UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS

Trabalho final de graduação

Aplicação da Coordenação Modular à produção de casas pré-fabricadas de madeira

Letícia da Cruz Pinto

Ouro Preto, MG
2023

LETÍCIA DA CRUZ PINTO

Aplicação da Coordenação Modular à produção de casas pré-fabricadas de madeira

Trabalho Final de Graduação (1ª Etapa) apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel(a) em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Alexandre Mesquita Silva Bomfim

Ouro Preto, MG
2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P659a Pinto, Leticia da Cruz.
Aplicação da coordenação modular à produção de casas pré-fabricadas de madeira. [manuscrito] / Leticia da Cruz Pinto. - 2023.
69 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bomfim.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Arquitetura e Urbanismo .

1. Arquitetura - Coordenação Modular. 2. Construção de madeira. 3. Construção de madeira - Industrialização. 4. Projetos e construção. I. Bomfim, Alexandre. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 72:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Letícia da Cruz Pinto

Aplicação da Coordenação Modular à produção de casas pré-fabricadas de madeira

Monografia apresentada ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Arquitetura e Urbanismo

Aprovada em 21 de agosto de 2023

Membros da banca

Prof. Msc. Alexandre Mesquita Silva Bomfim - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Msc. Estefânia Momm de Melo - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Júlia Castro Mendes - Universidade Federal de Juiz de Fora

Alexandre Mesquita Silva Bomfim, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/08/2023

sei! assinatura eletrônica

Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Mesquita Silva Bomfim**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/08/2023, às 17:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0584140** e o código CRC **94B9ADAE**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591594 - www.ufop.br

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha gratidão por todos que me ajudaram ao longo desta jornada acadêmica, especialmente na elaboração deste trabalho. Primeiramente, gostaria de agradecer aos professores Clécio Magalhães e Alexandre Bomfim, por aceitarem me orientar durante esse processo, cedendo grandes conhecimentos e esforços para que eu pudesse concluí-lo. Agradeço também à UFOP e a Escola de Minas pelo ensino gratuito e de qualidade, e por me proporcionar as melhores experiências possíveis ao longo dos últimos anos. Por fim, agradeço à minha família, por não medirem esforços para que eu pudesse estudar e me tornar arquiteta.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o conceito de coordenação modular, suas aplicações e quais benefícios de sua implementação na construção civil, desde a concepção do projeto arquitetônico até a escolha dos insumos escolhidos para execução de edificações. Além disso, este estudo aborda a associação entre a coordenação modular e a construção pré-fabricada em madeira na construção civil. Após a fundamentação teórica e o estudo de caso de uma empresa produtora e construtora, propõe-se a adaptação de um de seus projetos padrão já "implementado", aos princípios da coordenação modular.

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho consistiu em pesquisa bibliográfica, obtendo maior embasamento teórico sobre o tema escolhido. Após isso, foi feito um levantamento das empresas que trabalham com projeto, produção e execução de casas pré-fabricadas de madeira na região de Belo Horizonte, para que fossem estudados seus métodos construtivos, materiais, desperdícios de matérias-primas, tempo de execução das edificações, a fim de que, posteriormente, uma delas fosse escolhida para ter o projeto de uma de suas casas-modelo adaptada para a aplicação da coordenação modular.

Palavras-chave: coordenação modular, construções em madeira, industrialização da construção, racionalidade construtiva.

ABSTRACT

This work aims to present the concept of modular coordination, its applications, and the benefits of its implementation in the construction industry, from the conception of architectural projects to the selection of inputs for building execution. Additionally, this study addresses the association between modular coordination and prefab wooden construction in the civil engineering field. Following the theoretical foundation and a case study of a production and construction company, the adaptation of one of their already “implemented” standard projects to the principles of modular coordination is proposed. The methodology used for the development of this work consisted of bibliographic research to obtain a stronger theoretical basis on the chosen topic. Afterward, a survey was conducted of companies involved in designing, producing, and executing prefabricated wooden houses in the Belo Horizonte region, in order to study their construction methods, materials, raw material waste, construction timeline, with the ultimate goal of selecting one company to have the design of one of their model houses adapted for the application of modular coordination.

Keywords: modular coordination, wooden construction, construction industrialization, construction rationalization.

LISTA DE APÊNDICES:

Apêndice A: Planta baixa fornecida …… 50
Apêndice B: Corte A-A tipologia fornecida……..51
Apêndice C: Corte B-B tipologia fornecida ……52
Apêndice D: Diagrama de cobertura tipologia fornecida ……. 53
Apêndice E: Tabela de esquadrias tipologia fornecida ……54
Apêndice F: Tabela Kit madeira não coordenado……...55
Apêndice G: Planta baixa coordenada……56
Apêndice H: Corte A-A tipologia coordenada……57
Apêndice I: Corte B-B tipologia coordenada……..……58
Apêndice J: Diagrama de cobertura tipologia coordenada……...……59
Apêndice K: Tabela de esquadrias tipologia coordenada……...…...60
Apêndice L: Tabela Kit madeira tipologia coordenada……...……..61
Apêndice M: Layout sugerido tipologia coordenada ……..62
Apêndice N: Desenho esquemático ……63
Apêndice O: Planta baixa tipologia desenvolvida……...64
Apêndice P: Corte A-A tipologia desenvolvida……65
Apêndice Q: Corte B-B tipologia desenvolvida ……..66
Apêndice R: Diagrama de cobertura tipologia desenvolvida ……67
Apêndice S: Layout sugerido tipologia desenvolvida……..……68
Apêndice T: Tabela de esquadrias tipologia desenvolvida……69

LISTA DE FIGURAS:

Imagem 1: Palácio de Cristal, projetado por Joseph Paxton em 1851……..8
Imagem 2: Descarte incorreto de entulhos……...……...9
Imagem 3: Ilustração da coordenação modular aplicada à construção de colunas gregas. …...……12
Imagem 4: Ilustração de uma residência típica japonesa……....…13
Imagem 5: Moradia estudantil da Faculdade de Medicina da Universidade de Louvain……15
Imagem 6: Sala São Paulo e seus painéis móveis de madeira……17
Imagem 7: Construção do Brock Commons Tallwood House……19
Imagem 8: Exemplo de casa pré-fabricada de madeira…….....21
Imagem 9: Instalação de casa pré-fabricada de madeira……..24
Imagem 10: Tipologia "Turqueza" desenvolvida pela DH……26
Imagem 11: Planta baixa - Tipologia "Turqueza" desenvolvida pela DH……....26
Imagem 12: Ripas……... 29
Imagem 13: Seção transversal Montante tipo "C"..... 31
Imagem 14: Montante tipo "C".....31
Imagem 15: Seção transversal Montante tipo "H".....33
Imagem 16: Montante tipo "H".....33
Imagem 17: Seção transversal Montante tipo "L".....34
Imagem 18: Montante tipo "L".....35
Imagem 19: Seção transversal Montante tipo "T" ……36
Imagem 20: Montante tipo "T" ……36
Imagem 21: Seção transversal Montante maciço "M".....37
Imagem 22: Montante maciço "M" …….38
Imagem 23: Projeto personalizado executado Diamond House……39
Imagem 24: Zona Neutra do projeto ……..43
Imagem 25: Detalhe - Incremento Submodular ……..44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6
2 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E A MANIFESTAÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS 7
3 A COORDENAÇÃO MODULAR 11
4 O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL 16
5 PROBLEMATIZAÇÃO DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL 19
6 APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR A PRÉ- FABRICAÇÃO DE CASAS DE MADEIRA E SEUS PROCESSOS CONSTRUTIVOS 21
7 DIAMOND HOUSE 25
8 DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS 28
8.1 - Estrutura 28
8.2 - Paredes 28
8.3 - Montantes 30
8.3.1 - Montante tipo “C” 30
8.3.2 - Montante tipo “H” 32
8.3.3 - Montante tipo “L” 33
8.3.4 - Montante tipo “T” 35
8.3.5 - Montante “M” Maciço 37
8.4 - Áreas molhadas 38
8.5 - Pisos 39
8.6 - Esquadrias 40
8.7- Projetos complementares 41
9 ESTUDO DE CASO 41
10 A COORDENAÇÃO 42
11 NOVA TIPOLOGIA DESENVOLVIDA 45
9 REFERÊNCIAS 48

1 INTRODUÇÃO

O Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC), que se refere a todo resíduo gerado no processo construtivo, seja obra nova, reforma, escavação ou demolição, de acordo com o Green Building Council Brasil, é responsável pelo lançamento de 25% à 30% dos gases lançados na atmosfera, tornando-se assim, o setor da construção civil um dos mais poluentes em todo o mundo.

É importante, portanto, pensarmos em soluções que minimizem a produção desses resíduos durante a execução de obras, a fim de reduzir os impactos ambientais gerados por eles. É essencial que engenheiros e arquitetos pensem as construções de forma que melhores práticas sejam aplicadas, buscando na racionalização e industrialização da construção, técnicas que auxiliem nesse processo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1975), define a Coordenação Modular como sendo “a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante o uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo”.

A implementação da técnica beneficia a redução do desperdício de materiais, a redução de custos, maior aproveitamento de componentes construtivos, quando associada com insumos corretos e boas práticas, pode apresentar grande desempenho na redução do impacto ambiental causado pela construção civil, assim como a otimização do consumo energético e de matérias-primas durante a execução de edificações, tornando-se, por isso, um processo de projeto e produção com baixos níveis de perda, que deve ser considerada.

2 A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E A MANIFESTAÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

A Revolução Industrial foi um período de inúmeras mudanças e transformações que ocorreram na Europa e na América Norte, entre os séculos XVIII e XIX. Com a mudança dos meios produtivos, quando as atividades manuais passam a ser otimizadas ou substituídas por meios mecânicos e controladas por técnicas de gestão, houve um grande avanço nas formas de construir e na agilidade nos processos.

Segundo Grisotti (1965), um grande avanço que impactou o processo de industrialização da construção civil foi o desenvolvimento das ferrovias, que emergiu na Inglaterra durante o século XIX. A construção antes do desenvolvimento das linhas férreas era limitada à utilização de matérias-primas encontradas com facilidade nas proximidades do local a ser construído, mas após a consolidação das mesmas, houve uma desvinculação da construção em relação à disponibilidade dos materiais.

Outro impacto relevante foi a introdução de novas técnicas de produção , e as máquinas que foram desenvolvidas (Fabrício, 2013, p.233). Isso permitiu que materiais de construção fossem produzidos em grande escala e a um custo mais baixo, tornando a construção mais acessível e aumentando a velocidade do processo de construção.

> A industrialização das construções está essencialmente associada aos conceitos de organização e de produção em série, os quais deverão ser entendidos, analisando de forma mais ampla as relações de produção envolvidas e a mecanização dos meios de produção. (Bruna, 1976)

Um grande exemplo das novas edificações que passaram a ser produzidas na época, e que também se tornou a primeira construção a ser projetada através da coordenação modular e símbolo dos novos tempos foi o “Palácio de Cristal”, nome dado ao grande pavilhão projetado pelo arquiteto Joseph Paxton, em 1851. Ele foi projetado para a Exposição Universal de Londres, e foi executado em ferro, vidro e madeira. Seus componentes pré-fabricados produzidos e montados in loco permitiram que a enorme estrutura de 71.500m² fosse executada em nove meses, e posteriormente desmontada e todas as suas peças reaproveitadas.

Imagem 1 - Palácio de Cristal, projetado por Joseph Paxton em 1851.

Fonte: (Gössel; Leuthäuser, 1991)

O Palácio de Cristal foi construído com um design inovador e revolucionário para a época. Sua construção foi uma resposta aos desafios técnicos e estéticos da época, que buscavam soluções para construir edifícios cada vez maiores e mais eficientes.

A estrutura teve um grande impacto na arquitetura e no design, influenciando o desenvolvimento de novas técnicas de construção e design. A sua abordagem inovadora e modular foi amplamente adotada em todo o mundo, e ainda é vista como uma referência na arquitetura moderna.

A industrialização, que resultou em avanços tecnológicos e no surgimento das fábricas, trouxe inúmeros resultados positivos para diversos setores da sociedade, incluindo o ramo da construção civil. O aço, o vidro e o concreto, ainda nos dias atuais, desempenham um papel de destaque na execução de inúmeros edificações ao redor do mundo. (Fabrício, 2013)

Entretanto, deve-se considerar como a industrialização desencadeou desdobramentos a respeito das questões ambientais, principalmente no que diz respeito à exploração de recursos naturais e na produção de resíduos.

> A indústria da construção civil é a indústria mais poluente do planeta, sendo responsável pelo consumo de 40% a 75% da matéria-prima produzida no planeta. Atualmente, o consumo de cimento é maior que o de alimentos e o de concreto só perde para o de água. Para cada ser humano, são produzidos 500 quilos de entulho, o que equivale a 3,5 milhões de toneladas por ano. (Agopyan, 2013).

A industrialização da construção buscou melhorar a eficiência e a produtividade, mas também trouxe consigo uma série de desafios ambientais que precisam ser abordados.

Uma das principais maneiras que o processo impactou o meio ambiente foi através do consumo de recursos naturais. A produção em massa de materiais de construção, como aço, concreto e vidro, exige grandes quantidades de recursos naturais, como minerais e energia. Isso resulta em uma grande quantidade de emissões de gases de efeito estufa e na degradação ambiental, provocando uma mudança na relação homem-natureza.

Além disso, a industrialização da construção também provocou a produção de uma grande quantidade de resíduos. Na construção civil, o resíduo sólido que é proveniente da construção ou demolição (RCD) de edificações e é conhecido popularmente como entulho. Muitas vezes, esses entulhos de construção são descartados em aterros sanitários e bota-foras irregulares, o que causa impactos ambientais significativos.

Imagem 2 - Descarte incorreto de entulhos.

Fonte: (Site Abrecon, 2023)

Segundo a NBR 10.004/2004,o resíduo sólido pode ser definido da seguinte maneira:

> Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (NBR10004:2004).

