RELATÓRIO TÉCNICO SUBMETA 8.2.1

Relatório sobre a proposição de alteração texto base da norma NBR 15873 (ABNT, 2010) - Coordenação modular para edificações

EXECUÇÃO
recepeti Rede Catarinense de Inovação
CONSTRUA BRASIL
CONSTRUÇÃO 4.0 A CONSTRUÇÃO DO FUTURO BRASILEIRO
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
GOVERNO FEDERAL BRASIL UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

RELATÓRIO SOBRE A PROPOSIÇÃO DE ALTERAÇÃO TEXTO BASE DA NORMA NBR 15873 (ABNT, 2010) - COORDENAÇÃO MODULAR PARA EDIFICAÇÕES

Data de elaboração: dezembro, 2022.
Data de revisão: agosto, 2024.

FICHA TÉCNICA

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
Secretaria de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços
Departamento de Desenvolvimento da Indústria de Bens de Consumo Não Duráveis e Semiduráveis
Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Indústria da Construção Civil

RECEPETi - Rede Catarinense de Inovação
CNPJ: 05.377.815/0001-08
Endereço: Rod SC 401, 600 Ed. Inova – Parque Tec. Alfa, João Paulo
CEP: 88.030-900

Rodrigo Broering Koerich
(Coordenador geral)

Paulo Alfredo Müller Filho
(Gerente do projeto)

EQUIPE META 8

EQUIPE EXECUTIVA

Sérgio Scheer
(Líder da meta)

Daniela Dietz Viana
(Coordenadora da equipe técnica de desenvolvimento e pesquisadora)

Dóris Zechmeister Bragança Weinmann
(Coordenadora da equipe técnica de desenvolvimento e pesquisadora)

Alexandra Staudt Follmann Baldauf
(Pesquisadora)

Aline Zini
(Pesquisadora)

Cynthia dos Santos Hentschke
(Pesquisadora)

Louise Oliveira Soares
(Desenhista)

Luiz Filipe Eibel
(Desenhista)

Amanda Rosa Machado
(Bolsista de iniciação científica)

Gabriel Benvenutti Schaab
(Bolsista de iniciação científica)

GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO

I Fabricante de componentes e sistemas

ABCEM

UlyssesBarbosa Nunes
(Diretor Executivo)

Íria Lícia Oliva Doniak
(Presidente Executiva)

ABCIC

Íria Lícia Oliva Doniak
(Presidente Executiva)

Luis André Tomazoni
(Diretor Técnico)

ABRAMAT

Rodrigo Navarro
(Presidente Executivo)

Laura Marcellini
(Diretora Técnica)

Arthur Silva
(Assessor)

AFEAL

Fernando Rosa
(Gerente Geral)

Antonio Edison Limeira Junior

ANFACER

Anderson Vieira
(Representante)

Claudia Gonçalves
(Representante)

Ana Paula Margarido
(Representante)

DRYWALL

Luiz Antônio Martins Filho
(Presidente)

Carlos Roberto de Luca
(Gerente Técnico)

II Academia

ANTAC

Alexandre Bertini
(Professor UFC)

Eduardo Luis Isatto
(Professor UFRGS)

III Projeto

ABRASIP

Milton Henrique Gomes
(Presidente)

ABRAVA

Miguel Ferreirós
(Representante)

Francisco Pimenta
(Representante)

AsBEA

Fernanda Basques
(Presidente AsBEA- MG)

Gustavo Bruno Andrade Amorim
(AsBEA-CE)

SINAENCO

Carlos Roberto Soares Mingioni
(Presidente)

Gustavo Dantas de Castro Lima
(Representante)

Guy Lapouble
(Representante)

Késia Alves da Silva
(Representante)

IV Construtores

CBIC

Leila Sobral
(Comissão Proj. Inov. & Tecnol.)

Nota de apresentação

Este relatório resulta em uma proposta para revisão da NBR 15873:2010 - Coordenação modular para edificações. A proposição de texto para alteração da Norma, antes apresentada como **Apêndice A** do presente documento, foi encaminhada para a ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, portanto não está anexada a este relatório.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6

2 NBR 15873 (ABNT, 2010) – NORMA DE COORDENAÇÃO MODULAR PARA EDIFICAÇÕES 8

3 MÉTODO 11

3.1 NORMATIVAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS 11

3.2 CONCEITO: PRINCÍPIOS DA COORDENAÇÃO MODULAR 15

3.3 CONCEITOS DA BIBLIOGRAFIA BASE 16

3.4 REUNIÕES SEMI-ESTRUTURADAS E COM O GTC 18

4 RESULTADOS 20

4.1 PROPOSTA DE REVISÃO DA NORMA NBR 15873 (ABNT, 2010) ... 20

4.1.1 ESCOPO 22

4.1.2 REFERÊNCIA NORMATIVA 22

4.1.3 TERMOS E DEFINIÇÕES 22

4.1.4 OBJETIVOS 23

4.1.5 PRINCÍPIOS DA COORDENAÇÃO MODULAR 25

4.1.6 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA 28

4.1.7 PROJETO 29

4.1.8 PRODUTO 33

4.2 CONTRIBUIÇÕES DO GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO (GTC) 35

4.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 37

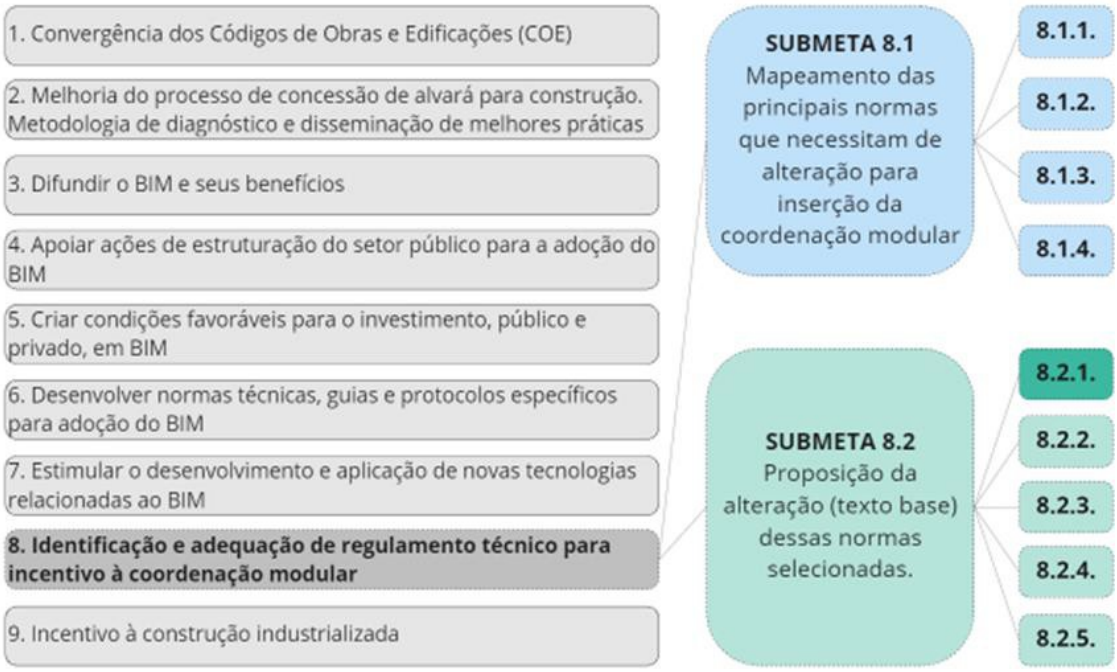
5 PRÓXIMAS ETAPAS 41

6 REFERÊNCIAS 42

1 INTRODUÇÃO

Este Relatório Técnico apresenta a entrega referente à etapa 8.2.1, pertencente à META 8 – Identificação e adequação de regulamento técnico para incentivo à coordenação modular, do Edital 3/2019 ME e o Termo de Colaboração celebrado entre o Ministério de Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e a Rede Catarinense de Inovação (RECEPETi).

Figura 1 – As 9 metas do Termo de Colaboração ME RECEPETi, destaques para Meta 8 e suas submetas



Fonte: Adaptado do Edital de Chamamento Público nº 03/2019

A submeta 8.2.1 é parte de um conjunto que compõe a Meta 8 deste Termo de Colaboração para execução de 'Ações para promover ganho de produtividade e competitividade do setor de construção civil'. Este conjunto de metas e submetas pode ser observado na Figura 1. A ação 8.2.1 corresponde a "proposição de alteração em texto base de normas existentes relacionadas com a coordenação modular e consideradas como relevantes" (EDITAL DE CHAMAMENTO PÚBLICO 03/2019).

Com base no mapeamento realizado nas etapas anteriores desta meta, na ação 8.2.1 é apresentada uma proposta de alteração do texto base da NBR 15873 (ABNT, 2010), referente à coordenação modular para edificações. Em sua versão atual, o escopo da citada NBR define que "*esta norma deve ser observada na elaboração de normas*

construtivos". Assim sendo, entende-se que essa norma técnica deve servir como base para a aplicação da coordenação modular dentro das demais normas de produtos.

