a manutenção das edificações) e influenciará decisivamente os custos finais.

Para o Relatório da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial –Fundação Euclides Cunha (ABDI-FEC) (2009), a adoção dos princípios da Coordenação Modular é imprescindível para o “desenvolvimento da interoperabilidade técnica e para a difusão da construção industrializada aberta no País” (ABDI-FEC, 2009, p.10).

### 1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

Segundo o Relatório da ABDI-FEC (2009), a implementação da Coordenação Modular depende de pelo menos três fatores:

1. Normatização técnica, referência à Coordenação Modular nas legislações e exigência da CM pelos programas de financiamento;

2.Prática de Projetistas e Construtores;

3.Existência de componentes normatizados no mercado da construção civil.

Em 2010, a ABNT publicou uma nova norma de CM, em substituição a outras 25 normas fragmentárias e contraditórias, que deverá ser a base referencial para outras normas e legislações, tornando-se o marco inicial necessário para uma nova tentativa de implementação da CM no Brasil.

Quanto à prática projetual, há desconhecimento e mal entendimento sobre o tema por parte dos diversos agentes da Cadeia de Produção da Indústria da Construção: projetistas de arquitetura e de componentes, comerciantes, vendedores e consumidores, mestres-de-obras e operários (ABDI-FEC, 2009, p. 12). Faz-se necessário conhecer a Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto e divulgá-la.

O ato de projetar arquitetura não é um exercício simples. A solução de um partido arquitetônico é resultante de inúmeras decisões de projeto. Segundo Neves (1998), as decisões de projeto de maior significação, “por se constituírem na base dos raciocínios (...) e que desencadeiam as demais decisões” (NEVES, 1998, p. 122) são: a interpretação dos conceitos, o modo de ocupação do edifício no terreno, o número de pavimentos do edifício, a distribuição dos setores, as relações entre os setores e seus ambientes, a posição dos elementos de ligação, as relações do programa e seus componentes, as disposições dos acessos, as restrições e permissões estabelecidas pela legislação, as relações entre o edifício e o entorno e a disposição das circulações horizontais e verticais.

Dentre tantas variáveis a serem avaliadas durante o processo projetual, inclui-se aqui o tema da Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto, no intuito de compreender como se projeta por meio da CM, a fim de verificar de que forma essa ferramenta interfere na processo projetual, considerando as etapas de projeto citadas pela

NBR 13531:1995, e se essa ferramenta facilita a prática projetual ou a torna mais árdua, tornando-se um entrave à liberdade criativa.

Ao projetar soluções modularmente coordenadas, pressupõe-se que o mercado da construção civil ofereça componentes cujas medidas obedeçam à norma. Eis aqui um outro dilema. Estaria a indústria aberta da construção oferecendo componentes coordenados modularmente, considerando os conceitos de medida modular, medida nominal e de ajustes e tolerâncias? As medidas dos componentes são proporcionais aos módulos preferidos?

Considerando edificações projetadas para o serviço público, a situação torna-se mais grave, pois tais projetos serão licitados e deverão, portanto, obedecer à lei 8666/93 que dispõe:

É vedada a realização de licitação cujo objeto inclua bens e serviços sem similaridade ou de marcas, características e especificações exclusivas, salvo nos casos em que for tecnicamente justificável, ou ainda quando o fornecimento de tais materiais e serviços for feito sob o regime de administração contratada, previsto e discriminado no ato convocatório. (Art 7º, §5º)

Em princípio, entende-se que os benefícios consequentes do uso da Coordenação Modular justificariam tecnicamente a especificação de uma única marca; entretanto sabe-se que não é interessante ser dependente de uma única marca, pois corre-se o risco de a administração tornar-se economicamente refém de um único fornecedor/indústria e até mesmo de inviabilizar a execução do projeto em uma eventual ausência do produto especificado.

Assim, é de grande importância que um mesmo componente tenha similares de outras marcas. Por esse motivo, esta pesquisa considerará a utilização de um componente viável quando o mesmo puder ser encontrado em três marcas distintas.

## 1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Objetivo geral: compreender como se projeta usando a Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto e conferir a disponibilidade de componentes coordenados modularmente no mercado da construção civil do Distrito Federal para viabilidade da execução de projeto de arquitetura coordenado modularmente;

Objetivos específicos:

- Compreender o uso da Coordenação Modular nas etapas de projeto citadas pela NBR 13531/1995 – Elaboração de projetos de edificação;

- Realizar levantamento de componentes de construção oferecidos em lojas de materiais de construção do Distrito Federal para avaliar se a indústria aberta oferece componentes de vedação vertical proporcionais ao módulo estabelecido pela Norma 15.873:2010 e compatíveis com as medidas de coordenação preferidas, considerando os conceitos de medida de coordenação, medida nominal e ajustes e tolerâncias;

- Testar a ferramenta em um projeto de arquitetura de pequeno porte.

## 1.3. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos traçados, o método de estudo dar-se-á por:

- 1.Revisão bibliográfica dos textos relativos ao histórico, vantagens e desvantagens da Coordenação Modular.

- 2.Estudo da nova norma de Coordenação Modular do Brasil, a NBR 15873:2010, para compreender quais os seus princípios e conceitos, conhecer os parâmetros para a elaboração de projeto de arquitetura usando a CM como ferramenta diretiva de projeto e, ainda, analisar a contribuição desta nova norma para o avanço da implantação da Coordenação Modular no Brasil.

3.Revisão bibliográfica sobre o uso da Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto de arquitetura;

4.Adaptação de um projeto de casa popular à Coordenação Modular;

5.Levantamento das medidas dos componentes encontrados em lojas de materiais de construção do Distrito Federal e avaliação da viabilidade do emprego do componente em projeto coordenado modularmente.

Para levantamento das marcas dos fabricantes, buscou-se por meio do telelistas uma loja de materiais de construção para cada uma das 31 cidades satélites do Distrito Federal. Em contato com cada uma das lojas, buscou-se verificar os fabricantes de blocos de concreto, blocos cerâmicos, esquadrias de aço, de alumínio e de portas de madeira. Após essa etapa, analisou-se o catálogo de componentes de cada um deles. Através dos catálogos, levantaram-se quais são as medidas praticadas dos componentes, bem como as informações sobre medida de coordenação, medida nominal e ajuste de coordenação.

Dentre as medidas praticadas, importa-nos avaliar os componentes cujas medidas equivalem aos multimódulos preferidos (conforme 2.5.5). Será considerado viável para emprego em projeto coordenado modularmente aquele componente que, além de possuir medidas coerentes com a coordenação modular, possuir pelo menos três indústrias aptas a fornecê-lo.

A seguir, encontra-se exemplo de avaliação das medidas de um componente produzido por cinco fabricantes distintos.

Tabela 1-3– Avaliação das medidas das janelas de correr 100x150cm produzidas por cinco fabricantes distintos. Unidade: cm.

<b>JANELA DE CORRER. Medida de coordenação: 100x150cm (AxL)</b>					
FABRICANTE	ALTURA NOMINAL	LARGURA NOMINAL	AC <sup>1</sup> (p/ cada lado)	VÃO NECESSÁRIO P/ INSTALAÇÃO	APTO P/ CM <sup>2</sup> ?
A	94	144	3	100x150	Sim
B	90	140	5	100x150	Sim
C	95	145	5	105x155	Não
D	100	150	5	110x160	Não
E	100	150	3	106x156	Não

#### 1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para o cumprimento dos objetivos propostos, a dissertação foi estruturada em seis capítulos.

No primeiro, apresenta-se o tema da Coordenação Modular, suas vantagens e sua relevância. A seguir, é exposta a problematização que instigou à pesquisa. Os objetivos gerais e específicos pretendidos estão igualmente descritos neste capítulo, assim como a metodologia de pesquisa, seguido desta breve descrição de como está organizada a dissertação.

O segundo capítulo é dedicado à revisão bibliográfica. Uma primeira parte foi dedicada ao conceito de Coordenação Modular a fim de esclarecer confusões sobre o termo. Depois são expostos os conceitos de Indústria Fechada e Indústria Aberta e a íntima ligação entre a Coordenação Modular e o avanço da Indústria Aberta. Também é descrito o

---

<sup>1</sup> AC = Ajuste de Coordenação

<sup>2</sup> CM = Coordenação Modular

percurso histórico da Coordenação Modular no mundo e no Brasil, incluindo seu estado atual no Brasil, além da exposição dos princípios da Coordenação modular e sua teoria extraídos da Norma 15873:2010: o módulo básico, medida de coordenação, medida de fabricação, posição do elemento/ componente num sistema de referência, multimódulos e incrementos submodulares.

O terceiro capítulo explana sobre o uso da Coordenação Modular durante o processo projetual, abordando as seguintes etapas: estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto básico e projeto executivo, bem como as possíveis soluções de compatibilidade planimétrica e autimétrica.

No quarto capítulo é apresentada a parte de maior contribuição desta dissertação, o estudo de viabilidade, em que os componentes encontrados nas lojas de construção foram avaliados segundo os princípios da norma de Coordenação Modular, com a finalidade de saber se é possível contar com a Indústria Aberta para a execução de um projeto coordenado modularmente. O capítulo mostra, para cada componente, o levantamento das marcas dos componentes, a análise dos catálogos das marcas e a avaliação quanto à adequação à norma. Foram analisados os seguintes componentes de vedação vertical: blocos de concreto, blocos cerâmicos, esquadrias metálicas e portas de madeira.

O quinto capítulo apresenta um exemplo de caso: um projeto de arquitetura no qual se utilizou a Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto e cujos componentes propostos em projeto são encontrados na Indústria Aberta.

No sexto e último capítulo, retomam-se as conclusões gerais desta dissertação, bem como as contribuições oferecidas para o tema desenvolvido, , além de apresentação de sugestões de desenvolvimentos futuros em torno do tema.

## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. ENTENDENDO O QUE É E O QUE NÃO É COORDENAÇÃO MODULAR**

O tema da Coordenação Modular não é um tema exigido pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC) e não tem sido uma disciplina formal nos cursos de graduação de arquitetura e engenharia (Greven e Baudalf, 2007). Por falta de disseminação do conceito, percebem-se no mercado de trabalho e no senso comum conceitos equivocados sobre o termo.

Neste ponto do estudo, pretende-se esclarecer equívocos sobre a expressão “Coordenação Modular” diferenciando-a de “repetição de elementos”, “Coordenação Dimensional” e “pré-fabricação”.

Segundo o dicionário Michaelis (1998), o termo módulo, na arquitetura, significa “1. Medida que se usa para as proporções nos corpos arquitetônicos; 2. Relação entre magnitudes matemáticas ou técnicas”. Logo, o conceito de módulo está intimamente ligado ao conceito de medida.

Entretanto, no design de móveis, entende-se, muitas vezes, que um mobiliário é modular quando um componente é encaixado a componentes idênticos, como num jogo de Lego onde o encaixe de peças idênticas geraria composições diversas. A partir disto temos, portanto, as chamadas estantes modulares, sofás modulares, etc. Assim, o conceito de modular está popularmente mais ligado à ideia de repetição e encaixe de elementos do que à de repetição de uma medida; também está associado, de certa forma, à previsibilidade ou à monotonia visual.



Figura 2.1 - Estante denominada modular. Fonte: <http://www.archiproducts.com/pt>

Segundo o site Morar de Outras Maneiras (MOM<sup>3</sup>), elaborado pelo grupo de pesquisa em produção de moradias da Faculdade de Arquitetura da UFMG, a palavra “modular” tem sido usada para denominar edificações nas quais a repetição de componentes ou de elementos é notória ou até mesmo determinou o projeto arquitetônico. “Por extensão, muitos profissionais entendem a expressão ‘Coordenação Modular’ como ‘composição de elementos iguais’, ‘racionalização de componentes predefinidos’, ‘projeto com partes pré-fabricadas’, etc”.

Um exemplo de arquitetura na qual a repetição de um elemento determinou o projeto arquitetônico é a torre cápsula de KishoKurokawa. Nela, cada cápsula, correspondente a uma *kitchenette*, foi encaixada à estrutura principal, podendo ser desencaixada e substituída. Embora cada cápsula tenha sido denominada “módulo” (Tardivo e Moreira, 2012) e a edificação seja popularmente reconhecida como “modular”, não se pode considerá-la coordenada modularmente.

---

<sup>3</sup> Disponível em site: <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>



Figura 2.2 – Torre cápsula de KishoKurokawa, 1971. Fonte: TARDIVO e MOREIRA, 2012.

O que define uma edificação ou mobiliário coordenado modularmente é a repetição de uma medida igual ou proporcional ao módulo  $M=100\text{mm}$ , não a repetição de um componente. Uma construção pode ter repetição de componentes/elementos sem ser coordenada modularmente, bem como pode ser coordenada modularmente e não repetir componentes/elementos.

Um bom exemplo de arquitetura coordenada modularmente e descomprometida com a repetição de componentes/elementos é o edifício denominado MÉMÉ, projetado pelo arquiteto LucienKroll. A edificação foi projetado sobre um reticulado modular de 90cm para os pilares e, para os demais componentes, intercalou-se entre o reticulado modular de 30cm e o de 10cm.



Figura 2.3 – A MÉMÉ, Centro Social da Medical Faculty em Woluwé-St Lambert, Bruxelas, projetado por LucienKroll. Fonte: <http://claudiovergara.wordpress.com/2012/05/17/entrevista-a-lucien-kroll-es-mas-importante-ser-contemporaneo-que-moderno/>

Outro equívoco muito comum é igualar Coordenação Modular à Coordenação Dimensional, pelo fato de tanto numa quanto na outra adotar-se um módulo fundamental e um sistema de referência.

Observe-se, entretanto, as diferenças. A norma de Coordenação Modular, a NBR 15873:2010, define Coordenação Dimensional como a “inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem” (NBR 15873:2010, p.1) e Coordenação Modular como “coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo” (NBR 15873:2010, p. 1).

Assim, a Coordenação Modular é uma Coordenação Dimensional, mas o inverso não é sempre verdade. O termo Coordenação Dimensional é um termo mais amplo, pois admite qualquer medida como módulo fundamental, enquanto Coordenação Modular é um termo mais restrito, pois limita-se ao emprego do módulo básico, cuja medida é precisamente 100mm.

No Brasil, Coordenação Modular e Coordenação Dimensional foram por muitas vezes tratadas como sinônimas. É comum encontrar em bibliografias exemplos de projetos coordenados modularmente que hoje, após a definição de coordenação dimensional da NBR 15873:2010, devem ser classificados como coordenados dimensionalmente, pois não usaram um módulo igual ou múltiplo de 100mm.

Um arquiteto brasileiro famoso internacionalmente por seus projetos de arquitetura coordenados dimensionalmente é João Filgueiras Lima, o Lelé. Em seu projeto intitulado “A Escola Transitória”, Lelé conciliou os painéis verticais, as esquadrias, os pisos, as canaletas de drenagem, as telhas e os sheds de ventilação com uma malha modular, cujo módulo fundamental era 57,25cm. Todos esses componentes foram fabricados sob medida, como indica a figura a seguir:

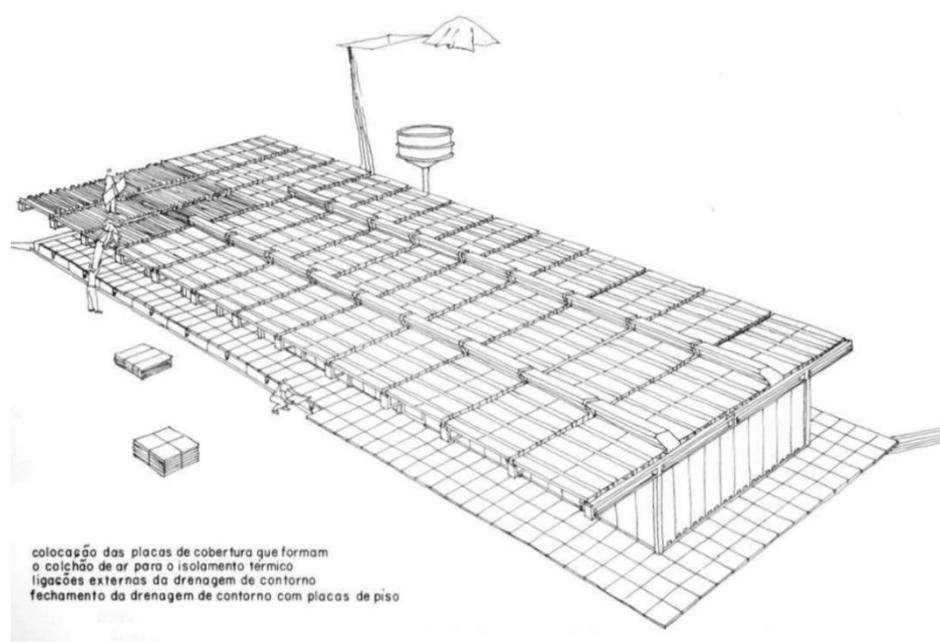


Figura 2.4 - Exemplo de Coordenação Dimensional: Escola Transitória, João Felgueiras Lima. Fonte: LIMA, 1984.

Tanto nesse projeto quanto em outras edificações coordenadas dimensionalmente, a adoção de uma medida modular qualquer, escolhida conforme conveniência, demanda

componentes cujas medidas não são encontradas no mercado da construção civil. Para viabilizar a construção de tal projeto é necessária a pré-fabricação dos componentes (Ribeiro e Jr, 2003). Logo, a imagem da Coordenação Dimensional está diretamente ligada à pré-fabricação e a sistemas fechados de construção.

Por consequência disso, o termo Coordenação Modular por vezes tem sido também associado à “construção pré-fabricada”.

Somado a isso, observa-se também que popularmente entende-se o termo “casas modulares” como aquelas pré-fabricadas e montadas em larga escala. Em inglês, os termos “modular building”, “modular home” e “modular housing” também dizem respeito à pré-fabricação (Em [http:// www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html](http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html)).



Figura 2.5 – Casas pré-fabricadas. Fonte: <http://www.mgcasasrj.com.br/>

Contudo, como foi dito anteriormente, a pré-fabricação está ligada sim à Coordenação Dimensional. A Coordenação Modular, por sua vez, através da adoção do módulo básico (100mm), busca justamente compatibilizar componentes produzidos por indústrias diversas encontrados a pronta entrega no mercado da construção civil, o que não impede que tais componentes sejam conciliados com componentes fabricados sob medida ou até mesmo com componentes produzidos artesanalmente no canteiro de obras.

Portanto, “a coordenação modular não é, de modo nenhum, exclusivamente aplicada a processos industriais, nem implica sistemas construtivos fechados ou

dependência de um único fabricante.” (Em <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>).

## 2.2. SISTEMA FECHADO X SISTEMA ABERTO

Segundo Ribeiro e JR (2003), o Catálogo de Processos e Sistemas Construtivos para a Habitação de 1998 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) contém diversos exemplos de novas tecnologias e sistemas construtivos de excelência. Apesar de suas qualidades, a maioria deles desapareceu. Os sistemas que desapareceram tinham em comum serem sistemas construtivos fechados.

Sistemas construtivos fechados são aqueles em que “...é feito um projeto de edificações com um grau restrito de variações. É feita uma decomposição dos componentes da edificação de modo a permitir uma produção em série destes componentes.” (RIBEIRO e JR, 2003, p. 97). O objetivo desta estratégia construtiva é uma produção mais barata de componentes e uma montagem rápida que, por sua vez, reduz outros custos.

Em um projeto de arquitetura destinado à pré-fabricação, é vantajoso reduzir-se a variabilidade de componentes, diminuindo, assim, o trabalho projetual com detalhamento de componentes e também simplificando a montagem. Por consequência disso, usa-se como estratégia a composições através da repetição e encaixe de componentes idênticos.

Em busca de certa flexibilidade projetual, outra estratégia é criar componentes proporcionais a uma medida de referência, tornando possível, assim, compor diferentes arranjos espaciais utilizando-se um mesmo grupo de peças.

Neste ponto nos deparamos mais uma vez com a Coordenação Dimensional, explicada e exemplificada anteriormente (veja item 2.1). Ribeiro e Jr afirmam que a medida de referência escolhida é normalmente baseada em um componente e que

“costuma-se denominar esta unidade de referência de *módulo*.” (RIBEIRO e JR, 2003, p. 97)

Importa-nos dizer que nos sistemas construtivos fechados a medida modular escolhida para uma edificação não se comunica com a medida modular de outras edificações e, portanto, não podem ser combinadas. Assim, tal sistema industrial é exclusivo a um único projeto.

Entre as principais vantagens do Sistema Construtivo Fechado estão a redução de custos por unidade construída (considerando-se uma produção em grande série), a rapidez da montagem, o controle da obra, a redução de desperdícios e, para Fonyat (2003) “a ausência de incompatibilidade entre as peças, devido ao fato de toda a edificação ser produzida por uma única fábrica” (FONYAT, 2013, p. 95).

Silva e Silva (2004), por outro lado, ao analisarem os motivos do pouco uso de painéis pré-fabricados no Brasil, se comparado aos Estados Unidos e Europa, apontam para a falta de domínio da tecnologia, ocasionando deficiência de desempenho e problemas de interface com os demais subsistemas, acarretando a frustração dos usuários, o que fortalece as resistências culturais (brasileiras) relativas à pré-fabricação.

Além disso, o viés de se estar vinculado a um único fabricante é tornar-se dele dependente. Na ocasião de ampliações ou alterações na edificação, bem como para realizar manutenção e substituição de componentes, é necessário adquirir-se os componentes do mesmo fabricante original.

Exemplo disto foi o que aconteceu no Rio de Janeiro com os Postos de Saúde construídos nos anos 80, com base em projeto de argamassa armada do arquiteto João Filgueiras Lima. Para sua construção foi criada uma fábrica de componentes. Com o fechamento da fábrica, criou-se uma enorme dificuldade na manutenção e adequação às novas necessidades, chegando-se até ao extremo de haver casos em que se tornou economicamente mais viável demolir o existente e construir um novo prédio com o sistema tradicional. (RIBEIRO e JR, 2003, p. 92)

Quanto às vantagens econômicas, é importante lembrar que:

O sistema fechado só se viabiliza economicamente quando são considerados somente os custos da construção, desconsiderando a manutenção, alteração para adequação e ampliação e, mesmo assim, para um grande número de unidades. (MANDOLESI (1981), apud RIBEIRO e JR, 2003).

É importante abordar ainda que, em Sistemas Construtivos Fechados, a edificação é completamente construída “de uma vez só”. Contudo, esta não é a realidade da população de baixa renda (e até mesmo da classe média) que constrói suas habitações em etapas, conforme suas disponibilidades financeiras e adquire os componentes de construção em lojas de materiais de construção próximas à obra.

Como alternativa ao Sistema Construtivo Fechado, tem-se outro modelo denominado Ciclo Aberto ou Sistema Construtivo Aberto. Nele, componentes produzidos em série, oriundos de indústrias diversas, são compatíveis entre si devido às suas dimensões serem múltiplas de um mesmo módulo. A construção continuaria sendo uma montagem tipificada, com a vantagem econômica da produção em série, porém com flexibilidade projetual, podendo satisfazer diferentes programas e exigências formais e estéticas e garantindo a manutenibilidade da edificação e a não dependência a um único fabricante.

Esse modelo tem sido pensado desde o primeiro pós guerra, como alternativa, na época, a monotonia visual própria das edificações pré-fabricadas em série (Fonyat, 2013). Desde então se entendia que, para tornar viável a possibilidade de múltiplas composições, era necessária a compatibilização de medidas entre os componentes, os elementos e os subsistemas e, além disso, a interrelação dos diversos agentes da Cadeia de Produção da Indústria da Construção (CPIC) em torno desta mesma ferramenta de compatibilização.

Essa ferramenta de compatibilização de medidas foi denominada Coordenação Modular, cujo histórico e princípios serão expostos a seguir.

### 2.3. HISTÓRICO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR

Historicamente, o uso de um módulo aparece na arquitetura desde a antiguidade. Os gregos fizeram uso do módulo com intenções estéticas, os romanos, para fins estético-funcionais e os japoneses, sob um caráter funcional (Rosso, 1976, apud Baudalf, 2004).

Mas foi no século XX que se começou a pensar no módulo para os propósitos da indústria moderna. A partir de 1930, Alfred Farwell Bemis, industrial de Boston, desenvolveu “os primeiros estudos de uma nova técnica de construção, a qual denominou de ‘*método modular cúbico*’”. (Caporioni; Garlatti; Tenca-Montini, 1971, apud Greven e Baudalf, 2007, p.26).

Em 1942, Le Corbusier elaborou um “sistema de proporcionalidade que adequasse as medidas antropométricas àquelas necessárias à produção industrial” (Ching, 1998, apud Greven e Baudalf, 2007, p. 28), fundamentando-o na matemática, na seção áurea, na série de Fibonacci e nas proporções do corpo humano.

Durante a Segunda Guerra, o alemão Ernst Neufert realizou um estudo sistemático e completo de Coordenação Modular e concebeu o sistema de coordenação octamétrica (100 cm/8), gerando módulo de 12,5 cm, medida proporcional aos tijolos fabricados na Alemanha, na época. (Greven e Baudalf, 2007)

Ainda neste período, na Suécia, Bergvall e Dahlberg estudaram a Coordenação Modular tomando como base a medida 10 cm, enquanto na América do Norte a medida usada era a polegada (10,06 cm).

A partir do final da Segunda Guerra Mundial, os trabalhos de todos esses precursores passaram a ser encarados com mais atenção, uma vez que os problemas habitacionais decorrentes da Guerra iriam exigir o desenvolvimento de novos métodos construtivos, quando os estudos e a

aplicação da Coordenação Modular assumiram, então, um caráter universal, sendo conduzidos em nível de cooperação internacional (Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum 1970a, apud Baudalf, 2004).