Essa mesma norma apresenta a seguinte informação no ítem 4.2.2.2:

> Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor,turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

Ainda quanto ao RCD, de acordo com a Resolução CONAMA 307 de 2002, ele é definido da seguinte maneira:

> Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções,reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como:tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais,resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Segundo a ABRECON (Associação Brasileira para reciclagem de resíduos da construção civil e demolição), a construção civil hoje é responsável por gerar cerca de 290,5 toneladas de resíduos diariamente no país, e apenas 21% de tudo isso é reciclado. Tendo esses dados em vista, é importante pensar em soluções que minimizem a produção desses resíduos durante a execução de obras, a fim de reduzir os impactos ambientais gerados por eles, procurando sempre pela racionalização dos componentes e prezando pelas boas práticas.

3 A COORDENAÇÃO MODULAR

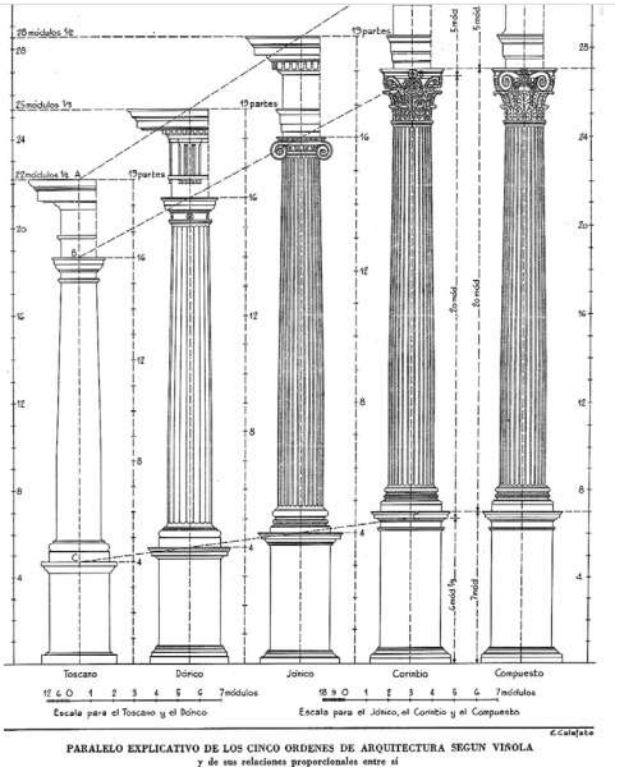
A coordenação modular, ou modulação de componentes, é uma metodologia projetual e de produção, em que é realizado o dimensionamento da edificação a partir de uma medida estabelecida por norma (módulo). O módulo “M” determina todas as três dimensões do projeto, uma vez que as mesmas devem ser múltiplas dessa unidade . Segundo Lucini (2001) a coordenação é o sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (100 mm), compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra, sem sofrer modificações.

Embora o conceito de coordenação modular tenha sido amplamente explorado no Brasil apenas a partir da segunda metade do século XX, historicamente o seu uso já vem sendo observado desde muito antes. Conforme Ferreira et al. (200-):

> O uso de módulos na arquitetura pode ser encontrado em várias épocas, desde a antiguidade. O módulo dos clássicos era certamente o módulo-fórmula, enquanto o módulo de Le Corbusier (1976) pode ser considerado módulo-função. As séries de módulos, adotados pelos romanos, revelam características de módulo-objeto. Dentre as aplicações mais antigas o Ken, módulo japonês, derivado do tatami, representa também um exemplo de módulo-objeto.

Um grande exemplo do uso da coordenação ao longo dos anos é a proporção dos edifícios na Grécia, como a execução dos fustes, capitéis e bases das colunas gregas datadas do século VII a.C em diante, em que se utilizava a medida do diâmetro da coluna para estabelecer as medidas dos demais componentes, o tamanho dos frisos nelas existentes e o espaçamento entre elas (Greven; Baldauf, 2007.)

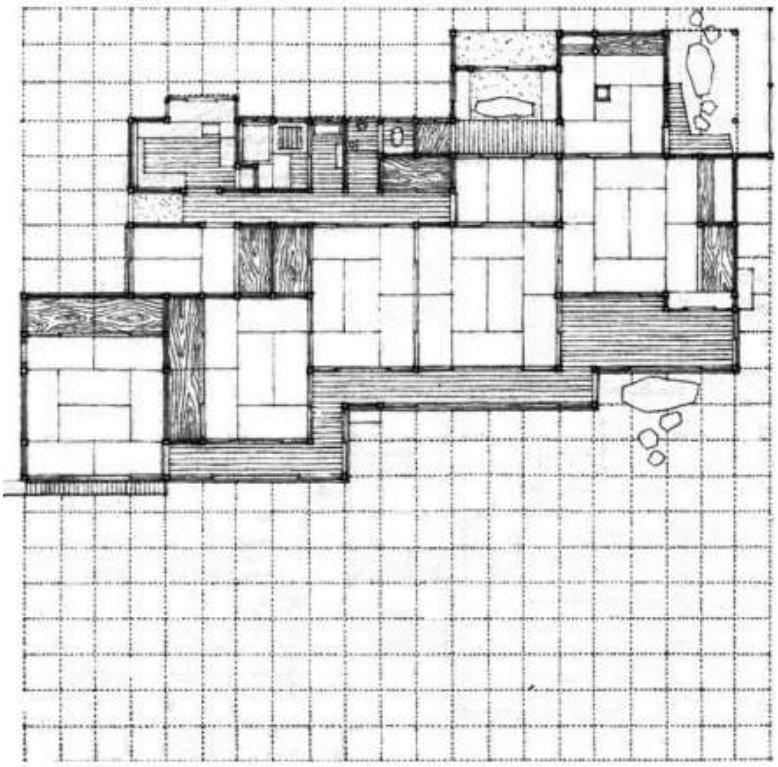
Imagem 3 - Ilustração da coordenação modular aplicada à construção de colunas gregas.



Fonte: (Greven; Baldauf, 2007)

Em Roma, o módulo estabelecido na época era baseado no passus romano, que era múltiplo do pes, e era utilizado principalmente na elaboração do traçado da malha urbana e no projeto de edifícios na cidade (Rosso, 1976). A coordenação era empregada também na produção de componentes construtivos como tijolos, telhas, colunas, etc. No Japão, durante a segunda metade da Idade Média, a medida antes adotada, era o *Shaku,* equivalente ao pé inglês, foi substituída pelo *Ken.* A dimensão, que variava de acordo com o método de projeto utilizado (inaka-ma = 6 Shaku e kýo-ma = entre 6,4 e 6,7 shaku) (Ching, 1998), foi normalizada para ser adotada na arquitetura residencial, e determinava principalmente o tamanho dos tatames e espaçamento de colunas dentro das residências.

Imagem 4 - Ilustração de uma residência típica japonesa



Fonte:(Ching, 2002)

Desde então, a coordenação modular vem sendo implementada como recurso para promoção da racionalização da construção e produtividade. O Brasil, em 1950, foi um dos primeiros países do mundo a aprovar uma norma de regulamentação sobre o assunto, a NB-25R/1950 (Greven; Baldauf, 2007, p11.) .

Hoje em dia está em vigor a NBR 15873/2010, que regulamenta a coordenação modular no país e determina que os espaços internos das edificações devem ser coordenados de forma horizontal e vertical para permitir o uso adequado dos componentes da edificação. Ela define os termos para uma compreensão clara dos princípios de coordenação e estabelece um módulo básico de coordenação, juntamente com seus submúltiplos. O módulo básico é fixado em 100 mm e todas as dimensões dos espaços internos da construção devem ser múltiplas deste valor. Os elementos ou combinações de elementos, incluindo ajustes de coordenação, como juntas ou espaços para fixação, também devem seguir essa regra. Segundo Battagin (2013), representante da Associação Brasileira de Concreto Portland na ABNT:

> Ao reunir cerca de 25 normas técnicas que tratavam da coordenação modular, a ABNT NBR 15873 vem ao encontro de anseios de industrialização da construção civil, pois visa padronizar as dimensões de peças, elementos e componentes de todos os produtos utilizados na construção de uma edificação, de forma a evitar dificuldades de ajuste e retrabalho em obra.

Uma das principais vantagens da utilização da coordenação modular ainda na fase projetual, é garantir a redução do tempo de construção na hora da execução (Greven; Baldauf, 2007).

. Os módulos pré-fabricados podem ser produzidos tanto em uma fábrica quanto in loco, o que permite uma redução significativa no tempo de construção. Além disso, como os módulos são produzidos em um ambiente controlado, é possível garantir uma maior qualidade e precisão na construção, minimizando a necessidade de cortar ou ajustar peças no local de construção, e consequentemente otimizando o tempo.

Outro fator que deve ser ressaltado é que, através da coordenação, é possível obter uma maior flexibilidade no projeto e na construção (Greven; Baldauf, 2007.). Os módulos são produzidos em tamanhos padronizados, o que facilita a coordenação e a montagem no local de construção. No entanto, é possível adaptar os módulos de acordo com as necessidades específicas de cada projeto, permitindo uma maior flexibilidade e personalização.

Atualmente, pode-se destacar a construção da moradia estudantil da Faculdade de Medicina da Universidade de Louvain, na Bélgica, (Figura 5) que foi projetada pelo arquiteto belga Lucien Kroll em 1970. O prédio é coordenado modularmente, proporcionando a flexibilidade das divisões internas.

Imagem 5: Moradia estudantil da Faculdade de Medicina da Universidade de Louvain.

Fonte:(Site MOM, 2023)

Com relação aos aspectos ambientais, a modulação permite reduzir o desperdício de materiais no local de construção, uma vez que, através da pré-fabricação, os elementos são produzidos com medidas específicas e necessárias para determinados locais, evitando assim que matéria-prima seja desperdiçada e que haja recortes durante à execução. Além disso, permite a reutilização e reciclagem de módulos em projetos futuros. Como os módulos são produzidos em uma fábrica, é possível controlar melhor o uso de recursos, como água e energia. Recursos como a instalação de sistemas de reutilização de água ou produção de energia solar na fábrica, reduzem a quantidade de matéria-prima utilizada na produção dos módulos, e podem colaborar para a redução do impacto ambiental.

Por todas essas razões, a coordenação modular tem sido cada vez mais adotada em todo o mundo, desde construções residenciais até grandes empreendimentos comerciais. Seu potencial para reduzir custos, tempo de construção e impacto ambiental fazem dela uma técnica promissora para o futuro da construção civil (Greven; Baldauf, 2007). .

4 O USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira é um dos materiais de construção conhecidos mais antigos utilizados pela humanidade, tendo sido utilizada desde a pré-história. Ao longo dos anos, a madeira tem sido empregada para diversas finalidades na construção civil, desde a construção de habitações até a construção de pontes.

Na Idade Média, ela era frequentemente utilizada na construção de castelos e fortificações, além de ser usada em construções religiosas, como igrejas e catedrais. Na época do Brasil colonial, foi muito utilizada na construção de casas e edifícios públicos, como igrejas e palácios, uma vez que era uma matéria-prima que existia em abundância e foi amplamente explorada.

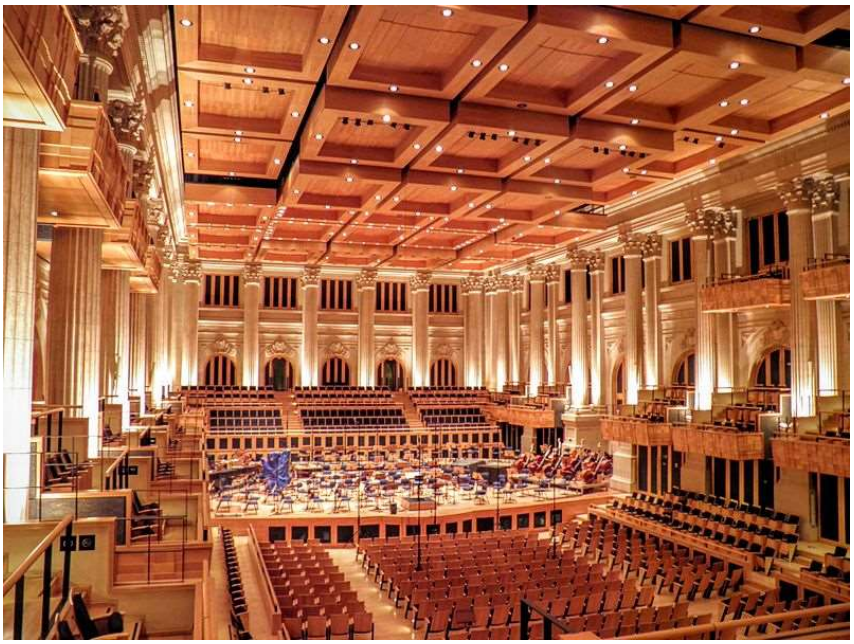
No início da Revolução Industrial, a madeira tomou um papel secundário e deu espaço para outros materiais, como o ferro e o aço, mas continuou sendo utilizada em construções de menor porte. As estruturas de madeira são cada vez mais utilizadas em construções modernas e sustentáveis, principalmente por causa de suas vantagens ambientais. Na construção civil, ela pode ser empregada de várias formas, desde estruturas de telhado, paredes, pisos, até detalhes arquitetônicos e mobiliários. A produção da madeira requer menos energia do que outros materiais de construção, como o concreto e o aço, e tem um ciclo de vida muito menor[1].

Com relação às suas propriedades acústicas, a madeira possui uma estrutura porosa que lhe permite absorver e dissipar as ondas sonoras quando empregada em um ambiente interno. Isso viabiliza que a reverberação do som seja reduzida e que a propagação do som ocorra em uma velocidade mais baixa, quando comparada a outros materiais de construção.

---

[1] Em PUNHAGUI (2014) são apresentadas conclusões de estudos de alguns autores: BUCHANAN e LEVINE (1999) concluíram que os edifícios de madeira requerem menos energia no processamento e produzem emissões de carbono mais baixas do que edifícios feitos de outros materiais, como tijolo, alumínio, aço ou concreto.

Imagem 6: Sala São Paulo e seus painéis móveis de madeira.