A partir disto, na proposta de revisão do texto da NBR 15873 (ABNT, 2010), buscou-se instituir um conceito orientativo. A proposta anexa a este relatório complementa e atualiza conceitos e diretrizes, buscando atingir todos os intervenientes da cadeia produtiva, de maneira que a coordenação modular possa ser aplicada e difundida amplamente pelo mercado. Dentro do conceito trabalhado está a proposta de um check list de informações importantes na aplicação da coordenação modular, de forma que as demais normas de componentes, elementos e sistemas, quando atualizadas, possam abranger os princípios da coordenação modular para as necessidades atuais das empresas de cada setor de modo mais direcionado.

A proposta completa de texto base foi entregue em separado.

2 NBR 15873 (ABNT, 2010) – NORMA DE COORDENAÇÃO MODULAR PARA EDIFICAÇÕES

A NBR 15873 – Norma de Coordenação Modular para Edificações (ABNT, 2010) é a norma atual que rege a coordenação modular para edificações no Brasil. Essa norma tem como escopo definir os termos, valor do módulo básico e os princípios da coordenação modular para edificações. As definições relacionadas à coordenação modular contidas na citada norma técnica aplicam-se ao projeto e construção de edificações de todos os tipos e ao projeto e à produção de quaisquer componentes para a construção. Na Figura 2 é apresentada a estrutura atual da NBR 15873 (ABNT, 2010).

Figura 2 – Divisão da norma de coordenação modular NBR 15873 (ABNT, 2010)

Fonte: Os autores.

A norma técnica atual é dividida por uma estrutura macro de prefácio, introdução e escopo; passando para termos e definições, objetivos, princípios da coordenação modular (CM) e anexos. Dentro dos princípios e, principalmente, dos anexos, a coordenação modular voltada para produtos (componentes e elementos) e para projeto (diretrizes para desenvolver um projeto coordenado modularmente) é discutida brevemente.

Ademais, a norma aborda, ao longo do texto, definições de relevância na compreensão e

aplicação da coordenação modular na construção civil, como o módulo básico e espaços modulares de elementos e componentes construtivos; a definição das medidas de fabricação de um componente modular; o posicionamento de elementos e componentes modulares; multimódulos e incrementos submodulares. Nos anexos, pode-se encontrar exemplos gráficos para aplicação da coordenação modular.

Por meio da Figura 3, apresenta-se a estrutura da norma de coordenação modular atual em formato de "árvore". Por meio deste formato, de maneira comparativa com a bibliografia e com demais normativas, foi possível avaliar onde se encontravam as principais partes a serem complementadas, o que posibilitou elaborar a proposta de revisão da estrutura apresentada nos resultados deste relatório.

Figura 3 – Estrutura atual da norma de coordenação modular NBR 15873 (ABNT, 2010)

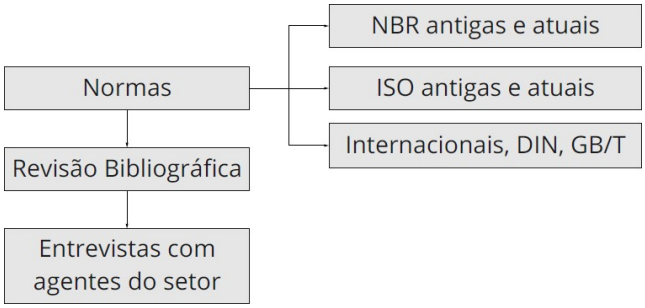
Fonte: Os autores.

Durante o desenvolvimento das etapas anteriores 8.1.2 e 8.1.3, constatou-se que a NBR 15873 (ABNT, 2010) é rica na apresentação do conceito de coordenação modular e teve êxito ao unificar 25 normas existentes sobre o tema à época de sua edição. Entretanto, ainda está pouco vinculada às normas de componentes, elementos e sistemas construtivos propriamente ditos, pois não faz referência a outras normas em seu texto. Nota-se, também, que as orientações apresentadas em seu texto são generalistas. Isso, por um lado, unificou o conceito da coordenação modular, mas, por outro, dificultou a aplicação específica e prática por projetistas e pela própria indústria. Ressalta-se, também, que alguns pontos precisam de atualização, devido a atualizações de normas ISO que ocorreram depois da entrada em vigor da NBR 15873 (ABNT, 2010).

3 MÉTODO

Neste capítulo é apresentado o método utilizado para o desenvolvimento do texto sugerido para a proposição de alteração de texto base da norma de coordenação modular. Além disso, são abordadas também as ferramentas utilizadas para abstração de informações coletadas por meio de entrevistas semi-estruturadas com a finalidade de expandir o conhecimento das necessidades da indústria, de forma a organizar um texto orientativo relevante para o mercado atual. A Figura 4 ilustra as metodologias utilizadas como base para o desenvolvimento das definições para a proposta de texto objeto deste relatório.

Figura 4 – Fluxograma de trabalho



Fonte: Os autores.

3.1 NORMATIVAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

O desenvolvimento do estudo se deu primeiramente por meio da análise crítica da norma ABNT NBR 15873 (ABNT, 2010), em vigor. A partir disso, passou-se à revisão bibliográfica, buscando-se consolidar conceitos e entender de que maneira edificações que seguem os princípios da coordenação modular evoluíram no Brasil e no mundo desde a última atualização da normativa vigente.

Além da bibliografia disponível, o texto da norma brasileira foi comparado ao de outras normas internacionais e estrangeiras. Analisarm-se normativas nacionais antigas e atuais, normas ISO vinculadas ao tema, assim como normas DIN e GB/T, de países referência no uso da coordenação modular em edificações.

A norma de coordenação modular vigente é resultado de um compilado de 25 normas, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Normas revogadas e substituídas pela NBR 15873 (ABNT, 2010) – Coordenação modular para edificações

Número: ano	Título
5706:1977	Coordenação modular da construção
5707:1982	Posição dos componentes da construção em relação à quadrícula modular de referência
5708:1982	Vãos modulares e seus fechamentos
5709:1982	Multi Módulos
5710:1982	Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural
5711:1982	Tijolo modular de barro cozido
5713:1982	Altura modular do teto – piso entre pavimentos consecutivos
5714:1982	Painel modular vertical
5715:1982	Local e instalação sanitária modular
5716:1982	Componentes de cerâmica, de concreto ou de outro material utilizado em lajes mistas na construção coordenada modularmente
5717:1982	Espaço modular para escadas
5718:1982	Alvenaria modular
5719:1982	Revestimentos
5720:1982	Coberturas
5721:1982	Divisória modular vertical interna
5722:1982	Esquadrias modulares
5723:1982	Forro modular horizontal de acabamento (placas, chapas ou similares)
5724:1982	Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente
5725:1982	Ajustes modulares e tolerâncias
5726:1982	Série modular de medidas

5727:1982	Equipamento para complemento da habitação na construção coordenada modularmente
5728:1982	Detalhes modulares de esquadrias
5729:1982	Princípios fundamentais para a elaboração de projetos coordenados modularmente
5730:1982	Símbolos gráficos empregados na coordenação modular da construção
5731:1982	Coordenação modular da construção

Fonte: NBR 15873 (ABNT, 2010).

A unificação da norma de coordenação modular foi importante para que conceitos e diretrizes estivessem no mesmo documento, de forma a facilitar sua aplicação. No entanto, apesar de bem-sucedida, após 12 (doze) anos de vigência, percebe-se que a sua atualização e a retomada de alguns termos, são fatores essenciais para promover a eficácia da normativa da ABNT na coordenação modular no Brasil.

Além das normas diretamente relacionadas ao tema, a NBR 15575 (ABNT, 2021) também foi amplamente estudada, de maneira que conceitos como componente, elemento e sistema, já consolidados, pudessem ser regulamentados também na linguagem da coordenação modular.

Para a NBR 15575 (ABNT, 2021) componente é uma "*unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas*", e apresenta como exemplos: bloco de alvenaria, telha e folha de porta. Nesta mesma linha, elemento é definido como "*parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes*", os exemplos são: parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado e estrutura de cobertura. Já sistema é definido como a "*maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a atender a uma macrofunção que o define"*, tendo como exemplos: fundação, estrutura, pisos, vedações verticais, instalações hidrossanitárias e cobertura.

Entre as principais normas ISO analisadas destacacam-se aquelas que apresentam itens semelhantes de escopo em relação à NBR 15873 (ABNT, 2010). No Quadro 2 são elencadas as principais normas ISO estudadas que contribuíram com a proposta de

norma técnica brasileira que regualmenta a coordenação modular.

Quadro 2 - Normas ISO – canceladas e em vigor, diretamente relacionadas à coordenação modular

Número: ano	Título
2848:1984	*Building construction - Modular coordination - Principles and rules*
3443-3:	*Tolerances for Building- Part 3: Procedures for selecting target size and predicting fit*
3881:1977	*Building construction - Modular coordination - Stairs and stair openings - Coordinating dimensions*
6511:1982	*Building construction - Modular coordination - Modular floor plane for vertical dimensions*
6707-1: 2020	*Buildings and civil engineering works - Vocabulary*
8560:2019	*Technical drawings - Construction drawings - Representation of modular sizes, lines and grids*
21723:2019	*Buildings and civil engineering works - Modular coordination - Module*

Fonte: ISO 21723 (ABNT, 2010).