Estudos de Coordenação Modular desenvolvidos internacionalmente estabeleceram requisitos para a adoção do módulo base e em 1957 a ISO (International Organization for Standardization) aprovou oficialmente a adoção das medidas: 10cm ou 4 polegadas e publicou em 1958 o texto “Regras Gerais de Coordenação Modular”.

Até 1961, mais de 18 países europeus adotaram o módulo de 10cm, bem como URSS, Índia, Japão e Brasil, enquanto os EUA e Canadá adotavam 4”. Em 1965 o Comitê Pan-Americano de Normas Técnicas adota a Coordenação Modular e o módulo-base 10cm. Na década de 70 a Austrália e a Inglaterra trocam o sistema de medida pé/polegada pelo sistema decimétrico e a Alemanha abdica do sistema octamétrico adotando o decimétrico.

Os países industrializados – da Europa e da América do Norte –, que adotaram efetivamente a Coordenação Modular nas décadas de 50 e 60, atualmente seguem utilizando-a no dia-a-dia da construção civil, desde o projeto dos componentes, passando pela formação dos profissionais nas Universidades e chegando aos canteiros de obras. A evolução da Coordenação Modular nesses países chegou ao que se chama de conectividade, que utiliza os recursos de informática e informatização conjuntamente com os equipamentos industriais informatizados. (Grevén e Baudalf, 2007, p. 65)

O Brasil, em 1950, publicou sua primeira norma de Coordenação Modular, adotando o módulo base = 10cm, mas não foram mobilizados recursos humanos e materiais para a continuação dos estudos (Baudalf, 2004). Uma Comissão de Coordenação Modular da ABNT revisou a norma em 1969 e estudou estratégias para divulgação e ampliação do uso da CM pelas entidades relacionadas à construção civil.

Assim ficou a cargo do Centro Brasileiro de Construção Bouwcentrum, com colaboração da ABNT, a elaboração do Plano e Implantação a Coordenação Modular no Brasil. O Plano previa uma etapa de coleta de dados, outra de estudos teóricos de

componentes e outra de elaboração de manuais para projetistas e fabricantes, ministração de cursos e construções em canteiro experimental. Entretanto, não se tem notícias se esta terceira etapa foi executada.

Entre 1977 e 1982 foram produzidas outras 26 normas de CM pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil e pela Comissão de Estudo de Coordenação Modular da Construção, ligados a ABNT. Sobre essas normas, Greven e Baldalf (2007) afirmam:

as normas sobre o assunto são incipientes, pouco claras e pouco objetivas, provocando dúvidas quanto à sua interpretação e tornando sua viabilidade frágil. O fato de as NBRs não especificarem dimensões para os componentes e vãos é provavelmente um dos motivos pelos quais elas não sejam respeitadas, o que se agrava pelo fato de que grande parte dos intervenientes da cadeia da indústria da construção civil desconhece sua existência e os conceitos do que seja a Coordenação Modular. As normas de Coordenação Modular nem ao menos são citadas como complementares nas demais normas brasileiras, e a terminologia usada em cada uma delas não é padronizada. (Greven e Baldalf, 2007, p.60)

Ciente da necessidade de retomada da Coordenação Modular para melhoria da produtividade da construção civil, aperfeiçoamento de componentes e comunicação entre os diversos agentes do setor, surgiram duas iniciativas por parte de instituições governamentais:

1ª: Em 2006, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) lançou um edital de projetos de pesquisa (...) que incluiu, entre as linhas propostas, o desenvolvimento da Coordenação Modular para a produção habitacional. Projetos de oito instituições de pesquisa (...) foram aprovados nessa linha, formando-se, assim, uma Rede Colaborativa de pesquisa, que examinou as normas vigentes de Coordenação Modular, bem como identificou os principais obstáculos à sua implantação. (ABDI-FEC, 2009 a, p. 11)

A segunda iniciativa aconteceu em 2008, quando a União (por meio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC, do Ministério das Cidades, da Caixa Econômica Federal e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), celebrou um *Acordo de Cooperação Técnica* com a Federação das Indústrias do Estado de

São Paulo e a Fundação Euclides da Cunha – FEC – de Apoio Institucional à Universidade Federal Fluminense – UFF, cujas ações prioritárias eram a revisão das normas de Coordenação Modular e o desenvolvimento de um plano de difusão, com vistas à melhoria do ambiente de negócios, o desenvolvimento industrial, tecnológico, elevação do patamar competitivo da cadeia produtiva da construção civil, redução do déficit habitacional e na modernização da Construção no país.

Em 2009, então, foi reaberta a Comissão de Coordenação Modular para Edificações na ABNT, com participação da Rede Finep, do MDIC, da UFF e contribuição de agentes de diversos segmentos da cadeia produtiva da construção civil. Esse grupo elaborou a nova norma de Coordenação Modular que entrou em vigência em outubro de 2010, em substituição às normas anteriores.

A nova norma mantém a medida de módulo básico = 100mm, distinguindo a Coordenação Modular da Coordenação Dimensional e baseia-se nos princípios internacionalmente acordados formalizados pelas três normas ISO de CM (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010 a):

- ISO 1006-1983 - Building Construction - Modular Coordination - Basic Module
- ISO 1791-1983 - Building Construction - Modular Coordination - Vocabulary
- ISO 2848-1984 - Building Construction - Modular Coordination - Principles and Rules.

Para Amorim, Kapp e Eksterman (2010, a) a “nova norma se constitui na base para a difusão nacional destes conceitos e para a elaboração de normas complementares, ou ajustes em outras normas existentes, quando pertinentes”. (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010 a, p10).

Este trecho de capítulo dedicou-se a explicar o histórico da Coordenação modular até o momento de sua norma mais recente no Brasil, em 2010.

## 2.4. RESUMO CRONOLÓGICO DAS PRINCIPAIS OBRAS SOBRE O TEMA

Em 1971, Caporioni, Garlatti e Tenca-Montini publicam na Espanha “*La Coordinación Modular*”, obra em que defendem o módulo 100mm como medida padrão de consenso internacional.

Entre 1969 e 1972, o Centro Brasileiro da Construção Bowncentrum publicou diversos periódicos sobre o plano de implantação da Coordenação Modular no Brasil e relatórios da implantação.

Em 1976, no Brasil, Teodoro Rosso publica *Teoria e prática da Coordenação Modular*, em que monta um histórico da coordenação modular, expõe as vantagens de seu uso e fala sobre o consenso internacional sobre as medidas preferidas.

Entre 1970 e 1980, o BNH (Banco Nacional de Habitação) também publica artigos sobre o plano de implantação da Coordenação Modular, sua divulgação e projeto piloto.

Em 1982, são publicadas 24 das 25 normas ABNT de Coordenação Modular substituídas pela norma atual.

Em 1983 e 1984, a ISO, criada em 1947 reunindo associados de diversos países, publica três normas de Coordenação Modular.

Em 1997, percebendo a necessidade de complementação das normas nacionais e detalhamento de sua aplicação no setor de esquadrias, a AFEAL (Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Alumínio), Sinduscon-SP (Sindicato das Indústrias de Construção de São Paulo) e AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) promoveram a elaboração de um estudo que resultou no *Manual Técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias*, produzido por Hugo Lucini e publicado em 2001. O Manual considera o vão disponível à vedação =  $nM + 1\text{cm}$ , onde 1cm equivale às faces não argamassadas da alvenaria. ABDI-FEC (2009) considera essa definição equivocada e

acrescenta que o Manual traz duas definições para medidas nominais de esquadrias que são contraditórias entre si.

Em 2003, Marcellus Ribeiro e Camilo Michalka escrevem *A Contribuição dos Processos Industriais de Construção para a Adoção de Novas Tecnologias na Construção Civil no Brasil*, enfatizando o fracasso dos Sistemas Industriais Fechados e apresentando a Coordenação Modular como ferramenta imprescindível para o desenvolvimento do Sistema Industrial Aberto.

Em 2004, Alexandra Baudalf defende a dissertação *Contribuição à Implementação da Coordenação Modular no Brasil*, e juntamente com seu orientador Hélio Greven, publicam em 2007 o livro *Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: uma abordagem atualizada*, em que traçam o histórico da Coordenação Modular e levantam os vários motivos do fracasso de sua implantação no Brasil.

Também em 2007, Isac Chedid Saud Filho, defende a dissertação *A Coordenação Modular como uma Ferramenta no Processo Projetual*, na qual descreve a correlação da CM com as várias etapas do projeto arquitetônico e adapta uma planta de um edifício multifamiliar para a alvenaria estrutural usando reticulado 30x30cm.

Em 2009, Silke Kapp escreve *Análise Crítica das normas de Coordenação Modular vigentes no Brasil*, onde conclui que as normas à época eram “fragmentárias e por vezes contraditórias” (ABDI-FEC, 2009).

No mesmo ano, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e a Fundação Euclides Cunha (FEC) publicam o *Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil*, supervisionado por Sérgio Amorim, no qual foram avaliadas a conformidade com a CM e com o módulo básico internacional das dimensões dos componentes construtivos produzidos pelas indústrias associadas às principais entidades de cada setor. O relatório avaliou os blocos de concreto, blocos

cerâmicos, chapas de gesso, telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de aço, esquadrias metálicas, esquadrias de madeira, esquadrias de pvc e revestimento cerâmico. A respeito dos componentes de vedação vertical, objetos de pesquisa desta dissertação, as conclusões do Relatório, à época, estão expostas na Tabela 2-1.

Tabela 2-1 – Resumo das conclusões sobre componentes de vedação vertical publicados em 2009. Fonte: ABDI-FEC, 2009.

<b>Segmento</b>	<b>Prática da CM</b>	<b>Dificuldades</b>	<b>Recomendações</b>
Blocos de concreto	Corrente	Uso inadequado das larguras 15cm e 7,5cm; uso inadequado da terminologia em projeto e comercialização.	Introdução de componentes complementares difusão de soluções de projeto; estímulo ao uso de blocos de 10 e 20cm; revisão da norma quanto à terminologia e ao uso de M/2 e M/4.
Blocos cerâmicos	Parcial	Uso inadequado da largura 15cm.	
Chapas de gesso	Corrente	Não há.	Não há.
Esquadrias de alumínio	Restrita	Desinformação e mal-entendidos sobre os princípios da CM, levando ao uso de medidas nominais múltiplas de 10cm; inconformidade em alguns casos.	Difusão de informações; revisão das normas concernentes às janelas com inclusão da CM e exigência de melhores práticas informacionais por parte dos fabricantes.
Esquadria de aço	Ausente		
Esquadria de PVC	Ausente		
Esquadria de madeira	Ausente		

Em 2010, foi publicada a nova norma de Coordenação Modular e, para sua difusão, foram publicados no mesmo ano, por iniciativa do MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior), em conjunto com o Ministério das Cidades e a Agência

Brasileira de Desenvolvimento Industrial, cinco cadernos denominados *Manual de Práticas Recomendadas*, também supervisionados por Sérgio Amorim. Os cadernos abordam os temas: habitação de interesse social, vedações verticais, revestimentos, coberturas e esquadrias. Estes cadernos deveriam estar disponíveis no site [www.construirdesenvolvimento.com.br](http://www.construirdesenvolvimento.com.br), porém este endereço encontra-se indisponível desde o princípio desta pesquisa, de modo que apenas os dois primeiros cadernos foram encontrados.

Em 2011, Regina Grabarz, Guilherme Parsekian e José Paliari escrevem *Estudo Teórico Comparativo de Perdas de Placas Cerâmicas em Projeto com e sem Coordenação Modular*, no qual simularam três cenários: paginação de cerâmica não modular em arquitetura não modular, paginação não modular em projeto coordenado modularmente e paginação de cerâmicas modulares em projeto coordenado modularmente. No primeiro caso a perda foi de 7,57%; no segundo, 4,26% e no terceiro caso, de 0,36%, confirmando a vantagem do uso da Coordenação Modular.

Em 2012, Neliza Romcy defende a dissertação *Proposta de tradução dos princípios da Coordenação Modular em parâmetros aplicáveis ao Building Information Modeling, em que traduz os princípios da CM em parâmetros para o BIM e cria um plug-in capaz de gerar paginações de alvenaria racionalizada automaticamente. Conclui que “a CM facilita o processo de criação de parâmetros para alimentação do sistema BIM”* (Romcy, 2012, p.viii) que, por sua vez, “*permite um ambiente virtual integrado, uma melhor visualização de informações e automatização de funções*”. (Romcy, 2012, p. ix)

Em 2013, Regina Grabarz defende a dissertação *Contribuição para o emprego de portas modulares em projetos de alvenaria estrutural*, em que avalia portas metálicas e de madeira, bem como suas normas, sendo algumas posteriores à atual norma de CM.

## 2.5. TEORIA DA COORDENAÇÃO MODULAR

A teoria da Coordenação Modular está baseada na norma NBR 15873, publicada em 2010, a qual substitui 25 normas anteriores<sup>4</sup>. O principal objetivo desta revisão foi facilitar a aplicação dos conceitos da Coordenação Modular e promover a compatibilidade dimensional de elementos e componentes construtivos a partir de uma medida padrão, com vistas a colaborar com a modernização da construção civil no Brasil.

Além disso, a nova norma objetiva (ABNT NBR 15873, 2010, p. 3):

- a) Ampliar a cooperação entre os diversos agentes da cadeia produtiva da construção;
- b) Racionalizar a variedade de medidas utilizadas na fabricação de componentes construtivos;
- c) Simplificar a marcação do canteiro de obras para posicionamento e instalação de componentes construtivos;

---

<sup>4</sup> Normas canceladas pela NBR 15873:2010:

ABNT NBR 5706:1977 - Coordenação modular da construção; ABNT NBR 5707:1982 - Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência; ABNT NBR 5708:1982 - Vãos modulares e seus fechamentos; ABNT NBR 5709:1982 - Multimódulos; ABNT NBR 5710:1982 - Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural; ABNT NBR 5711:1982 - Tijolo modular de barro cozido; ABNT NBR 5713:1982 - Altura modular de teto - Piso (entre pavimentos consecutivos); ABNT NBR 5714:1982 - Painel modular vertical; ABNT NBR 5715:1982 - Local e instalação sanitária modular; ABNT NBR 5716:1982 - Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente; ABNT NBR 5717:1982 - Espaço modular para escadas; ABNT NBR 5718:1982 - Alvenaria modular; ABNT NBR 5719:1982 - Revestimentos; ABNT NBR 5720:1982 - Coberturas; ABNT NBR 5721:1982 - Divisória modular vertical interna; ABNT NBR 5722:1982 - Esquadrias modulares; ABNT NBR 5723:1982 - Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares); ABNT NBR 5724:1982 - Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente; ABNT NBR 5725:1982 - Ajustes modulares e tolerâncias; ABNT NBR 5726:1982 - Série modular de medidas; ABNT NBR 5727:1982 - Equipamento para complemento da habitação na construção coordenada modularmente; ABNT NBR 5728:1982 - Detalhes modulares de esquadrias; ABNT NBR 5729:1982 - Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente; ABNT NBR 5730:1982 - Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção; ABNT NBR 5731:1982 - Coordenação modular da construção;

d)Aumentar a intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação.

É importante comentar que, para projetos coordenados dimensionalmente, ao escolher-se um módulo qualquer, não proporcional ao módulo de 100mm, os componentes propostos deverão ser encomendados sob medida, eliminando-se, assim, as vantagens a, b e d enumeradas acima.

A NBR 15873 não é de uso obrigatório, “cabendo aos responsáveis pelos projetos e produção de componentes construtivos definir (SIC) a amplitude de sua aplicação a cada caso” (ABNT NBR 15873:2010, p. V).

A Norma define seis princípios: o módulo básico, a medida de coordenação de elemento/componentes, medida de fabricação, posição do elemento/componente num sistema de referência, os multimódulos e os incrementos submodulares, os quais serão especificados a seguir.

### **2.5.1. Módulo Básico**

A unidade modular é o denominador comum de todas as medidas, é o incremento unitário de todas as demais dimensões a fim de que a soma ou diferença de duas dimensões modulares também seja modular e é um fator numérico ou a razão de uma progressão. (GREVEN e BAUDALF, 2007, p.36).

Além disso, a dimensão do módulo deve ser suficientemente grande para que seja possível estabelecer uma correlação satisfatória entre as dimensões modulares dos componentes e os espaços modulares do projeto; também deve ser suficientemente pequeno para que seus múltiplos correspondam aos diferentes elementos da gama industrial (Caporioni; Garlatti, Tenca-Montini, 1971).

A nova norma define que o módulo básico (M) é 100mm. A medida estabelecida norteia a indústria aberta, provocando redução da variedade de medidas de componentes

fabricados e, por aderir ao valor acordado internacionalmente, poderá impactar a economia nacional, uma vez que produtos modulares aqui fabricados serão também considerados modulares internacionalmente e serão mais visados para importação.

### 2.5.2. Medida de Coordenação

A medida de coordenação ( $M_c$ ) ou medida modular é a medida igual a um módulo ou a um múltiplo inteiro de módulo. A medida modular inclui o elemento ou componente propriamente dito e as folgas perimetrais necessárias em razão de suas deformações, suas tolerâncias, seu processo de instalação e seus materiais de união com componentes e elementos vizinhos (NBR 15873:2010, p. 3).

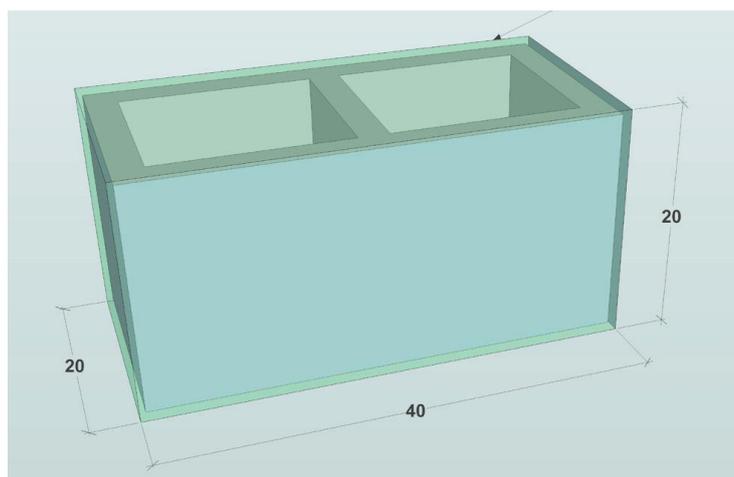


Figura 2.6 – Medida de coordenação: 20x40x20; Medida modular: 2Mx4Mx2M. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010).

A medida do componente propriamente ou medida nominal ( $M_n$ ) é a medida determinada para o projeto ou produção de um componente (LUCINI, 2001).

As folgas perimetrais são denominadas ajustes de coordenação ( $A_c$ ). Assim, temos:

$$M_c = M_n + A_c.$$

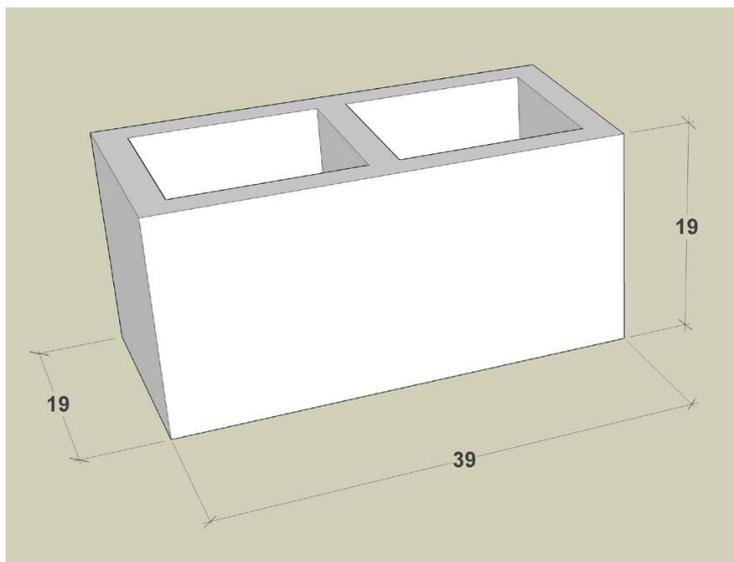


Figura.2.7 – Medida nominal: 19x39x19. Fonte: Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, p 13.

### 2.5.3. Medida de Fabricação

O princípio da medida de fabricação é consequência do princípio anterior. A norma define que, ao projetar-se um componente ou elemento modular, é necessário considerar a medida modular do módulo básico ou do multimódulo esperado e subtrair desta medida as folgas perimetrais.

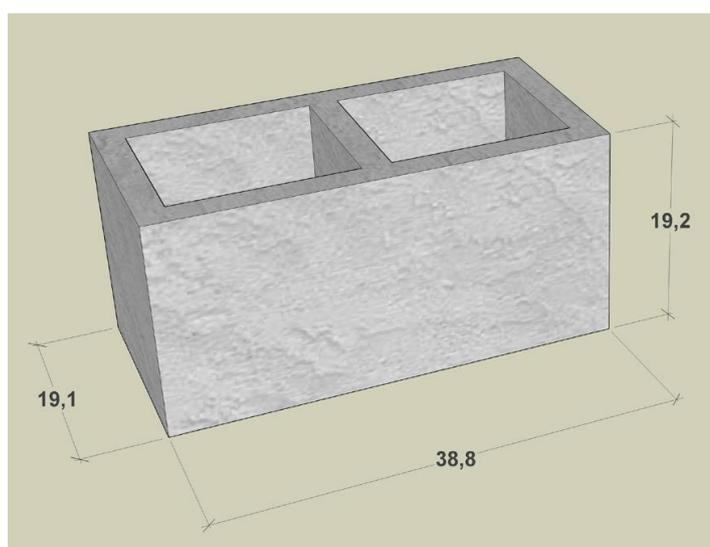


Figura 2.8 – Medida real: 19,1 x 38,8 x 19,2. Fonte: Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, p. 13.

Tal definição, portanto, exige que o fabricante calcule quais serão as deformações mecânicas, térmicas ou por umidade do produto, as perdas, acréscimos ou deformações consequentes do processo de fabricação, que conheça o processo de instalação e calcule a quantidade de espaço para os materiais de união com os componentes vizinhos.

Denomina-se tolerância a diferença admissível entre a medida nominal e a medida real, ou seja, entre a medida definida em projeto e a medida verificada diretamente no objeto executado.

#### 2.5.4. Posição do Elemento/Componente num Sistema de Referência

No projeto e na construção coordenados modularmente, empregam-se sistemas de referência modulares para posicionar elementos, componentes e conjuntos modulares.

Um sistema de referência modular é um sistema geométrico constituído por  $n$  planos ortogonais, dispostos nas três dimensões, de modo que a distância entre planos paralelos seja sempre igual ao módulo básico de 100mm ou a um multimódulo (NBR 15873, 2010, p.5).

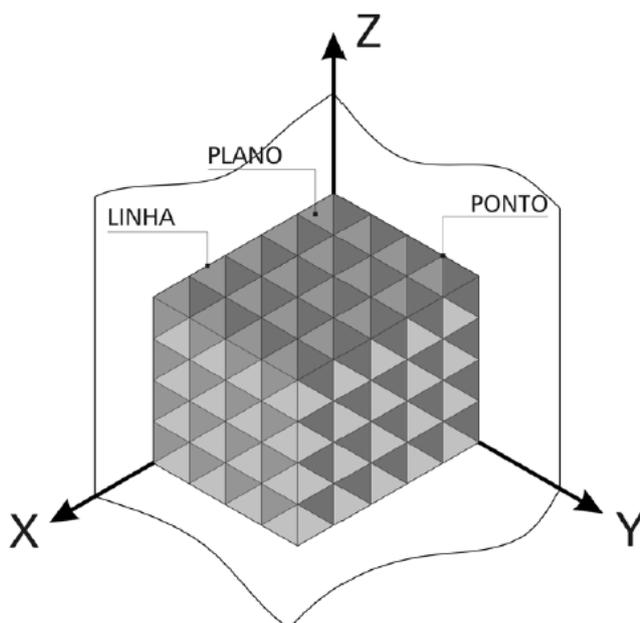


Figura 2.9 – Reticulado Modular. Fonte: GREVEN e BAUDALF (2007).

Segundo Greven e Baudalf (2007), pode-se usar como referência o reticulado modular espacial, que é uma referência tridimensional ou o quadriculado modular ou malha modular, que é uma referência bidimensional.