Fonte: (Site oficial Sala São Paulo, 2023)

Na Figura 6, podemos observar o emprego da madeira na Sala São Paulo, uma das principais salas de concerto da cidade de São Paulo e do Brasil. Assinada pelo arquiteto Paulo Mendes da Rocha, possui o emprego de painéis de madeira móveis em seu forro, de forma em que os mesmos podem ser reposicionados para se adaptar a diferentes tipos de apresentações que são realizadas no local, tornando-se um grande exemplo de como o uso da madeira pode beneficiar ambientes com suas propriedades acústicas.

Com relação às suas propriedades térmicas, devido à sua baixa condutividade térmica e sua estrutura porosa que é capaz de armazenar ar, proporciona a redução da transferência de calor entre os ambientes. A madeira também é capaz de armazenar calor, o que permite que ela atue como “amortecedor térmico”, permitindo que a temperatura se mantenha estável.

Quanto à sua capacidade de resistência, ela apresenta grande desempenho a forças naturais, como vento, terremotos e mudanças de temperatura. A madeira é um material flexível e, portanto, pode resistir a forças de tração e compressão sem quebrar ou rachar. Além disso, pode se adaptar às condições ambientais e mudanças sazonais sem se degradar rapidamente.

Em comparação com outros materiais de construção, a madeira é relativamente leve, o que torna mais fácil o transporte e manuseio. Além disso, a madeira é facilmente trabalhada e pode ser cortada, moldada e montada de forma eficiente, o que a torna uma opção flexível para muitos projetos de construção.

Com relação às vantagens que o uso da madeira pode proporcionar ao projeto, destaca-se a fala de Hasan (2017):

> Não só é economicamente viável, mas também devido ao manejo florestal sustentável, constitui um modelo de construção totalmente favorável ao meio ambiente. É leve e, portanto, menos propensos a danos durante os terremotos, e ainda, o mais importante, devido aos elementos pré-fabricados envolvidos, resulta em um processo de construção rápido e sem complicações, contribuindo muito pouco para o tráfego no local, poluição e ruído.

A NBR (Norma Brasileira) que regulamenta o uso da madeira para a construção civil no Brasil hoje é a NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira. Essa norma estabelece as diretrizes para o projeto e execução de estruturas de madeira, incluindo especificações para o dimensionamento dos elementos estruturais, critérios para seleção das espécies de madeira e suas propriedades mecânicas, além de aspectos relacionados à durabilidade e tratamento preservativo da madeira. A norma NBR 7190 é atualizada periodicamente para incorporar novas tecnologias e boas práticas construtivas.

Um grande exemplo atual do potencial de uso da madeira na construção civil foi a construção do Brock Commons Tallwood House, projetado pelo escritório canadense Acton Ostry Architects Inc. Situado em Vancouver, no Canadá, o prédio é moradia estudantil da University of British Columbia (UBC), e é reconhecido por ser o maior prédio de estrutura de madeira do mundo.

Imagem 7 - Construção do Brock Commons Tallwood House

Fonte: (Archdaily, 2017)

5 PROBLEMATIZAÇÃO DO USO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira possui diversas características que a tornam atrativa em relação a outros materiais, tais como baixo consumo de energia em seu processamento, alta resistência específica e boas propriedades de isolamento térmico e elétrico (Zenid, Geraldo José, p. 1). No entanto, seu uso pode apresentar certos problemas decorrentes de suas características naturais. Se não for tratada de forma adequada, isso pode se tornar uma desvantagem ao utilizá-la.

Devido à sua natureza higroscópica, ou seja, suscetível a variações de umidade, a madeira tende a buscar um estado de equilíbrio. Portanto, é fundamental protegê-la de forma adequada contra elementos naturais, como chuva, neve e umidade. Com a devida manutenção, é possível prolongar a durabilidade da madeira por décadas e até séculos. No entanto, caso seja exposta a condições extremas sem a proteção adequada, sua deterioração pode ser rápida. Portanto, seguir as normas técnicas e de segurança na construção de estruturas de madeira é essencial para garantir sua resistência e estabilidade.

Além disso, a madeira, por ser um material biológico, está suscetível a biodeterioração por diversos agentes xilófagos, como fungos, térmitas, coleópteros e perfuradores marinhos. Isso torna necessário proteger a madeira para evitar grandes perdas econômicas (Shanbhag; Sundararaj, 2013; et al., 2014).

Outro ponto importante a considerar ao utilizar madeira na construção é a procedência do material. É crucial verificar se a madeira possui certificação de origem, garantindo que tenha sido produzida de maneira legal e sustentável, sem causar danos ao meio ambiente e respeitando os direitos dos trabalhadores. Os fornecedores devem apresentar documentos contendo informações como a espécie da madeira, a origem, o volume e a autorização de transporte. Esses documentos são emitidos pelos órgãos ambientais responsáveis e devem estar em conformidade com as leis ambientais vigentes.

6 APLICAÇÃO DA COORDENAÇÃO MODULAR A PRÉ- FABRICAÇÃO DE CASAS DE MADEIRA E SEUS PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Em contato com empresas fabricantes, foram obtidas informações relevantes sobre a pré-fabricação de casas de madeira, que permitem especular sobre a aplicação da coordenação modular ao método construtivo. As casas são construídas em fábricas e depois transportadas para o local de construção, onde são montadas. A adoção da metodologia projetual da coordenação modular pode beneficiar esse processo, uma vez que utilizando os módulos com medidas padronizadas, permite que os elementos sejam facilmente encaixados e montados na hora da execução. Entretanto, há que se verificar se as empresas empregam a modularidade na produção dos componentes, embora não necessariamente com as dimensões preconizadas pela Norma brasileira.

Imagem 8 - Exemplo de casa pré-fabricada de madeira

Fonte: (Site Diamond House)

Uma das principais vantagens da técnica na construção de casas pré-fabricadas de madeira é a redução do tempo de construção. Como os módulos são fabricados em fábrica, é possível reduzir significativamente o tempo necessário para a construção da casa. Além disso, a padronização dos módulos permite que eles sejam produzidos em larga escala, o que também ajuda a reduzir o tempo necessário para a construção.

Ao utilizar um sistema de medidas pré-determinado pela norma na fabricação dos módulos de madeira, é possível maximizar o uso de madeira de maneira mais eficiente, diminuindo o desperdício e a necessidade de corte de novas árvores. Além disso, como as peças são fabricadas em ambiente controlado, há uma redução no uso de água e energia necessárias para a produção. Outro aspecto positivo é a possibilidade de reaproveitamento e reciclagem dos materiais utilizados na construção das casas pré-fabricadas de madeira. Os módulos podem ser desmontados e remontados em outro local, além de serem reciclados em outras aplicações, como na construção de móveis, por exemplo.

A padronização dos módulos também permite a otimização do uso de materiais. Como os módulos são fabricados com medidas pré determinadas, é possível reduzir o desperdício de matéria prima durante a produção, uma vez que a coordenação beneficia a produção precisa das peças a serem utilizadas, evitando ajustes e cortes no local e minimizando o impacto ambiental da construção no local.

A modulação proporciona a simplificação do processo de design e a tomada de decisões, uma vez os módulos podem ser ajustados ou trocados com facilidade, sem alterar a estrutura da casa como um todo.

No entanto, é importante lembrar que a fabricação dos módulos também pode gerar emissões de gases de efeito estufa, especialmente se houver uso de combustíveis fósseis na produção de energia. Além disso, a extração da madeira pode ter impactos ambientais negativos se não for feita de maneira sustentável.

Por isso, é importante que a coordenação modular em casas pré-fabricadas de madeira seja realizada de maneira responsável e sustentável, buscando minimizar o impacto ambiental em todas as etapas da produção e construção. Dessa forma, os benefícios ambientais da utilização desse método construtivo podem ser maximizados, o que contribui para um futuro mais sustentável.

O processo de produção das casas pré-fabricadas de madeira consiste em várias etapas, que incluem projeto, fabricação, transporte e instalação. O processo de projeto é o primeiro passo na produção das casas e deve ser bem executado, a fim de garantir que a casa seja segura, durável e atenda às necessidades do proprietário. Geralmente, as casas pré-fabricadas de madeira são projetadas com a ajuda de arquitetos e engenheiros especializados em construção em madeira.

As casas podem ser personalizadas, de modo que o proprietário pode escolher a aparência externa da casa, incluindo o tipo de madeira, o estilo da casa e o

acabamento, ou podem seguir uma tipologia padrão ofertada pela empresa. O valor de cada projeto pode variar de acordo com o tamanho da edificação, tipo de madeira utilizada e detalhes construtivos empregados.

Com relação à fabricação das casas, a matéria-prima utilizada deve ser proveniente de fontes sustentáveis e de manejo responsável, tendo todos os certificados estabelecidos por lei garantidos. As peças são produzidas dentro da fábrica em larga escala, em um ambiente controlado e sob um rigoroso processo de controle de qualidade. Lá, as paredes, tetos e pisos e demais componentes são construídos em módulos ou painéis que são pré-cortados e pré-fabricados. Os módulos são então unidos para formar a estrutura da casa. O processo de fabricação é realizado com precisão para garantir que cada peça se encaixe perfeitamente.

Após todos os elementos estarem prontos, é realizado seu transporte até o local em que será executada a obra. Geralmente, as peças de madeira são transportadas em caminhões ou reboques especiais e é importante que a empresa de transporte tenha experiência com esse tipo específico de carga para evitar que sejam danificadas durante o percurso. Dentre os cuidados que devem ser tomados, destaca-se protegê-las contra possíveis impactos. A madeira, ainda que flexível e resistente a esforços de tração e compressão, é um material relativamente frágil e pode ser facilmente danificado. É importante garantir que as peças de madeira sejam protegidas durante o transporte, seja por meio de embalagens adequadas, amarração ou outros métodos.

Outro cuidado adotado é com relação a umidade, que pode afetar o material durante o transporte, acarretando no seu encolhimento ou na sua expansão. Deve-se evitar que as peças fiquem expostas ao ambiente, seja por meio de embalagens impermeáveis, ou por meio de transporte em condições climáticas adequadas. O transporte é geralmente feito em uma única viagem, para evitar que as peças sejam danificadas ou perdidas.

Imagem 9 - Instalação de casa pré-fabricada de madeira

Fonte:(Site Solo Engenharia)

O último passo é a instalação, que deve ser realizada por uma equipe de profissionais experientes. A execução da infraestrutura e do projeto elétrico e hidrossanitário geralmente não é realizada pelas empresas fabricantes das casas. A equipe de montagem das casas executa as paredes, tetos e pisos, e instala portas e janelas, e ocorre de maneira mais rápida do que a construção de uma casa convencional.

7 DIAMOND HOUSE

Para a escolha da empresa que seria adotada como parceira para a elaboração do trabalho, foram levados em consideração os seguintes fatores: Fácil acesso, comunicação com o representante da empresa e localização geográfica.

A localização poderia vir a interferir, uma vez que o cenário em que a empresa está inserida, pode influenciar o perfil dos clientes atendidos, a disponibilidade de matéria-prima ofertada, a logística e distribuição de suas operações e também os aspectos culturais e regionais de cada localização.

A empresa escolhida foi a Diamond House[2], situada na cidade de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. A empresa está inserida no mercado de casas pré-fabricadas de madeira há mais de vinte e cinco anos.

Os projetos da DH que são desenvolvidos para seus clientes, são realizados de maneira bastante eficaz, tendo sido planejados internamente técnicas e métodos construtivos exclusivos, a fim de garantir a eficiência do processo.

A empresa oferece quatro formas de comercialização das casas, sendo três delas tipologias padrões, que se subdividem em mais de quinze modelos já prontos que podem ser escolhidos, sendo doze deles plantas residenciais base, três referente a espaço gourmet, e também executando projetos personalizados.

---

[2] Um Profissional da empresa forneceu voluntariamente o projeto analisado neste texto, a ser utilizado exclusivamente para fins acadêmicos.

Imagem 10 - Tipologia “Turqueza” desenvolvida pela DH

Fonte: (Site Diamond House)

Imagem 11 - Planta baixa - Tipologia “Turqueza” desenvolvida pela DH

Fonte: (Site Diamond House)

Abaixo, o quadro 1 aponta as linhas de tipologias oferecidas pela empresa, e suas especificações:

Quadro 1 - Linhas ofertadas pela empresa Diamond House

LINHAS OFERTADAS PELA DIAMOND HOUSE					
LINHA	CARACTERISTICA	ESPEÇURA MONTANTTES	ESPEÇURA PAREDES	ISOLAMENTO	GARANTIA
Clássica	A maior espessura de parede encontrada atualmente no mercado.	13 x 13 cm	4,5 cm	excelente equilíbrio térmico e isolamento acústico	15 anos
Econômica	Não especificado	13 x 13 cm	3,5 cm	excelente equilíbrio térmico e isolamento acústico	10 anos
Popular	Não especificado	10,5 x 10,5 cm	3,5 cm	excelente equilíbrio térmico e isolamento acústico	05 anos
Personalizada	Projetos podem ser realizados a critério do cliente	personalizado	3.5 cm	excelente equilíbrio térmico e isolamento acústico	Não especificado

Fonte: Elaborado pela autora

Os materiais para a construção das casas pré-fabricadas de madeira são fornecidos em forma de kits, compostos por diversos elementos construtivos, abrangendo desde a fase inicial até a etapa final de acabamento. O cliente recebe uma lista detalhada com a relação de materiais que serão utilizados.

8 DECOMPOSIÇÃO EM SUBSISTEMAS

A fim de compreender os métodos construtivos adotados pela empresa Diamond House, foi cedido por um funcionário da empresa, informações à respeito dos seguintes temas abordados:

8.1 - Estrutura

As casas pré-fabricadas de madeira oferecem uma ampla flexibilidade de escolha entre diferentes materiais para os elementos estruturais, como madeira, aço ou concreto. Na Diamond House, a decisão é estruturar e contraventar os elementos em madeira na parte executada em alvenaria, presentes nas áreas molhadas da edificação. Isso implica utilizar pilares e vigas feitos de concreto armado, nos quais a estrutura de madeira é ancorada. A decisão de combinar concreto armado com a madeira é fundamental para garantir a durabilidade e estabilidade da construção.