A ISO 6707-1 (ISO, 2020) trata do vocabulário para edificações e para a construção civil, abrangendo termos e definições gerais para a coordenação modular. A partir desta norma, diversos termos internacionais relacionados ao tema puderam ser debatidos e incluídos na proposta de norma técnica brasileira. Foram mantidos entre parêntesis alguns termos em inglês para que a relação com a ISO 6701 (ISO, 2020) pudesse ser feita mais diretamente.

A ISO 2848 (ISO, 1984) apresenta os objetivos e princípios da coordenação modular, aborda a questão da necessidade de dimensões não modulares e propõe múltiplos sistemas de referência. A ISO 21723 (ISO, 2019), atual normativa internacional de coordenação modular, apresenta os valores do módulo básico, multimódulos e incrementos submodulares, também citados na NBR 15873 (ABNT, 2010).

Além destas, a ISO 8560 (ISO, 2019), em vigor, estabelece regras para a representação de tamanhos modulares, linhas e malhas (*grids*) modulares considerando o módulo básico de 100 mm. Nessa norma, a representação gráfica e as malhas modulares ganham abrangência, destacando a importância desses conceitos para a aplicação da coordenação modular.

A ISO 3881 (ISO, 1977), assim como a antiga NBR 5717 (ABNT, 1982), aborda orientações para as dimensões horizontais e verticais, além de exemplos para aplicação de coordenação modular em escadas. De acordo com ambas as normativas citadas, no aspecto vertical os planos de coordenação devem estar relacionados aos níveis de piso a piso. Esta especificação retoma a ISO 6511 (ISO, 1982) que trata de dimensões verticais para aplicação de coordenação modular e, também, às normas NBR 5710 (ABNT, 1982) e NBR 5713 (ABNT, 1982), ambas canceladas. As normas brasileiras se referiam a alturas modulares piso a piso e teto a piso, respectivamente.

Em relação às normas estrangeiras, a alemã DIN EN ISO 19650 (DIN, 2021) trouxe uma visão da importância de uma linguagem de norma atual que garanta coêrencia com metodologias de desenvolvimento de projetos em BIM (*Building Information Modeling*). Já a normativa chinesa para edificações coordenadas modularmente no país - GB/T 50002 (GB STANDARDS, 2013) -, traz inúmeros exemplos gráficos de aplicações da técnica que puderam ser estudados e reformulados dentro do contexto de aplicação em projetos no Brasil.

3.2 CONCEITO: PRINCÍPIOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

De acordo com a ISO 2848 (ISO, 1984), os princípios da coordenação modular são: (1) o módulo básico, (2) os multimódulos padrões, (3) o sistema de referência, (4) as regras para posicionamento da edificação e de componentes e elementos no sistema de referência, (5) regras de dimensionamento de componentes para determinar suas medidas de trabalho e (6) as regras para definição de medidas preferidas de componentes.

A ISO 21723 (ISO, 2019) não regulamenta essa matéria. Já a norma brasileira em vigor a NBR 15873 (ABNT, 2010) - apresenta os seguintes princípios da coordenação modular: (1) o módulo básico; (2) espaços de coordenação e espaços modulares de componentes e elementos construtivos; (3) definição das medidas de fabricação de um componente modular; (4) posicionamento de elementos e componentes modulares,

(5) múltimódulos e; (6) incrementos submodulares.

Apesar de as normativas acima citadas tratarem de 6 (seis) princípios, observa-se que esses apresentam diferenças entre si. A norma ISO 2848 (ISO, 1984) regulamenta a questão das medidas preferidas dos componentes, enquanto a normativa brasileira NBR 15873 (ABNT, 2010) define de maneira mais detalhada os incrementos submodulares.

Para a implantação da coordenação modular da construção no Brasil, é necessário o estabelecimento de um sistema de coordenação das dimensões aliado ao ordenamento racional dos componentes de construção, em suas partes e totalidade (ANDRADE, 2000).

Assim, é possível consider que a literatura especializadas, de maneira geral, apresenta 4 (quatro) princípios como base para a coordenação modular, nomeadamente: (1) o sistema de referência; (2) o sistema modular de medidas; (3) o sistema de ajustes e tolerâncias e; (4) o sistema de números preferenciais (BALDAUF, 2004).

Ressalta-se que, para alguns autores, o sistema de números preferenciais está incluso ao sistema modular de medidas, e não se trata necessariamente de um princípio que possa ser isolado. No entanto, optou-se por destacar esse princípio de maneira separada na proposta de texto para a norma objeto deste relatório; pois, observou-se, no âmbito das pesquisas realizadas que esse quarto princípio, relacionado ao sistema de números preferenciais, é um dos pontos que requerem mais atenção, e para o qual o pessoal das empresas fabricantes deve estar particularmente habilitado. Como cada setor possui domínio sobre seus números preferenciais, a intercorrelação entre componentes, elementos e sistemas pode ser muito facilitada.

3.3 CONCEITOS DA BIBLIOGRAFIA BASE

Os quatro princípios da coordenação modular destacados pela literatura especializada são conceituados a seguir. Com base nesses princípios foi desenvolvido o texto de norma proposto.

a) sistema de referência:

O sistema de referência é formado por pontos, linhas e planos, que são utilizados para determinar as posições e medidas da construção (ISO 6707-1, 2020), permitindo, assim, sua conjugação racional no todo. Para sua utilização é estabelecido um plano horizontal

de referência, definido por dois eixos cartesianos ortogonais x e y, e por dois planos verticais de referência, definidos pelos eixos cartesianos ortogonais x, y e z (GREVEN; BALDAUF, 2007). No sistema de referência é inserida a malha espacial de referência, gerando o sistema de referência modular.

O sistema de referência é utilizado tanto no momento do projeto quanto na execução da obra. A função do sistema de referência é posicionar componentes, elementos e sistemas construtivos no espaço (GREVEN; BALDAUF, 2007).

Na utilização de ferramentas baseadas em BIM, o projetista definirá sua malha modular que representará o reticulado modular. Neste sentido, a visualização tridimensional facilita a coordenação dimensional dos componentes, elementos e sistemas. Além disso, a parametrização dos objetos em BIM, pode resumir algumas atividades de coordenação em contextos tradicionais de projeto (CRESPO, 2017).

b) sistema modular de medidas:

O sistema modular de medidas é baseado no módulo e em alguns de seus múltiplos inteiros ou fracionários. O módulo orienta o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a coordenação modular. A construção, seus componentes e elementos, deverão ocupar espaços determinados por esses planos e medidas (GREVEN; BALDAUF, 2007).

c) sistema de ajustes e tolerâncias:

Ajuste modular é um princípio fundamental para a coordenação modular. Com ele se torna possível a conjugação racional dos componentes da construção, estabelecendo relação de cada componente com o sistema de referência. O ajuste modular relaciona as medidas de projeto à modular (ANDRADE, 2000). No caso de adoção de BIM, a identificação antecipada de conflitos e incongruências entre componentes, elementos e sistemas é facilitada (CRESPO, 2017).

d) sistema de números preferenciais:

Para a escolha das medidas modulares é recomendável buscar pela redução no número de medidas, repetindo-as sempre que possível. Para isso, é utilizada uma série de *medidas preferíveis* que, selecionadas, indicarão ainda as *medidas preferidas*. Medidas preferíveis são um conjunto de medidas que, por suas propriedades matemáticas e sua frequência de uso, foram escolhidas como termos da série modular normal. Medidas

preferidas são as relacionadas entre as preferíveis para aplicação em um caso determinado (ANDRADE, 2000).

3.4 REUNIÕES SEMI-ESTRUTURADAS E COM O GTC

A partir de reuniões semi-estruturadas com empresas focadas na aplicação de coordenação modular, com o grupo técnico consultivo e com integrantes específicos deste grupo consultivo, pode-se desenvolver um debate focado nas necessidades do setor e de como estes intervenientes veem a aplicação da coordenação modular e da norma vigente.

As entrevistas tiverem como base atividades pré-determinadas e perguntas direcionadas que possibilitaram o aprofundamento do debate. Dentre os questionamentos identificados, destacam-se:

a) a visão do que é importante promover a atualização da norma de coordenação modular;
b) quais as principais barreiras para aplicação da coordenação modular no Brasil na visão dos segmentos entrevistados;
c) quais incentivos à coordenação modular existem dentro de cada segmento abordado;
d) se há diretrizes projetuais dentro do segmento para aplicação dos produtos de forma coordenada modularmente e onde encontrar estas diretrizes, caso existam;
e) em termos de dificuldades adaptativas e de ajustabilidade, como determinados produtos interagem com as diferentes interfaces e tolerâncias entre sistemas; e
f) se as medidas preferidas e preferíveis de determinado segmento já são conhecidas, e caso sim, de que maneira o conhecimento foi adquirido e difundido.

Buscou-se, assim, entender as expectativas do grupo, tendo em perspectiva a conjuntura de mercado atual, para que a proposta de revisão da norma técnica venha a ser ùtil à aplicação da coordenação modular e à industrialização aberta no Brasil. As reuniões serviram como orientativas para a compilação de termos atualizados vinculados ao tema, além ampliar o entendimento de alguns segmentos do setor da construção civil sobre o assunto.