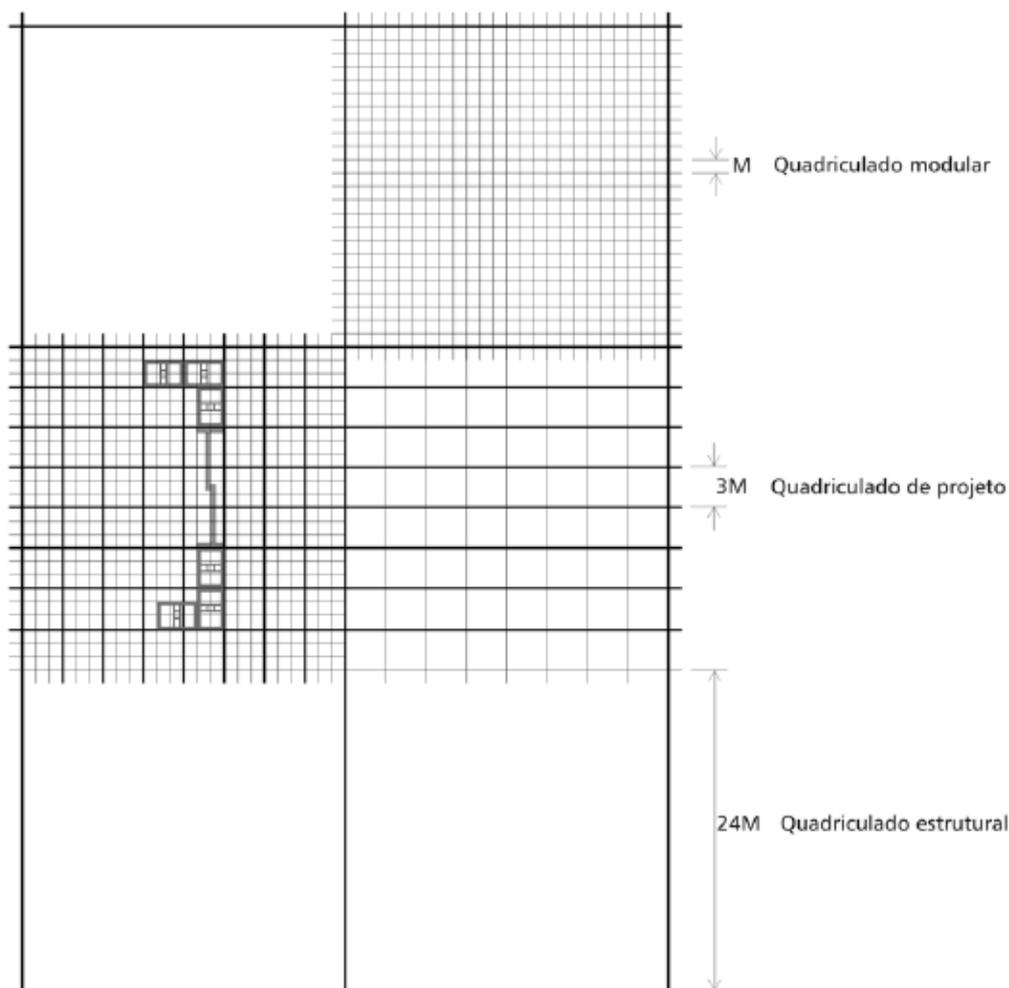


Figura 2.10 – Quadriculos modulares M, 3M e 24M. Fonte: GREVEN e BAUDALF, 2007, p 41.

Assim, a posição de um elemento, componente ou conjunto modular será dada pela indicação do espaço modular ocupada no sistema modular de referência.

Segundo Amorim, Kapp e Eksterman (2010), o posicionamento preferencial de elementos e componentes é o alinhado com a malha, pois permite uma legibilidade melhor da coordenação dos outros componentes.

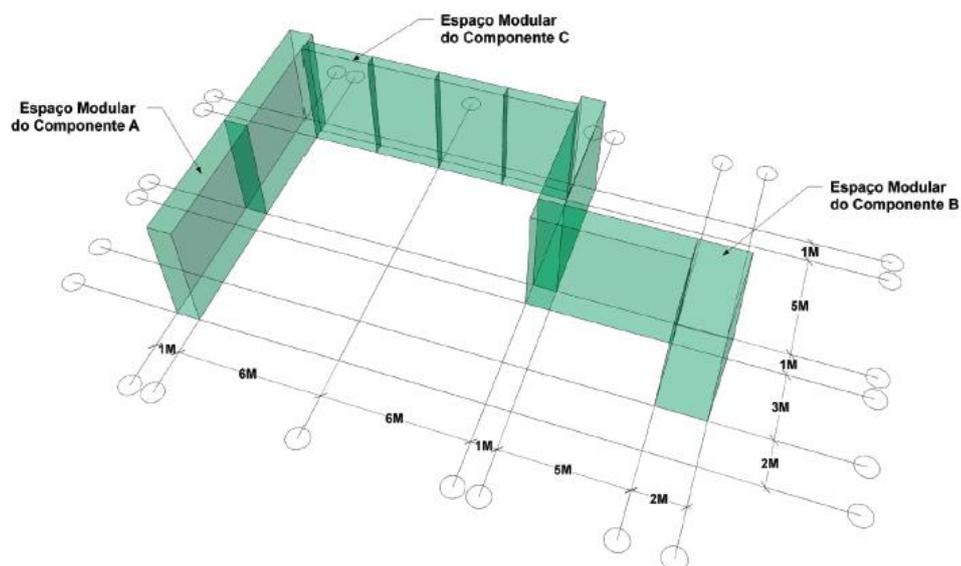


Figura 2.11 – Componentes e elementos posicionados alinhados à malha. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, a, p. 15).

A norma contempla a possibilidade dos sistemas modulares de referência serem “justapostos, sobrepostos ou combinados entre si com diferentes distâncias multimodulares entre seus planos ou em diferentes ângulos.” (NBR 15873, 2010, p. 5).

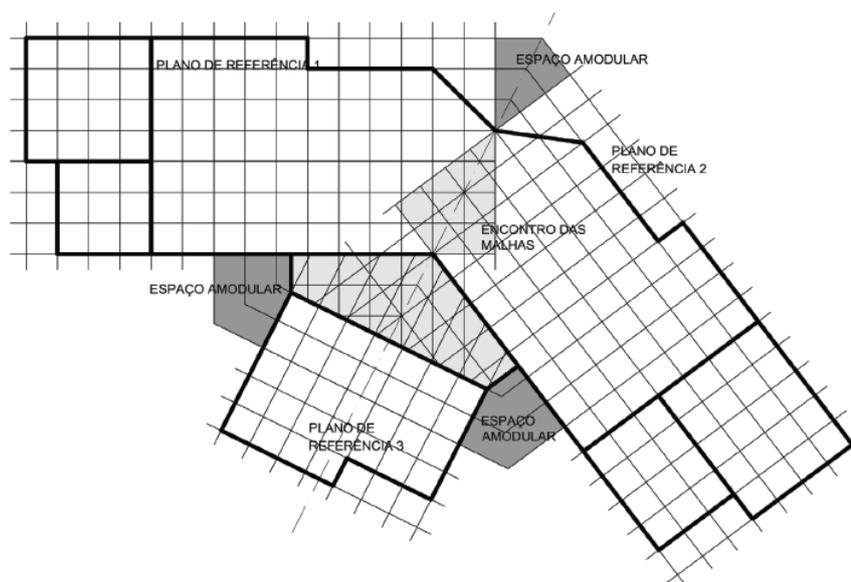


Figura 2.12 – Planos modulares de referência e espaços amodulares. Fonte: (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, a, p. 16).

Os espaços de transição (interrupção ou transposição das malhas) com medidas não modulares eventualmente gerados são denominados espaços amodulares.

### 2.5.5. Multimódulos

Para uma melhor articulação dos elementos e componentes construtivos e também para reduzir a variedade de medidas modulares e aumentar as possibilidades de compatibilização de elementos e componentes construtivos de diferentes tipos e origens, a norma orienta o uso de *multimódulos convenientes*, ou seja, múltiplos do módulo básico com um maior número de divisores também modulares. Também orienta que haja séries de multimódulos para medidas modulares verticais e séries para medidas horizontais. Contudo, a nova norma não define numericamente quais seriam estes multimódulos.

As séries de multimódulos são escolhidas por suas propriedades matemáticas, baseadas em estudos teóricos.

A ISO 6513/1982 como preferencial para dimensões horizontais as séries em função dos multimódulos 2M ou 3M. A ISO 1040/1983, por sua vez, define os seguintes multimódulos horizontais: 3, 6, 12, 30 e 60M.

O Manual de Práticas Recomendadas sugere múltiplos de 2M para medidas verticais (Amorim, Kapp e Eksterman, 2010 a, p. 30).

Greven e Baudauf (2007) acrescentam que, no sistema de números preferenciais, haverá as medidas preferíveis e as medidas preferidas, pois haverá naturalmente uma seleção natural de medidas, de modo que as séries de produção são reduzidas ao mínimo indispensável para atender às exigências de mercado e aos requisitos econômicos, mas sem perder flexibilidade.

As medidas preferíveis serão aquelas que melhor se ajustam aos princípios da Coordenação Modular, como, por exemplo, janelas com largura levando-se em consideração o multimódulo planimétrico 3M: 30 cm, 90 cm, 120 cm, 150 cm, 180 cm e assim por diante. As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos que o mercado utiliza com maior frequência. (GREVEN e BAUDAUF, 2007, p. 46.)

Tabela 2-2 – Dimensões horizontais preferenciais definidas pela ISO 6513/1982. Fonte: Amorim et al., 2010, a, p 31.

<b>MULTIMÓDULOS</b>					
<b>3M</b>	<b>6M</b>	<b>12M</b>	<b>15M</b>	<b>30M</b>	<b>60M</b>
3M					
6M	6M				
9M					
12M	12M	12M			
15M			15M		
18M	18M				
21M					
24M	24M	24M			
27M					
30M	30M		30M	30M	
33M					
36M	36M	36M			
39M					
42M	42M	42M			
45M			45M		
48M	48M	48M			
54M	54M				
60M	60M	60M	60M	60M	60M
66M	66M				
72M	72M	72M			
75M			75M		
78 M	78M				
84M	84M	84M			
90M	90M		90M	90M	
96M	96M	96M			
105M			105M		
108M	108M	108M			
120M	120M Etc.	120M Etc.	120M Etc.	120M Etc.	120M Etc.

### 2.5.6. Incrementos Submodulares

Nem todos os componentes da construção podem ser fabricados segundo dimensões múltiplas do módulo, designadamente aqueles que, pela sua natureza, são obrigatoriamente inferiores ao módulo-base, como, por exemplo, espessuras de painéis e de paredes, e certos

tipos de tubos e de perfis. Para resolver essa situação, é admitida a utilização de submódulos ( $M/n$ ).

A NBR 15873:2010 ainda admite incrementos submodulares que são “frações do módulo básico, com os seguintes valores normalizados:  $M/2 = 5\text{cm}$ ;  $M/4 = 2,5\text{cm}$ ;  $M/5 = 2\text{cm}$ ”. Os incrementos submodulares podem ser usados para determinar:

- 1.as medidas de coordenação de componentes construtivos com uma ou mais dimensões menores do que  $1M$ ;
- 2.as medidas de coordenação de componentes construtivos maiores do que  $1M$  que precisam tem incrementos menores do que  $1M$ ;
- 3.o deslocamento entre diferentes sistemas de referência.

Os incrementos submodulares não podem ser usados:

- 1.em substituição ao módulo;
- 2.para determinar a distância entre planos modulares de um mesmo sistema de referência;
- 3.isoladamente, como medida de coordenação de um componente.

### **3. A COORDENAÇÃO MODULAR COMO FERRAMENTA DE PROJETO DE ARQUITETURA**

Como foi dito anteriormente, a Coordenação Modular não é um tema obrigatório no ensino de arquitetura no Brasil e um obstáculo à implantação da Coordenação Modular é o desconhecimento dessa ferramenta por parte dos projetistas.

Em 2009, o Relatório da ABDI-FEC diagnosticou que muitos projetistas e construtores conheciam o termo Coordenação Modular, porém o confundiam com “...repetição de elementos construtivos, pré-fabricação, Coordenação Dimensional, etc.” (ABDI-FEC, 2009, p. 12).

Com fim de se perceber qual o entendimento dos arquitetos sobre a Coordenação Modular, foi realizada, durante a produção desta dissertação, uma rápida pesquisa com colegas arquitetos atuantes no Distrito Federal por meio de aplicação de questionário, disponibilizado no apêndice. Obteve-se resposta de vinte arquitetos formados em nove diferentes instituições entre os anos de 1973 e 2012.

Sobre o conceito de Coordenação Modular, 35% assinalaram que o termo implica a repetição de um módulo qualquer, o que evidencia a confusão entre CM e Coordenação Dimensional; quatro entrevistados (20%) assinalaram que a CM implica módulo básico = 100mm, porém, metades destes também assinalaram a alternativa anterior, o que é contraditório.

Constata-se, portanto, que o desconhecimento sobre a CM e os equívocos sobre seu conceito permanecem recorrentes.

Ao questionar-se sobre o uso de Reticulado Modular, 11 entrevistados (55%) afirmam utilizá-lo durante o processo projetual e, destes, seis (54,54%) usam malhas planimétricas decimais, quatro (36,36%) usam necessariamente a malha planimétrica octamétrica (1,25m) e um (10%) usa ambas. Vemos, portanto, o costume sedimentado na

prática projetual do uso da malha octamétrica. Exemplo disso é citado por Carvalho e Tavares (200-?), que estudaram os projetos arquitetônicos de hospitais da Rede Sarah. Seu autor, o arquiteto João Filgueiras Lima, famoso por utilizar modulação em seus projetos, utilizava as medidas modulares de eixo a eixo de paredes ou pilares e tinha preferência pelo módulo 125cm.

O arquiteto afirmou que experimentou os multimódulos 11M e 12M, mas adotou para a Rede Sarah o módulo 125cm, pois considerou que 250cm era a medida adequada para os boxes de leitos (considerando-se a medida de eixo a eixo de parede e parede de 15cm, a área útil do boxe do leito será de 135cm). Também justificou que o piso melamínico prensado utilizado nos hospitais era de 62,5 x 62,5cm.

Carvalho e Tavares (200-?) apontam como dificuldades para a modulação decimal as soluções para piso e teto. Os pisos cerâmicos possuem medidas nominais decimais. Assim, uma paginação de piso decimal não funcionará na prática por causa da dimensão das juntas. Além disso, as peças de forros são fabricadas em uma modulação baseada em norma estrangeira, diferente do sistema métrico decimal.

Embora esta pesquisa não tenha investigado forros, acredita-se que tanto os forros quanto as luminárias têm sido fabricadas seguindo-se a modulação octamétrica, gerando componentes de 62,5cm, o que seria mais uma motivação para o uso da malha 125 x 125cm.

Além do costume de usar-se a malha octamétrica, diagnostica-se também o costume de coincidir as linhas da malha com o eixo dos componentes. Nesta pesquisa, dentre dezoito respostas, apenas um entrevistado afirmou alinhar a face do componente com a linha da malha, um afirmou alinhar tanto pela face quanto pelo eixo e os demais afirmaram alinhar pelo eixo.

Ao questionar quais elementos prioriza obedecerem a espaçamentos modulares, dentre 19 respostas, 18 assinalaram pilares, 11 assinalaram paredes, 4 assinalaram esquadrias, 3 assinalaram piso e uma assinalou medidas internas.

Embora esta pesquisa tenha englobado uma pequena amostragem, podemos observar que seus resultados coincidem com os diagnósticos apontados por Baudalf (2007), pelo Relatório ABDI-FEC (2009) e pelo Manual de Coordenação Modular (2010). Dessa forma, podemos apontar, ainda hoje, como entraves à utilização da Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto, o desconhecimento da ferramenta por parte dos projetistas, os equívocos a respeito do tema e a carência de componentes coordenados modularmente.

Diante disto, este capítulo propõe-se a explicar o uso da Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto sobre cada uma das fases tradicionais do projeto de arquitetura, conforme os conceitos da NBR 13531/1995 – Elaboração de projetos de edificação – que fixa as atividades técnicas de projeto de arquitetura e de engenharia exigíveis para a construção de edificações. A norma segue esta sequência: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo, cujas definições estão na Tabela 3-1. Entretanto, para avaliação da interferência da CM no projeto de arquitetura será relevante falar apenas sobre o estudo de viabilidade, o estudo preliminar, o anteprojeto e o projeto executivo, posto que não há interferências ou influências significantes da CM sobre as demais etapas.

Conforme afirma a Modular Building Standards Association (1962), não existe um único método de desenho de edificações baseado em princípios modulares. A abordagem pode variar, dependendo do tipo de edificação, dos materiais e do sistema estrutural. Este trecho de capítulo pretende, portanto, descrever um percurso comum e aconselhável para o

projeto que faz uso da Coordenação Modular como ferramenta projetual, sem a preocupação de exaurir o tema ou de criar uma teoria perfeita.

Tabela 3-1- Etapas do projeto de edificações. Fonte: NBR 13531/1995.

<b>SIGLA</b>	<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>LV</b>	Levantamento	Coleta de informações de referência que representem as condições preexistentes, de interesse para instruir a elaboração do projeto;
<b>PN</b>	Programa de necessidades	Determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida;
<b>EV</b>	Estudo de Viabilidade	Elaboração de análises e avaliações para seleção e recomendação de alternativas para a concepção da edificação e de seus elementos, instalações e componentes;
<b>EP</b>	Estudo Preliminar	Concepção e representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas;
<b>AP</b>	Anteprojeto	Concepção e representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados;
<b>PL</b>	Projeto legal	Representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção;
<b>PB</b>	Projeto Básico	Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes;
<b>PE</b>	Projeto Executivo	Concepção e representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

### 3.1. O ESTUDO DE VIABILIDADE

O cuidado com a Coordenação Modular tem início no estudo de viabilidade. Faz-se necessário fazer um levantamento dos componentes normatizados ou passíveis de serem usados em projeto coordenado modularmente e fornecedores disponíveis, principalmente nas regiões onde a técnica não é muito difundida. Também é aconselhável escolher qual será o sistema construtivo antes mesmo de começar a projetar, bem como conhecer a disponibilidade de técnicos e mão-de-obra especializada no sistema construtivo escolhido.

### 3.2. O ESTUDO PRELIMINAR

Ao usarmos a Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto, o “pensar modular” deve ocorrer desde o primeiro estágio do processo de desenho. Depois de superadas as etapas de levantamento, programa de necessidades e estudo de viabilidade, etapas estas imprescindíveis para uma boa solução arquitetônica, dá-se início ao estudo preliminar onde começa o processo de desenho, pois a análise dos diversos condicionantes de projeto materializa-se, comumente, em croquis e esboços constituídos por traços que não precisam necessariamente seguir as regras tradicionais do desenho técnico.

Considerando a Coordenação Modular, deve ser introduzido nesta etapa um sistema de referência, que deve ter como módulo  $M=100\text{mm}$  ou seus múltiplos em função do sistema construtivo, das necessidades funcionais, das exigências estruturais ou da dimensão dos componentes ou equipamentos requeridos.

Comumente, usa-se como plano de referência a malha modular. “A malha usada visualmente no estudo preliminar pode ser impressa no papel ou colocada sob o papel no qual se desenha. Mais frequentemente, a malha é meramente visualizada pelo arquiteto” (Modular Building Standards Association, 1962). Aos que projetam diretamente no computador, é comum construir uma malha com uma camada que ficará “trancada” de modo que as linhas da malha não possam ser alteradas nem se misturem às linhas do projeto e que o cursor, ao passar por cima da malha, não seja interrompido, e ao selecionar um objeto, não selecione também uma das linhas da malha.

Aconselha-se aplicar a malha de 1M ou seu múltiplo sobre o terreno e marcar os limites da construção ou construções pretendidas. Depois, define-se a locação das edificações no terreno e a volumetria das edificações. Neste momento é interessante delimitar os espaços amodulares horizontais e verticais, respectivamente, caso existam.

Durante o desenvolvimento da configuração espacial será pré-estabelecida a localização dos pilares, paredes e esquadrias. Segundo Amorim, Kapp e Ecksterman (2010, a), há um equívoco comum, derivado de práticas antigas de desenho técnico, de encaixar estruturas pelo eixo em malhas de referência. Para a aplicação correta da Coordenação Modular, os elementos e componentes devem estar justapostos às linhas do plano de referência e podem, apenas eventualmente, ter posicionamento em eixo, em ângulo ou de forma assimétrica em relação à malha.

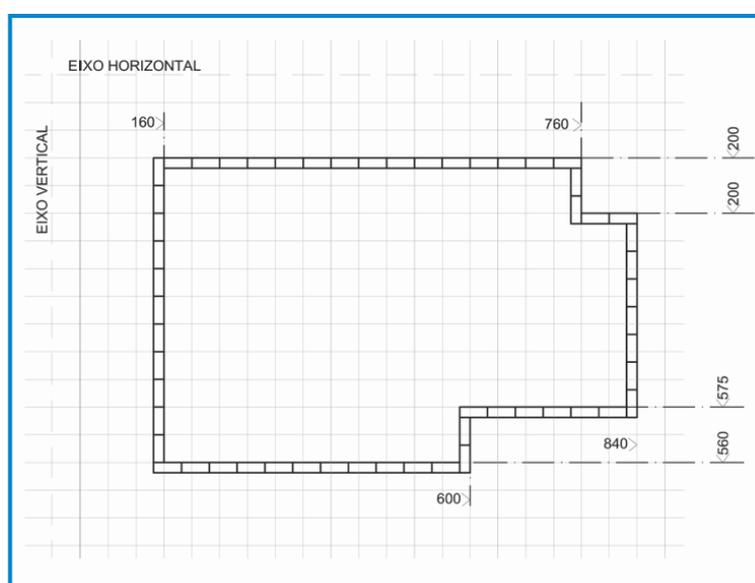


Figura 3.1– Projeto sobre malha modular: componentes justapostos às linhas da malha. Fonte: Amorim, Kapp e Ecksterman, 2010, a, p. 26.

Ao longo do desenvolvimento do estudo preliminar, define-se o sistema construtivo, a localização de elevadores, escadas e shafts e suas relações com a estrutura e prevê-se as exigências dos sistemas mecânico, hidráulico e elétrico, assim como os materiais, componentes e os aspectos estéticos.

Durante esse processo são desenvolvidas tentativas de dimensões e metragens quadradas baseadas nos múltiplos do módulo. Caso ainda não tenha sido pré-definido o multimódulo de referência, à medida que os ambientes são justapostos em planta, observa-

se um multimódulo mais adequado para aquele tipo de edificação. Segundo Amorim, Kapp e Eksterman (2010, a), é comum que o sistema construtivo defina qual será o multimódulo do sistema de referência e “os planos de referência usuais costumam ser 2M e 4M.” (AMORIM, KAPP e ECKSTERMAN, 2010, p. 25).

Andrade (2000) orienta a dar-se preferência ao multimódulo 3M para habitações de interesse social. Carvalho e Tavares (200-?), ao escrever *Modulação no Projeto Arquitetônico de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde* (EAS), defendem a escolha do multimódulo 12M, com incrementos de 6M ou de 3M, sendo comuns as esquadrias de 9M, 12M e 18M e para a malha dos pilares os multimódulos 54M, 60M, 72M e 84M. Os autores justificam que 6M é uma medida antropométrica referente à largura de passagem de uma pessoa e 12M é a medida de circulação ideal em projetos para EAS. Explicam, entretanto, que este multimódulo favorito não deve ser usado de eixo a eixo de paredes ou pilares, pois reduziria a área útil dos ambientes. Assim, os banheiros devem ter largura útil de 12M e os boxes de leitos largura útil de 24M.

Na modulação vertical, os autores afirmam que:

as medidas verticais, como peitoris, corrimãos, rodapés, vergas de portas e janelas são facilmente adaptadas aos múltiplos e submúltiplos deste módulo [12M], criando interessante possibilidade de padronização. (CARVALHO e TAVARES, 200-?, p.3)

Antes de dar início ao anteprojeto, é interessante que o sistema construtivo tenha sido escolhido, o partido arquitetônico definido e tenha-se encontrado um multimódulo favorito que corresponda às necessidades espaciais.

Já Figueiró e Gomes (2009), ao escrever sobre projetos em alvenaria estrutural, defendem que é no anteprojeto que será definido o multimódulo favorito, pois nessa fase são escolhidos o tipo de laje e a família de blocos e as medidas de largura e comprimento do bloco definirão o multimódulo horizontal e a medida da altura do bloco definirá o multimódulo vertical.

### 3.3. O ANTEPROJETO

O anteprojeto é a etapa destinada à concepção e representação da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, a ponto de tornar possível à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra implicados (ABNT NBR 13531:1995).

Durante o anteprojeto serão estabelecidos os ambientes, elementos, componentes e o mobiliário da construção. Portanto, é essencial para o arquiteto ter um bom conhecimento de componentes construtivos (tijolos, placas de vedação vertical, esquadrias, pisos, forros, telhas, etc.) e escolher entre aqueles cujas medidas combinem com o multimódulo escolhido.

O projetista deve procurar sempre constituir ambientes com medidas internas múltiplos de 100mm e organizar os componentes construtivos do projeto de forma a obedecer às linhas guias do quadriculado modular proposto, observando as diversas combinações possíveis entre os componentes construtivos.

Segundo o Manual de Práticas Recomendadas (2010), deve-se priorizar os elementos a serem coordenados modularmente, pois, em alguns casos, é impossível a coordenação modular de todos os elementos do projeto. Para alguns casos, “existem soluções previstas e estudadas de forma a atender satisfatoriamente as exigências técnicas e normativas” (AMORIM, KAPP e EKSTERMAN, 2010, p. 27).

É o caso, por exemplo, das modulações verticais de edificações de múltiplos andares. A distância piso a piso é igual à soma dos espelhos dos degraus das escadas, por exemplo,  $16 \times 17 \text{cm} = 272 \text{cm}$ , que por sua vez não coincidirá com uma medida decimal, conforme lembra Soares (2008, p.83). Portanto, é interessante definir uma zona neutra.

Uma primeira possibilidade é coordenar modularmente apenas o vão do pé-direito e considerar o conjunto laje + contra piso + piso como espaço amodular. Uma segunda

possibilidade é também coordenar apenas o vão do pé-direito, mas considerando-o de piso ao forro.