Um dos primeiros aspectos a serem considerados ao construir uma casa pré-fabricada de madeira é a fundação, que deve ser cuidadosamente determinada de acordo com o tipo de solo em que a casa será erguida. Os pilares de concreto armado são estruturados de forma a atender às necessidades específicas de cada caso, garantindo uma base sólida para a edificação.

No processo construtivo, os montantes de madeira são fixados ao contrapiso no solo, proporcionando uma base estável para o início da estrutura. À medida que a construção se ergue, a madeira é habilmente conectada à alvenaria e ao concreto, criando um sistema de sustentação coeso e resistente.

8.2 - Paredes

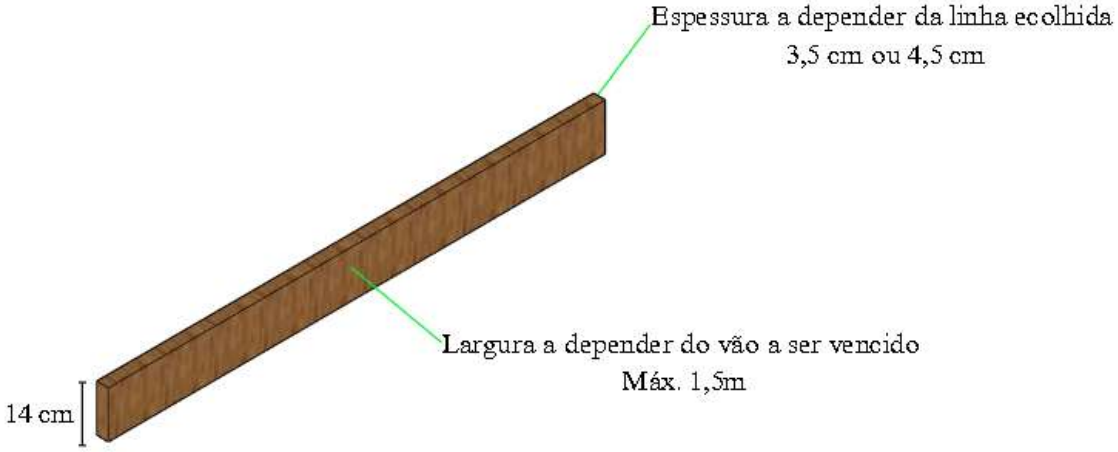
As paredes nas tipologias padrão das casas pré-fabricadas de madeira são construídas utilizando ripas de madeira com espessuras de 3,5 cm ou 4,5 cm, dependendo da linha escolhida, e possuem altura de 14 cm. A largura das ripas varia conforme o tamanho do vão a ser preenchido, sempre respeitando a distância máxima de 1,5 metro.

Devido às propriedades físicas naturais da madeira, que é um material composto por feixes de fibras, as ripas tendem a dilatar e contrair conforme as condições ambientais. Por essa razão, a fixação das ripas não é feita por meio de pregos, parafusos ou qualquer outro elemento rígido. Em vez disso, elas são sobrepostas umas às outras para compor as paredes e são encaixadas em entalhes presentes nos montantes de madeira, permitindo assim sua movimentação.

Essa abordagem de construção é escolhida tanto por razões técnicas quanto estéticas. A capacidade da madeira de se adaptar às mudanças ambientais é benéfica para evitar o surgimento de rachaduras ou deformações nas paredes, garantindo a durabilidade e a integridade da estrutura. Além disso, esse método de montagem cria um visual harmonioso e atraente, realçando a beleza natural da madeira utilizada nas casas pré-fabricadas.

As ripas de madeira são cuidadosamente selecionadas e tratadas para garantir sua qualidade e resistência ao longo do tempo. A escolha entre ripas de 3,5 cm ou 4,5 cm de espessura é determinada pelas necessidades específicas de cada linha. Essa diversidade de opções permite a criação de casas únicas, adaptadas aos mais diversos estilos e preferências arquitetônicas.

Imagem 12 - Ripas



Fonte: Elaborado pela autora

8.3 - Montantes

As casas pré-fabricadas de madeira utilizam montantes compostos de madeira maciça, os quais podem apresentar entalhes em seu comprimento para garantir o encaixe seguro das ripas que compõem as paredes. Na Diamond House, a empresa desenvolveu cinco tipos de montantes, cada um projetado para atender a diversas situações em que são utilizados, com dimensões de 13cmx13cm, 10,5cmx10,5cm ou tamanho personalizado.

Esses montantes são fundamentais para a estrutura das casas pré-fabricadas, proporcionando a base sólida para a construção das paredes e demais elementos. A madeira maciça é escolhida por suas características de resistência e durabilidade, além de ser um material natural e sustentável, em linha com a preocupação ambiental da Diamond House.

Os entalhes presentes nos montantes são cuidadosamente projetados para permitir o encaixe perfeito das ripas que compõem as paredes. Esse encaixe preciso é essencial para garantir a estabilidade e a integridade das estruturas das casas pré-fabricadas.

Abaixo, seguem os montantes desenvolvidos pela DH:

8.3.1 - Montante tipo “C”

O montante de madeira tipo "C" é um elemento estrutural utilizado na construção para compor a estrutura de paredes. O pilar de madeira com seção quadrada é um elemento que tem o formato de um paralelepípedo, e que possui um entalhe em uma de suas faces, o qual é destinado a encaixar outros elementos da estrutura, nesse caso, as ripas que compõem as paredes das casas pré-fabricadas que chegam de uma direção.

No caso específico mencionado, o pilar possui um entalhe com as seguintes medidas:

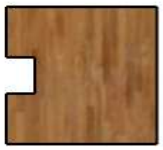
- Profundidade de 2,5 cm;
- Largura de 3,5 cm.

Nesse sentido, tendo em vista a profundidade de 2,5 cm do entalhe, isso significa que ele penetra no pilar em 2,5 cm a partir de uma das faces. Ele também

tem uma largura de 3,5 cm, o que indica que a abertura tem 3,5 cm de comprimento na direção paralela à face do pilar.

Essa configuração do entalhe permite que as ripas que compõem as paredes sejam encaixadas no pilar, proporcionando maior estabilidade à estrutura geral e garantindo a firmeza das paredes. O entalhe permite que as ripas sejam fixadas de forma mais segura e precisa, tornando a estrutura mais resistente e durável.

Imagem 13 - Seção transversal Montante tipo “C”



Fonte: Elaborado pela autor

Imagem 14 - Montante tipo “C”

Fonte: Elaborado pela autora

8.3.2 - Montante tipo “H”

Esse tipo de montante recebe esse nome devido à sua seção transversal que se assemelha à letra "H", com uma parte central reta e duas partes laterais salientes.

O pilar de madeira tipo "H" possui seção quadrada e é composto por uma peça principal retangular (a parte central do "H") e duas abas ou asas (partes laterais do "H") que se projetam para fora do centro. Essas abas são responsáveis por criar os entalhes, que permitem que as paredes provenientes de duas direções paralelas se encaixem no mesmo montante.

As características do entalhe são as seguintes:

- Profundidade de 2,5 cm
- Largura de 3,5 cm

Cada entalhe é feito em uma das faces opostas do pilar, e possui, como referido, 2,5 cm de profundidade, ou seja, ele penetra no pilar em 2,5 cm a partir da face. A largura do entalhe é de 3,5 cm, o que significa que a abertura tem 3,5 cm de comprimento na direção paralela à face do pilar.

Com esses entalhes nas faces opostas do pilar "H", as paredes provenientes de duas direções paralelas podem ser encaixadas no mesmo montante, proporcionando maior estabilidade e rigidez à estrutura como um todo. Essa configuração é especialmente útil em situações em que duas paredes se encontram em uma linha reta e precisam ser conectadas em um único pilar central.

Imagem 15 - Seção transversal Montante tipo “H”

Fonte: Elaborado pela autora

Imagem 16 - Montante tipo “H”

Fonte: Elaborado pela autora

8.3.3 - Montante tipo “L”

O pilar de madeira tipo "L" possui seção quadrada e é composto por uma peça principal, e apresenta em duas de suas faces, de maneira perpendicular, entalhes com as seguintes características:

- Profundidade de 2,5 cm
- Largura de 3,5 cm

Esses entalhes permitem que as paredes provenientes de duas direções perpendiculares se encaixem no mesmo montante. Os mesmos são feitos em duas das faces, e possuem 2,5 cm de profundidade, cada, ou seja, o entalhe penetra no pilar em 2,5 cm a partir da face. A largura do entalhe é de 3,5 cm, o que significa que a abertura tem 3,5 cm de comprimento na direção paralela à face do pilar onde ele se encontra.

Com esses entalhes nas faces , as paredes provenientes de duas direções perpendiculares podem ser encaixadas no mesmo montante, criando uma conexão sólida e estável entre as duas paredes. Essa configuração é especialmente útil em situações em que duas paredes se encontram em um ângulo reto, formando um canto, e precisam ser conectadas em um único pilar central.

Imagem 17 - Seção transversal Montante tipo “L”

Fonte: Elaborado pela autora

Imagem 18 - Montante tipo “L”

Fonte: Elaborado pela autora

8.3.4 - Montante tipo “T”

Esse tipo de montante recebe esse nome devido à sua seção transversal quadrada, que possui entalhes em três de suas faces. Esses entalhes são responsáveis por criar os encaixes, que permitem que as paredes provenientes de três direções diferentes se conectem no mesmo montante.

As características dos entalhes são as seguintes:

- Profundidade de 2,5 cm
- Largura de 3,5 cm

Cada entalhe é feito em uma das três faces do pilar "T", e cada entalhe possui 2,5 cm de profundidade, ou seja, eles penetram no pilar em 2,5 cm a partir da face. A largura do entalhe é de 3,5 cm, o que significa que a abertura tem 3,5 cm de comprimento na direção paralela à face do pilar, onde ocorrem.

Essa configuração é especialmente útil em situações em que três paredes se encontram em um único ponto, formando um encontro de paredes ou um canto, e precisam ser conectadas em um único pilar central.

Imagem 19 - Seção transversal Montante tipo “T”

Fonte: Elaborado pela autora

Imagem 20 - Montante tipo “T”

Fonte: Elaborado pela autora

8.3.5 - Montante “M” Maciço

O montante “M” de madeira é um pilar de madeira maciça de seção quadrada e formato de paralelepípedo, ou seja, possui uma forma retangular tridimensional com seis faces retangulares, sendo quatro faces verticais e duas faces horizontais. Esse tipo de montante é utilizado na construção como um elemento estrutural que fornece suporte e sustentação para diferentes partes da edificação.

O montante de madeira é uma peça maciça sem entalhes em suas faces. Ele é fabricado a partir de uma única peça de madeira para formar uma estrutura sólida e resistente. A sua seção transversal é quadrada, o que significa que todas as suas faces têm o mesmo tamanho.

A principal característica desse tipo de montante é a sua capacidade de ser um apoio mesmo em casos em que as paredes não cheguem até ele. Ou seja, ele pode ser posicionado em locais estratégicos para sustentar lajes, telhados ou outras partes da estrutura que necessitam de suporte adicional, mesmo que não haja contato direto das paredes com o montante.

Imagem 21 - Seção transversal Montante maciço “M”

Fonte: Elaborado pela autora

Imagem 22 - Montante maciço “M”

Fonte: Elaborado pela autora

8.4 - Áreas molhadas

Um aspecto importante a ser considerado é a execução das áreas molhadas, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Essas áreas não são construídas em madeira, uma vez que envolvem a presença de água e umidade, e esses fatores podem contribuir para a deterioração precoce do material. Além disso, a presença de umidade na madeira pode favorecer o aparecimento de fungos, mofo e bactérias, o que compromete a integridade estrutural e a saúde dos ocupantes da edificação.

Na Diamond House, as áreas molhadas são projetadas e executadas em alvenaria, utilizando materiais resistentes à água e umidade. Para as paredes, são empregados blocos cerâmicos ou de concreto, que possuem boa resistência e baixa absorção de água. As lajes e pisos são revestidos com materiais impermeáveis, como cerâmicas, porcelanatos ou pedras, garantindo que a água não infiltre no interior da estrutura.

Ao optar por construir as áreas molhadas em alvenaria, a empresa assegura a durabilidade e a segurança da edificação, evitando problemas como vazamentos, infiltrações e deterioração precoce das estruturas. Além disso, o uso de materiais

impermeáveis facilita a limpeza e a manutenção dessas áreas, garantindo ambientes higiênicos e saudáveis.

d, uma vez que o projeto é pré-fabricado e os ajustes necessários devem ser feitos na alvenaria, e não na parte em madeira. Essa integração é especialmente relevante em edificações residenciais de um pavimento, onde esses ajustes são comuns.

Na figura 23, podemos observar uma edificação personalizada, projetada e executada pela Diamond House, em que ficam evidentes as áreas molhadas executadas em alvenaria, revestidas com tinta branca.

Imagem 23 - Projeto personalizado executado Diamond House

Fonte: https://www.casaprefabricada.com.br/
acesso em: 09/07/2023

8.5 - Pisos

A execução dos pisos em casas pré-fabricadas de madeira segue um processo semelhante ao das construções convencionais. No entanto, é importante observar que há uma necessidade maior de realizar recortes, uma vez que os montantes de madeira (colunas de madeira) possuem uma espessura diferente da parede a ser executada. Na Diamond House, os montantes possuem seções transversais específicas, conforme descrito anteriormente.

Durante a instalação dos pisos, é necessário adaptar a estrutura de madeira aos requisitos específicos do projeto. A diferença de espessura entre os montantes e

as paredes exige cortes precisos para garantir um encaixe adequado e a integridade estrutural da construção.

A empresa preza pela qualidade e precisão em suas construções. Durante o processo de fabricação das peças de madeira, são tomadas medidas rigorosas para garantir a exatidão das dimensões e o encaixe adequado dos elementos estruturais. Isso proporciona uma montagem mais eficiente e simplifica a etapa de instalação dos pisos.

É importante ressaltar que o piso das casas pré-fabricadas de madeira pode ser revestido com uma variedade de materiais, como cerâmica, pisos vinílicos, laminados, entre outros. No entanto, a empresa não recomenda o uso de piso de madeira devido aos problemas associados, como a umidade. A madeira é um material natural que absorve água facilmente, o que pode levar a problemas como inchamento, deformação e até mesmo o desenvolvimento de mofo e fungos.