Além das atividades desenvolvidas, após a construção do texto da proposta de norma inicial, essa foi enviada ao grupo consultivo da Meta 8 para que pudesse ser analisada por importantes intervenientes do setor. A partir disso, o trabalho foi orientado pelas sugestões de adaptações e complementações da proposta de texto objeto deste relatório.

4 RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados da etapa 8.2.1 referente à proposição de alteração em texto base da NBR 15873 (ABNT, 2010) de coordenação modular para edificações.

4.1 PROPOSTA DE REVISÃO DA NORMA NBR 15873 (ABNT, 2010)

Primeiramente, ficou evidente que a atual norma brasileira para coordenação modular está alinhada com as normas estrangeiras e internacionais analisadas, no que se refere aos aspectos gerais, como a determinação do módulo básico. No entanto, são sugeridas atualizações de forma a que a norma se torne uma ferramenta mais completa e atual. Além disso, alguns conceitos recorrentes em normativas internacionais foram debatidos e contemplados nesta proposta de norma técnica.

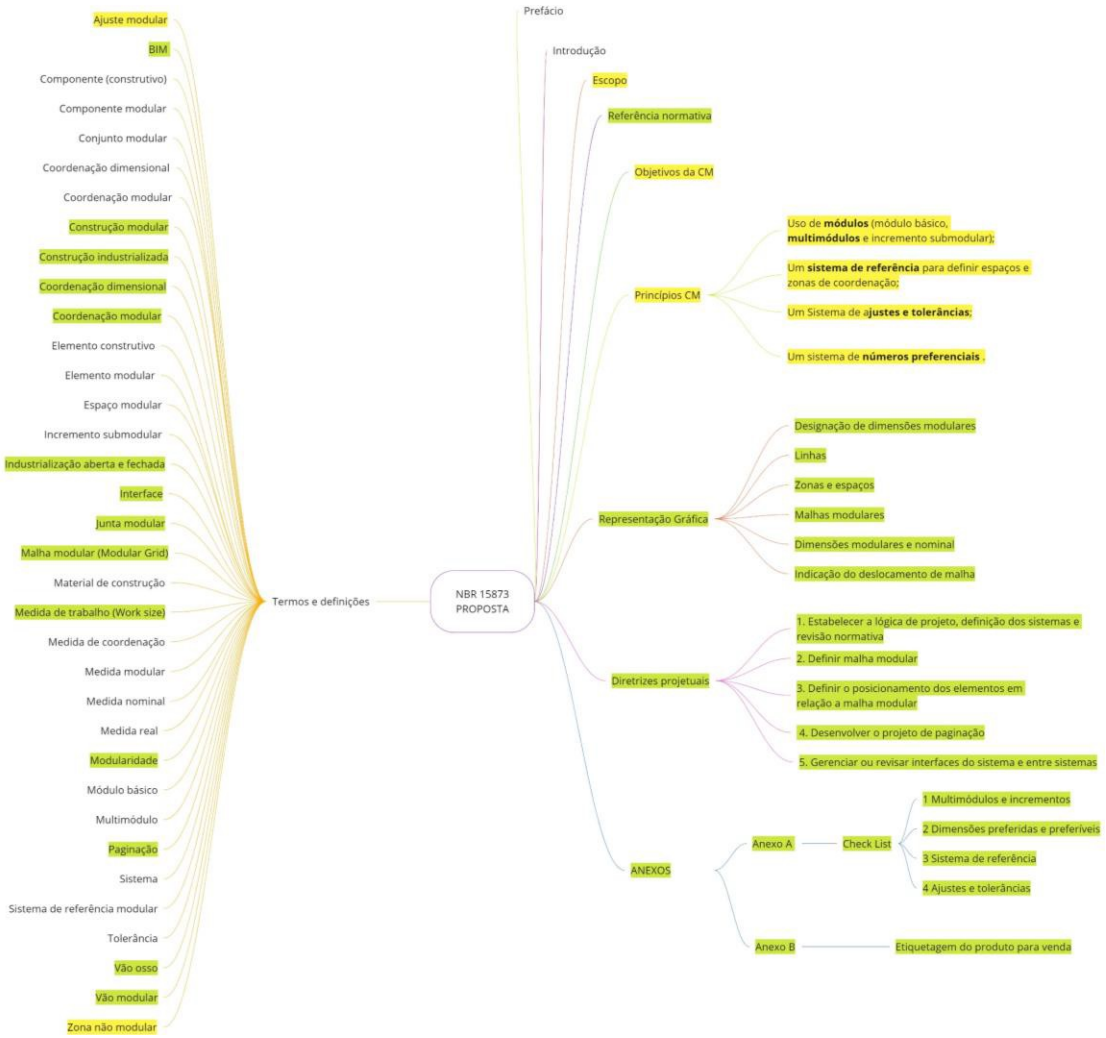
Na Figura 5 é apresentada a nova macro divisão da proposta de texto para a norma de coordenação modular.

Figura 5 – Divisão proposta para a revisão da norma de coordenação modular NBR 15873 (ABNT, 2010)

Fonte: Os autores.

A proposta de revisão do texto para a norma técnica regualmentada da coordenação modular no brasil se divide em: prefácio, introdução, escopo, referência normativa, termos e definições, objetivos da coordenação modular, princípios de coordenação modular, representação gráfica, diretrizes projetuais para edificações, e diretrizes projetuais para produtos construtivos, que abrange o check list para componentes elementos e sistemas, e, como última divisão os anexos. A Figura 6 indica a forma como foi trabalhado o desenvolvimento das novas partes sugeridas para o texto de norma, de forma complementar à estrutura da norma em vigor.

Figura 6 – Complementação proposta para a revisão da norma de coordenação modular NBR 15873 (ABNT, 2010)



Fonte: Os autores.

A partir da Figura 6, observa-se em destaque amarelo o que complementou-se ou modifica-se da estrutura base da norma e, em verde, o que adicionou-se na proposta de revisão do texto da norma de coordenação modular.

4.1.1 ESCOPO

O escopo normativo foi ampliado, buscando abranger, além da aplicação da coordenação modular a edificações de todos os tipos, também as empresas e os segmentos de componentes, elementos e sistemas, projetos e projetistas, de maneira que a coordenação modular atinja diretamente os principais intervenientes da construção civil.

4.1.2 REFERÊNCIA NORMATIVA

Ademais, no desenvolvimento das etapas 8.1.2 e 8.1.3 constatou-se que o texto atual da norma técnica está pouco vinculado às normas de componentes, elementos e sistemas construtivos propriamente ditos, pois não faz referência a outras normas em seu texto. Desta maneira, buscou-se incluir referências normativas no corpo do texto. As normas atuais consideradas diretamente vinculadas à coordenação modular são: NBR 6492 (ABNT, 2021), GB/T 50002 (GB STANDARDS, 2013), ISO 8560 (ISO, 2019), ISO 21723 (ISO, 2019), ISO 2848 (ISO, 1984).

4.1.3 TERMOS E DEFINIÇÕES

Em relação aos termos e definições, os conceitos que já constavam na normativa em vigor foram mantidos. O que se propõe é a inclusão de termos e definições atualizados com o cenário atual da coordenação modular no Brasil. No Quadro 3 são apresentados os conceitos já regulamentados pela norma técnica em vigor à esquerda, e, também, aqueles que foram incluídos na proposta atual.

Quadro 3 – Termos e definições na norma atual e proposta complementar

Termos NBR 15873 (ABNT, 2010)	Termos incluídos/ alterados
Componente (construtivo)	Ajuste modular
Componente modular	BIM
Conjunto modular	Construção modular
Coordenação dimensional	Construção industrializada
Coordenação modular	Espaço modular
Elemento (construtivo)	Industrialização
Elemento modular	Industrialização aberta
Incremento submodular	Industrialização fechada
Material (de construção)	Interface
Medida modular	Junta modular
Medida nominal	Malha modular (modular grid)
Medida real	Medida de trabalho (work size)
Módulo básico	Modularidade
Multimódulo	Paginação
Sistema de referência modular	Sistema
Tolerância	Vão osso
-	Vão modular
-	Zona não modular

Fonte: Os autores.

Os termos: ajuste de coordenação, espaço amodular e espaço de coordenação, foram apenas alterados por termos em concordância com a normativa internacional ISO 2848 (ISO, 1984). Ajuste de coordenação passou a se chamar ajuste modular, espaço

amodular foi substituído por zona não modular e espaço de coordenação por espaço modular, os termos sofreram alterações na nomenclatura, porém suas definições seguem iguais.

4.1.4 OBJETIVOS

A partir da atualização dos termos e definições, buscando atender as necessidades atuais do mercado e as expectativas relacionadas ao tema, percebeu-se que, nesta mesma linha, os objetivos da coordenação modular poderiam se ampliar, de forma que mais benefícios da coordenação modular pudessem ser visualizados e explorados por meio da proposta de alteração no texto base da norma técnica.

Genericamente, pode-se dizer que a coordenação modular tem como objetivo a racionalização da construção (BALDAUF, 2004). No entanto, a autora argumenta que mais benefícios podem ser extraídosdisso. A norma atual já evidencia questões como a cooperação entre os agentes da cadeia produtiva, simplificação do processo de marcação do canteiro de obras e o aumento da intercambialidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias das edificações.