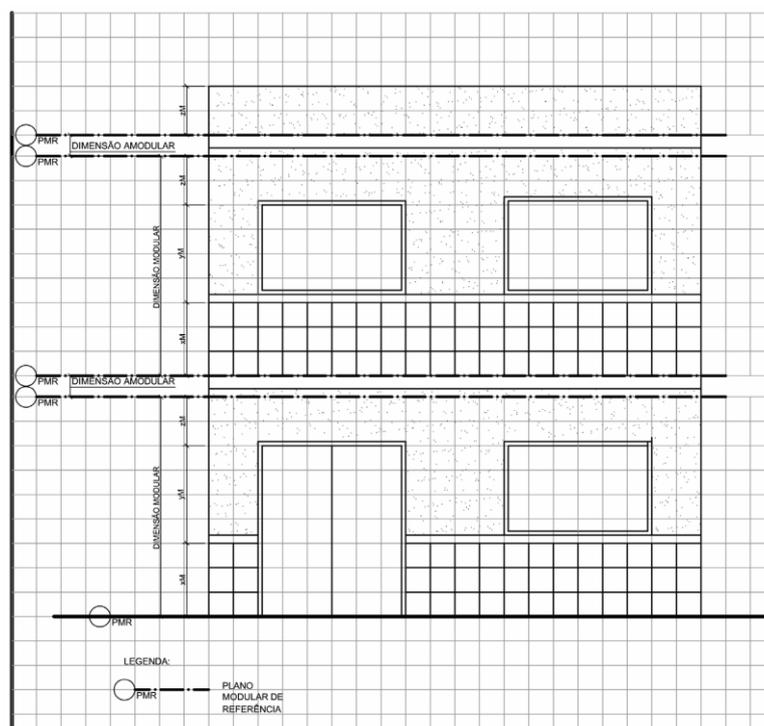


Figura 2.5.6 – Modulação da alvenaria e aplicação de espaço amodular para o conjunto laje, contrapiso e piso. Malha 30x30cm. Fonte: Amorim, Kapp e Eksterman, 2010, a, p. 17.

Soares (2008), ao estudar a Coordenação Modular para vedações verticais em alvenaria, defende que a modulação vertical deve estar atrelada às fiadas dos blocos. Como os blocos são assentados sobre a laje em osso, a malha deve ter como referência o plano da laje e não o plano no piso acabado. Também recomenda que as alturas das vigas sejam “compatibilizadas com a modulação vertical afim de minimizar cortes e blocos compensadores na fixação” (SOARES, 2008, p.84).

Outro exemplo em que é necessário priorizar-se os elementos as serem coordenados modularmente diz respeito à interface parede-piso. Andrade (2000) adverte sobre possíveis conflitos planimétricos advindos da espessura de revestimentos e acabamentos de parede, sobressaindo-se às linhas da malha e interferindo nas medidas internas dos ambientes.

Muitas vezes, em uma mesma edificação, tem-se diferentes tipos de revestimentos e acabamentos para as alvenarias que podem, por vezes, ultrapassar à medida de ajuste de coordenação proposta para a alvenaria.

Andrade (2000) aponta três possibilidades. A primeira é a escolha por revestimentos e acabamentos que concordem com o ajuste de coordenação previsto.

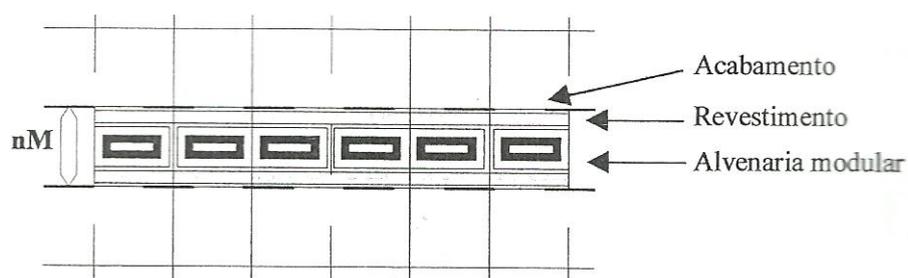


Figura 3.2 – Revestimento e acabamento inclusos na malha planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 128.

Havendo revestimentos e acabamentos que superem o ajuste de coordenação previsto de fábrica, a segunda possibilidade é ignorar a espessura destes na prática modular. Esta é uma solução prática, principalmente se o projeto não pretende priorizar a paginação de piso.

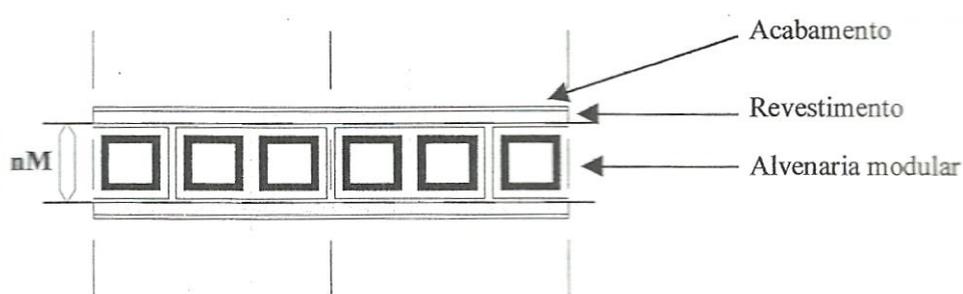


Figura 3.3 – Revestimento e acabamento desconsiderados na malha planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 127.

A terceira possibilidade é desvincular a malha da alvenaria da malha dos ambientes. Para isso, será necessário estabelecer uma zona neutra referente à espessura do revestimento somado ao acabamento. Esta solução pode tornar-se trabalhosa por haver muitas malhas distintas num mesmo projeto e por gerar incompatibilidades “na locação de

elementos secundários (caixilhos e esquadrias) e dos pontos de serviço (torneiras, registros, etc.)...” (Andrade, 2000, p. 126).

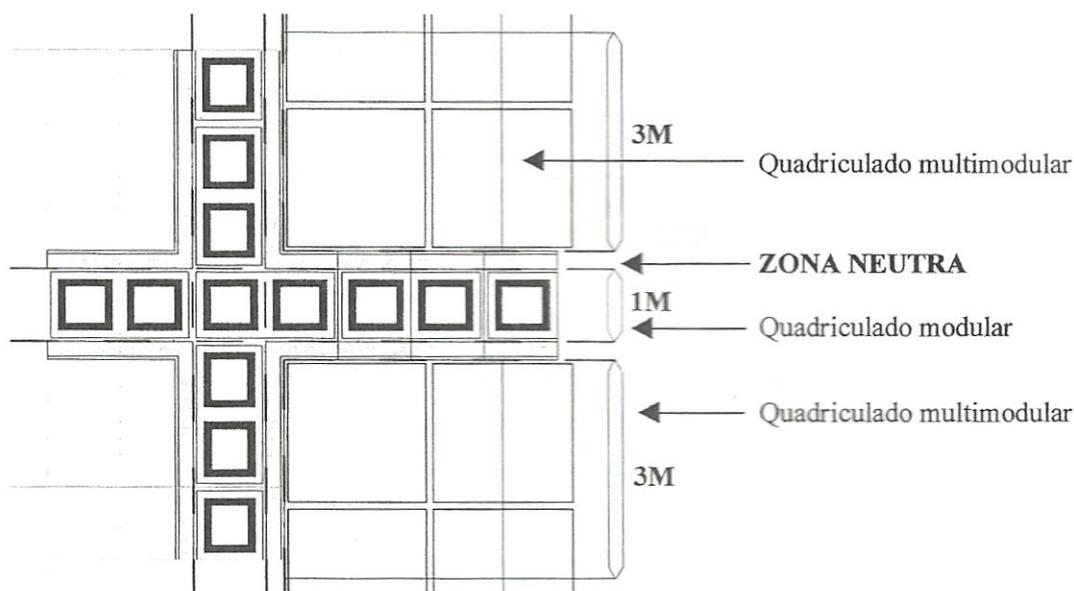


Figura 3.4 – Locação dos revestimentos e acabamentos em uma zona neutra planimétrica. Fonte: Andrade, 2000, p. 127.

### 3.4. O PROJETO EXECUTIVO

A fase do projeto executivo é voltada ao desenvolvimento dos desenhos executivos, a qual deve considerar as diretrizes da coordenação na representação gráfica dos componentes.

Diferentemente da Coordenação Dimensional, na Coordenação Modular não é necessário o desenho de detalhamento dos componentes, dos encaixes, especificação das juntas, folgas ou espessura do material ligante, pois os componentes não serão fabricados sob medida, bastando, portanto, especificar a medida de coordenação do componente. Cabe ao fabricante, por sua vez, disponibilizar componentes fiéis às medidas de coordenação e especificar em seu manual os detalhes de instalação, encaixes, folgas perimetrais, etc. Há, portanto, na Coordenação Modular uma simplificação do projeto executivo.

Durante essa fase surgem a planta de piso e a planta de forro com suas paginações. Tais paginações devem obedecer ao sistema de referência o quanto possível, tendo-se o cuidado de escolher componentes com medidas modulares proporcionais à malha de referência.

No caso de estrutura de alvenaria portante, é nessa etapa que se desenvolvem as paginações das fiadas e paginações de paredes contendo as informações já compatibilizadas com os projetos de estrutura e instalações.

Também nessa etapa desenvolvem-se os cadernos de encargos e memoriais de projeto, que devem destacar as diretrizes da Coordenação Modular e considerá-las nas especificações dos serviços a serem contratados.

#### **4.DISPONIBILIDADE DE COMPONENTES COORDENADOS MODULARMENTE NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

Este capítulo pretende mostrar a pesquisa realizada com medidas de componentes disponíveis nas lojas de materiais de construção do Distrito Federal. Foram priorizados os componentes de vedação vertical, por representarem um custo total maior do que os componentes de forração horizontal (pisos e forros). Não se tentou pela inclusão de componentes de cobertura, uma vez que “coordená-lo [o telhado] modularmente facilita a execução, mas não fazê-lo não compromete a coordenação de outras partes” (ABDI-FEC, 2009, p. 36).

Quanto aos elementos de vedação vertical, há os painéis de vedação externa, painéis de vedação interna, tijolos e esquadrias. A pesquisa não abordará painéis de vedação externa por não serem comumente encontrados a pronta entrega no mercado da construção civil do Distrito Federal. Também não abordará painéis de gesso (vedação interna), pois, conforme ABDI-FEC (2009), estes já se encontram de acordo com os princípios da CM.

Quanto aos tijolos, há blocos de concreto estrutural, blocos de concreto de vedação, blocos cerâmicos estruturais, blocos cerâmicos de vedação (tijolo furado e tijolo maciço) e blocos silico-calcáreos. Dentre estes, não foi encontrada nenhuma empresa de tijolo cerâmico estrutural nem de tijolo silico-calcáreo no Distrito Federal.

Quanto às esquadrias, foram encontradas a pronta entrega esquadrias de aço, alumínio e madeira, sendo pequena a disponibilidade de janelas de madeira.

Assim, a pesquisa limitou-se aos blocos de concreto estruturais e de vedação, aos tijolos cerâmicos de vedação (furados ou maciços), esquadrias de aço e alumínio e portas de madeira.

Os componentes estão listados na seguinte ordem: blocos de concreto, blocos cerâmicos, esquadrias de aço e alumínio e portas de madeira.

Para levantamento das marcas dos fabricantes, buscou-se por meio do telelistas uma loja de materiais de construção para cada uma das 31 cidades satélites do Distrito Federal. Entretanto, algumas regiões são estritamente residenciais como Lago Sul, Sudoeste/Octogonal, Varjão, Park Way e Itapoã ou de serviços específicos como o SCIA e Fercal, de modo que não foram encontradas lojas de materiais de construção nestes locais.



Figura 4.1 – Regiões Administrativas do Distrito Federal. Fonte: <http://www.semarh.df.gov.br/qualiar/mapa.html>

Em contato com cada uma das lojas, buscou-se conhecer quais eram as indústrias fabricantes de blocos de concreto, as olarias dos blocos cerâmicos, as indústrias de esquadrias de aço, alumínio e portas de madeira. Devido ao fato de muitas lojas não venderem blocos de concreto, buscou-se diretamente pelo telelistas indústrias fabricantes de blocos de concretos no Distrito Federal.

Tabela 4-1– Lojas pesquisadas para investigação de fabricantes de blocos de concreto e blocos cerâmicos.

Regiões Administrativas		Loja	Tijolo de Concreto	Tijolo Cerâmico
1	Brasília	A C Coelho Materiais para Construção	-	Ouro Preto
2	Gama	Alcântara Materiais para construção	-	Buritis Lago Azul
3	Taguatinga	Sandu Materiais de Construção	-	*Anápolis
4	Brasília	CL Materiais para Construção	-	*Vianópolis, Fidelis
5	Sobradinho	Vilma Casa & Construção	D &K	Fidelis, Dias
6	Planaltina	Santa Rosa Materiais de Construções	-	3irmãos, Dutra, Manassés, São Vicente
7	Paranoá	Paranoá Pisos	-	*Anápolis
8	Núcleo Bandeirante	Pappas Materiais para Construção	-	*Anápolis
9	Ceilândia	Ksa Mat. para Construção	Pré- moldados Brasil	União *Abadiânia
10	Guará	Leroy Merlin	-	WM Vianópolis JRB, Bauth
11	Cruzeiro	Lunardi	-	*Anápolis
12	Samambaia	Home Center Castelo Forte		
13	Santa Maria	Ideal Mat. para Construção e acabamento	-	*Anápolis
14	São Sebastião	GRV Mat. Construção	-	*Vianópolis *São Sebastião
15	Recanto das Emas	Castelo Forte	-	*Anápolis Alvorada
16	Lago Sul	-		
17	Riacho Fundo	Feitosa Materiais para Construção	-	Cerâmica Menino Jesus
18	Lago Norte	Construshopping	-	Santa Alice Cerâmica Júnior
19	Candangolândia	Cimbele Materiais de Construção	-	*Anápolis
20	Águas Claras	Águas Claras Materiais	-	*Anápolis
21	Riacho Fundo II	Lojão da Construção	-	*Anápolis
22	Sudoeste	-		
23	Varjão	-		
24	Park Way	-		
25	SCIA	-		
26	Sobradinho II	Casa Center	-	Manassés
27	Jardim Botânico	Só Tijolos	Alegrelar, Apache	3irmãos, Menino Jesus
28	Itapoã	-		
29	SIA	Tend Tudo	-	-
30	Vicente Pires	Casa Forte	-	-
31	Fercal	-		

Tabela 4-2 – Lojas pesquisadas para investigação de fabricantes de esquadrias metálicas e portas de madeira.

Regiões Administrativas	Loja	Esquadrias metálicas	Portas de Madeira	
1	Brasília	A C Coelho Materiais para Construção	Gravia	Randa
2	Gama	Alcântara Materiais para construção	Haiala, Zema	JB
3	Taguatinga	Sandu Materiais de Construção	-	Aço forte (kit porta)
4	Brasília	CL Materiais para Construção	Aço Forte	
5	Sobradinho	Vilma Casa & Construção	Sasazaki	
		Nobreza		JB
6	Planaltina	Santa Rosa Materiais de Construções	Aço Forte, FortSol	Aço forte (kit porta)
7	Paranoá	Paranoá Pisos	Aço Forte	
		Castelo		JC madeiras
8	Núcleo Bandeirante	Pappas Materiais para Construção	Haiala	JB
9	Ceilândia	Ksa Mat. para Construção	Gravia, CRV	JB
10	Guará	Leroy Merlin	Atlântica, Gravia, Lucasa, Sasazaki	Metha, Camilotti, Fucksa, Randa
11	Cruzeiro	Atacadão da Madeira	-	Cruzeiro, JS, MS
12	Samambaia	Home Center Castelo Forte	-	Pinhal
13	Santa Maria	Ideal Mat. para Construção e acabamento	Girassol	Girassol (kit porta)
14	São Sebastião	GRV Mat. Construção	-	Schindwein
15	Recanto das Emas	Castelo Forte	Aço forte, Gravia, Haiala	-
17	Riacho Fundo	Feitosa Materiais para Construção	Haiala	-
19	Candangolândia	Cimbele Materiais de Construção	CRV	-
20	Águas Claras	Águas Claras Materiais	CRV, Aço Forte	-
21	Riacho Fundo II	Lojão da Construção	Aço Forte, Gravia, Haiala	
29	SAI	Tend Tudo	Gravia, Sasazaki	-
30	Vicente Pires	Casa Forte	Gravia CRV	-

Depois de levantados os nomes das indústrias, buscou-se conhecer o catálogo de componentes, de cada uma delas, disponível no site ou na loja. Através dos catálogos, levantaram-se quais são as medidas praticadas dos componentes, bem como as informações sobre medida de coordenação, medida nominal e ajuste de coordenação.

#### 4.1. BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto podem ser de dois tipos: blocos de vedação e blocos estruturais. Ambos possuem as mesmas dimensões, porém os tijolos estruturais são mais resistentes, pois além da função de vedação, têm a finalidade de resistir ao carregamento da edificação, tendo as paredes função resistente. É importante dizer que em uma edificação que faz uso de alvenaria estrutural, nem todas as paredes serão necessariamente portantes, fazendo-se uso, portanto, de blocos de vedação nas paredes não portantes.

Os blocos de concreto possuem vãos ociosos. O correto empilhamento dos blocos gera vãos verticais pelos quais se podem passar ou tubulações elétricas e hidráulicas ou, no caso dos blocos estruturais, fios/barras de aço e concreto.

##### 4.1.1. Normatização Vigente

As normas de blocos de concreto referentes às suas medidas são a NBR 15.961:2011 e 6136:2014 versão corrigida. Contudo a norma 6136:2007, vigente até abril de 2014, especificava as linhas ou famílias de blocos que ainda hoje são comumente encontradas no mercado (conforme Tabela 4-3 – Blocos de concreto: Linhas normalizadas pela NBR 6136:2007 e características de coordenação. Fonte: ABDI-FEC, 2009, p. 23.

A altura de coordenação dos blocos é sempre de 20 cm. A diferença entre a medida de coordenação e a medida nominal é sempre de 1cm, referente ao material usado para junção dos blocos e as tolerâncias de fabricação.

Observando as linhas referidas na norma, constatamos que aquelas de fato propícias ao projeto coordenado modularmente são as linhas 20x40 e 10x40.

O uso das linhas 15x30, 15x40 e 7,5x40 exigem o uso de blocos em números pares (duas vezes 15cm e quatro vezes 7,5cm) em todas as dimensões afetadas pela largura dos blocos.

Tabela 4-3 – Blocos de concreto: Linhas normalizadas pela NBR 6136:2007<sup>5</sup> e características de coordenação. Fonte: ABDI-FEC, 2009, p. 23.

	Linhas																		
	20x40		15x40				15x30			12,5x40		12,5x25			10x40			7,5x40	
Largura de Coordenação (cm)	20		15				15			12,5		12,5			10			7,5	
Comprimentos de Coordenação (cm)	20	40	20	35	40	55	15	30	45	20	40	12,5	25	37,5	20	30	40	20	40
Largura Nominal (cm)	19		14				14			11,5		11,5			9			6,5	
Comprimentos Nominais (cm)	19	39	19	34	39	54	14	29	44	19	39	11,5	24	36,5	19	29	39	19	39
Coordenado dimensionalmente?	SIM		Apenas com blocos especiais				SIM			NÃO		SIM			SIM			NÃO	
Coordenado modularmente?	SIM		Apenas em conjuntos modulares				Apenas em conjuntos modulares			NÃO		NÃO			SIM			Apenas em conj. modul.	

Altura de coordenação de todas as linhas = 20cm = 2M

No caso das linhas 15x40 e 7,5x40, onde a largura não é proporcional ao comprimento, é necessário usar blocos especiais de compensação, conforme demonstra a figura abaixo.

<sup>5</sup> A NBR 6136:2007 esteve vigente até abril de 2014.

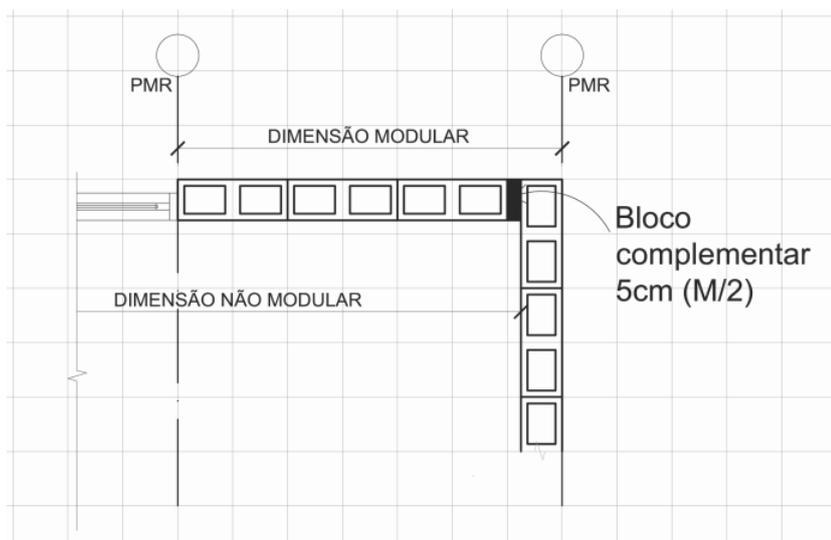


Figura 4.2 – Incremento de bloco complementar em planta baixa. Fonte: AMORIM et al, 2010, a.

Segundo o Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil:

Essas exigências de projeto se tornam mais complexas quanto mais componentes individuais não modulares são empregados. Pode-se chegar a uma situação em que o esforço para manter a Coordenação Modular será maior do que seus benefícios. Nesse sentido, caberia estimular o uso das Linhas de blocos modulares e desestimular o uso das Linhas não modulares. (ABDI-FEC, 2009, p. 22).

Quanto aos blocos de largura 12,5cm, nota-se que tal medida é decorrente da modulação octamétrica (100/8). A família 12,5x25 é coerente do ponto de vista da coordenação dimensional (exceto pela altura dos blocos: 20cm). A família, 12,5x40, entretanto, não possui proporção entre largura e comprimento o que torna sua aplicação desinteressante.

#### 4.1.2.A Pesquisa de Campo

Em pesquisa realizada por meio de busca em lojas de materiais de construção, telelistas e empresas associadas à Associação Brasileira das Indústrias de Blocos de

Concreto no Brasil, foram encontradas sete indústrias de blocos de concreto que vendem seus blocos no Distrito Federal:

- Alegrelar Blocos de Concreto, instalado no Paranoá. [www.alegrelar.com.br](http://www.alegrelar.com.br);
- Apache, instalada no Paranoá. [www.blocoapache.com.br](http://www.blocoapache.com.br);
- D&K Serviços e Premoldados Ltda, instalada no Núcleo Rural de Sobradinho. [www.dekpremoldadoscom.br](http://www.dekpremoldadoscom.br)
- Original Construções e Comércio, instalada em Queima Lençol, Sobradinho. [www.originalblocos.com.br](http://www.originalblocos.com.br);
- Premoldado Brasil, instalada em Ceilândia Norte. [www.premoldadobrasil.com.br](http://www.premoldadobrasil.com.br).
- Pré-moldados 3 Irmãos, instalada no Setor Industrial de Ceilândia. [www.premoldados3irmaos.com.br](http://www.premoldados3irmaos.com.br);
- Premontex pré-fabricados, instalada em Luziânia, Go. [www.premontex.com.br](http://www.premontex.com.br)

Foram observados os catálogos das sete empresas disponíveis em seus respectivos sítios eletrônicos. Nenhum deles traz os termos “medidas de coordenação” ou “medidas nominais”. As medidas descritas dos blocos sempre fazem referência às medidas convencionais de mercado, oriundas da norma NBR 6136:2007. São, portanto, medidas nominais e considera-se 1cm como medida de ajuste de coordenação. Ambas as empresas denominam “família” o conjunto de blocos de uma mesma largura.

Alguns sites não disponibilizam a relação de blocos oferecidos ou não especificam quais são estruturais e quais são de vedação, de modo que esta pesquisa prontificou-se a entrar em contato com todas as empresas. Por telefone, foi possível verificar que muitos atendentes (Original, D&K e Premontex) não reconhecem o nome da medida de coordenação das famílias de blocos. Por exemplo, ao perguntar-se: “Vocês oferecem blocos das famílias 10x40, 15x40 e 20x40?”, o atendente respondia: “Não. Nós só temos as famílias dos blocos 9x39, 14x39 e 19x39”.

Após levantados todos os blocos oferecidos pelas sete empresas, notou-se que apenas a empresa Original oferece blocos de amarração (14x19x34 e 14x19x54), blocos de compensação (comprimentos de 4 e 9cm) e blocos “J”. As demais oferecem apenas os blocos inteiros, meio-blocos e canaletas.

As linhas disponíveis em cada uma das empresas estão representadas na tabela a seguir:

Tabela 4-4 - Linhas de blocos de concreto praticadas no mercado da construção civil do DF.

<b>Empresa \ Linha</b>	<b>20x40</b>	<b>15x40</b>	<b>15x30</b>	<b>13x40</b>	<b>12,5x25</b>	<b>10x40</b>
<b>Apache</b>	E	VE	VE			VE
<b>Alegrelar</b>	V	V		V		V
<b>D&amp;K</b>	V	V				V
<b>Original</b>	VE	V	E	V	V	V
<b>Premoldado Brasil</b>	V	V		V		V
<b>Premoldados 3 irmãos</b>	VE	VE		VE		VE
<b>Premontex pré-fabricados</b>	VE	VE				VE

Legenda: E= bloco estrutural; V= bloco de vedação.

Pela análise da tabela, percebemos que as linhas 7,5x40 e 12,5x40, previstas na norma NBR 6136:2007 (vigente até abril de 2014), não são comercializadas no DF. Isso prova que o mercado possui suas medidas preferidas e que ao longo do tempo as linhas menos práticas vão sendo preteridas e desaparecem.

Além disso, podemos notar que a linha 12,5x40 foi substituída por 13x40, provavelmente para tornar mais proporcional à largura do bloco em relação ao seu comprimento, tornando a linha coordenável dimensionalmente.

Considerando-se o planejamento de um projeto coordenado modularmente, avaliou-se que as linhas a serem priorizadas são 10x40 e 20x40, por serem propícias à coordenação. As linhas 15x30 e 15x40 foram consideradas linhas desfavoráveis, porém possíveis de serem coordenadas modularmente através do zelo projetual de garantirem-se paredes pares em todas as direções afetadas pela largura do bloco e por meio do uso de blocos especiais. As linhas 13x40 e 12,5x25 foram consideradas inadequadas à Coordenação Modular.