Além disso, a vida útil de um piso de madeira é geralmente inferior em comparação a outros elementos de madeira na casa, como pilares e paredes, devido à sua exposição constante ao atrito, movimentação de móveis e agentes externos. Portanto, é importante considerar cuidadosamente os prós e contras antes de optar por um piso de madeira em uma casa pré-fabricada.

É fundamental destacar que, caso o cliente decida utilizar o piso de madeira, ele estará ciente de que essa escolha não estará coberta pela garantia oferecida pela empresa. Essa precaução visa informar o cliente sobre as possíveis limitações e riscos envolvidos ao optar por um revestimento de piso de madeira em uma casa pré-fabricada. A DH recomenda o uso de pisos vinílicos, laminados, porcelanatos ou cerâmicos para utilização.

8.6 - Esquadrias

Em casas pré-fabricadas de madeira, a Diamond House não recomenda o uso de janelas de madeira maciça, devido às exigências significativas de manutenção que esse tipo de material demanda ao longo do tempo. Embora a madeira seja um material nobre e tradicionalmente utilizado na construção de janelas, sua exposição constante às intempéries, como chuva, sol e umidade, pode levar a problemas como

deformações, trincas e deterioração prematura. Dessa forma, a DH sugere a utilização de esquadrias fabricadas com outros materiais mais resistentes e de fácil manutenção, como alumínio e vidro ou alumínio e PVC.

Para a instalação das janelas, a DH adota uma abordagem que envolve a preparação cuidadosa dos vãos. As janelas são encaixadas em aberturas que possuem ripas superiores e inferiores, atuando como vergas e contra vergas, respectivamente. Essas ripas têm a função de suportar o peso das esquadrias e distribuir as cargas uniformemente para evitar deformações nas estruturas.

Já nos vãos destinados às portas, a DH utiliza pilares laterais como batentes. Os pilares laterais são fixados nas extremidades das aberturas e servem como pontos de apoio para as portas, garantindo o correto funcionamento do mecanismo de abertura e fechamento. Além disso, os pilares laterais também contribuem para a estabilidade e integridade da estrutura.

8.7- Projetos complementares

A empresa não oferece os projetos complementares, tais como elétrico e hidrossanitário. Essa responsabilidade é devidamente repassada a profissionais especializados nas respectivas áreas, garantindo assim a qualidade e adequação desses projetos específicos. Além disso, vale destacar que a DH também não assume os trâmites de aprovação na prefeitura, cabendo aos proprietários ou seus representantes legais a condução desses processos junto aos órgãos competentes.

9 ESTUDO DE CASO

Foi cedido pela Diamond House[3], para fins acadêmicos, o objeto de estudo do presente trabalho: a planta de uma casa de aproximadamente 25m² (Apêndice A) , tipologia personalizada, para que fosse estudada a possibilidade de adaptá-la para a implementação da técnica da coordenação modular. A proposta de edificação edificação conta com:

[3] Um Profissional da empresa forneceu voluntariamente o projeto analisado neste texto, a ser utilizado exclusivamente para fins acadêmicos.

- 1 quarto de 5,65m²
- 1 banheiro de 2,49m²
- 1 sala de 3,73m²
- 1 cozinha de 3,71m²
- 1 varanda frontal de 5,85m²

Desenvolveu-se um corte longitudinal (Apêndice B), um corte transversal (Apêndice C), diagrama de cobertura (Apêndice D), que nesse caso, é apenas esquemático, e tabela de esquadrias (Apêndice E).

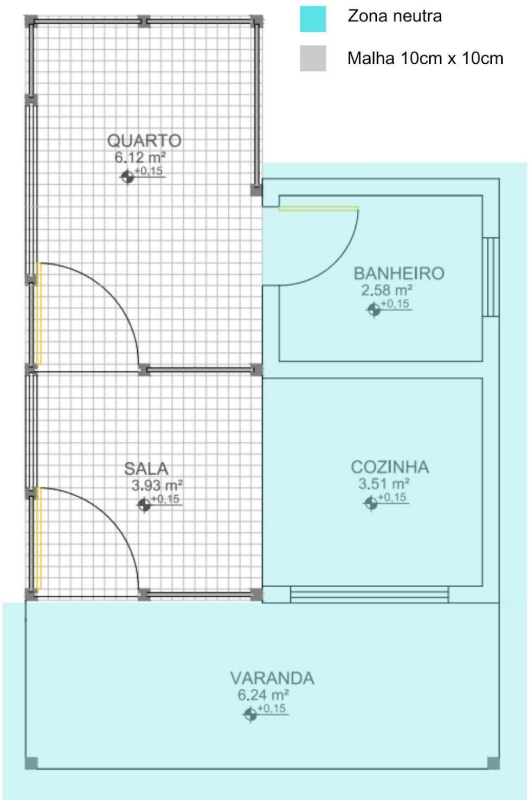
Depois de receber a planta, realizou-se um minucioso levantamento quantitativo de todas as peças que compõem o Kit de madeira da construção. Esse procedimento foi conduzido com o objetivo de obter um maior entendimento do processo de montagem e avaliar quais elementos deverão estar em conformidade com as normas estabelecidas pela NBR 15873/2010. Os resultados detalhados dessa análise estão apresentados no Apêndice F.

10 A COORDENAÇÃO

A partir da análise da planta baixa, definiu-se que as áreas a serem coordenadas modularmente seriam aquelas construídas em madeira. Isso ocorreu devido à constatação de que a coordenação modular em paredes de alvenaria apresenta particularidades específicas, que não seriam abordadas no escopo deste trabalho.

Como resultado dessa decisão, as áreas molhadas, que englobam os espaços da cozinha e do banheiro, foram categorizadas como "Zona Neutra", conforme ilustrado na figura 24, podendo também ser melhor observado do Apêndice N. Zona neutra é uma zona não modular que separa reticulados modulares espaciais de referência que por razões construtivas ou funcionais, necessitem ser separados entre si. Nessa zona não há obediência da Coordenação Modular (Greven, Baldauf, 2007).

Imagem 24 - Zona Neutra do projeto



Fonte: Elaborado pela autora

Essa classificação implica que essas áreas não serão objeto de intervenções no contexto da coordenação modular em madeira, uma vez que sua execução requer análises e tratamentos adicionais, alheios ao âmbito deste estudo.

Dessa maneira, focando no aperfeiçoamento do processo de montagem modular, as demais partes da edificação, concebidas com base em madeira, serão minuciosamente analisadas e ajustadas de acordo com as diretrizes de coordenação modular a fim de alcançar uma construção mais eficiente e otimizada. Tal abordagem visa beneficiar tanto a qualidade da obra quanto a economia de recursos, ao utilizar módulos padronizados e intercambiáveis, resultando em um projeto mais sustentável e funcional.

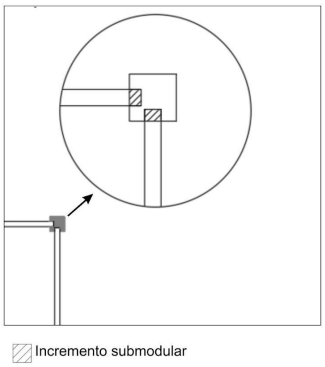
As demais áreas foram dispostas sob um quadriculado modular de referência, medindo M X M (100mm x 100mm), para que fosse possível uma melhor visualização das áreas coordenadas, que podem ser observadas na planta baixa (Apêndice G), nos cortes A e B (Apêndices H e I) e demais informações nos apêndices J, K, L, M e N.

Com relação às ripas que compõem as paredes, vale ressaltar que, segundo a NBR 15873/2010 “um componente modular pode ter dimensões não modulares (por exemplo à espessura), se estas dimensões não interferirem na coordenação com outros elementos ou componentes [...]” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010, p.4). Justificando dessa forma o prosseguimento da espessura de 3,5 cm no projeto coordenado.

Destaca-se também a existência de incrementos submodulares em suas extremidades. Segundo a NBR 15873/2010, esses incrementos são definidos como frações do módulo básico (100mm), com os valores normalizados de m/2=50mm, m/4=25mm e m/5=20mm, podendo ser utilizados para determinar medidas de coordenação de componentes construtivos maiores que 1M, mas que precisam ter incrementos menores que 1M. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010).

No caso específico mencionado, o incremento é necessário por se tratar de um elemento de encaixe das ripas com o montante, e possui dimensão de 25mm (relativo, portanto, a M/4), e largura compatível com a espessura das ripas.

Imagem 25 - Detalhe - Incremento Submodular



Fonte: Elaborado pela autora

Sobre o telhado da edificação apresentada, a empresa não forneceu informações o suficiente para desenvolver a parte projetual do mesmo, de forma que não foi possível aplicar a técnica da coordenação modular ao mesmo.

11 NOVA TIPOLOGIA DESENVOLVIDA

Com a finalidade de reafirmar a eficiência da aplicação da coordenação Modular, demonstrando que a mesma é capaz de se adaptar aos requisitos das outras tipologias padrões oferecidas ou novas tipologias personalizadas que possam vir a serem projetadas, foi desenvolvido uma nova tipologia residencial unifamiliar, personalizada, a partir dos princípios modulares (Apêndice O). À edificação conta com:

- 1 quarto de 8,68m²
- 1 quarto de 8.83m²
- 1 banheiro de 2,47m²
- 1 hall de 1,26m²
- 1 sala estar/jantar de13,02m²
- 1 cozinha de 8,1m²

Contraponto com o projeto cedido pela Diamond House, a nova tipologia foi pensada para comportar uma família de até quatro pessoas. Os cômodos maiores proporcionam um ambiente mais espaçoso e confortável, permitindo que cada membro da família tenha seu próprio espaço para relaxamento e privacidade. Além disso, a disposição dos cômodos foi cuidadosamente planejada para otimizar a funcionalidade e a fluidez entre os espaços. A sala de estar integrada à cozinha cria um senso de conexão, incentivando a interação entre os membros da família enquanto realizam suas atividades diárias.

O uso da coordenação foi verificado na fase projetual, a partir da concepção, com auxílio do quadriculado modular de referência, que otimiza o processo projetual, facilitando a organização dos espaços de acordo com as necessidades funcionais. Através da utilização do quadriculado, é garantido a conformidade com as dimensões e regulamentações vigentes, e também serve como uma ferramenta visual poderosa para a tomada de decisões durante o processo de projeto.

Desenvolveu-se um corte longitudinal (Apêndice P), um corte transversal (Apêndice Q), diagrama de cobertura (Apêndice R), que nesse caso, é apenas esquemático, Layout (Apêndice S) e tabela de esquadrias (Apêndice T).

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil hoje é um dos setores que mais colabora para a consolidação de uma sociedade, uma vez que auxilia a infraestrutura, moradia e criação de emprego. Entretanto, juntamente com o seu desenvolvimento, podemos perceber o crescente impacto ambiental que a produção de resíduos de construção e demolição (RCD) tem causado no planeta, tornando-se um dos setores mais poluentes nos dias atuais.

Pensando nessa problemática, foi abordada neste trabalho uma opção para minimizar a produção de RCDs, e consequentemente o impacto por eles causado. A coordenação modular é uma abordagem eficaz para o desenvolvimento de sistemas complexos, que consiste em dividir o sistema em módulos independentes que se comunicam por meio de interfaces padronizadas. Essa abordagem permite que cada módulo seja projetado, implementado e testado separadamente, o que simplifica o processo de desenvolvimento e manutenção do sistema como um todo. Além disso, a coordenação modular possibilita a redução de entulhos gerados na obra, uma vez que os recortes e as perdas são evitados, o que proporciona a reutilização de módulos em diferentes sistemas, reduzindo o tempo e custo de desenvolvimento.

Dessa forma, percebeu-se como a coordenação modular aplicada à construção civil pode ser benéfica de diferentes formas, seja pela redução do impacto ambiental, seja pela redução dos custos ou mesmo pela otimização do tempo de construção.

Concluindo, por meio da fase projetual deste trabalho, foi possível confirmar de maneira assertiva a viabilidade e aplicabilidade da coordenação modular no contexto das casas pré-fabricadas de madeira. Ao ajustar os módulos pré-existentes que careciam de coordenação conforme as diretrizes da NBR 15873, alcançou-se um redimensionamento cuidadoso dos elementos, permitindo assim a realização do projeto de adaptação da tipologia fornecida pela Diamond House à metodologia de coordenação modular.

Além dessa conquista, os resultados obtidos proporcionaram uma validação da eficácia da coordenação modular. A capacidade de conceber uma nova tipologia personalizada a partir dos princípios modulares reforça não apenas a versatilidade dessa abordagem, mas também sua adaptabilidade aos requisitos específicos e às preferências individuais dos clientes.

Este estudo reafirma a importância de incorporar métodos de coordenação modular na indústria de construção de casas pré-fabricadas de madeira, uma vez que essa abordagem demonstrou ser uma estratégia efetiva para otimizar o processo de projeto, melhorar a qualidade da construção e proporcionar soluções customizadas de maneira eficaz. À medida que a indústria busca cada vez mais abordagens inovadoras e eficientes, a coordenação modular emerge como um caminho promissor para aprimorar a concepção e construção dessas habitações.

No entanto, ressalta-se a necessidade contínua de pesquisa, aperfeiçoamento e adaptação à medida que novas demandas e desafios surgem no campo da construção pré-fabricada. A colaboração entre setores diversos, incluindo arquitetos, engenheiros e fabricantes, desempenhará um papel fundamental na evolução e na ampliação dos benefícios da coordenação modular, impulsionando assim a inovação na construção de habitações pré-fabricadas de madeira.

9 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – FUNDAÇÃO EUCLIDES CUNHA. **Relatório de avaliação dos esforços para implantação da coordenação modular no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2009. Acesso em 20 dez 2022.

AGOPYAN, V. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta. In: Globo Ciência. 2013. Disponível em:** <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-22
Revista Tecnológica Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014. materia-prima-do-planeta.html>. Acesso em 18 de março de 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15873: Coordenação modular para edificações.** Rio de Janeiro. 2010.