De maneira complementar, foram propostos novos objetivos que se interrelacionam com os existentes e que possibilitam a aplicação da coordenação modular ao mercado atual, dentre os quais:

a) reduzir o tempo de projeto, especialmente com o uso de detalhes padrão e coordenação das dimensões dos componentes, elementos e sistemas no projeto;
b) trazer benefícios por meio do aumento do uso de softwares BIM;
c) reduzir os custos de fabricação e instalação;
d) reduzir desperdício de materiais, tempo e mão de obra no corte e aparagem no local, assim como uso consciente de matéria-prima;
e) facilitar a pré-fabricação;
f) promover a industrialização aberta; e
g) aumentar a competitividade da construção civil frente aos novos desafios socioambientais.

A atualização e complementação da norma técnica regualmentadora da coordenação modular no Brasil também estão alinhados com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) que fazem parte da chamada agenda 2030, mais especificamente:

a) ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura: construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação;

b) ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;

c) ODS 12 - Consumo e produção responsáveis: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;

d) ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima: tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

Além disso, uma questão muito debatida e avaliada como fundamental para a atualização das normas técnicas em vigor foi a previsão de conceitos que promovem a utilização de softwares BIM. Como resultado, , espera-se a geração de atitude tentende a valorizar a adoção de projetos e a compatibilização de etapas, , essencial para a coordenação modular.

O BIM é considerado a base da transformação digital no setor de arquitetura, engenharia e construção. Disseminar nacionalmente o BIM é missão da Estratégia BIM BR, instituída por meio do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 (GOV BR, 2022). Dentro do projeto do governo federal - Construa Brasil - com 9 (nove) metas, percebe-se que 4 (quatro) delas são diretamente relacionadas ao BIM, e as demais, também, fortemente direcionadas para o aumento da produtividade por meio da digitalização no país.

Dessa mesma forma, a Meta 8 do Projeto Construa Brasil ratifica os benefícios da digitalização na implantação e disseminação da coordenação modular, uma vez que a utilização do BIM aprimora práticas do setor da construção e traz benefícios, como a redução de erros de compatibilidade, otimização dos prazos, processos mais precisos de planejamento e controle, aumento de produtividade, diminuição de custos e economia dos recursos utilizados nas obras.

4.1.5 PRINCÍPIOS DA COORDENAÇÃO MODULAR

Com base na análise das normas internacionais e no entendimento da bibliografia consultada sugere-se para a proposta de texto base da norma técnica objeto deste relatório, a adoção de 4 (quatro) princípios da coordenação modular, nomeadamente:

a) sistema modular de medidas;

b) sistema de referência;

c) sistema de ajustes e tolerâncias; e

d) sistema de números preferenciais.

Entende-se que, a partir desses 4 (quatro) conceitos, será possível trabalhar com a base da coordenação modular. Além desses, outros termos derivam e complementam os princípios fundamentais; assim, quando agrupados, podem ser trabalhados de maneira ainda mais coordenada.

a) sistema modular de medidas:

O sistema modular de medidas é composto pelo módulo básico, multimódulos (múltiplos inteiros do módulo) e incremento submodular. O módulo adotado se manteve padrão em relação às principais normativas internacionais com 1 M = 100 mm.

A norma técnica brasileira em vigor não apresenta distinção entre multimódulos horizontais e verticais, bem como não apresenta os respectivos valores sugeridos. A ISO 21723 (ISO, 2019) apresenta os multimódulos de 3 M para dimensões de coordenação horizontal. Na proposta de texto objeto deste relatório, os multimódulos sugeridos foram 2 M e 3 M, assim como era recomendado na NBR 5726 (ABNT, 1982), norma técnica que foi revogada. Tem-se como exemplo de multimódulos da série 2 M: 2 M, 4 M, 6 M, 8 M, 10 M, 12 M e assim por diante; e da série 3 M: 3 M, 6 M, 9 M, 12 M, 15 M, 18 M e assim por diante.

Com base em informação provida pelos diversos segmentos da indústria da construção civil no Brasil, evidenciou-se a necessidade da adoção de ambos os formatos, de forma a conferir mais flexibilidade à coordenação modular até que sejam conhecidas efetivamente as medidas preferidas dos componentes, elementos e sistemas construtivos, de maneira a abranger uma maior gama de intervenientes do setor.

É importante ressaltar que quanto menor o valor do multimódulo, maior o número de medidas possíveis, tornando o sistema mais flexível. Com o aumento do valor do multimódulo as medidas possíveis se reduzem, aumentando a padronização. Ainda que as considerações dimensionais do sistema modular influenciem nas relações de padronização e flexibilidade, acredita-se que estes conceitos também sejam afetados por outros fatores como a natureza dos sistemas construtivos. As relações entre padronização e flexibilidade serão discutidas com maior profundidade nas submetas

8.2.2 e 8.2.3 do Projeto Construa Brasil e que serão objeto de relatório próprio.

b) sistema de referência:

O sistema de referência é utilizado para projetar e para executar (montar) a obra. Resolve-se, em seu traçado, as relações entre os componentes, elementos ou sistemas adjacentes, dando a exata correspondência entre as medidas nominais dos vãos ou os produtos utilizados.

Após selecionar os multimódulos a serem utilizados, tanto horizontalmente quanto verticalmente, os projetistas podem estruturar a malha modular sobre a qual serão posicionados os componentes da construção. Esse posicionamento dependerá de duas características principais: do projeto arquitetônico e dos componentes em si.

De forma a facilitar o entendimento e a aplicação destes conceitos abordados ao longo da proposta de texto, foram apresentados exemplos gráficos de diferentes malhas modulares e suas aplicações. Além disso, foram abordadas questões como os variados tipos de posicionamento possíveis de componentes, elementos e sistemas nas malhas modulares e de que forma pode-se lidar com medidas verticais, vãos de escadas e elevadores. Esses conceitos eram abordados dentro das 25 normas substituídas, e, devido sua importância na aplicação prática da coordenação modular, exemplos referentes a esses conceitos foram retomados ao longo do texto proposto.

c) sistema de ajustes e tolerâncias:

Cada componente, elemento ou sistema ocupa um espaço pré-determinado no sistema de referência modular, o espaço modular. esse espaço inclui o produto em si e o ajuste modular, ou seja, as folgas perimetrais requeridas em razão de suas deformações (mecânicas, térmicas ou por umidade), suas tolerâncias (de fabricação, marcação e montagem), seu processo de instalação e seus materiais de união com componentes, elementos e sistemas adjacentes.

Os ajustes modulares são divididos em positivo, negativo e nulo, dependendo da forma com que se encaixam no espaço modular. Esses termos são amplamente abordados pela bibliografia, e conhecer qual o ajuste de um componente, elemento ou sistema facilita a sua aplicação a projeto coordenado modularmente.

Para que se possa definir o sistema de ajustes e tolerâncias de determinados produtos,

faz-se necessário conhecer primeiramente suas medidas modulares e os ajustes modulares. – Com base em tolerâncias de fabricação, marcação e instalação, deformações térmicas, estruturais e por umidade, operações de instalação, materiais de união com elementos ou componentes adjacentes - pode-se subtrair de cada medida modular o ajuste modular correspondente, obtendo-se a respectiva medida nominal.

Na proposta de norma são apresentados exemplos de componentes, elementos e sistemas de maneira individualizada. Além disso, é abordado de que maneira é necessário ter cuidado com as interfaces desses com os produtos adjacentes. Para uma mesma medida modular podem existir diferentes medidas nominais, dependendo da precisão do material e sua dilatação, fazendo com que a folga perimetral seja maior ou menor.

Nesse caso, tem-se como exemplo a esquadria de uma janela, que precisa ser projetada e fabricada considerando-se a tolerância dos componentes do seu entorno, sua própria tolerância, o material com o qual foifabricada e de que forma será fixada. O produto de união entre a vedação vertical e a janela é que vai absorver as tolerâncias de fabricação e de montagem. Portanto, é necessária uma folga perimetral, a ser definida pelo fabricante com base nos quesitos mencionados.

d) sistema de números preferenciais:

O sistema de números preferenciais pode variar de acordo com especificidades de cada empresa ou segmento da construção civil. No sistema de números preferenciais, haverá as medidas preferíveis e as medidas preferidas. As medidas preferíveis são aquelas que melhor se ajustam aos princípios da coordenação modular. As medidas preferidas serão, entre as medidas preferíveis, aqueles tamanhos que o mercado utiliza com maior frequência.

Com base neste conceito, é importante que, para cada segmento, - seja ele referente a componentes, elementos ou sistemas - as empresas conheçam o porquê de suas medidas. Espera-se que os intervenientes saibam se as medidas mais utilizadas provêm de equipamentos específicos, processos de conformação, corte, moldagem, pintura, ou decorrem de características específicas de trabalhabilidade e dilatação de sua matéria prima. É importante considerar, também, que estes fatores estão relacionados e podem resultar nas medidas preferidas.