Analisando, portanto, a viabilidade do uso de blocos de concreto para projetos coordenados modularmente e considerando a necessidade de haver três empresas diferentes fornecedoras de um mesmo produto, pode-se listar a viabilidade de cada componente, conforme a tabela a seguir:

Tabela 4-5 - Existência de 3 empresas fornecedoras de cada uma das linhas de blocos de concreto possíveis de serem usadas em projeto coordenado modularmente.

Linhas		Tipo de bloco	Existência de 3 empresas fornecedoras
Linhas favoráveis	10x40	Vedação	Sim
		Estrutural	Sim
	20x40	Vedação	Sim
		Estrutural	Sim
Linhas desfavoráveis	15x30	Vedação	Não
		Estrutural	Não
	15x40	Vedação	Sim
		Estrutural	Sim

Assim, foi considerado viável o uso de bloco de vedação e estruturais das linhas 10x40, 20x40 e 15x40, considerando-se que os blocos de amarração e blocos de compensação devem ser encomendados ou fabricados no canteiro de obras.

#### 4.2. BLOCOS CERÂMICOS NÃO ESTRUTURAIIS

A maioria das edificações no Brasil foram e ainda são construídas utilizando-se o método construtivo de levantamento de alvenaria com blocos cerâmicos não estruturais e,

portanto, em todo o país é fácil encontrar os materiais e componentes para compra, bem como mão-de-obra qualificada. Além disso, o custo é mais baixo quando comparado a outros sistemas construtivos.

Como desvantagens, o método construtivo é artesanal e, portanto, de baixa racionalidade. Para a passagem de tubulações embutidas, é necessário abrir rasgos nos tijolos, o que gera prejuízo e aumenta a quantidade de entulho na obra. Os blocos não possuem porosidade necessária para aplicação de revestimento, sendo necessário receber uma demão de chapisco de argamassa antes do reboco. Além disso, a fabricação de tijolos cerâmicos consome grande quantidade de madeira, a qual é queimada para aquecimento das fornalhas.

Os blocos cerâmicos não estruturais podem ser dos seguintes tipos:

a) Comum:

- Maciço: pode ser extrudado ou prensado e pesa de 2 a 3 Kg;
- Laminado (ou tijolo à vista): utilizado para alvenaria aparente. Sua massa é mais homogênea e compacta e possui menor peso. Costuma ser mais caro;
- Refratário: Resistente a altas temperaturas (1200°C), usado em fornos, fornalhas, lareiras, churrasqueiras;

b) Furado: Possui furações internas, tornando-se mais leve que o maciço e melhor isolante termo acústico. Também possui ranhuras para facilitar aderência da argamassa.

#### **4.2.1. Normatização Vigente**

A norma de tijolos cerâmicos não estruturais é a NBR 15270-1:2005 - Componentes cerâmicos - Parte 1 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos.

Segundo o Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil (ABDI-FEC, 2009), a norma de blocos cerâmicos não faz referência às normas de Coordenação Modular vigentes. A terminologia usada não corresponde à da Coordenação Modular e à das normas ISO. O conceito de medidas reais comparece como “dimensões efetivas” e o conceito de “medida nominal” aparece como “dimensões de fabricação”. As dimensões nominais estabelecidas pela norma consideram um ajuste modular de 1cm. A noção de “família” é atrelada à largura dos blocos e nota-se na tabela de medidas normalizadas (Tabela 4-6 - Medidas normalizadas para blocos cerâmicos de vedação. Fonte: ABNT 15270-1:2005.) que o módulo de coordenação octamétrica, isto é, 12,5cm (com respectiva medida nominal de 11,5cm) foi incluído, inclusive na altura.

Tabela 4-6 - Medidas normalizadas para blocos cerâmicos de vedação. Fonte: ABNT 15270-1:2005.

<b>DIMENSÕES DE FABRICAÇÃO NORMALIZADAS (cm)</b>			
<b>Largura (L)</b>	<b>Altura (H)</b>	<b>Comprimento (C)</b>	
		<b>Bloco Inteiro</b>	<b>Meio Bloco</b>
6,5	19	Somente em função secundária	
9	9	19	9
		24	11,5
	14	19	9
		24	11,5
		29	14
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
11,5	11,5	24	11,5
	14	24	11,5
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
14	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	14
19	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
24	24	24	11,5
		29	14
		39	19

A largura 6,5 é permitida pela norma para “funções secundárias”, como *shafts* e pequenos preenchimentos. No entanto, ver-se-á mais a frente que esta e outras linhas estabelecidas pela norma não são praticadas.

#### **4.2.2. A Pesquisa de Campo**

A pesquisa realizada procurou conhecer os blocos cerâmicos de vedação vendidos no Distrito Federal. Buscou-se o nome dos fabricantes em contato com as lojas de materiais de construção em cada uma das regiões administrativas do DF e por meio de busca no telelistas por olarias ou cerâmicas. Muitas das lojas pesquisadas não souberam informar o nome do fabricante, afirmando apenas que os tijolos vinham de Anápolis ou Vianópolis. Assim, buscou-se também os fabricantes destas cidades associados ao SINDICER-GO - Sindicato das Indústrias Cerâmicas do Estado de Goiás. O Distrito Federal não possui sindicato de indústria cerâmica. De uma lista de 34 fabricantes, 2 fabricantes estão no Distrito Federal, 2 em Minas Gerais e os demais são do estado de Goiás. No entanto, foi possível contatar apenas 21 deles, pois os demais não disponibilizam telefone, ou o telefone divulgado está errado ou não atenderam ao telefone.

Todos os fabricantes divulgam seus componentes pela medida nominal. Assim como ocorre com os blocos de concreto, os atendentes não reconhecem o nome de coordenação das linhas que oferecem. Por exemplo, se perguntados: “Vocês oferecem blocos de modulação 10x20?”, o atendente responde: “Não trabalhamos com essa medida.”, mas na sequência da conversa descobre-se que o fabricante oferece o bloco 9x19x19 e seu respectivo meio bloco.

A tabela 8 apresenta as linhas de blocos cerâmicos normalizadas e sua relação com a Coordenação Modular. Para cada comprimento considere-se a existência do meio bloco

correspondente. As células com símbolo “\*” são consideradas coordenadas modularmente se os blocos forem usados em conjuntos modulares. Das 26 linhas normalizadas, 5 não são coordenadas nem dimensionalmente nem modularmente.

Tabela 4-7 – Linhas normalizadas e conformidade com a coordenação modular. Em destaque as medidas praticadas. Legenda: \*= apenas em conjuntos modulares.

LINHAS NORMALIZADAS E CONFORMIDADE COM A COORDENAÇÃO MODULAR (cm)																														
H de coordenação	10		12,5		15				20												25									
H nominal	9		11,5		14				19												24									
L de coordenação	10		12,5		10		12,5		7,5		10				12,5				15				20				25			
L nominal	9		11,5		9		11,5		6,5		9				11,5				14				19				24			
C de coordenação	20	25	25	20	25	30	25	?	20	25	30	40	20	25	30	20	25	30	40	20	25	30	40	25	30	40				
Comprimento nominal	19	24	24	19	24	29	24	?	19	24	29	39	19	24	29	19	24	29	39	19	24	29	39	19	24	29	39			
Coordenado dimensionalmente?	S	N	S	S	N	N	S	?	S	N	N	N	N	S	N	*	N	S	N	S	N	S	N	N	S	S	N	N		
Coordenado modularmente?	S	*	N	*	N	*	N	N	S	N	S	S	N	N	N	*	N	*	*	S	*	S	S	N	*	*				

Em destaque estão os comprimentos nominais das linhas praticadas. Das 26 linhas de blocos estabelecidas pela norma, apenas 13 são praticadas pelos fabricantes pesquisados. Isso mostra que a demanda de mercado tende a eliminar parte da variedade.

Foram encontradas, também, outras cinco medidas que não coincidem com as medidas normalizadas, principalmente nos blocos maciços. Destas, nenhuma é interessante à Coordenação Modular nem é fabricada por mais de um fabricante.

Das cinco alturas de blocos disponibilizadas pela norma, duas são praticadas: 15cm e 20cm. A altura 15cm será coordenada modularmente se usada em fiadas pares.

A Tabela 4-8 demonstra as linhas praticadas pelos fabricantes pesquisados, a conformidade de tais linhas com a coordenação modular e a disponibilidade das linhas oferecidas à pronta entrega por cada uma das indústrias cerâmicas.

Vemos que, para projetos coordenados modularmente, as linhas mais indicadas são 10x20, 10x30, 20x20 e 20x30 da altura 20. Outras linhas possíveis são: 15x20 e 15x30 da altura 20 e 10x30 da altura 15, desde que usadas em conjuntos modulares. Para as linhas 15x20 e 15x30 da altura 20, deve-se paginá-los em quantidades pares em todas as direções afetadas pela largura do bloco (ABDI-FEC, 2009); para a linha 15x20, é necessário o uso de um bloco de compensação de 5x15cm, pois a largura do bloco não é proporcional ao

comprimento. Deve-se lembrar, como dito anteriormente, que “pode-se chegar a uma situação em que o esforço para manter a Coordenação Modular será maior do que seus benefícios” (ABDI-FEC, 2009, p. 22) .

Tabela 4-8 – Linhas praticadas, conformidade com a CM e linhas fornecidas por cada fabricante. Legenda: \*= apenas em conjuntos modulares.

<b>LINHAS PRATICADAS E CONFORMIDADE COM A CM (cm)</b>													
<b>Altura de coordenação</b>	15			20									
<b>Largura de coordenação</b>	10	12,5		10			12,5			15		20	
<b>Comprimento de coordenação</b>	25	30	25	20	25	30	20	25	30	20	30	20	30
<b>Coordenado dimensionalmente?</b>	N	N	S	S	N	N	N	S	N	*	S	S	N
<b>Coordenado modularmente?</b>	N	*	N	S	N	S	N	N	N	*	*	S	S
<b>Indústrias Cerâmicas:</b>	<b>Linhas fornecidas</b>												
Cerâmica 3 Irmãos	x			x			x						
Cerâmica Anapolina				x	x		x						
Cerâmica Buritis				x		x					x		
Cerâmica Caçula		x		x									
Cerâmica Catalão		x		x	x		x	x			x		
Cerâmica Damolândia				x									
Cerâmica Eldorado		x		x					x				
Cerâmica Fidelis	x	x		x		x	x		x	x	x	x	
Cerâmica Manassés	x			x			x						
Cerâmica Monte Alegre				x									
Cerâmica Moralima		x		x					x				
Cerâmica Ouro Verde	x	x		x		x	x						
Cerâmica Peixoto	x	x		x		x	x		x				
Cerâmica Rio Verde		x											
Cerâmica Santa Alice				x			x			x			
Cerâmica Santa Fé de Morrinhos		x											
Cerâmica Santo Antônio	x												
Cerâmica São João				x									
Cerâmica Souza	x				x								
Cerâmica União				x		x	x				x		x
Pupy Cerâmica			x	x									

Analisando, portanto, a viabilidade do uso de blocos cerâmicos para projetos coordenados modularmente, e considerando a necessidade de haver três empresas

diferentes fornecedoras de um mesmo produto, pode-se listar a viabilidade de cada componente, conforme a tabela a seguir:

Tabela 4-9: Existência de 3 empresas fornecedoras de cada uma das linhas de blocos de concreto possíveis de serem usadas em projeto coordenado modularmente.

	Altura	Linha	Existência de 3 cerâmicas fornecedoras
Linhas favoráveis	20	<b>10x20</b>	<b>Sim</b>
		<b>10x30</b>	<b>Sim</b>
		<b>20x20</b>	<b>Sim</b>
		<b>20x30</b>	<b>Sim</b>
Linhas desfavoráveis	<b>15</b>	<b>10x30</b>	<b>Sim</b>
	<b>20</b>	<b>15x20</b>	<b>Não</b>
		<b>15x30</b>	<b>Sim</b>

Assim, foi considerável viável o uso de blocos cerâmicos de vedação das linhas 10x20, 10x30, 20x20, 20x30, 15x20 e 15x30 de altura 20cm e a linha 10x30 da altura 15cm, considerando-se que eventuais blocos de amarração e blocos de compensação devem ser encomendados ou fabricados no canteiro de obras.

#### 4.3. ESQUADRIAS

A atual norma de Coordenação Modular substituiu diversas normas referentes à medidas de esquadrias. Embora as normas anteriores definissem que as esquadrias deveriam ocupar vãos modulares, não especificaram qual era o módulo de referência e nem fizeram referência a alguma norma que contivesse tal medida. Além disso, traziam orientações confusas sobre o reticulado modular de referência e sobre detalhes modulares.

Segundo o Relatório de Avaliação da ABDI-FEC (2009), tais normas lidas isoladamente eram

insuficientes para informar fabricantes, projetistas ou construtores sobre as características dimensionais das esquadrias” e que eram “insuficientes para definir um procedimento de compatibilização dimensional comum aos diversos fabricantes e demais agentes. ABDI-FEC (2009, p. 44)

Após quatro anos de vigor da norma de Coordenação Modular, estaria o mercado de esquadrias adaptado aos princípios da norma?

No Brasil são comercializados principalmente três tipos de esquadrias: esquadrias de madeira, esquadrias metálicas em aço e em alumínio e esquadrias mistas, no caso, a porta mista, na qual o batente é de aço e a folha da porta é de madeira.

A pesquisa aqui relatada restringiu-se a esquadrias metálicas, portas mistas e portas de madeira, observando os catálogos das marcas presentes nas lojas de materiais de construção do Distrito Federal.

#### **4.3.1. Considerações Sobre Vãos Modulares**

Conforme a NBR 15930-1:2011, o vão da porta refere-se a “abertura na parede destinada a instalação da porta”. Devemos atentar para que este termo não seja confundido com “vão luz” da porta, citado nas normas de acessibilidade, o qual faz referência ao espaço entre batentes, ou seja, o espaço útil para a passagem de luz, ventilação, pessoas, animais e objetos.

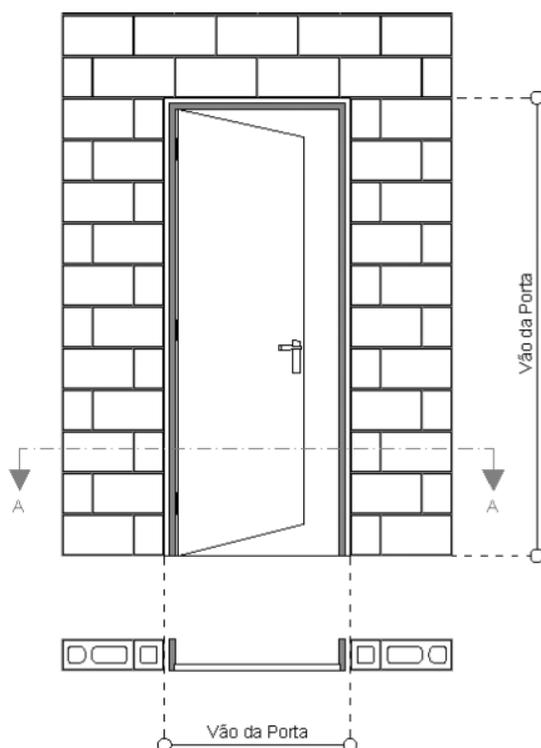


Figura 4.3 – Vão da Porta. Fonte: ABNT NBR 15930-1:2011.

De acordo com os preceitos da Coordenação Modular, a medida de coordenação do vão da esquadria deve ser decimétrica. Assim:

(1) Na alvenaria de tijolo cerâmico de medidas preferidas à CM (10x20x20, 10x30x20, 10x40x20, 20x20x20), deve-se considerar:

(a) Na altura, vãos proporcionais a 20cm. Logo, as alturas para janelas são: 40, 60, 80, 100, 120, ...(+20) cm e para porta, altura de 220cm ou 240cm (a norma NBR 15930-2:2011 faz referência a portas de 240cm de altura, mas no mercado não há portas a pronta entrega com esta dimensão);

(b) Na largura, vãos proporcionais ao meio bloco: 10, 20 e 30cm (2x o meio bloco de 15cm). Logo, as larguras dos vãos para esquadrias são: 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, ... (+10)cm.

(2) Na alvenaria de bloco de concreto:

(a) Na altura, todas as famílias de blocos têm altura modular de 20cm. Assim, repetem-se as mesmas considerações descritas para alvenaria em tijolo cerâmico.

(b) Na largura, as famílias 10x40, 20x40 e 15x40 geram vãos proporcionais a 20cm, enquanto a família 15x30 gera vãos proporcionais a 15cm. Sabe-se que se combinadas com blocos de compensação de comprimentos nominais 4cm e 9cm e gerar vãos proporcionais a 5cm. No entanto, com vistas à Coordenação Modular, um vão modular é necessariamente um vão decimal.

Na prática, sabe-se, que o vão nominal será o vão modular + 1cm. Isso acontece porque a face interna do vão não está rebocada e porque, no piso, antes da primeira fiada de tijolos, foi aplicado 1cm de argamassa, ou seja, 0,5cm a mais do que o padrão.

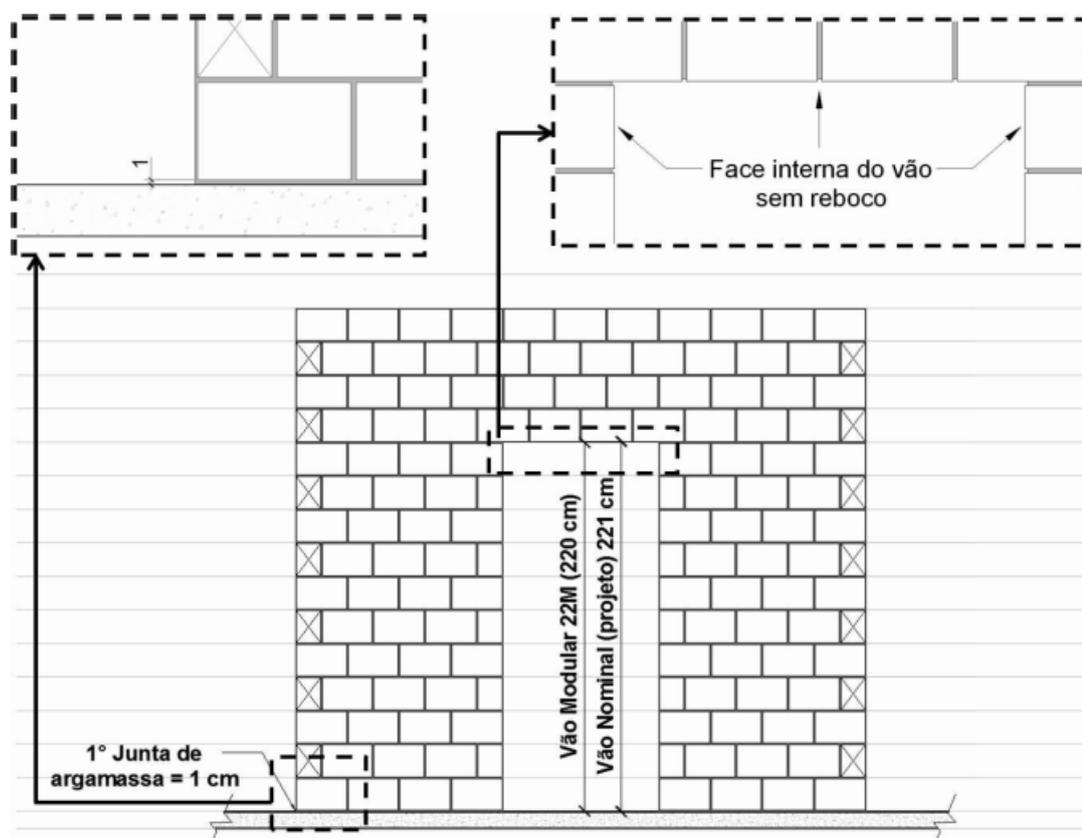


Figura 4.4 – Vão modular e vão nominal. Fonte: GARBARZ, 2013, pg. 91.

Contudo, conforme ABDI-FEC (2009):

a diferença de 1cm entre a medida nominal e a medida modular de um vão em alvenarias de blocos de concreto ou cerâmicos não pode ser considerada ‘disponível à vedação’, pois ela existe não apenas para a junta de argamassa mas também para absorver tolerâncias de fabricação, marcação e montagem dos blocos. (ABDI-FEC, 2009, p.47)

Portanto, este estudo compreende como *vão disponível à vedação* o espaço referente às medidas de coordenação, seja ele decimal ou não, como explicado abaixo.

Ainda sobre a altura do vão da porta, é preciso considerar que as soluções de contrapiso, piso e verga pré-moldada interferirão no vão disponível à vedação.

As esquadrias metálicas devem ser instaladas antes do contrapiso e terão suas travessas cobertas por ele. Assim, as soluções de contrapiso e piso não interferem no cálculo do vão das portas metálicas e mistas, ficando este cuidado para as portas de madeira.

Grarbaz (2013) recomenda que o contrapiso racionalizado possua de 2 a 3cm e que o somatório da placa cerâmica e da argamassa colante seja de 1cm com tolerância de 0,3cm para mais ou para menos.

Quanto à verga, se esta estiver moldada internamente ao bloco canaleta, não influenciará na altura do vão, mas se for pré-moldada deverá possuir de 4 a 5cm de altura (GRARBAZ, 2013).

Assim, o vão disponível de 220cm para portas de madeira ou mistas poderá ser reduzido em pelo menos 2,7cm e no máximo em 9,3cm.

#### **4.3.2. Esquadrias Metálicas e Portas Mistas**

As esquadrias metálicas possuem como vantagem sobre as esquadrias de madeira a resistência à água. Por isso, costumam ser instaladas em paredes que fazem separação entre exterior e interior, sendo consideradas “esquadrias externas”.

Em 2011 a ABNT publicou a norma NBR 10821:2011, que estabelece requisitos às esquadrias externas para edificações. A norma é dividida em cinco partes: terminologia, requisitos e classificação, métodos de ensaio, requisitos adicionais de desempenho e instalação e manutenção. No que diz respeito à coordenação modular, a norma faz referência a NBR 15873:2010.

Em contato com lojas de materiais de construção do Distrito Federal, foram encontrados os fabricantes de esquadrias de aço e de alumínio indicados na tabela a seguir:

Tabela 4-10 – Relação de fabricantes de aço e alumínio.

Fabricante	Local da indústria	Aço	Alumínio	Site
<b>Atlântida</b>	Ribeirão Pires (SP)	X		<a href="http://www.atlantica.ind.br">www.atlantica.ind.br</a>
<b>Aço Forte</b>	Aguas Lindas (DF)		X	<a href="http://www.acoforte.com">www.acoforte.com</a>
<b>CRV</b>	Neves Paulista (SP)	X	X	<a href="http://www.crvmetalurgia.com.br">www.crvmetalurgia.com.br</a>
<b>Ramassol</b> (linha Fortsol)	Mirassol (SP)		X	<a href="http://www.gruporamassol.com.br">www.gruporamassol.com.br</a>
<b>Girassol</b>	Mirassol (SP)	X	X	<a href="http://www.metalurgicagirassol.com.br">www.metalurgicagirassol.com.br</a>
<b>Gravia</b>	Anápolis (GO)	X	X	<a href="http://www.gravia.net.br">www.gravia.net.br</a>
<b>Haiala</b>	Quirinópolis (GO)	X	X	<a href="http://www.haiala.com.br">www.haiala.com.br</a>
<b>Lucasa</b> (Grupo Ullian)	São José do Rio Preto (SP)	X	X	<a href="http://www.ullian.com.br/contato">www.ullian.com.br/contato</a>
<b>Sasazaki</b>	Marília (SP)	X	X	<a href="http://www.sasazaki.com.br">www.sasazaki.com.br</a>
<b>Zema</b>	Goiânia (GO)	X		<a href="http://zema.ind.br">zema.ind.br</a>

Durante as visitas era perguntado ao vendedor se a medida da etiqueta de venda é uma medida *nominal* ou de *coordenação*. Os vendedores não sabiam responder, pois não estão habituados a estes termos. Após explicar cada um dos conceitos, os vendedores confirmam que a medida mostrada na etiqueta é sempre a medida nominal.

Foram levantadas as medidas nominais praticadas das seguintes esquadrias: janelas de correr com ou sem venezianas, janelas máximo-ar, basculantes, portas de giro e portas de correr. A seguir estão as tabelas com as medidas das esquadrias, primeiramente as de aço, depois as de alumínio e mais abaixo as tabelas das portas mistas.