BOMBONATO, Fabiele Aparecida et al.**Utilização da madeira desde os primórdios da humanidade até à contemporaneidade**. Anais do Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais, v. 2, n. 1, 2014. Disponível em: https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/ASSCCS/article/view/138/222. Acesso em 07 jan 2023.

BRUNA, Paulo. J. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. São quitetura, industrialização e desenvolvimento Paulo: Perspectiva/EDUSP,
1976. 308 p.

COSTA, Luciano Rodrigues. (2014). **A racionalização do processo de trabalho na construção civil.** Impulso, Piracicaba. 24(61), 167-182. Disponível em https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/impulso/article/view/1978. Acesso em 07 dez 2022.

CRUZ, Helena; NUNES, Lina. **A madeira como material de construção**. Núcleo de Estruturas de Madeira, p. 27, 2005. Disponível em http://www.oasrn.org/3R/conteudos/areareservada/areareservada8/Madeira%20material%20de%20construcao-%20HC.pdf. Acesso em: 08 dez 2023.

CUNHA, Julio Cesar Salles; OLIVEIRA, Fabiana Fortes de; SILVA, Maria Eduarda Moura da. **Industrialização na construção civil**. Simpósio, [S.l.], n. 7, fev. 2019. ISSN 2317-5974. Disponível em:
<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/simposio/article/view/1225>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FABRICIO, M. M. (2013). **Industrialização das construções**: revisão e atualização de conceitos. PosFAUUSP, 20(33), 228-248. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v20i33p228-248. Acesso em 07 dez 2022.

GÖSSEL, P.; LEUTHÄUSER, G. **Architecture in the twentieth century**. Köln: Taschen, 1991.

GREVEN, Hélio Adão; BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre : ANTAC, 2007. Disponível em: http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao10/livro_completo.pdf. Acesso em 01 dez. 2022.

GRISOTTI, M. **A industrialização da construção em relação à primeira e à segunda revolução industrial**. A industrialização da construção, FAUUSP, v. 2, set. 1971.

Hasan, Zoya. **"Maior arranha-céu de madeira do mundo é concluído em Vancouver"** [Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Timber Structured Building] 20 Set 2017. ArchDaily Brasil. (Trad. Libardoni, Vinicius) Acessado 7 JUL 2023. <https://www.archdaily.com.br/br/879671/maior-arranha-ceu-de-madeira-do-mundo-e-concluido-em-vancouver> ISSN 0719-8906

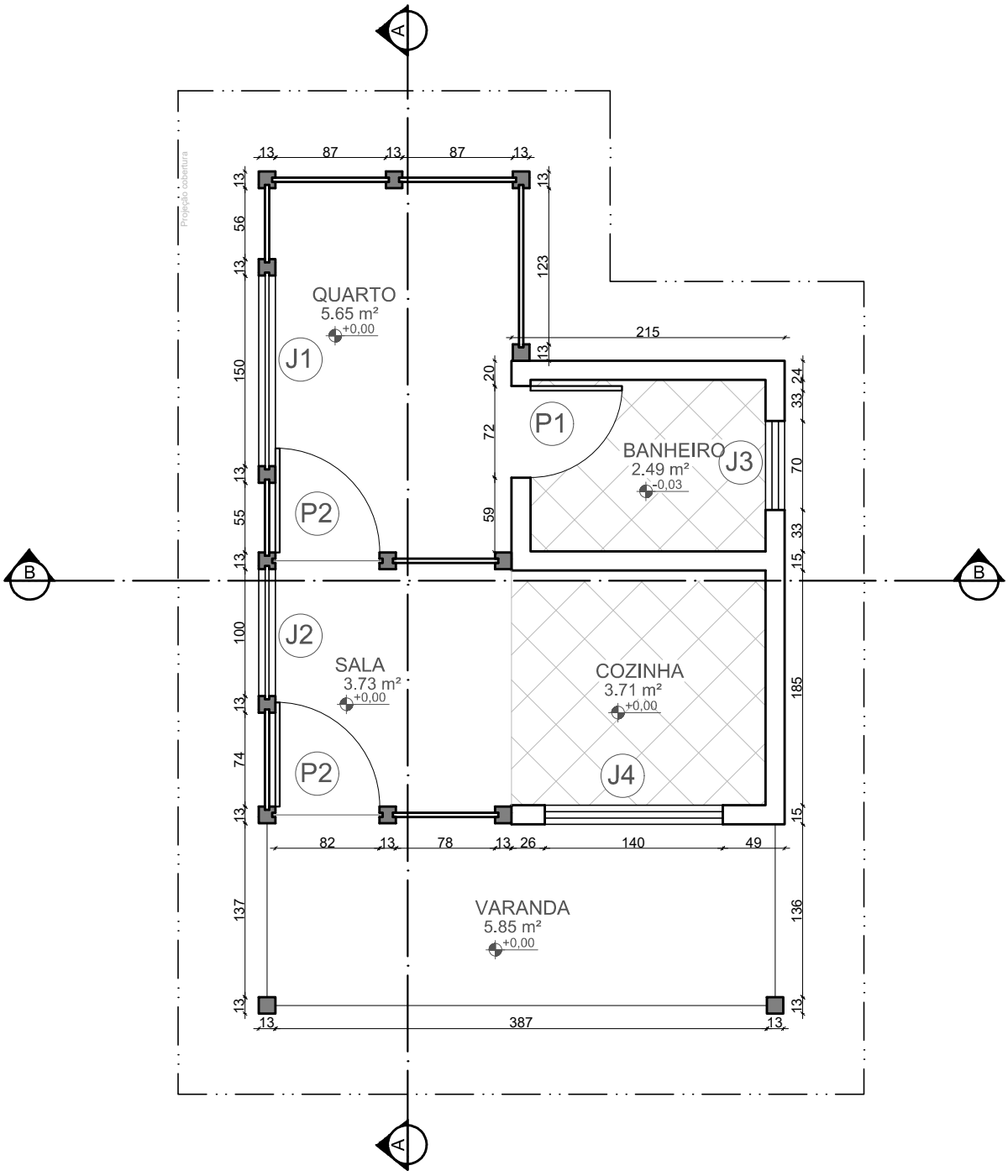
PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO^2 y de la energia incorporada em la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madeira**. 2014. Tese (Doutorado) - Universidad Politécnica de Cataluña y Universidade de São Paulo. Barcelona. 2014.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; MICHALKA JR, Camilo. **A Contribuição dos Processos Industriais de Construção para Adoção de Novas Tecnologias na Construção Civil no Brasil**. Vértices, v. 5, n. 3, p. 89-108, 2010. Disponível em https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/65197646/document_5_-libre.pdf?1608131128=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DA_CONTRIBUICAO_DOS_PROCESSOS_INDUSTRIAIS.pdf&Expires=1678120980&Signature=LHgBSJ9RXzJ9Tx2sbtZuS3m2-ID1gYCQENSm1vt65UGTy~OfKs8-GGGyAwCzuWvAkyu7Fb2dVYKDCCc4IphaOp1t2FYdAQkWoBeIb4UBPrcJGoVXXROt91Lcxk5B-bq43M~F30~I4C9iC8uzJexodpTaD8W0ibUH9RwlyhACARDtDM5AZbv2JuzPTyu77r9e-4kDh5fmzyzxG14hmSXnGK7~1HtxDXjoSst6YIJRpqS7FILqfEx5-hHvyWDUEQ2iO6yO2vbH7~wRabpgKqR4pCyW8sN2nK6otNeyX5i7Ipiczanh6PcpdSTNqdKAKkp3MgQMtzmKrtX2OpcaztYbRQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em 17 jan 2023.

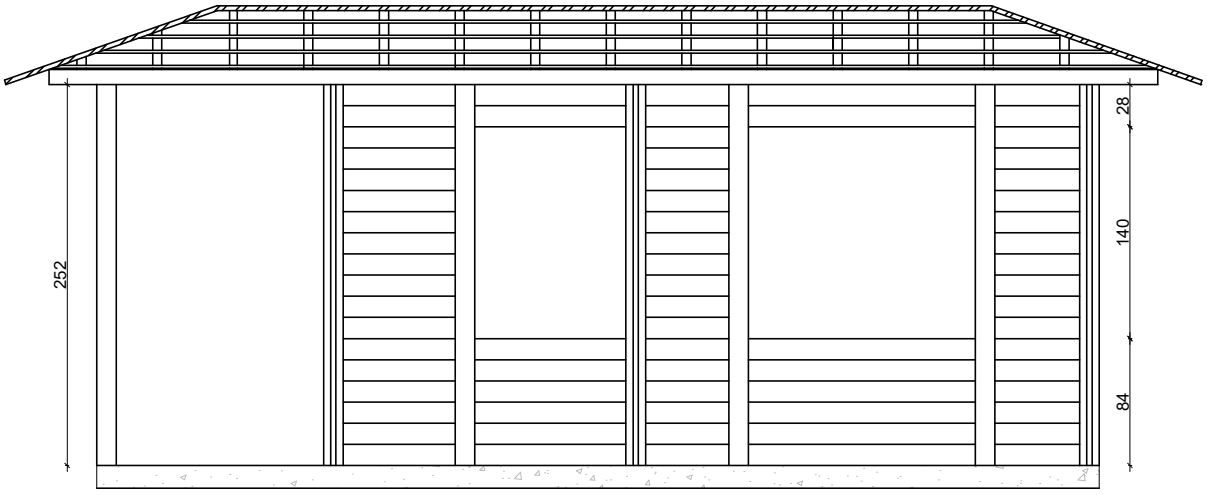
ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

WEINSCHENCK, Julia Hunsche et al. **Estudo da flexibilidade como mecanismo para a personalização de casas pré-fabricadas**: uma abordagem voltada para a industrialização de casas de madeira. 2012. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100363/313856.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em 01 mar 2023.

ZENID,Geraldo José. **Madeira na construção civil.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. -I PT. Disponível em: <http://www.estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/MADEIRA-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVI.pdf>. Acesso em 7 jul 2023.

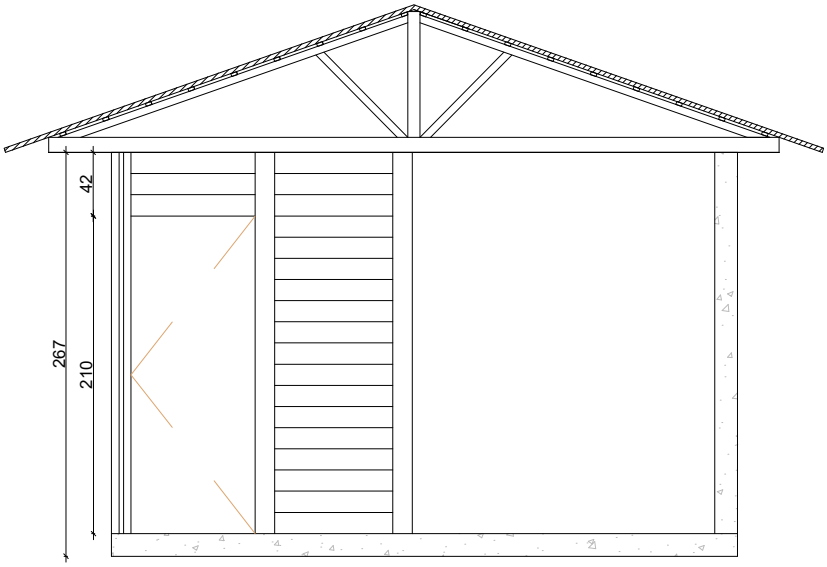


1 Planta Baixa fornecida
ESC 1:50 cotas em cm



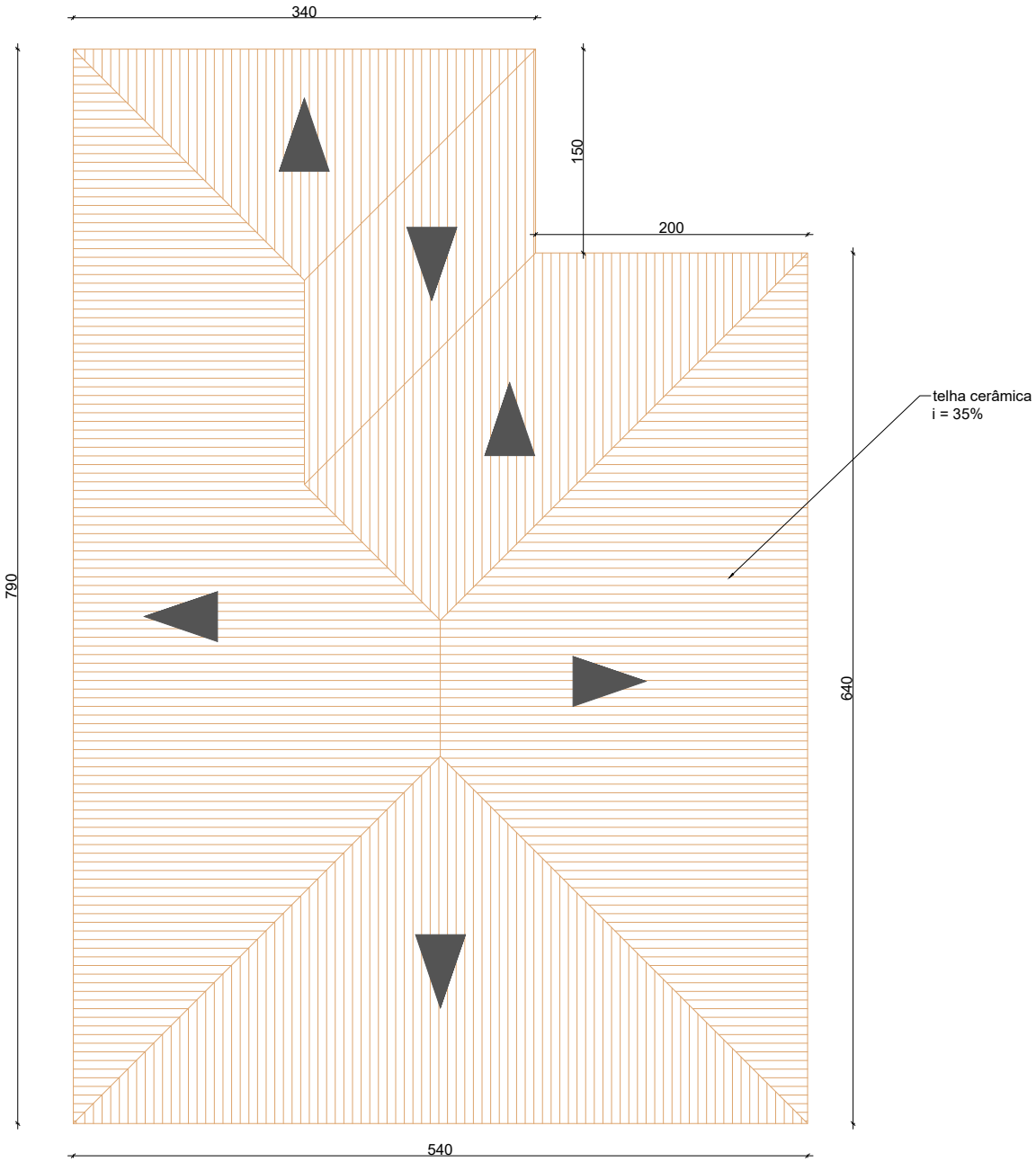
2 CORTE A-A - Tipologia Fornecida
ESC 1:50 cotas em cm