Na definição das medidas preferidas é importante obter-se um equilíbrio entre aquelas de preferência do mercado e aquelas definidas pelos próprios processos de produção dos sistemas construtivos. Isso se reflete nas relações de padronização e flexibilidade dos produtos da construção civil e, também, nas edificações.

4.1.6 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

A norma brasileira atual apresenta esquemas gráficos ilustrativos em seu anexo, porém não apresenta informações detalhadas quanto à simbologia da representação gráfica específica para coordenação modular. A partir do estudo das normas ISO 8560 (ISO, 2019) e GB/T 50002 (GB STANDARDS, 2013) verificou-se a importância de se representar graficamente os projetos coordenados modularmente com nível de detalhamento adequado.

Dentro da divisão da proposta de texto para a norma, na parte de representação gráfica, são abordadas formas de se facilitar a representação e o entendimento de projetos coordenados modularmente. Em meio aos itens exemplificados estão:

a) a designação de dimensões modulares;
b) os modelos de linhas indicando planos de referência e a forma de cotagem;
c) os modelos de linhas que indicam zonas modulares e não modulares;
d) os modelos de malha: modular, multimodular, modular com diferentes intervalos, retangular, com mudança de direção, tartan, não ortogonal, curva e com linhas na posição de eixo de componente;
e) a representação da medida modular e nominal em um mesmo desenho;
f) a indicação de deslocamento da malha modular.

Apesar de existirem múltiplas referências bibliográficas acerca do tema, a representação gráfica sugerida na proposta de texto para atualização da norma está muito baseada nos exemplos abordados pela ISO 8560 (ISO, 2019), uma vez que a normativa internacional apresenta muita clareza neste aspecto, colaborando com o entendimento da coordenação modular.

4.1.7 PROJETO

As diretrizes projetuais para edificações foram desenvolvidas com para orientar os projetistas conceitualmente para dinâmica ou lógica de desenvolvimento de projetos

coordenados modularmente, independente da escolha de componente, elemento ou sistema que for adotado.

A dinâmica conceitual ou lógica de projeto foi embasada em um estudo de caso realizado pelo grupo técnico. Esse estudo abordou o desenvolvimento de um projeto em alvenaria, buscando-se, dentro das possibilidades, trabalhar com medidas coordenadas modularmente. Assim, essa primeira etapaconsistiu na definição da lógica de projeto do sistema escolhido, neste caso alvenaria, e nas normativas vigentes relacionadas ao sistema. Com base nisso, definiu-se a malha modular que mais se adequou ao sistema e modelo de projeto proposto.

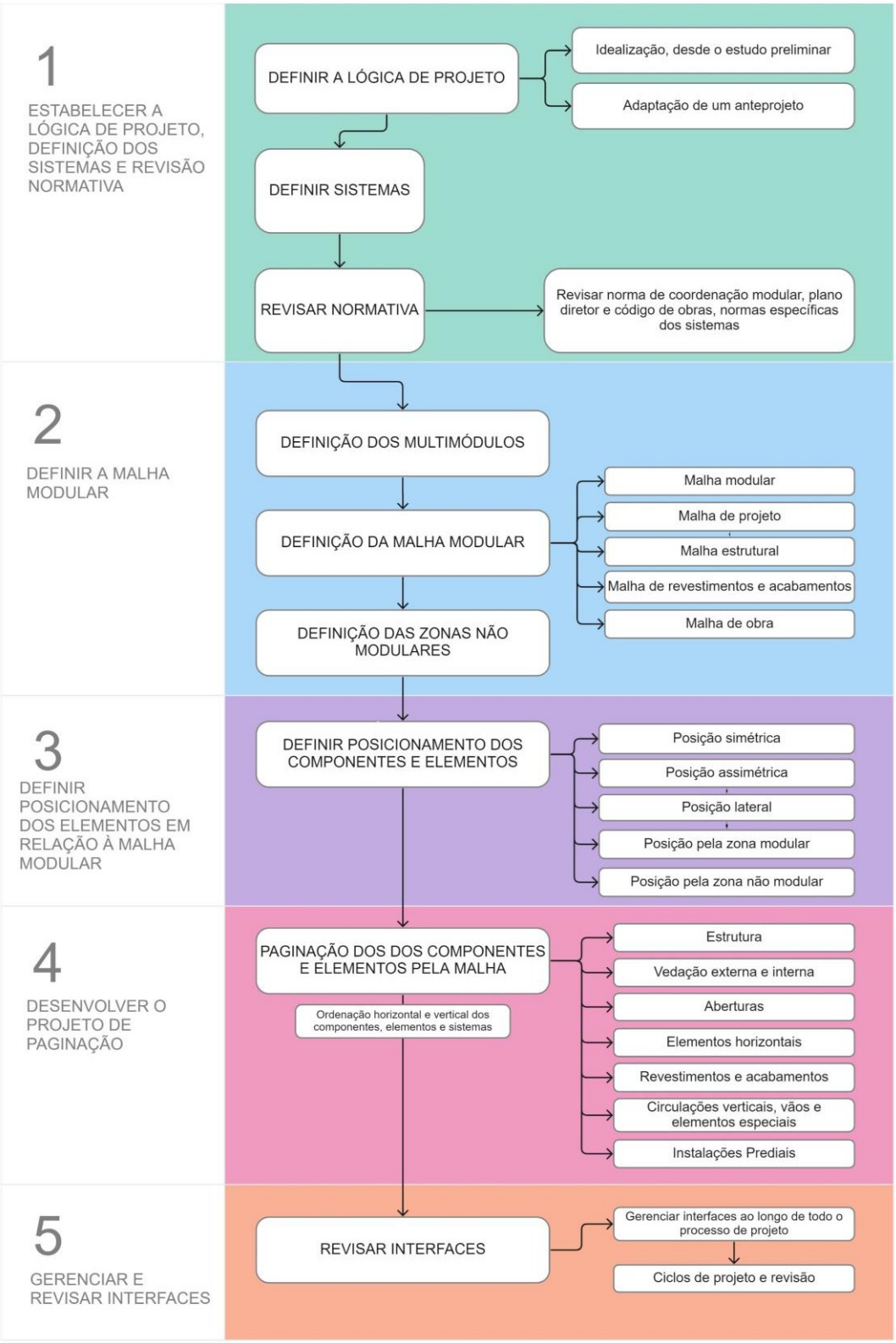
Na sequência da etapa de definições, realizou-se o posicionamento dos componentes e elementos em relação a esta malha pré-definida, ocorrendo na projeção das fiadas. A seguir, efetivou-se a paginação das paredes, combinando-as com elementos como esquadrias (portas e janelas). Nessa última etapa verificou-se que fases anteriores do projeto frequentementedevem ser revistas para que as interfaces entre diferentes sistemas se interrelacionem de forma coordenada. Além disso, a possibilidade de aplicação das zonas não-modulares facilitou a determinação de detalhes de projeto específico, proporcionando uma ampla gama de soluções para o projetista.

Posterior ao entendimento destas etapas de projeto, buscou-se abstrair o modelo construtivo utilizado, de forma que os demais sistemas pudessem ser enquadrados, o que envolve um passo a passo de diretrizes que podem ser aplicadas a múltiplos modelos projetuais. É importante ressaltar que a ordem de aplicação das etapas pode variar conforme especificidades de projeto, e que a etapa de gerenciar e revisar interfaces pode ocorrer mais de uma vez ao longo do desenvolvimento do projeto.

As diretrizes projetuais propostas incluem os itens indicados a seguir e e representados graficamente na Figura 7:

a) estabelecer lógica de projeto, definição dos sistemas e revisão da normativa;
b) definir a malha modular;
c) definir o posicionamento dos elementos em relação à malha modular;
d) desenvolver projeto de paginação; e
e) gerenciar ou revisar interfaces do sistema e entre sistemas.

Figura 7 – Lógica de aplicação da coordenação modular por meio de diretrizes projetuais



Fonte: Os autores.

As diretrizes projetuais são orientativas na elaboração de projetos coordenados modularmente.Cada etapa do projeto envolve a tomada de decisões.

Na primeira etapa, é estabelecida uma lógica de projeto, verifica-se de que referência elese inicia, se a partir de um estudo preliminar ou se o projeto é uma adaptação de outro existente idealizado sem os princípios da coordenação modular. A partir disso, é realizada a definição ou adaptação dos componentes, elementos e sistemas que vão ser utilizados nesse projeto. Essa etapa está muito vinculada ao conhecimento do projetista edas informações disponíveis no mercado sobre as medidas e interfaces de cada elemento utilizado. Ainda,no contexto desse sequenciamento, é importante revisar as normativas vigentes para alinhar decisões projetuais, evidenciando-se assima importância das normas individuais de cada componente, elemento e sistema citarem a norma de coordenação modular e, as suas necessidades individuais para aplicação da coordenação modular em conformidade com suas próprias normativas.

A segunda etapa consiste na definição da malha modular e os multimódulos. A ISO 21723 (ISO, 2019) sugere apenas o uso dos multimódulos de 3 M. Já, no Brasil, atualmente, as séries 2 M e 3 M são muito utilizadas, por esse motivo as duas foram mantidas e sugeridas na proposta de texto da norma. Observa-se nesta etapa que, caso não seja possível conciliar todos os sistemas ou interfaces, pode-se definir as zonas não modulares, ou eventuais mudanças de direção necessárias, considerando assim, as complexidades individuais de cada projeto, pois um projeto com zonas não modulares também pode ser considerado um projeto coordenado modularmente.