Tabela 4-11 – Esquadrias de aço:

**MEDIDAS NOMINAIS DE JANELAS DE CORRER (cm)**

		<b>Alturas:</b>	
		100	120
		<b>Larguras:</b>	
<b>EMPRESAS</b>	<b>Aço Forte</b>	100/120/150/200	
	<b>CRV</b>	120/150/200	
	<b>Girassol</b>	100/120/150/200	120/150/200
	<b>Gravia</b>	100/120/150/200	150/200
	<b>Haiala</b>	100/120/150/200	
	<b>Lucasa</b>	100/102/120/150/200	150/200
	<b>Sasazaki</b>	120/150/200	150/200
	<b>Zema</b>	100/120/150/200	

**MEDIDAS NOMINAIS DE MÁXIMO AR (cm)**

		<b>Alturas:</b>							
		40	50	60	96	98	100	146	150
		<b>Larguras:</b>							
<b>EMPRESAS</b>	<b>Aço Forte</b>								
	<b>CRV</b>		50/100/150	60/80			50		50
	<b>Girassol</b>	60	50/100/150	60/80/100			50		50
	<b>Gravia</b>	60	50/100/150	60/80			50		50
	<b>Haiala</b>	60	50/98/146	60/80		50		50	
	<b>Lucasa</b>		50/95	60/80/100	50		60		
	<b>Sasazaki</b>	60		60/80/100					
	<b>Zema</b>		50/100/150				50		50

**MEDIDAS NOMINAIS DE BASCULANTE (cm)**

		<b>Alturas:</b>					
		40	50	60	80	100	
		<b>Larguras:</b>					
<b>EMPRESAS</b>	<b>Aço Forte</b>	60/80			80		
	<b>CRV</b>	40/60	50		40/80/100	80	
	<b>Girassol</b>	40/60	50		40/80/100	80	10/120/150
	<b>Gravia</b>	60/80/100			60/80/100/120/150/200		60
	<b>Haiala</b>	60			60/80		
	<b>Lucasa</b>	60			60/80/100		100
	<b>Sasazaki</b>				60/80		
	<b>Zema</b>	60			80		

MEDIDAS NOMINAIS DE PORTA DE GIRO (cm)				
		Alturas:		
		210	212	215
		Larguras:		
EMPRESAS	Aço Forte			120/150/160/200
	CRV			65/75/84/95/105
	Girassol			80/84/90/120/150/160/200
	Gravia			68/78/88/99/120/150
	Haiala			65/75/85/88/150
	Lucasa			65/66/675/76/85/86/89/90/100/120
	Sasazaki			77/87/88/98/119
	Zema	60/70/80	66/76/86/96	

MEDIDAS NOMINAIS DE PORTA DE CORRER (cm)					
		Alturas:			
		210	212	213	214
		Larguras:			
EMPRESAS	Aço Forte				
	CRV	120/150/160/200			
	Girassol				139/150/160/164/200
	Gravia			120/150/160/200	
	Haiala				150/160/200
	Lucasa			150/160/200	150/200
	Sasazaki				
	Zema	120/150/200	120/150/160/200		

Tabela 4-12 – Esquadrias de alumínio.

MED. NOMINAIS DE JANELAS DE CORRER (cm)			
		Alturas:	
		100	120
		Larguras:	
EMPRESAS	Atlântida	100/120/150/200	150/200
	CRV	100/120/150/200	
	Girassol	100/120/150	120
	Gravia	100/120/150/200	150/200
	Haiala	100/120/150/200	120/150/200
	Lucasa	100/120/150/200	120/150/200
	Sasazaki	100/120/150/200	120/150/200

MEDIDAS NOMINAIS DE ESQUADRIAS MÁXIMO-AR (cm)										
		Alturas:								
		40	50	60	80	98	100	118	120	140
		Larguras:								
EMPRESAS	Atlântida	60		60/80/120	60/80		60/80			
	CRV		50/100/150	60/80						
	Gravia	60		60/80/100/120	60/80				60	60
	Haiala	60	50/98	60/80/118		50		50		
	Lucasa			60/80/100			60			
	Sasazaki									

MEDIDAS NOMINAIS DE ESQUADRIAS BASCULANTE (cm)					
		Alturas:			
		40	60	80	100
		Larguras:			
EMPRESAS	Atlântida	40/60	40/60/80/100	60/80/100	60/80/100/120/150
	CRV	60	60/80/100	60	60
	Girassol	40/60	40/60/80/100	60/80/100	
	Gravia	60	60	60/80/100	60/80
	Haiala	60			
	Lucasa	60	60/80/100		100
	Sasazaki	40/60	40/60/80	60/80	

MEDIDAS NOMINAIS DE PORTAS DE GIRO (cm)								
		Alturas:						
		210	212	213	215	216	217	225
		Larguras:						
EMPRESAS	Atlântida	66/77/86						
	CRV			65/75/85/95				
	Girassol	70/80						
	Gravia				68/78/88/98/108			130
	Haiala		68/88					
	Lucasa				75/85/95/105			130
	Sasazaki				77/87	68/78/88/98/120/130	88	

MEDIDAS NOMINAIS DE PORTAS DE CORRER (cm)							
		Alturas:					
		210	213	214	215	216	218
		Larguras:					
EMPRESAS	Atlântida	120/140/150/160/180/200					
	CRV	120/150/160/200					
	Gravia			120/160/200/250			
	Haiala		150/200				
	Lucasa		150/160/200	150/200	160/200		
	Sasazaki					120/160/200/251	150/160/200/251

Tabela 4-13 – Medidas nominais (cm) praticadas de portas mistas.

MEDIDAS PORTA MISTA		
		Altura
		215
		Largura
EMPRESAS	Aço Forte	65/75/85
	CRV	75/85
	Girassol	60/70/80
	Haiala	65/75/85
	Lucasa	65/75/85
	Zema	66/76/86/96

A partir da análise das medidas nominais das esquadrias, nota-se que as dimensões praticadas por cada um dos fabricantes para um mesmo tipo de componente coincidem entre si na maioria dos casos, ou seja, existe um consenso entre fabricantes sobre as medidas mais procuradas para cada tipo de componente.

Além disso, percebe-se facilmente que as medidas nominais das esquadrias são proporcionais a 10cm, com exceções em algumas esquadrias *máximo ar* e na maioria das portas de abrir.

O fato de os componentes terem medidas nominais proporcionais a 10cm não pressupõe serem coordenados modularmente, pois o que importa é que a medida de coordenação seja proporcional a 10cm.

Afinal, qual é a medida de coordenação do componente? Partindo-se da fórmula:  $M_c = M_n + A_c$ , podemos calcular a medida de coordenação se tivermos o valor do ajuste de coordenação. Qual o ajuste de coordenação? E onde estariam estas informações?

Para conhecer tais medidas é preciso o aprofundamento no assunto. O vendedor responderá de forma imprecisa, fundamentado no senso comum. Para acesso a estes dados, recorreu-se aos catálogos das marcas, aos manuais de instalação e, quando não encontrada a informação, ligou-se para o serviço de atendimento ao consumidor da empresa.

Todos os fabricantes pesquisados disponibilizam seu catálogo em seus respectivos sites. Todas as empresas afirmam atender as normas da ABNT. A maioria está afiliada à AFEAL (Associação Nacional de Fabricantes de Esquadrias de Alumínio) e/ou à AFEAÇO (Associação Nacional dos Fabricantes de Esquadrias de Aço) e participa do PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat).

Nenhum dos catálogos dos fabricantes citados faz referência às “medidas de coordenação”, seja nesse termo, ou em termos equivalentes, como “medida do vão” ou “vão de vedação”. Os catálogos apenas fornecem uma “largura”, uma “altura” e um “batente” ou “requadro” que diz respeito à espessura. Alguns catálogos trazem no rodapé indicações de que suas medidas são “de batente a batente” (Gravia) ou ilustrações com cotas, evidenciando, portanto, que a medida apresentada em catálogo é a medida nominal.

Em busca da *medida de coordenação* ou do *ajuste de coordenação*, recorreu-se ao manual de instalação, comumente impresso na embalagem das esquadrias de alumínio e avulso nas embalagens das esquadrias de aço. Como os *show-rooms* nem sempre disponibilizam a embalagem do componente, recorreu-se ao manual do site do fabricante.

As empresas Aço Forte, Atlântica, CRV, Haiala e Zema não disponibilizam o manual no site.

Os manuais recomendam a instalação por meio de encaixe dos chumbadores e o uso de argamassa para preenchimento dos espaços entre componente e alvenaria.

Nenhum dos manuais de instalação traz os termos “medida de coordenação” ou “ajuste de coordenação”. O termo encontrado foi “folga”. Alguns manuais trazem medidas precisas ou intervalos, enquanto outros dizem apenas “um vão livre com folga suficiente para encaixar o produto”.

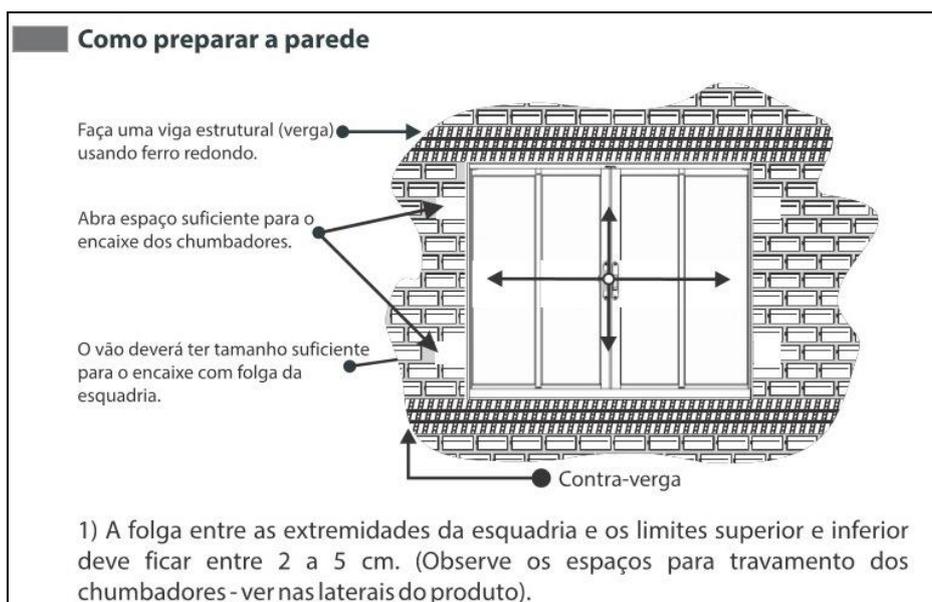


Figura 4.5 – Instrução da Gravia sobre o ajuste de coordenação. Fonte: <http://www.gravia.net.br/portas-e-janelas/download/gravia-manual-janela-correr.pdf>

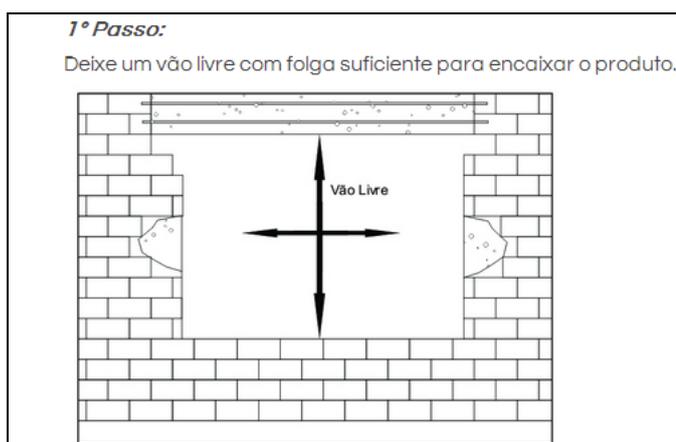


Figura 4.6 – Instruções imprecisas sobre o ajuste de coordenação em Manual de Instalação da Lucasa. Fonte: <http://www.ullian.com.br/dicas/detalhe/2/Passo-a-Passo-para-a-Instalacao-das-Portas-e-Janelas-de-aco-e-aluminio>

Diante de instruções imprecisas ou ausência delas, recorreu-se, por fim, ao contato com os SAC – Serviço de Atendimento ao Consumidor. Assim, conclui-se que a informação sobre a medida de coordenação para instalação de esquadrias não é de fácil acesso, tornando-se um empecilho ao projeto coordenado modularmente.

Segue uma tabela que demonstra o resumo dos ajustes de coordenação sugeridos pelos fabricantes:

Tabela 4-14 – Ajuste de Coordenação orientado pelos fabricantes de esquadrias.

<b>Ajustes de Coordenação</b>	
<b>Empresa</b>	<b>Valor (cm) para cada lado</b>
<b>Aço Forte</b>	Não soube informar
<b>Atlântica</b>	5
<b>CRV</b>	4 a 5
<b>Fortsol</b>	2
<b>Girassol</b>	2
<b>Gravia</b>	2 a 5
<b>Haiala</b>	3
<b>Lucasa</b>	2
<b>Sasazaki</b>	≥ 3 na largura e 2 na altura
<b>Zema</b>	Não soube informar

#### 4.3.2.1. Avaliação das Janelas

Vemos que os ajustes de coordenação orientados pelas empresas variam entre 2 e 5cm. Contudo, ao somarmos as medidas nominais das janelas de um fabricante com o ajuste por ele sugerido, não obtemos medidas de coordenação decimais, a não ser para aqueles que sugerem ajustes de 5 cm para cada lado. Isso porque a grande maioria das esquadrias possuem medidas nominais decimais.

A pesquisa, então, prontificou-se a entrar em contato com todos os fabricantes por telefone para questionar sobre como resolver um vão modular. Ao perguntar sobre a *medida de coordenação* ou o *ajuste de coordenação*, os atendentes não souberam responder, pois não estão habituados a esses termos. Após explicados os termos e também a necessidade de solucionar vãos decimais, os atendentes foram unânimes em recomendar folgas de 5cm para cada lado (exceto a empresa Ramassol-Fortsol, que considerou esta folga excessiva e aconselhou a encomenda de esquadrias sob medida). Assim, para uma janela de 120x120cm deixar-se-ia um vão de 13Mx13M.

Sendo assim, podemos afirmar que toda essa gama de janelas com medidas nominais decimétricas são coordenadas modularmente, pois suas medidas de coordenação

também serão decimétricas, posto que poderão ser associadas a ajustes de 5cm em cada lado.

Entretanto, encontramos aqui dois problemas: medidas de coordenação não preferidas, que trataremos no tópico 4.3.2.3 e o ajuste de coordenação não racional.

Quanto ao ajuste de coordenação, para Grabarz (2013), não é aconselhável que o espaçamento para a argamassa ultrapasse 3cm, pois será necessário usar objetos para ajudar no preenchimento do vão, como pedaços de tijolos ou outra solução também não racionalizada.

Se considerássemos o ajuste de coordenação ideal segundo Grabarz (2013), ou seja, variando entre 2 e 3 cm para cada lado, seria necessário que as larguras e alturas das janelas variassem de 4 a 6 no dígito referente a unidade. Por exemplo, considerando-se um vão modular 10M x 12M, a medida da esquadria deveria variar entre 94 x 114cm e 96 x 116cm.

#### 4.3.2.2. Avaliação das Portas

Para a avaliação da altura das portas metálicas, é preciso considerar a solução de verga que pode ser a verga de bloco canaletta ou a verga pré-moldada.

A verga de bloco canaletta é usada em alvenarias de bloco de concreto. Nela os blocos acima da porta são substituídos por blocos tipo canaletta. Estes blocos recebem interiormente armadura e concreto.

A verga pré-moldada, por sua vez, pode ser do tipo convencional (ver Figura 4.7, vão do meio), a qual tem sido a solução mais empregada atualmente ou do tipo “invertida” (ver Figura 4.7, terceiro vão) com as suas laterais sobre a fiada de blocos. A vergas devem ter altura mínima de 4cm, pois se menor, tornar-se-ão frágeis. A viga invertida, por acompanhar a fiada superior, terá altura maior que 20cm, consumindo mais matéria-prima.

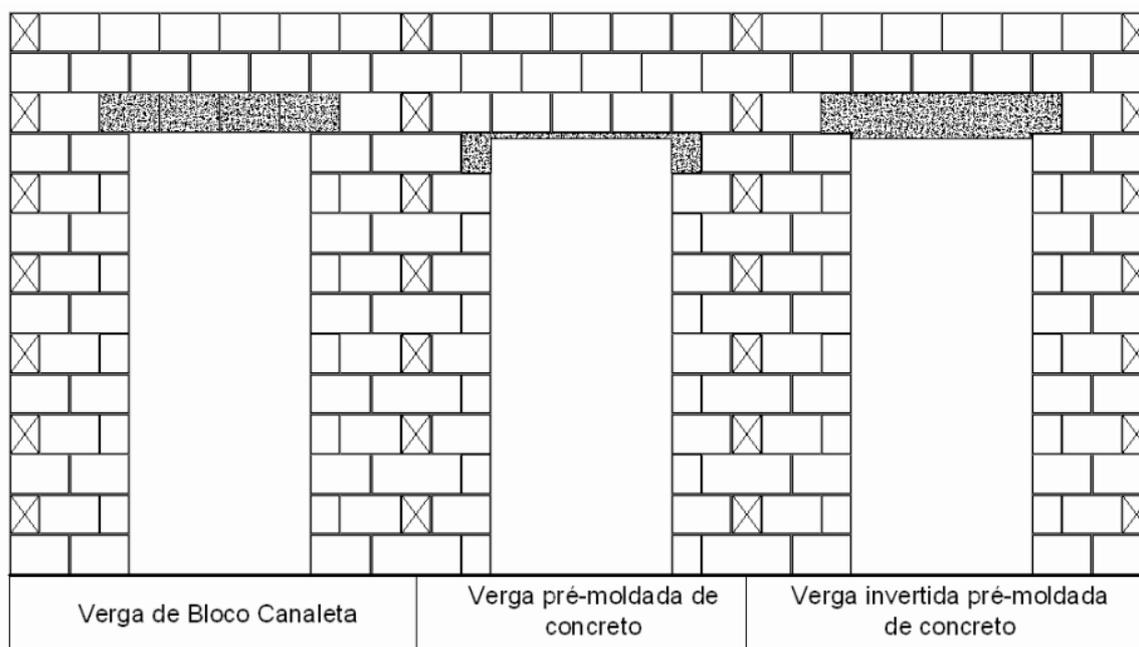


Figura 4.7 – Vista mostrando tipos de verga. Fonte: Grabarz, 2013, p.135.

Assim, as portas com alturas de 215, 217 e 218 cm devem ser combinadas com vergas de bloco canaleta e ajustes de coordenação de 2 a 5 cm. As portas com alturas de 212, 213 e 214 cm devem ser combinadas com vergas pré-fabricadas de 4 a 5 cm e ajustes de 2 a 4cm.

Não se encontrou solução racionalizada para as portas de 210cm de altura.

#### 4.3.2.3. Medidas Preferidas

Conclui-se que grande parte das esquadrias oferecidas pela indústria aberta são passíveis de serem usadas em projetos coordenados modularmente por terem medidas de coordenação decimais. Resta-nos, contudo, um problema: as medidas de coordenação não coincidem com as medidas preferidas.

Por exemplo: a medida 12M x 12M é uma medida preferida. Para preencher esta medida de coordenação, seria adequada uma janela variando entre 114x114cm a 116x116cm. Entretanto, não há esquadrias dentro destas dimensões. Há sim, em todas as marcas, janelas de 120x120cm, cuja instalação exigiria uma medida de coordenação de

13Mx13M (considerando-se o ajuste não racional de 5cm), a qual não é uma medida preferida. Ou seja, a indústria utilizou-se das medidas preferidas na fabricação das medidas nominais e não nas medidas de coordenação. Do ponto de vista da coordenação modular, tal utilização não implica em vantagem alguma.

Considerando, ainda, uma possível combinação das esquadrias com painéis de vedação vertical, tais painéis deverão ser fabricados considerando as medidas das esquadrias disponíveis no mercado e não as medidas preferidas.

### **4.3.3. Portas de Madeira**

A pesquisa interessou-se pelos componentes mais usados nas edificações de interesse social. Como no Distrito Federal pouco se comercializa janelas de madeira, a pesquisa, então, restringiu-se a investigar as portas de madeira. Segundo Grabarz (2013) “a porta de abrir com uma folha de madeira é o tipo de porta mais empregado em todo o mundo, tanto no interior quanto no exterior da edificação”. (GRABARZ, 2013, p. 156).

As portas de madeira de abrir de uma folha podem ser adquiridas de dois tipos: kit porta ou os componentes separados, que é o método mais usado.

O kit porta costuma ser mais caro, entretanto, as vantagens são, primeiro, estar vinculado a um único fabricante que responde pela garantia do produto e, segundo, ter a porta instalada pelo próprio fabricante, promovendo melhor qualidade na instalação e maior racionalidade na obra.

O kit porta de madeira é instalado depois do piso assentado. Já quando os componentes são adquiridos separadamente, instala-se o batente depois da alvenaria levantada e antes do reboco e os demais componentes são instalados na fase de acabamento da obra.

Recomenda-se que o elemento ligante entre o portal e a alvenaria seja o poliuretano expandido (PU). Isto porque a argamassa possui água, a qual pode danificar a madeira, provocando deformações.

#### 4.3.3.1. Norma Vigente

A norma para portas de madeira que faz referência as suas medidas é a NBR 15930-2:2011, que especifica os requisitos para o estabelecimento e avaliação do perfil de desempenho e a respectiva classificação de portas de madeira para edificações. Embora tenha sido publicada em 2011, a norma não faz referência à norma de Coordenação Modular, nem traz os termos *medidas de coordenação*, *medida nominal* ou *ajuste de coordenação*.

A norma distingue entre portas internas e portas externas e entre padrões de massa leve, média, pesada e superpesada, como se pode ver nas tabelas Tabela 4-15 e Tabela 4-16.

Tabela 4-15 – Padronização das dimensões das portas internas de acordo com a massa. Fonte: Tabela 4, NBR 15930-2:2011.

<b>Dimensão das folhas das portas internas para os padrões (cm)</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Leve De 6 a 10 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Médio De 10 a 20 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Pesado De 20 a 30 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Altura</b>	210	210	210 240
<b>Largura</b>	60 70 80 90	60 70 80 90	60 70 80 90
<b>Espessura</b>	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5

Pela análise das tabelas, nota-se que a norma especifica dimensões de folhas com medidas decimais (60, 70, 80, 90, 100 e 110cm). Como foi dito anteriormente, para a coordenação modular não importa a medida de parte do componente ser decimal, mas que

o componente como um todo somado ao ajuste de coordenação resulte em um valor decimal.

Tabela 4-16 – Padronização das dimensões das folhas das portas de entrada e externas. Nota: as larguras 60cm e 70cm não são admitidas para portas externas. Fonte: Tabela 5 da ABNT NBR 15930-2:2011.

<b>Dimensão das folhas das portas de entrada e externas para os padrões (cm)</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Leve De 6 a 10 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Médio De 10 a 20 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Pesado De 20 a 30 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Superpesado &gt; 30Kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Altura</b>	210	210	210 240	210 240
<b>Largura</b>	80 90	80 90 100 110	80 90 100 110	80 90 100 110
<b>Espessura</b>	3,5	3,5 4,0	4,0 4,5	4,5

A norma também estabelece parâmetros para o vão da porta ao especificar medidas a serem somadas à largura ou altura da folha da porta, conforme sua massa. Observe-se a tabela a seguir.

Tabela 4-17 – Dimensionamento e tolerância dos vãos das portas fixadas com espuma PU. Nota: L = largura e H = altura. Fonte: Tabela 2 da ABNT NBR 15930-2:2011.

<b>Dimensionamento e tolerância dos vãos das portas para os padrões (cm)</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Leve 6 a 10 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Médio 10 a 20 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Pesado 20 a 30 Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Superpesado &gt; 30Kg/m<sup>3</sup></b>
Largura do vão	L + 7	L + 8	L + 9	L + 10
Altura do vão	H + 4	H + 4,5	H + 4,5	H + 5
Tolerância do vão da porta	± 1			

Interpreta-se que as medidas especificadas na Tabela 4-17 a serem somadas à largura ou à altura da folha fazem referência à folga entre folha e batente/ folha e soleira, à espessura do portal e à espessura da espuma de poliuretano expandido (PU), permitindo-se ainda a tolerância de  $\pm 1$ cm relativo a possíveis deformações do componente e imperfeições no processo de levantamento da alvenaria ou de instalação da porta.

A folga entre folha e batente e entre folha e soleira deve ser de 0,5cm. Quanto à espessura do portal, foram encontrados nas lojas de materiais de construção do Distrito Federal dois padrões de medida: 2/3cm e 2,5/3,5cm (medida menor devido ao rebaixo do batente referente à face da folha da porta / medida referente a face posterior à folha da porta).

Feitas estas considerações, interpreta-se que as portas de padrão leve e médio devem usar portais 2/3cm e as portas de padrão pesado e superpesado devem usar portais 2,5/3,5cm.

Assim, considerando-se as condições propostas pela norma, somente as portas de padrão superpesado coincidiriam com medidas de coordenação decimais.

- Na largura:  $L \text{ decimal} + 10 \text{ cm} = \text{vão decimal}$ ;
- Na altura:  $H \text{ decimal} + 5\text{cm} + 3\text{cm de contrapiso} + 1\text{cm de piso} + 1\text{cm de tolerância} = \text{vão decimal}$ .

#### 4.3.3.2. A Pesquisa de Campo

Em contato com lojas de materiais de construção nas diversas cidades satélites do Distrito Federal que oferecem portas de madeira a pronta entrega, foram identificadas 15 distribuidoras de portas de madeira, das quais a mais citada foi a empresa JBpaes. Dessas, 11 disponibilizam catálogo de produtos em seus sites. Apenas uma distribuidora está localizada no estado de Rondônia, duas em São Paulo, as demais estão no Paraná ou em Santa Catarina.

As medidas divulgadas nos catálogos são sempre as medidas nominais dos produtos. Em nenhum site ou catálogo encontraram-se as expressões *medidas de coordenação/ medida modular, medida nominal* ou *ajuste de coordenação*. Apenas o site da Dalcomad afirma seguir as normas da ABNT.

A análise dos diversos catálogos mostrou que a indústria de folhas de portas de madeira produz medidas não descritas na norma: larguras de 62, 72, 82, 92, 102, 105, 112 e 120cm e alturas de 200, 215, 216 e 220cm, como pode ser visto na

Tabela 4-19.

Tabela 4-18 – Relação de empresas fornecedoras de portas de madeira

Empresa:	Localização:	Site:
<b>Ângelo Camilotti</b>	Francisco Beltrão – PR	www.camidoor.com.br
<b>Cruzeiro</b>	São Ludgero – SC	www.cruzeiro.com.br
<b>Dalcomad</b>	Bituruna – PR	www.dalcomad.com.br
<b>Fucksa</b>	Canoinhas – SC	www.fucksa.com.br
<b>Jbpaes</b>	Itaiópolis – SC	www.jbpaes.com.br
<b>JM</b>	Guarujá – SP	www.jmportas.com.br
<b>JS</b>	Ariquemes - RO	www.jsportas.com
<b>Metha</b>	Ípaussu - SP	www.methamadeiras.com.br
<b>Randa</b>	Bituruna - PR	randa.com.br
<b>Sch lindwein</b>	Presidente Getúlio - SC	www.schilindwein.com.br
<b>Uniportas</b>	São Paulo - SP	www.uniportas.com.br

Tabela 4-19 – Medidas nominais praticadas de folhas de portas no DF. Fonte: web sites dos fornecedores.