APÊNDICE C - CORTE B-B TIPOLOGIA FORNECIDA



3 CORTE B-B
ESC 1:50 cotas em cm

APÊNDICE D - DIAGRAMA DE COBERTURA TIPOLOGIA FORNECIDA

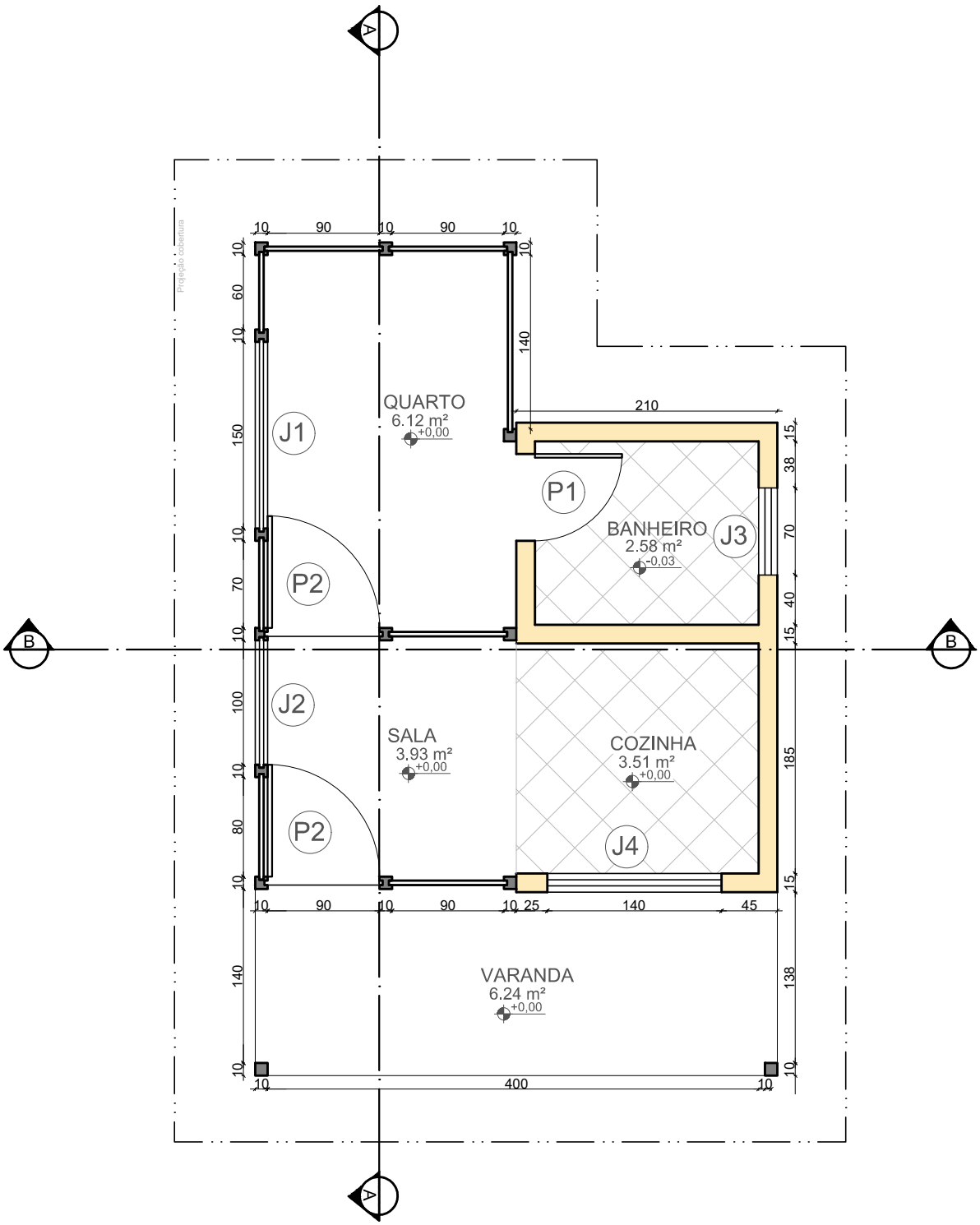


4 DIAGRAMA DE COBERTURA
ESC 1:50 cotas em cm

Tabela de esquadrias	
	Identificação
P1	72X210
P2	82X210
J1	150 X 140 / 84
J2	100 X 140 / 84
J3	70 X 50 /150
J4	140 X140 / 84

Tabela peças/módulos não coordenados	
RIPAS	
Qtd.	Identificação (LxAxP)
6	Ripa 87x14x3,5
18	Ripa 90,5x14x3,5
18	Ripa 79x14x3,5
10	Ripa 105x14x3,5
18	Ripa 60x14x3,5
10	Ripa 155x14x3,5
18	Ripa 61x14x3,5
36	Ripa 92x14x3,5
18	Ripa 128x14x3,5
18	Ripa 83x14x3,5

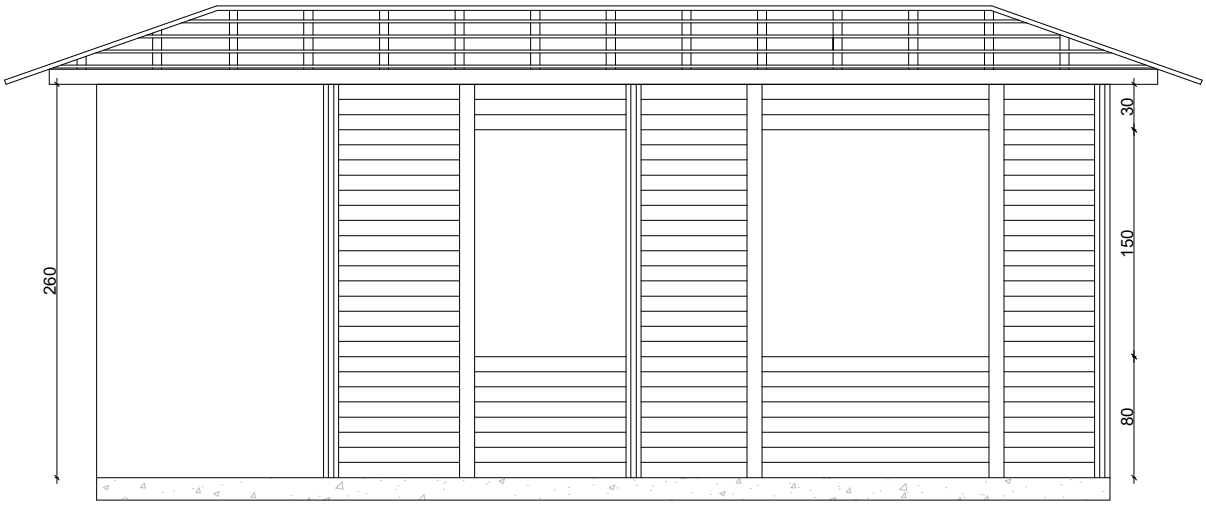
Tabela peças/módulos não coordenados	
MONTANTES	
Qtd.	Identificação
3	Montante tipo C 13x13x252
1	Montante tipo T 13x13x252
3	Montante tipo L 13x13x252
6	Montante tipo H 13x13x252
2	Montante maciço