O terceiro passo se refere ao posicionamento dos elementos em relação à malha modular, podendo-se seguir as diversas opções abordadas na proposta do texto da norma. Já na quarta etapa, desenvolve-se o projeto de paginação, ordenando o projeto dentro da malha e de acordo com o posicionamento definido, com atenção às dimensões horizontais e agora, também, às verticais.

Por último, não obstante possa ser considerada uma diretriz contínua ao longo do desenvolvimento de projetos coordenados modularmente, está a etapa de gerenciar e revisar interfaces (entre sistemas e dentro dos próprios sistemas). É importante ressaltar que, com o auxílio de ferramentas BIM, essa etapa pode ser facilitada desde o princípio da concepção de projeto.

4.1.8 PRODUTO

Esta macro divisão da proposta de texto para a norma de coordenação modular é focada em diretrizes projetuais para produtos da construção, sejam esses componentes, elementos ou sistemas. Nesta etapa, buscou-se entender principalmente as necessidades das empresas de produtos vinculados à construção civil.

Tendo como referência principalas entrevistas semi-estruturadas descritas em item precedente, buscou-se desenvolver um *check list* de informações importantes para a aplicação da coordenação modular dentro dos mais diversos segmentos. As entrevistas foram realizadas com representantes de empresas fabricantes de componentes, elementos e sistemas. Com base nessa interlocução, buscou-se compreender o nível de entendimento dos setores em relação a medidas preferenciais, a capacidade de adaptação e utilização dos seus produtos em interface com outros componentes coordenados ou não modularmente.

O *check list* buscou atingir alguns usos fundamentais, sendo uma ferramenta de auxílio para os diversos agentes da construção:

a) podendo ser utilizado por fabricantes como norteadores no processo de inclusão da coordenação modular nas normas específicas dos seus produtos;
b) no processo de etiquetagem correta dos seus produtos, de forma a prover as informações que podem facilitar o uso dos produtos pelo mercado e por projetistas;
c) facilitando o uso de componentes, elementos e sistemas nos mais diversos projetos coordenados modularmente; e
d) como uma ferramenta para a validação da aplicação da coordenação modular em projetos.

Além de ferramenta para o setor da construção civil, o *check list* pode ser de utilidade para que projetistas e consultores qualifiquem-se a receber cetificações como o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal - CEF. O objetivo desse selo, por exemplo, é reconhecer e incentivar a adoção de soluções urbanísticas e arquitetônicas de qualidade, assim como o uso racional dos recursos naturais na produção de empreendimentos a serem executados no âmbito dos programas habitacionais.

A coordenação modular faz parte da categoria 4 (quatro) de produção sustentável dentro dos pré-requisitos para a obtenção do referido selo. O objetivo desse critério é reduzir as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de

materiais de enchimento; aumentar a produtividade da construção civil e reduzir a quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD). Para pontuar nesse quesito, o projeto deverá considerar a coordenação modular na edificação de forma global, incluindo estrutura, esquadrias, paginação de revestimentos etc.

Para validar a pontuação do Selo da CEF como projeto que atende aos princípios da coordenação modular, seria possível realizar um estudo específico com profissionais capacitados em coordenação modular baseado nas diretrizes projetuais desenvolvidas e no *check list* proposto.

A partir dos usos vislumbrados para o *check list*, sua abordagem foi baseada na aplicação dos princípios da coordenação modular colocados em 4.1.5. Desenvolveram-se os conceitos explicitados dentro de cada um dos quatro princípios de forma que pudessem ser preenchidos com perguntas e respostas diretas por parte dos fabricantes e projetistas. Quando uma resposta não está clara, parte-se para uma etapa de entendimento da característica do produto em questão e de que forma pode-se obter essa informação para viabilizar a sua utilização em projetos coordenados modularmente.

As informações compiladas por meio do *check list* podem ser utilizadas nas etiquetas dos produtos e na própria norma individual de cada componente, elemento e sistema, ou até mesmo para validar a utilização da coordenação modular em projetos para a obtenção do selo Casa Azul. Dentro dos quatro princípios da coordenação modular abordados pelo *check list* listam-se:

a) conhecimento dos multimódulos e incrementos submodulares referentes a um determinado produto, essenciais na busca de compatibilização de medidas unitárias;
b) conhecimento de dimensões preferidas e preferíveis para componentes, elementos e sistemas construtivos;
c) definição do sistema de referência mais adequado; e
d) determinação de ajustes e tolerâncias referentes ao componente, elemento e sistema e os possíveis intervenientes do processo diretamente relacionados.

O *check list* não apresenta uma ordem pré-definida para sua aplicação e as informações se complementam. Além do *check list*, na abordagem de produto da proposta de norma é realizada uma sugestão de etiquetagem. Essa etiqueta se destinaria aos componentes, elementos e sistemas fornecidos pelas empresas da construção civil. Além disso, poderia também facilitar a escolha, por parte de projetistas, de produtos que atendam à coordenação modular, especialmente importante para os projetistas que estão atentos, por exemplo, a pontuações de selos como o Selo Casa Azul da CEF.

A etiqueta sugerida seria facilmente preenchível quando se conhece as respostas do *check list* para cada família de produtos. A finalidade da etiqueta é facilitar o uso de produtos por parte de projetistas, e até mesmo por parte do mercado, de maneira mais direta, uma vez que as informações disponibilizadas são imprescindíveis para a aplicação do produto em um projeto coordenado modularmente. Como exemplo das informações constantes na etiquetagem constam:

a) tolerância de fabricação;
b) medida nominal;
c) medida modular;
d) atendimento a qual série: 2 M e 3 M, na horizontal e na vertical;
e) dimensão da união/interface para manter a modulação dentro da modulação; e
f) atendimento à norma de coordenação modular e às demais normas a que se conforma o produto.

4.2 CONTRIBUIÇÕES DO GRUPO TÉCNICO CONSULTIVO (GTC)

Durante o período do desenvolvimento desta proposta de texto de norma técnica regulamentadora da coordenação modular, foram realizados encontros para a apresentação dos resultados parciais referentes às etapas de execução do Plano de Trabalho do Projeto Construa Brasil. Nesses encontros, os pontos citados neste relatório foram objeto de discussões das quais resultaram contribuições importantes em relação a linha de abordagem adequada para que o texto de norma técnica se torne uma ferramenta de acesso à coordenação modular.

A partir das entrevistas semi-estruturadas com membros específicos do GTC foi possível identificar as necessidades dos diversos sistemas construtivos. Essas informações

foram fundamentais para o desenvolvimento dos aspectos importantes do *check list* descrito no item precedente deste relatório. Ademais, tais entrevistas com membros do GTC indicaram exemplos em

relação a componentes, elementos e sistemas que foram incorporados à proposta de texto de norma técnica aqui apresentada. Dentre os tópicos debatidos nessas entrevistas,constam:

a) a utilização do BIM como ferramenta para coordenar os projetos e facilitar a aplicação da coordenação modular;

b) a importância da definição dos multimódulos principais para cada componente, elemento ou sistema, podendo ser valores baseados em padrões de equipamentos (conformação, moldagem, pintura, etc), ou até mesmo em padronizações de mercado;

c) a maneira pela qual as empresas ou segmentos que ainda não detém conhecimento suficiente das suas medidas preferidas e preferíveis podem dar início ao desenvolvimento deste conhecimento,sejam esses valores mutáveis ou não, e qual a melhor maneira de se trabalhar no contexto da coordenação modular;

d) a importância de se pré-definir os componentes, elementos e sistemas que vão ser necessários ao projeto, para que a aplicação da coordenação modular seja facilitada e os ajustes e tolerâncias sejam examinados e compatibilizados entre si;

e) a questão da industrialização como fator positivo para ganhos de produtividade nos mais diversos setores; e

f) a necessidade de se considerar o desenvolvimento de padronizações de aplicação na construção de habitações de interesse social, e que estejam de acordo com as recomendações da NBR 15575 (ABNT, 2021).

Esses tópicos foram incluídos na proposta de norma técnica contida neste relatório, em conformidade com os princípios da coordenação modular. Além disso, o texto com as adaptações para a proposta de norma de coordenação modular, antes da entrega final, passou pela validação prévia do grupo técnico consultivo. A partir disso, foram coletadas e debatidas sugestões importantes indicadas pelos principais agentes interessados na aplicação da coordenação modular no Brasil.

Uma das sugestões apresentadas refere-se às interfaces entre diferentes sistemas construtivos já que é importante incorporar esse conceito nas normas específicas de cada componente, elemento e sistema. Esta relação direta dos diferentes sistemas construtivos com as atualizações das demais normas de produtos vinculados a projetos

com a possibilidade de serem coordenados modularmente é realizada por meio do *check list*. Neste tópico, a questão do conhecimento das medidas específicas, tolerâncias de fabricação e de montagem, deve ser divulgada para os diferentes sistemas construtivos para que se torne possível orientar associações e fabricantes por meio da busca das medidas relevantes para o seu setor, com a finalidade de incorporá-las às normativas, facilitando a aplicação dos conceitos da coordenação modular.