MEDIDAS NOMINAIS DE FOLHAS DE PORTAS DE MADEIRA (cm)																
Empresas	Larguras														Alturas	Espessura
	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102	105	110	112	120		
<b>Camilotti</b>	x		x		x		x		x					x	210	3,5
<b>Cruzeiro</b>	x	x	x	x	x	x	x	x							210	3,3
<b>Dalcomad</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					210	?
<b>Fucksa</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	210	3,5
								x				x		x	240	4,0
<b>JBpaes</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		200	3,5
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		210	
<b>JS</b>	x		x		x		x		x						210	?
<b>JM</b>	x	x	x	x	x	x	x	x							210	?
<b>Metha</b>			x	x	x	x	x	x							210	?
								x					x	215		
<b>Randa</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	210	3,5
	x	x	x	x	x	x	x	x						216	4,0	
								x		x	x		x	220		
								x		x	x		x	240		
<b>Sch lindwein</b>	x	x	x	x	x	x								210	3 e 3,5	
<b>Uniportas</b>	x	x	x	x	x	x	x	x		x				210		

Nenhum catálogo especifica a massa da porta e poucos especificam a espessura da folha da porta, dificultando classificar o padrão da porta, o que é fundamental para

identificarmos qual o vão necessário, segundo a tabela 2 da NBR 15930-2:2011 exposta acima, na tTabela 4-17. Entretanto, podemos observar que a maioria das portas de abrir de madeira vendidas à pronta entrega é de padrão leve ou médio. Apenas as empresas Fuckska e Randa oferecem portas de padrão pesado. Nenhuma empresa oferece portas de padrão superpesado.

Apenas as empresas Camilotti, Dalcomad e Randa (em alguns produtos) especificam as medidas do vão. Entretanto, algumas medidas não coincidem com os ajustes de coordenação especificados na tabela 2 da NBR 15930-2:2011. Além disso, os vãos propostos pelos fabricantes não são medidas decimais.

## Tabela Geral de Medidas

DIMENSÕES DA PORTA	DIMENSÕES DO VÃO
Largura x Altura. Cm	Largura x Altura. Cm
60 x 210	67 x 215
70 x 210	77 x 215
80 x 210	87 x 215
90 x 210	97 x 215
100 x 210	107 x 215
120 x 210	127 x 215

Espessura 35mm

Figura 4.8 – Especificação de medidas de vão do fabricante Camilotti. As portas deveriam ter incrementos de 4 ou 4,5cm na altura e as portas de 100 e 120cm deveriam tem incremento de 8cm na largura. Fonte: website do fabricante.

Larg.PORTA	Larg.VÃO
60/62 cm	68/70 cm
70/72 cm	78/80 cm
80/82 cm	88/90 cm
90/92 cm	98/100 cm
<b>ALTURA</b> 210 cm	<b>ALTURA</b> 215 cm

Figura 4.9 – Especificação de medidas de vão do fabricante Dalcomad. O incremento na largura está correto se as portas possuem padrão de massa médio. O incremento na altura deveria ser de 4,5, conforme Norma. Fonte: website do fabricante.

### Medidas (cm)

Largura	Altura	Largura vão
60	216	67,5
62	216	69,5
70	216	77,5
72	216	79,5
80	216	87,5
82	216	89,5
90	216	97,5
92	216	99,5

Figura 4.10 – Especificação de medida de vão do fabricante Randa. O incremento de 7,5cm não coincide com a especificação normativa. Não há informação sobre incremento na altura. Fonte: website do fabricante.

Para avaliarmos o vão necessário para instalação e então julgarmos se são vãos modulares ou não, faz-se necessário classificar o padrão das portas. Como as empresas não divulgam o padrão de suas portas, considerou-se as portas com larguras de 60cm a 80cm e altura 210cm como portas leves, as portas de largura maior ou igual a 82cm e altura 2,10cm como portas padrão médio, as portas com alturas maiores que 210cm e larguras entre 60cm e 82cm também como portas padrão médio e as portas com alturas maiores que 210cm e larguras maior ou igual a 90cm como portas pesadas.

A partir disto, foi elaborada a tabela abaixo com os vãos relativos a cada folha. Na tabela as células com fundo branco fazem referência à portas consideradas de padrão leve, as de fundo azul claro, às portas de padrão médio e as de fundo azul, às de padrão pesado.

Em **negrito** estão os valores de vãos para portas considerados coordenados modularmente, considerando a tolerância de  $\pm 1$ cm.

Em relação à altura dos vãos das portas variando entre 214 e 214,5cm, embora não seja uma medida decimal, não é, de fato, um problema de coordenação, pois devemos lembrar que o vão original da alvenaria será reduzido na altura pelo contrapiso, piso e verga superior.

Tabela 4-20 – Cálculo dos vãos para portas de madeira. Nota: em azul claro as portas consideradas de padrão médio e em azul escuro as de padrão pesado. Em negrito as portas consideradas coordenadas modularmente considerando-se tolerância de  $\pm 1$ cm. Fonte: catálogo dos fabricantes somado às medidas dispostas na tabela 2 da NBR 15930-2:2011.

MEDIDAS DOS VÃOS DE PORTAS DE MADEIRA (cm)																	
Empresas	Larguras nominais:														Altura nominal	Altura de coordenação	
	60	62	70	72	80	82	90	92	100	102	105	110	112	120			
	Larguras de coordenação:																
Camilotti	67		77		87		98		108					128	210	214	214,5
Cruzeiro	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>							210	214	214,5
Dalcomad	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>	108	<b>110</b>					210	214	214,5
Fucksa	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>	108	<b>110</b>		118		128	210	214	214,5
									<b>109</b>			<b>119</b>		<b>129</b>	240	244,5	
Jbpaes	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>	108	<b>110</b>		118	<b>120</b>		200	204	204,5
	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>	108	<b>110</b>		118	<b>120</b>		210	214	214,5
JS	67		77		87		98		108						210	214	214,5
JM	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>							210	214	214,5
Metha		<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>							210	214	214,5
									<b>109</b>					<b>129</b>	215	219,5	
Randa	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>	108		113	118		128	210	214	214,5
	68	<b>70</b>	78	<b>80</b>	88	<b>90</b>	<b>99</b>	<b>101</b>							216	220,5	
									<b>109</b>		114	<b>119</b>		<b>129</b>	220	224,5	
									<b>109</b>		114	<b>119</b>		<b>129</b>	240	244,5	
Sch lindwein	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>									210	214	214,5
Uniportas	67	<b>69</b>	77	<b>79</b>	87	<b>90</b>	98	<b>100</b>		<b>110</b>					210	214	214,5

Assim, são consideradas portas de abrir de madeira passíveis de serem usadas em um projeto coordenado modularmente as portas de larguras nominais de final “2”: 62, 72, 82, 92, 102 e 112cm, bem como as portas pesadas de larguras 100cm, 110cm e 120cm. Destas, apenas as portas de largura 112cm não possuem pelo menos três fabricantes distintos.

Na altura, como explicado no trecho 4.3.1, o vão modular (220cm ou 240cm) será reduzido dependendo das escolhas de contra-piso, piso e verga, sendo mais aconselhável que a medida de coordenação das portas tivessem final “1”, “2”, “3”, “6” e “7” no dígito referente à unidade.

## 5.EXEMPLO DE CASO

A pesquisa propôs-se a encontrar um projeto de arquitetura coordenado modularmente para exemplo de caso. Entretanto, essa não foi uma tarefa fácil. Quando investigados projetos planejados modularmente, a partir de planos de referência, observava-se que eram arquiteturas destinadas à pré-fabricação, ou então trabalhavam com a malha 1,25cm ou outra malha não decimal ou usavam as linhas da malha para marcarem o eixo das paredes e dos pilares.

Assim, no desejo de testar a Coordenação Modular como ferramenta diretiva de projeto, usou-se como estratégia criar um projeto de arquitetura aplicando os princípios da CM e empregando os componentes disponíveis nas lojas de materiais de construção do DF.

O tema escolhido foi uma habitação unifamiliar de interesse social por ser de complexidade simples e de pequenas dimensões e, portanto, de fácil representação nas páginas desta dissertação.

O programa limita-se a dois quartos, sala, cozinha e banheiro, objetivando-se uma área total de até 60m<sup>2</sup>.

Tabela 5-1 – Programa da habitação de interesse social. Fonte: arquivo da autora.

AMBIENTE	PROPORÇÃO (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Sala	3x4	12,00
Cozinha	3x3,5	10,50
Quarto casal	3x4	12,00
Quarto solteiro	3x3,5	10,50
Banheiro	2,4x 1,3	3,12
Soma		48.12
+15% de paredes e circulação		7,21
<b>Área Total</b>		<b>55.33</b>

Um primeiro esboço da habitação foi feito à mão, sobre uma malha de papel milimetrado. Definindo-se um fluxograma típico de casa popular, em que um hall é criado para acessar quartos e banheiro, separando o setor íntimo do setor social, além disso,

definiu-se um acesso principal pela sala e outro lateral pela cozinha, conforme exigências da NBR 15575-1:2012<sup>6</sup>.

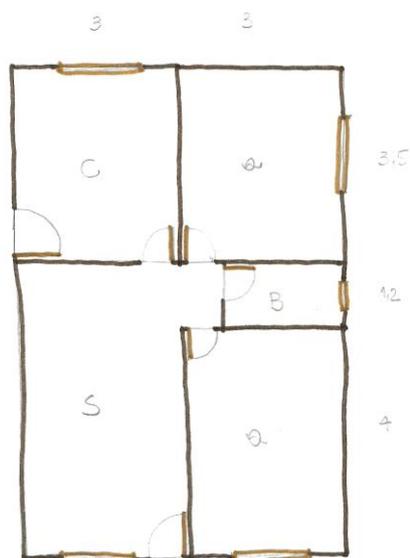


Figura 5.1 – Croqui desenhado sobre papel milimetrado. Fonte: autora.

Antes passar o desenho para meio digital, definiu-se qual tijolo usar na habitação. Conforme a pesquisa mostrada no capítulo 4, as famílias mais favoráveis ao uso da CM são: blocos de concreto 10x40 e 20x40 e blocos cerâmicos não estruturais 10x20, 10x30, 20x20 e 20x30, considerando-se que eventuais blocos de amarração e blocos de compensação deverão ser encomendados ou fabricados no canteiro de obras.

Escolheu-se para o sistema construtivo a alvenaria estrutural e dentre as opções de blocos de concreto, a família de blocos 10x40 por ser indicada para edificações térreas, onde não há necessidade de passagem de tubulações de esgoto pelo bloco e também por sua leveza em relação à família 20x40, facilitando seu manuseio pelos operários.

A escolha do sistema construtivo e da família predetermina que a malha horizontal seja 1Mx1M e a malha vertical seja 2Mx2M, visto que a altura do bloco é de 20cm.

---

<sup>6</sup> A NBR 15575-1:2012 define que habitações com mais de 40m<sup>2</sup> de área bruta devem ter duas portas para o exterior com largura livre de 70cm, dispostas em fachadas distintas.

Ao repassar o desenho do esboço para meio digital, utilizou-se o programa Auto Cad da Autodesk. Nele, foi desenhada uma malha de 10x10cm com um layer (do inglês = camada) específico para ela que posteriormente foi trancado para evitar a seleção das linhas da malha durante o manuseio do projeto.

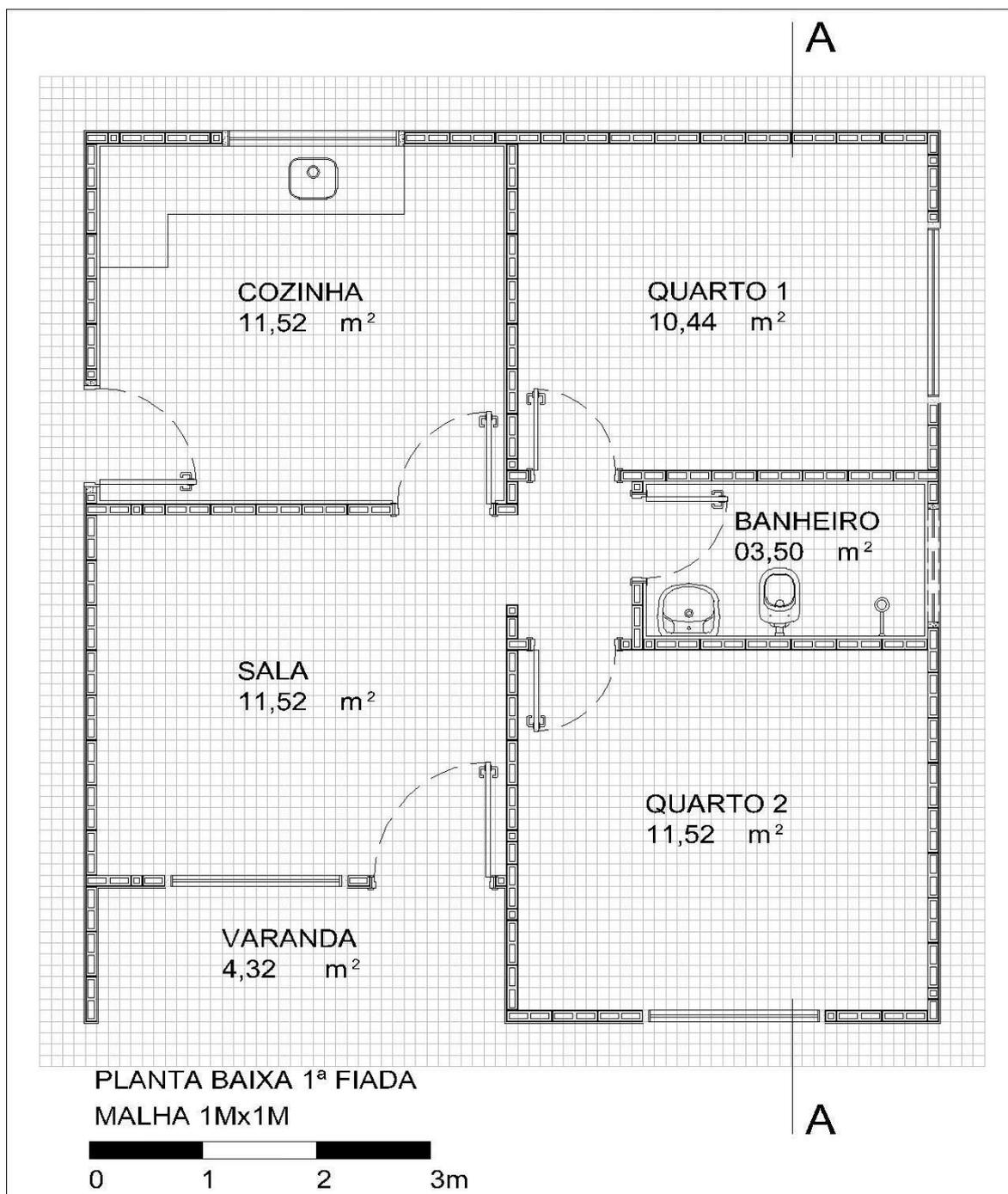


Figura 5.2 – Planta Baixa 1ª fiada. Malha 1Mx1M. Fonte: desenho da autora.

Conforme os tijolos iam sendo aplicados, atentou-se para que as medidas internas dos ambientes fossem proporcionais a 40cm, visando-se uma posterior aplicação e piso 4Mx4M. Assim, alteraram-se as medidas internas dos ambientes, sem comprometer sua área e layout.

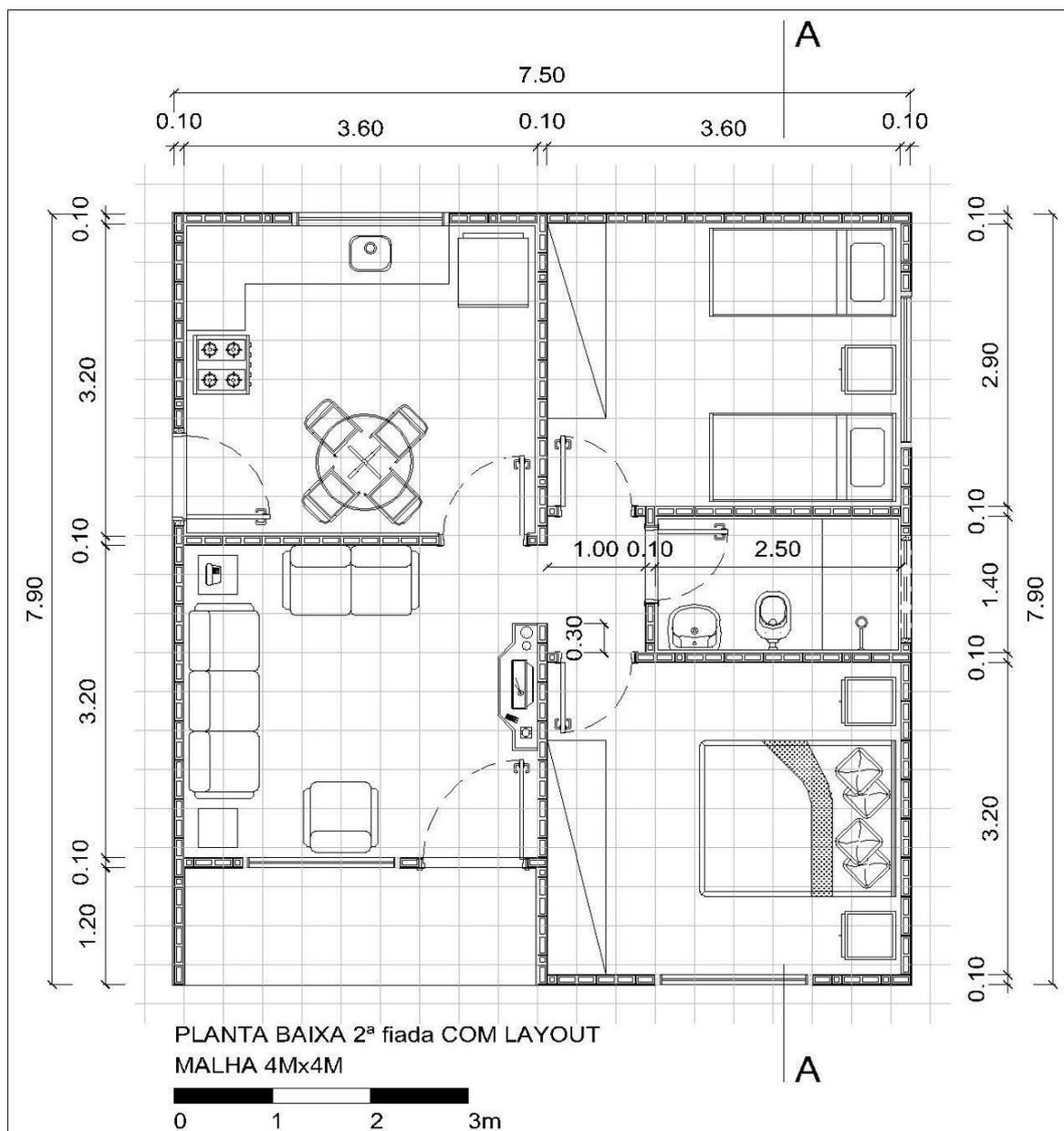


Figura 5.3 – Planta Baixa 2ªfiada com Layout, malha 4Mx4M. Fonte: desenho da autora.

Oteve-se como resultado uma edificação com área total de 59,25m<sup>2</sup>, com a proporção dos ambientes semelhantes ao programa original, coordenado modularmente

com malha 1Mx1M para paredes, 4Mx4M a área interna dos ambientes e 2Mx2M para o plano vertical. Não houve uma preocupação em coordenar a cobertura nem o forro.

No plano horizontal, é importante informar, que nem todas as paredes terão espessura final igual a 10cm. Isso porque o ajuste de coordenação de 0,5cm nem sempre é suficiente para comportar os revestimentos. Assim, definiu-se que as paredes internas receberão aplicação de gesso e pintura, correspondendo a 0,5cm de revestimento. Já as paredes do banheiro e cozinha receberão argamassa e cerâmica, correspondendo a 3cm de revestimento e as paredes externas receberão argamassa, massa e pintura, correspondendo a 2cm de revestimento.

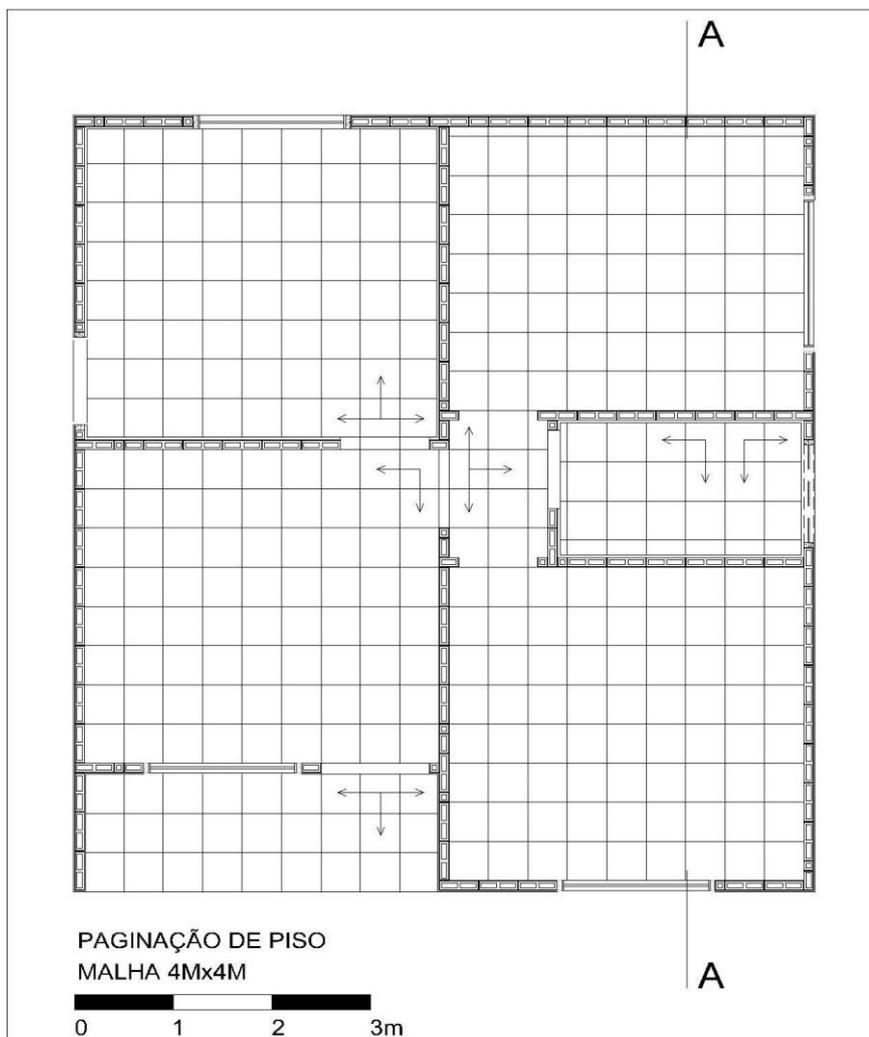


Figura 5.4 – Paginação de piso em ambientes coordenados modularmente. Fonte: desenho da autora.

As paredes com espessuras diferentes de 10cm excedem às linhas da malha e foram representadas em planta com uma linha de layer denominado “revestimento”. Tais paredes comprometeram a perfeita paginação de piso da cozinha e do banheiro.

Assim, elaborou-se uma planta de paginação, considerando a continuidade da paginação pelos ambientes. Foi aplicado soleira apenas sob as portas externas e sob a porta do banheiro. O resultado demonstra que haverá recorte apenas no banheiro, no quarto 1, na cozinha e sob dois vãos de alvenaria.

No plano vertical, a malha foi alinhada às fiadas dos blocos. As paredes terão altura total de 2,80m e o forro estará a 2,37m do piso.

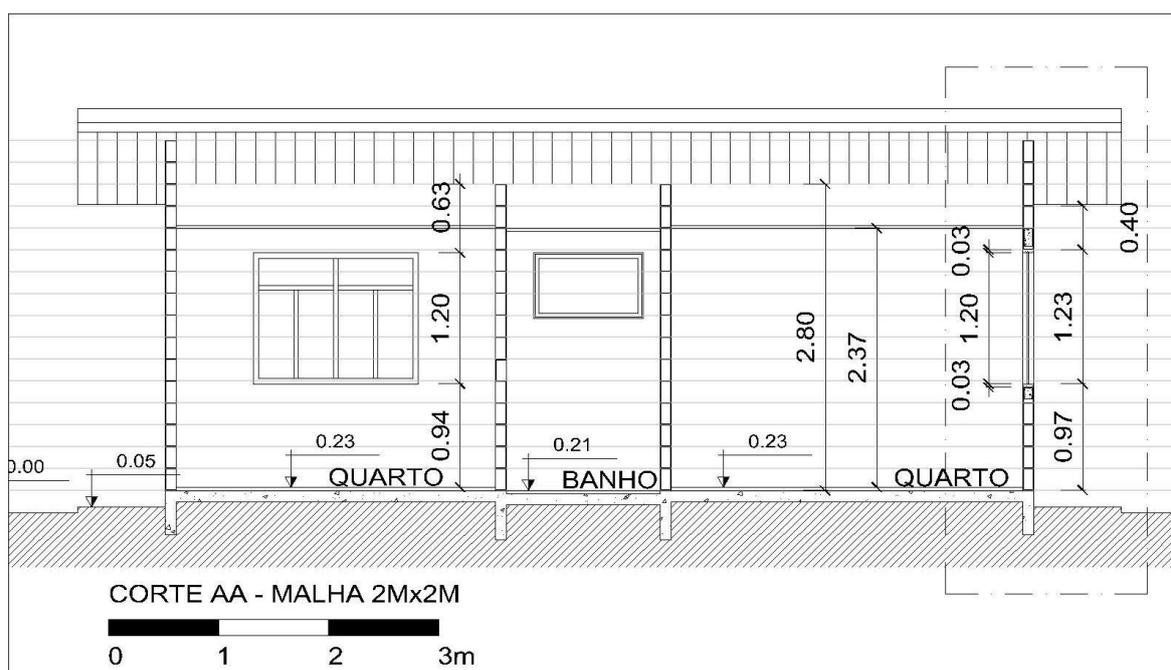


Figura 5.5 - Corte AA. Malha 2Mx2M. Fonte: desenho da autora.