Em relação ao tópico dos objetivos da coordenação modular, foi analisada a relação entre o aumento de competitividade da construção civil e os novos desafios socioambientais.

Outra sugestão analisada, refer-se à adoção do módulo base de 5 cm. Essa proposição foi sugerida por membros do grupo consultivo, porém não foi adotada inicialmente, uma vez que o tema precisa ser mais bem estudado e desenvolvido. O módulo atualmente utilizado, e que é recomendado pela normativa internacional ISO 21723 (ISO, 2019), é o de 10 cm. Dessa forma, optou-se, por questões de padronização e embasamento na bibliografia estudada, por manter o módulo de 10 cm e por postergar a discussão para eventual adoção do módulo base de 5 cm em momento em que houver consolidação do conceito.

Destaca-se que, atualmente, os incrementos submodulares podem ser um apoio para exceções ao módulo base. Nesse caso, os incrementos são regulamentados no texto de norma técnica ora proposta, indicando-se de que maneira devem e não devem ser utilizados.
Quanto às demais sugestões dadas pelo GTC, foram no sentido de de conferir mais inteligibilidade ao texto proposto.

4.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros foram desenvolvidas no decorrer da elaboração da proposta de texto para a norma técnica de coordenação modular. As sugestões apresentadas neste item do relatório são provenientes de discussões entre membros do grupo técnico consultivo, de pesquisas bibliográficas e de contatos informais com partes interessadas.

Essas sugestões não estão englobadas no trabalho desenvolvido dentro do escopo e do tempo de projeto abrangidos pela Meta 8, porém a equipe entende que, se futuramente

o estudo puder ser ampliado, o desenvolvimento destes temas tende a promover o uso da coordenação modular no Brasil. As sugestões para trabalhos futuros são:

a) ampliação da divulgação dos conceitos e benefícios da coordenação modular, destacando-se sua contribuição na adoção do BIM;

b) ampliação das discussões sobre entraves para a adoção da coordenação modular, definindo claramente os limites para sua utilização, quando estes existirem;

c) avaliação de como o assunto poderia vir a ser integrado a programas já existentes, como, por exemploo PBQP-H;

d) elaboração de uma prática recomendada, aprovada pela ABNT, segundo a qual os princípios da coordenação modular possam ser abordados de maneira mais detalhada com exemplos ilustrados das múltiplas etapas da aplicação dos princípios da coordenação modular. Esse texto de prática recomendada pode conter exemplos para os mais diversos sistemas construtivos com os quais é possível projetar e executar usufruindo-se dos benefícios da coordenação modular.;

e) complementação do texto da norma de coordenação modular, prevista para uma futura atualização, ou até mesmo, dentro da prática recomendada citada anteriormente, caso venha a ser desenvolvida, de uma sessão dedicada à etapa de execução de projetos e obras coordenadas modularmente. Dentro desta sessão, tópicos orientativos, desde a locação da obra até o treinamento de colaboradores para execução dentro dos princípios da coordenação modular, podem ser abordados e exemplificados;

f) criação de uma comissão de estudo de coordenação modular no âmbito do ABNT/CB-002.

Ademais, sugeriu-se que caberia acompanhar o trabalho de outras comissões de estudo que elaboram e revisam normas que tenham alguma interface com este assunto, atendendo as demandas como um grupo consultivo para estas outras comissões de estudo. Possibilitar-se-ia, assim, o compartilhamento de visões e conhecimento, na busca de soluções para sistemas hoje considerados prejudiciais para a coordenação modular, mas que apresentam potencial para sua aplicação.

Além disso, compreende-se que é de extrema relevância capacitar toda cadeia produtiva para o uso da coordenação modular em todos os níveis, da fabricação dos componentes à obra, passando essencialmente pelo projeto coordenado modularmente. Dessa forma, essa comissão de estudo poderia atuar junto aos mais diversos segmentos da construção, com atenção às suas necessidades individuais, e prestando capacitação para

a aplicação dos princípios da coordenação modular dentro e fora da obra.

Apesar dos seus notórios benefícios, tornar a coordenação modular ferramenta amplamente utilizada no Brasil tem se mostrado um desafio, pois diversos intervenientes devem participar deste processo.

O estudo de caso da Malásia, um país de destaque na aplicação da coordenação modular, pode ser um exemplo importante para a projeção dos próximos passos para o Brasil. Segundo documentos oficiais do governo malaio, "*a industrialização da construção é vista como o único caminho viável na contramão da baixa qualidade, atrasos, desperdícios, problemas sociais, doenças, etc, observados no país*" (CIS 18: 2010). A partir deste pensamento, o governo estabeleceu um roteiro nacional abrangente do sistema de construção industrializada (IBS), baseado na política de incentivo ao investimento em tecnologias, técnicas e processos de construção. Para participar do IBS, a empresa deve atender a critérios pré-definidos, de ponderação distinta como: uso de componentes padronizados, repetibilidade utilização no projeto dos conceitos de coordenação modular e a normativa MS 1064. Além disso, o governo do citado País fornece cursos de capacitação de mão de obra, especialmente na aplicação de obras coordenadas modularmente.

Com base neste *case*, sugere-se a avaliação de viabilidade técnica de um projeto similar vir a ser implementado no Brasil. O programa poderia ser baseado em um sistema de pontuação e porcentagens pré-definidos, indicando quais etapas, componentes, elementos ou sistemas, estão de acordo com os critérios esperados, e, a partir disto, trabalhar o conceito de diferentes benefícios para construções de edificações governamentais, para habitações de interesse social e, também, para as empresas que participarem ativamente do programa. Neste contexto, o uso da etiquetagem poderia ser mais uma ferramenta de pontuação, indicando com maior facilidade a aplicação dos mais diversos produtos em projetos coordenados modularmente.

Além disso, a adoção de cursos de capacitação em coordenação modular, para os mais diversos agentes da área, também se mostra uma forte ferramenta para ampliação desta no Brasil. Cursos nos níveis de projetistas de edificações e de produtos (componentes, elementos e sistemas) e, também, para quem está executando estes projetos, podem facilitar a compreensão e a disseminação dos benefícios da utilização da coordenação modular.

Por último, observando o debate gerado em cima do tema dos incrementos

submodulares e entendo sua magnitude e importância, coloca-se, também, a sugestão de um estudo aprofundado sobre o tema, verificando de forma detalhada os conceitos da bibliografia, mas principalmente, as necessidades reais da indústria atual.

5 PRÓXIMAS ETAPAS

Concluída a Meta 8.2.1 - Proposição de alteração do texto base da norma de coordenação modular, a próxima etapa é a Ação 8.2.2 - Texto base de um novo projeto de norma para padronização das dimensões arquitetônicas de edificações de baixo custo visando industrialização da construção. Concomitante a esta, será desenvolvida também a etapa 8.2.3, complementar a etapa anterior, sendo esta dedicada a um texto base de um novo projeto de norma para produção de kits de construção de edificações de baixo custo visando a industrialização da construção.

Para estas demais etapas será entregue um relatório contendo o formato de trabalho utilizado como base para o desenvolvimento das propostas e em anexo, da mesma forma como consta neste relatório, as propostas de texto para as normativas.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 - Edificações habitacionais: Desempenho. Partes 1 - 6, Brasil, 2021.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15873 - Coordenação modular para edificações, Brasil, 2010.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5710 - Alturas modulares de piso a piso, de compartimento e estrutural, Brasil, 1982.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5713 - Altura modular de teto-piso - entre pavimentos consecutivos, Brasil, 1982.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5717 - Espaço modular para escadas, Brasil, 1982.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6492 - Representação de projetos de arquitetura, Brasil, 2021.

ANDRADE, M. Coordenação dimensional como ferramenta para qualidade em projetos de habitação popular. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2000.

BALDAUF, A. S. F. Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

CHINA. (2013) Standard for modular coordination of building. GB/T 50002. China.

CIS 18 (2010) Construction industry stardard. Manual for IBS contente scoring system (IBS Score). CIDB Malaysia, 2010.

CRESPO, M. R. Coordenação Modular: acepções contemporâneas. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2017.

DIN EN INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Parts 1 - 6, Germany, 2019.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. Introdução à coordenação modular da construção no Brasil: uma abordagem atualizada. ANTAC, 2007.

GOVBR - Governo Federal, Ministério da Economia. Meta Difundir o BIM e seus Benefícios, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/metas/difundir-o-bim-e-seus-beneficios>. Acesso em: 09 jun 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 2848: Modular co-ordination — Principles and rules, Switzerland, 1984.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 3881, Building construction — Modular co-ordination — Stairs and stair openings — Co-ordinating dimensions, Switzerland, 1977.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. 6511: Building construction — Modular coordination — Modular floor plane for vertical dimensions, Switzerland,1982.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 6707-1: Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General terms, Switzerland, 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 8560: Technical drawings — Construction drawings — Representation of modular sizes, lines and grids, Switzerland, 2019 (B)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDS. ISO 21723: Buildings and civil engineering works — Modular coordination — Module, Switzerland, 2019 (A).