Como a intenção neste projeto é especificar componentes pré-existent no mercado da construção civil, escolheu-se para as portas da sala, quartos e banheiro, portas de madeira cuja folha tem final “2”, as quais serão instaladas com espuma de poliuretano expandido. Já para a porta da cozinha que dá para o exterior, é mais adequado especificar uma porta de aço.

A pesquisa mostrada no capítulo anterior demonstrou que as esquadrias metálicas disponíveis no mercado possuem medidas nominais decimais e para preencher vãos decimais deverá considerar-se ajustes perimetrais de 5cm, embora a medida considerada racionalizada para o ajuste seja de 3cm. Assim, para a porta de aço da cozinha com 90cm de largura foi planejado um vão horizontal de 100cm, para as janelas de 150cm de largura foi planejado um vão de 160cm e para a janela do banheiro de 100cm de largura planejado um vão de 110cm.

Já para o vão vertical, a estratégia para solução da instalação das janelas (cujas alturas nominais são decimais) foi recortar o bloco na altura para dar lugar ao ajuste modular necessário. Tanto acima quanto abaixo da esquadria, são utilizados blocos tipo calha que ao serem preenchidos de concreto armado tornar-se-ão as vergas das janelas. Sendo, portanto, uma medida artesanal, decidiu-se por recortar o bloco calha da verga inferior em apenas 6 cm, dimensão suficiente para o ajuste modular de 3cm superior e inferior.

Para a instalação das portas internas de

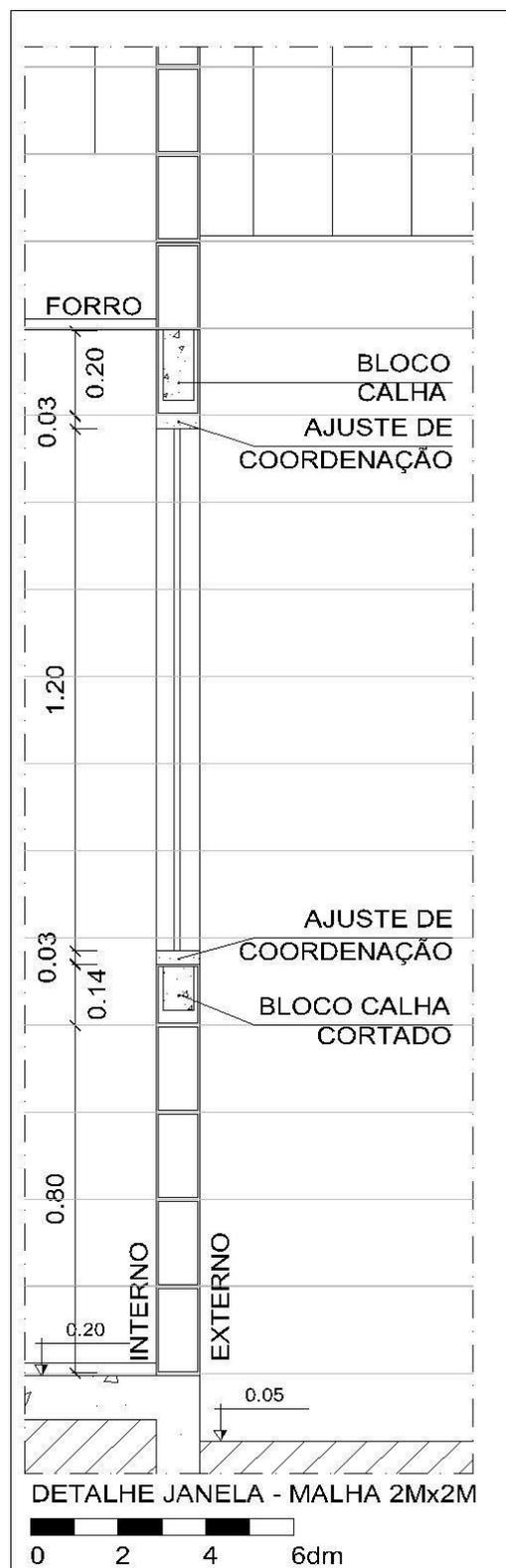


Figura 5.6 – Detalhe da instalação da janela extraído do Corte AA. Fonte: desenho da autora.

madeira em vãos modulares será necessária a aplicação da espuma de poliuretanos expandido em espessura maior do que o padrão, o que não comprometerá o desempenho dos materiais, mas implicará em aumento de custo.

Num projeto coordenado modularmente, as esquadrias podem ser representadas preenchendo-se todo o vão modular, pois importa ao projeto mencionar apenas qual a medida modular ocupada pela esquadria. Entretanto, neste caso, para demonstrar a solução de esquadrias pré-existentes para vãos modulares, evidenciou-se o espaço do componente e o espaço do ajuste de coordenação.

Na imagem da fachada principal foram demarcados por hachura de concreto os blocos que comporão as vergas e o arremate da empena com o telhado. Também foi demarcado por hachura a área correspondente à argamassa de ligação da esquadria com a alvenaria.

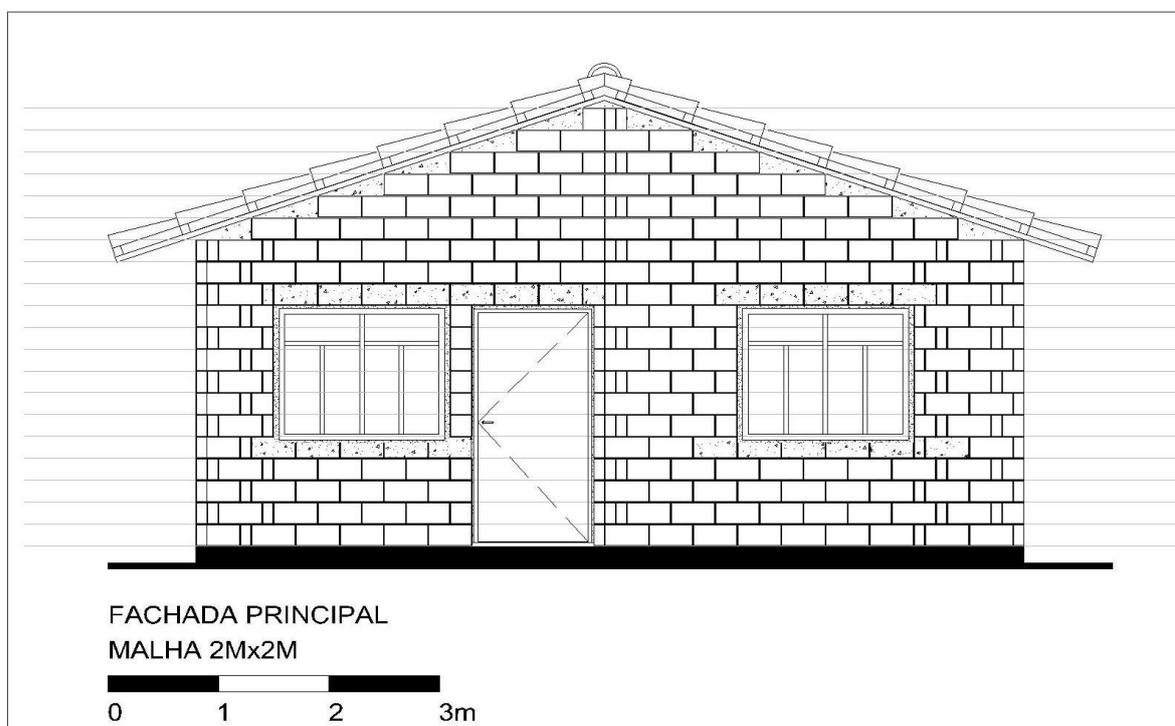


Figura 5.7 – Fachada Principal. Fonte: desenho da autora.

## 6.CONCLUSÃO

Este trabalho procurou demonstrar a relevância da Coordenação Modular, seu uso como ferramenta de projeto de arquitetura e sua viabilidade, uma vez que este tema é relevante para a sustentabilidade e carece de muita divulgação. Assim, espera-se que se torne uma fonte de esclarecimentos para estudantes e profissionais da área.

### 6.1. RESULTADOS ENCONTRADOS

A pesquisa de campo por meio de aplicação de questionário a arquitetos revelou que a discussão sobre Coordenação Modular ainda é pouco conhecida e constantemente é confundida com a Coordenação Dimensional. Também foi possível observar costumes sedimentados como a preferência pela malha octamétrica (1,25 x 1,25m) e a prática de alinhar o eixo do componente com a linha da malha, além da preferência por coordenar distâncias entre pilares e entre paredes e a despreocupação com a coordenação de esquadrias, pisos, forros, etc.

Verificaram-se ainda, pela pesquisa de campo, por meio da avaliação das medidas dos componentes, que, de modo geral, os fabricantes, atendentes e vendedores não estão habituados às nomenclaturas da CM e que as medidas de venda dos componentes são sempre as medidas nominais.

No ramo de blocos de concreto e de bloco cerâmico, a medida do bloco é produzida já considerando a medida do ajuste de coordenação, o que concorda com os princípios da CM. Dentre as medidas praticadas, há medidas favoráveis à CM, medidas desfavoráveis e medidas inadequadas. Dentre as famílias de medidas favoráveis e desfavoráveis, houve três ou mais empresas fornecedoras das famílias 10x40, 20x40 e 15x40 para blocos de concreto estruturais e de vedação e das famílias 10x20, 10x30, 20x20 e 20x30 para blocos cerâmicos não estruturais.

No ramo das esquadrias metálicas, as embalagens e catálogos não apresentam as medidas de coordenação nem as medidas do ajuste de coordenação. A medida nominal das esquadrias é sempre uma medida decimal. Considerando que um ajuste racionalizado seria de 2 ou 3cm para cada lado, as esquadrias metálicas deveriam ter largura com final “4” a “6”. As portas metálicas com alturas de 215, 217 e 218 cm devem ser combinadas com vergas de bloco canaleta e ajustes de coordenação de 2 a 5 cm. As portas com alturas de 212, 213 e 214cm devem ser combinadas com vergas pré-fabricadas de 4 a 5 cm e ajustes de 2 a 4cm. Não se encontrou solução racionalizada para as portas de 210cm de altura.

Quanto às portas de madeira, percebeu-se que a norma para essas, embora seja posterior a 2010, não se comunica com a norma de CM, revelando uma contradição dentro da própria ABNT. A norma para portas de madeira estabelece medidas decimais para as folhas das portas, o que não é vantagem para a CM. Dentre as medidas praticadas, entretanto, há portas de folha “0” e final “2”, sendo estas últimas passíveis de serem usadas em um projeto coordenado modularmente, bem como as portas pesadas de larguras 100cm, 110cm e 120cm.

Por fim, ao testar a CM como ferramenta em um projeto de arquitetura, concluiu-se que é possível e prático projetar a partir de um raciocínio modular e decimal e que a obra certamente incorrerá em menos desperdício de materiais. O exercício projetual exige do projetista um “pensar modular”, bem como um levantamento prévio de componentes cujas medidas de coordenação coincidam com o multimódulo escolhido ou, pelo menos, um conhecimento prévio sobre medidas preferidas. Neste ponto, seria de grande valia que os fabricantes disponibilizassem as medidas de coordenação de seus produtos nas embalagens e em seus sítios eletrônicos.

Concluiu-se também que é possível compatibilizar o projeto com os componentes existentes nas lojas de materiais de construção. Entretanto, a adequação de componentes não coordenados modularmente leva a soluções não racionalizadas.

As conclusões obtidas por esta pesquisa corroboram as conclusões do Relatório produzido pela ABDI-FEC em 2009, demonstrando que, em cinco anos, pouco avanço houve tanto na divulgação da CM como ferramenta de projeto quanto na adequação da indústria à norma.

## 6.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Considerando o tripé para a implementação da Coordenação Modular (ABDI-FEC, 2009) descritos no início deste estudo (a saber: normatização técnica, referência à CM nas legislações e exigência da CM pelos programas de financiamento; Prática de Projetistas e Construtores e existência de componentes normatizados no mercado da construção civil), sugere-se:

- i) avaliação de normas de componentes;
- ii) avaliação do ensino da Coordenação Modular nas faculdade de Arquitetura e de Desenho Industrial;
- iii) pesquisa de medidas de componentes de forração horizontal: pisos, forros, luminárias, etc.;
- iv) investigar os gargalos para a adequação de alguns setores da indústria à CM e que instrumentos motivariam a indústria a adaptar seus produtos à norma.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – FUNDAÇÃO EUCLIDES CUNHA. **Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil**. [S.I.: s.n.], 2009.

ANDRADE, Max Lira Veras Xavier. **Coordenação dimensional como ferramenta para a qualidade em projetos de habitação popular**. Brasília: UnB, 2000. (Dissertação de Mestrado em arquitetura. Orientadora: Marta Adriana Bustos Romero)

AMORIM, Sergio Roberto Leusin de; KAPP, Silke; EKSTERMAN, Christine Fontenele. **Manual de práticas recomendadas - Coordenação Modular: Caderno 1 - Projeto em Habitação de Interesse Social – HIS**. Rio de Janeiro: CDU, 2010.51p.

\_\_\_\_\_. **Manual de práticas recomendadas - Coordenação Modular: Caderno 2 - Revestimentos – Rio de Janeiro: CDU, 2010. 25p.**

BAUDALF, Alexandra Staudt Follmann. **Contribuição à implementação da Coordenação Modular no Brasil**. Porto Alegre: UFRS, 2004. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Orientador: Hélio Adão Greven).

CARVALHO, Pedro Alves de; TAVARES, Ígor de Góes. **Modulação de projeto arquitetônico de estabelecimentos assistenciais de saúde: o caso dos Hospitais Sarah**. Disponível em: <bvsms.saude.gov.br/bvs/publicações/modulações\_hospitais\_sarah\_ pdf> [200-?]

DARLINGTON, Robert P.; INSENBURG, Melvin W.; PIERCE, David A. **Modular practice – the schoolhouse and the building industry**. [S.I.]: Modular Building Standards Association, 1962.

FILHO, Isac Chedid Saud. **A Coordenação Modular como uma ferramenta no processo projetual**. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 2007. Dissertação de mestrado.

FONYAT, Mariana de Araújo Ribeiro. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura**. Porto Alegre: UFRS, 2013.

FRANCO, Luiz Sérgio. **Racionalização construtiva**. São Paulo: Departamento. Eng. Construção Civil da EPUSP, sem data. Artigo.

GRABARZ, Regina Candeloro. **Contribuição para o emprego de portas modulares em projetos de alvenaria estrutural**. São Carlos: UFSCar, 2013. (Dissertação de mestrado)

\_\_\_\_\_; PARSEKIAN, Guilherme Aris; PALIARI, José Carlos. **Estudo comparativo de perdas de placas cerâmicas em projeto com e sem coordenação modular**. Belém: VII Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2011, 11p, il, color.

GREVEN, Hélio Adão; BAUDALF, Alexandra Staudt Follmann. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada.** Porto Alegre: ANTAC, 2007. – (Coleção Habitare, 9)

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **A coordenação modular na construção – desafios e oportunidades.** Apresentação para o Seminário Nacional Construção Civil no Brasil: Sindusconsp, Março/2008.

LIMA, João Filgueiras. **Escola transitória.** Brasília, MEC/CEDATE, 1984. 116p.

**MICHAELIS: moderno dicionário da língua portuguesa.** São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998-(Dicionários Michaelis). 2259p.

NEVES, Laerte Pereira. **Adoção do partido na arquitetura.** Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1998.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; JR, Camilo Michalka. **A contribuição dos processos industriais de construção para a adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil.** Vértices. Ano 5. Nº 3. Rio de Janeiro: CEFET - Campos Goyatacazes, 2003.

ROMCY, Neliza Maria e Silva. **Proposta de tradução dos princípios da coordenação modular em parâmetros aplicáveis ao Building Information Modeling.** Fortaleza, UFC: 2012. (Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Orientador: Alexandre Araújo Bertini)

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

SILVA, Maristela Gomes da; SILVA, Vanessa Gomes da. **Painéis de vedação.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2004.

SOARES, Ana Paula. **A aplicação da CM para o projeto de vedações verticais em alvenaria.** São Paulo: USP Escola Politécnica, 2008. Monografia de especialização. Orientador: Sílvio Burrattino Melhado.

TARDIVO, Jessica Aline; MOREIRA, Tatiane. **Análise do movimento metabolista japonês - objeto de estudo da torre cápsula, do arquiteto Kurokawa.** Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Mackenzie, 2012. Artigo. [www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau](http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau)

**Sites:**

<http://www.archiproducts.com/pt>

<http://claudiovergara.wordpress.com/2012/05/17/entrevista-a-lucien-kroll-es-mas-importante-ser-contemporaneo-que-moderno>

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

[http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cultura\\_digital/complexidade/CASOS/MEME/.htm](http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cultura_digital/complexidade/CASOS/MEME/.htm)

[www.atlantica.ind.br](http://www.atlantica.ind.br)

[www.acoforte.com](http://www.acoforte.com)

[www.blocoapache.com.br](http://www.blocoapache.com.br)

[www.crvmetalurgia.com.br](http://www.crvmetalurgia.com.br)

[www.dekpre moldados.com.br](http://www.dekpre moldados.com.br)

[www.gravia.net.br](http://www.gravia.net.br)

[www.gruporamassol.com.br](http://www.gruporamassol.com.br)

[www.metalurgicagirassol.com.br](http://www.metalurgicagirassol.com.br)

[www.gravia.net.br](http://www.gravia.net.br)

[www.gruporamassol.com.br](http://www.gruporamassol.com.br)

[www.haiala.com.br](http://www.haiala.com.br)

[www.originalblocos.com.br](http://www.originalblocos.com.br)

[www.premoldados3irmaos.com.br](http://www.premoldados3irmaos.com.br)

[www.premoldadosbrasil.com.br](http://www.premoldadosbrasil.com.br)

[www.premontex.com.br](http://www.premontex.com.br)

[www.semarh.df.gov.br](http://www.semarh.df.gov.br)

[www.ullian.com.br/contato](http://www.ullian.com.br/contato)

[www.sasazaki.com.br](http://www.sasazaki.com.br)

[zema.ind.br](http://zema.ind.br)

## NORMAS TÉCNICAS E MANUAIS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706: coordenação Modular da construção: procedimento.** Rio de Janeiro, 1977.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136, versão corrigida: blocos vazados de concreto simples para alvenaria.** Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 10821-1: esquadrias externas para edificações, parte 1: terminologia.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 10821-2: esquadrias externas para edificações, parte 2: requisitos e classificação.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 13531: elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1: componentes cerâmicos - parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1: edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – desempenho, parte 1: requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15873: coordenação modular para edificações.** Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 15930-1: portas de madeira para edificações, parte 1: terminologia e simbologia.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15930-2: portas de madeira para edificações, parte 2: requisitos.** Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15961-1: alvenaria estrutural – blocos de concreto, parte 1: projeto.** Rio de Janeiro, 2011

GRAVIA PORTAS E JANELAS, *Manual de Instruções – Janelas de correr.* Anápolis, sem data.

<http://www.gravia.net.br/portas-e-janelas/download/eterna-manual-janela-correr.pdf>

## GLOSSÁRIO

Ajuste de Coordenação: diferença entre uma medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação garante espaço para deformações, tolerâncias e materiais de união, quando for o caso;

Componente (construtivo): unidade distinta de determinado elemento do edifício, com forma definida, com medidas especificadas nas três dimensões e destinada a cumprir funções especificadas nas três dimensões e destinada a cumprir funções específicas;

Coordenação Dimensional: inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que as incorporam, usada para seu projeto, sua fabricação e sua montagem;

Coordenação Modular: coordenação dimensional mediante o emprego do módulo básico ( $M=100\text{mm}$ ) ou de um multimódulo.

Elemento (construtivo): parte da edificação com funções específicas, constituída por um componente ou conjunto de componentes e/ou materiais de construção. Ex.: parede, escada, shaft;

Espaço amodular: espaço de medidas não modulares, adjacente a um ou mais sistemas de referência modulares;

Esquadria: janelas e portas;

Indústria Aberta: sistema produtivo em que componentes são fabricados em larga escala para serem revendidos em lojas de materiais de construção;

Indústria Fechada: sistema produtivo em que os componentes produzidos foram encomendados sob medida para a solução de um projeto de edificação específico;

Laje em osso: laje sem revestimento;

Medida de Coordenação: medida do espaço necessário a um elemento ou componente construtivo, incluídas folgas para deformações e instalação, tolerâncias e materiais de união, quando for o caso;

Medida Nominal: medida esperada de um objeto, definida antes da execução/fabricação;

Módulo básico: menor unidade de medida linear de coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é  $M=100\text{mm}$ .

Multimódulo: múltiplo inteiro do módulo básico;

Paginação de forro/piso: desenho que define a disposição do revestimento a ser instalado;

Sistema de referência modular: sistema geométrico tridimensional de  $n$  planos ortogonais, no qual a distância entre quaisquer planos paralelos é igual ao módulo básico ou a um multimódulo;

Zona neutra: espaço amodular.

**APÊNDICE - Pesquisa de Campo: Questionário a Arquitetos.**

**1)Em que Faculdade e em que ano você se formou?**

\_\_\_\_\_

**2)Ao realizar um projeto de arquitetura, você faz uso de um reticulado modular?**

( ) não( ) sim, apenas em planta( ) sim, nos 3 eixos

**3)Se sim, que medidas modulares você tem preferência?**

Em planta: \_\_\_\_\_

Em altura: \_\_\_\_\_

**4)Como as linhas da malha modular coincidem com os elementos e componentes?**

( ) em eixo( ) em face( )outro \_\_\_\_\_

**5)Que elementos você prioriza obedecerem a espaçamentos modulares?**

( ) pilares( ) paredes( ) medida interna dos ambientes

( ) escadas( ) piso( ) esquadrias ( ) outro:\_\_\_\_\_

**6)Assinale com “x” na(s) alternativa(s) que considerar correta(s). O termo**

**“Coordenação Modular” implica em:**

( ) composição de elementos iguais

( ) reticulado modular de referência

( ) repetição de um módulo qualquer ou seu múltiplo

( ) módulo básico = 100mm

( ) componentes encomendados sob medida e encaixados na obra

( ) previsibilidade visual

Tabela 0-1 – Resultados obtidos. Fonte: autora

Arquiteto	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6
1	UnB/DF - 1993	Não		eixo	pilares	reticulado modular de referência/ repetição de um módulo qualquer
2	UnB/DF - 1995	Não		eixo	pilares	módulo básico = 100mm
3	Santa Úrsula/RS - 1982	Não		face	piso	reticulado modular de referência/ repetição de um módulo qualquer
4	Uniceub - 2007	Sim	P: 3m/	eixo	pilares/ paredes	reticulado modular de referência
5	Uniceub - 2009	Sim	P: 1m; A: 5m	eixo	pilares	reticulado modular de referência
6	UnB/DF - 2005	Não				
7	UnB/DF - 2008	Sim	P: 1,25m; A: 1,20m	eixo	pilares	reticulado modular de referência
8	Uniceub - 2007	Sim	P: 5m; A: 3m	eixo	pilares/ paredes	reticulado modular de referência
9	UEG - 2009	Não			pilares/ paredes	composição de elementos iguais repetição de um módulo qualquer
10	UFU - 2006	Sim	P: 1,25m, A: 0,18cm	eixo/ face	escadas/ pilares/ paredes	repetição de um módulo qualquer/ módulo básico = 100mm/ reticulado modular de referência
11	UFPE - 2008	Sim	P: 1m		medidas internas/ pilares	módulo básico = 100mm
12	UNB - 2012	Sim	P: 1,25m	eixo	pilares/ paredes	repetição de um módulo qualquer/ módulo básico = 100mm/ reticulado modular de referência
13	Uniceub - 2007	Sim	P: 1m; 1,25m; 5; 7	eixo	paredes escadas	módulo básico = 100mm
14	UFBA - 2002	Sim	P: 1,20; A: 3,00	eixo	paredes/ pilares	módulo básico = 100mm
15	UnB/DF - 1981	Sim	P: 1,25; A: 1,25	eixo	pilares	reticulado modular de referência / repetição de um módulo qualquer
16	PUC-GO - 2009	Não	P: 5m	eixo	pilares	repetição de módulo qualquer
17	UEG - 2008	Sim	P: 3,40m; A: 2,60	eixo	paredes	reticulado modular de referência/ repetição de um módulo qualquer/ Sob medida
18	UEG - 2006	Não		face	piso/ escadas/ esquadria	reticulado modular de referência/ previsibilidade visual
19	UEG - 2007	Não		face	piso/ escadas/ esquadria	reticulado modular de referência/ previsibilidade visual
20	UCG - 2001	Não	p: 1,20m	eixo	pilares/ paredes	Reticulado modular de referência