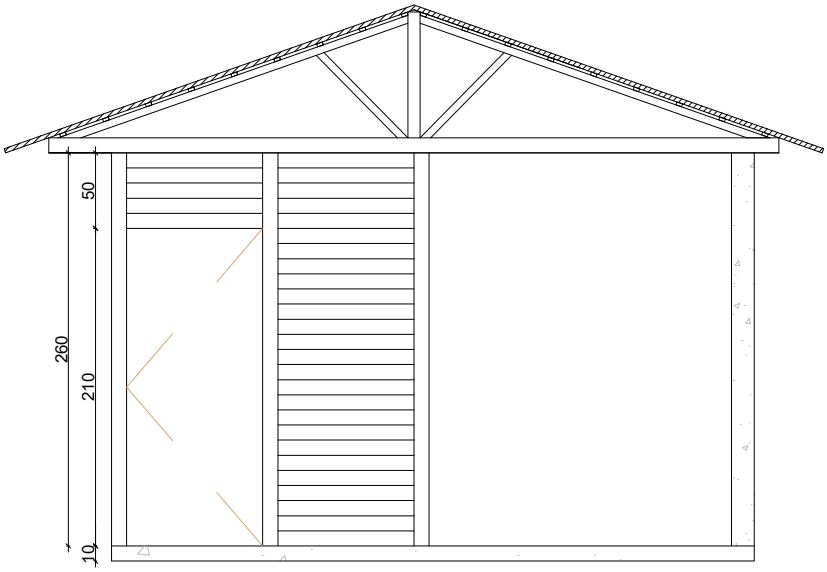
Zona Neutra

5 Planta Baixa Coordenada

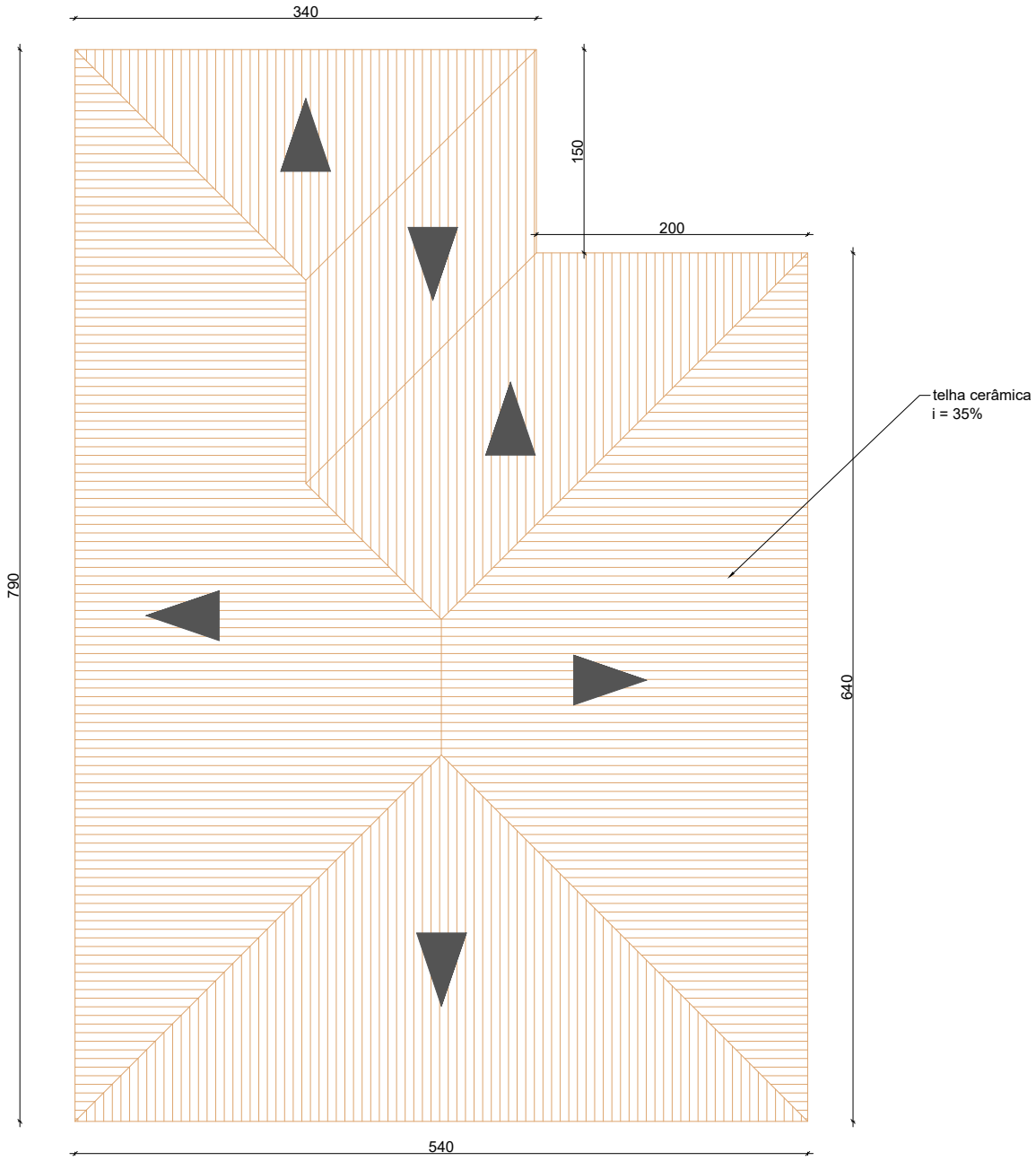
ESC 1:50 cotas em cm



6 CORTE A-A - Tipologia Coordenada
ESC 1:50 cotas em cm



7 Corte B-B - Tipologia Coordenada
ESC 1:50 cotas em cm



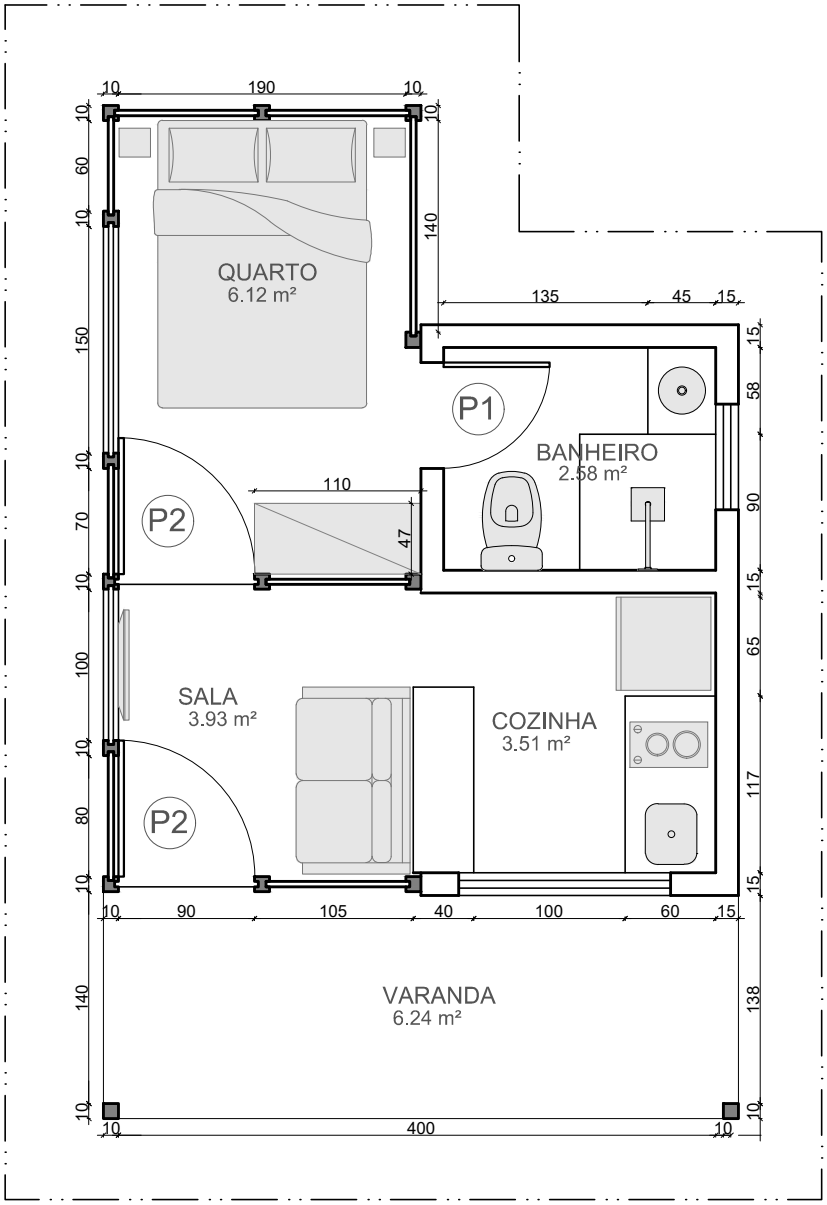
8 DIAGRAMA DE COBERTURA - COORDENADA

ESC 1:50 cotas em cm

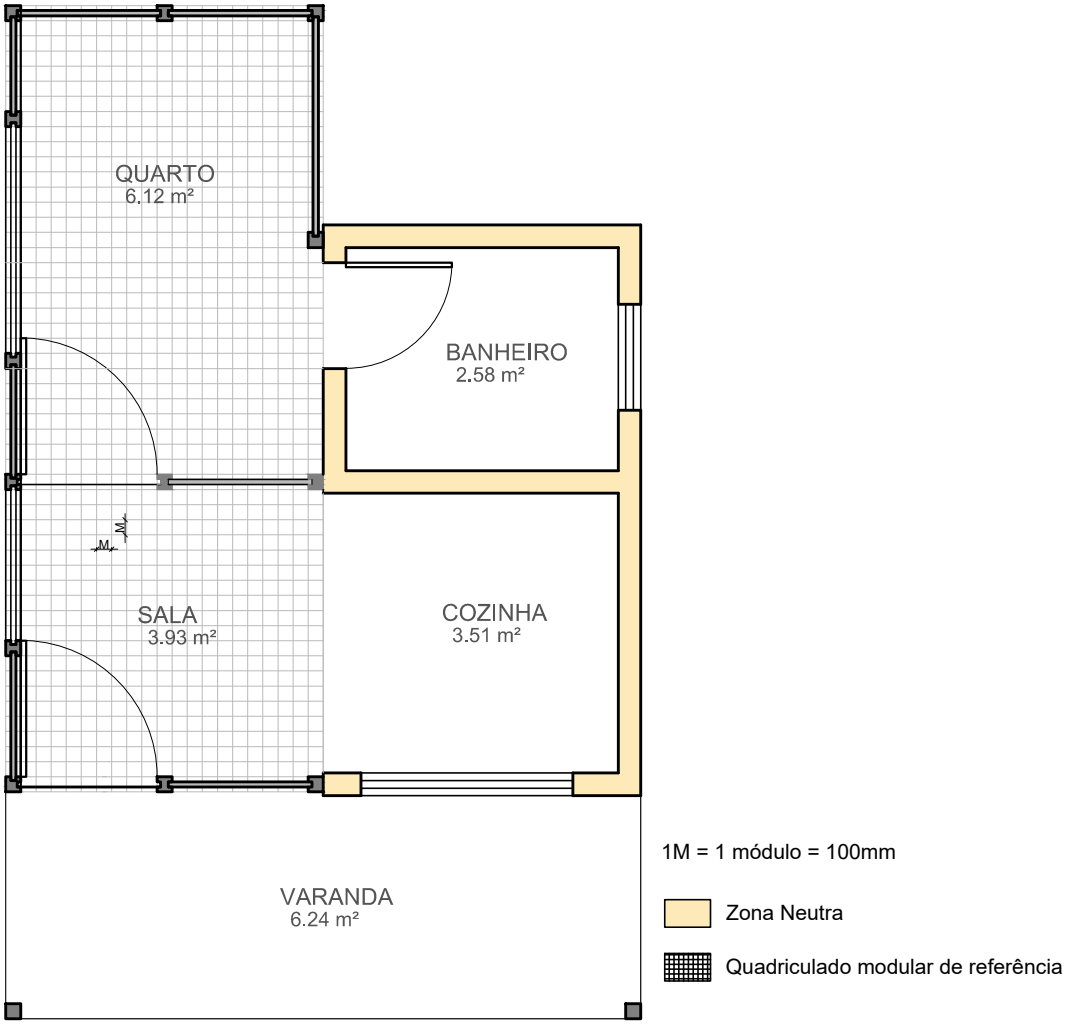
Tabela de esquadrias	
	Identificação
P1	70X210
P2	90X210
J1	150 X150 / 80
J2	100 X150 / 80
J3	70 X 50 /150
J4	140 X140 / 80

Tabela peças/módulos coordenados	
RIPAS	
Qtd.	Identificação (LxAxP)
83	Ripa 90x10x3,5
26	Ripa 60x10x3,5
11	Ripa 150x10x3,5
26	Ripa 70x10x3,5
26	Ripa 80x10x3,5
11	Ripa 100x10x3,5
26	Ripa 140x10x3,5

Tabela peças/módulos coordenados	
MONTANTES	
Qtd.	Identificação
1	Montante tipo C 10x10x260
2	Montante tipo T 10x10x260
1	Montante tipo L 10x10x260
3	Montante tipo H 10x10x260
2	Montante maciço 10X10X260

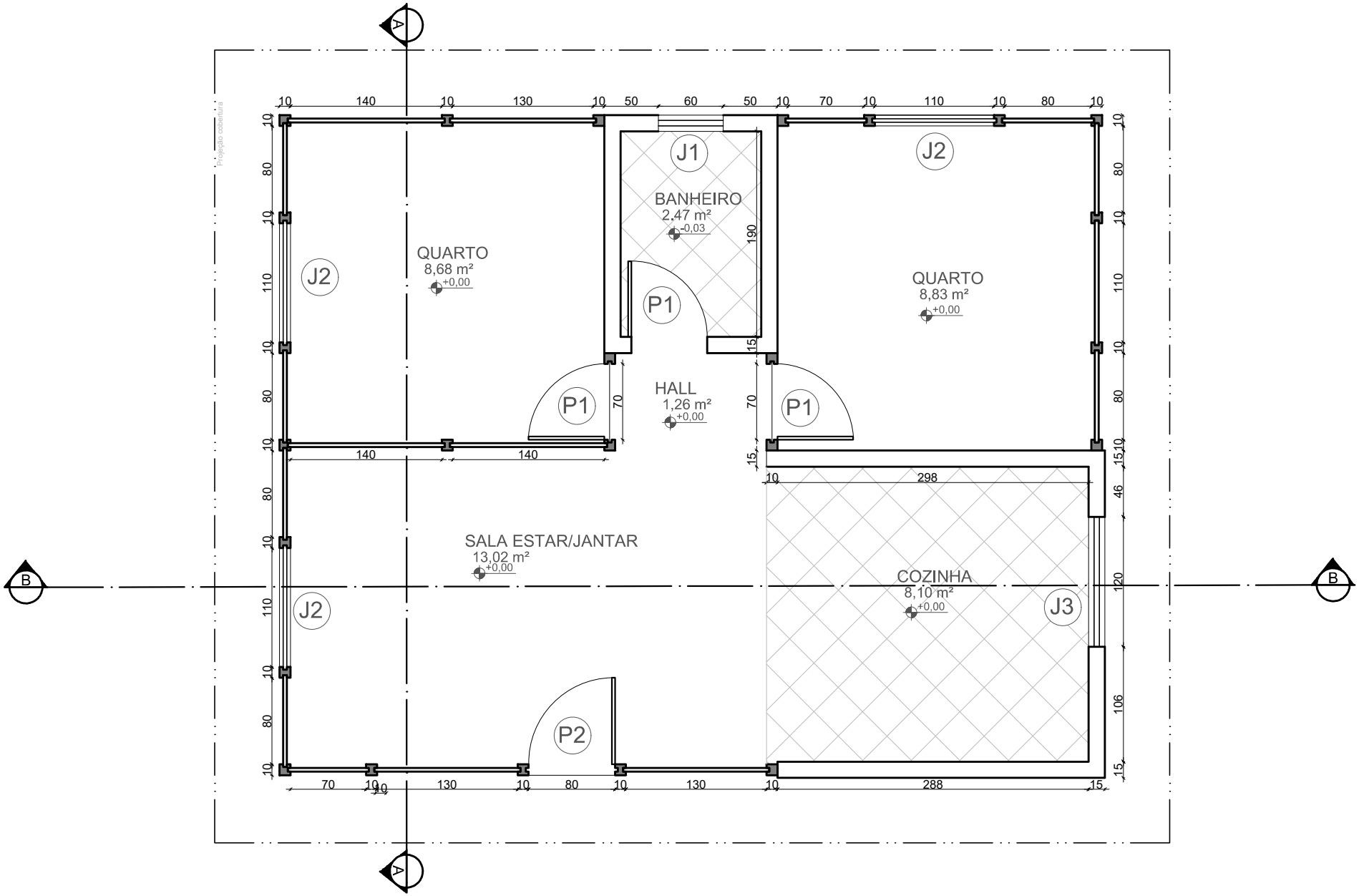


9 LAYOUT - Tipologia Coordenada
ESC 1:50 cotas em cm



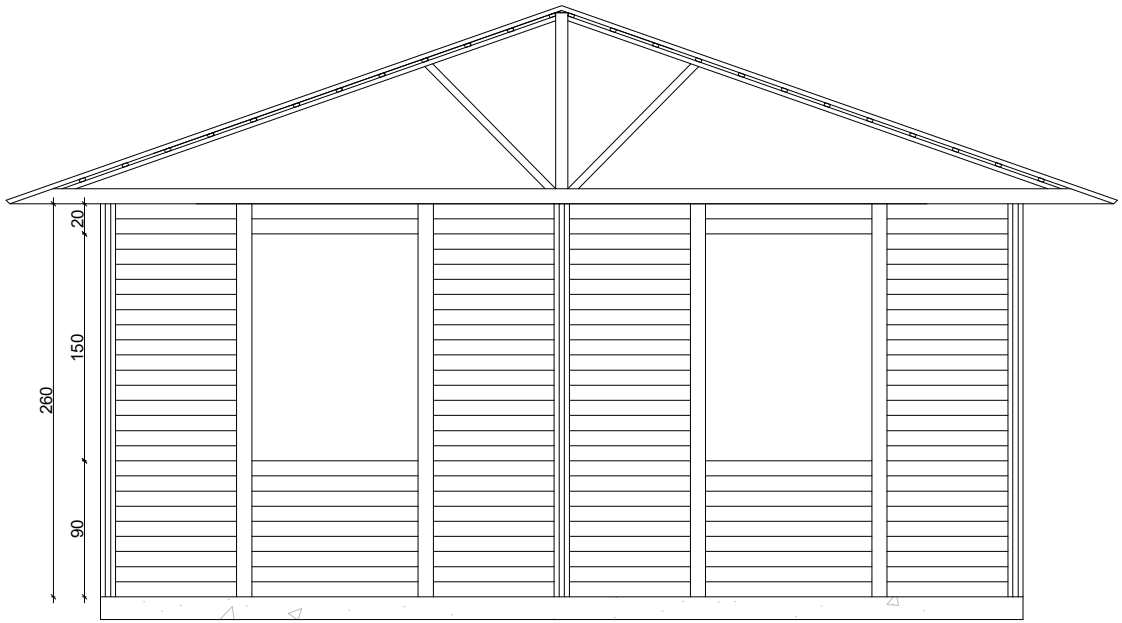
Desenho esquemático
ESC 1:50

APÊNDICE O - PLANTA BAIXA TIPOLOGIA DESENVOLVIDA



10 Planta Baixa tipologia desenvolvida
ESC 1:50 cotas em cm

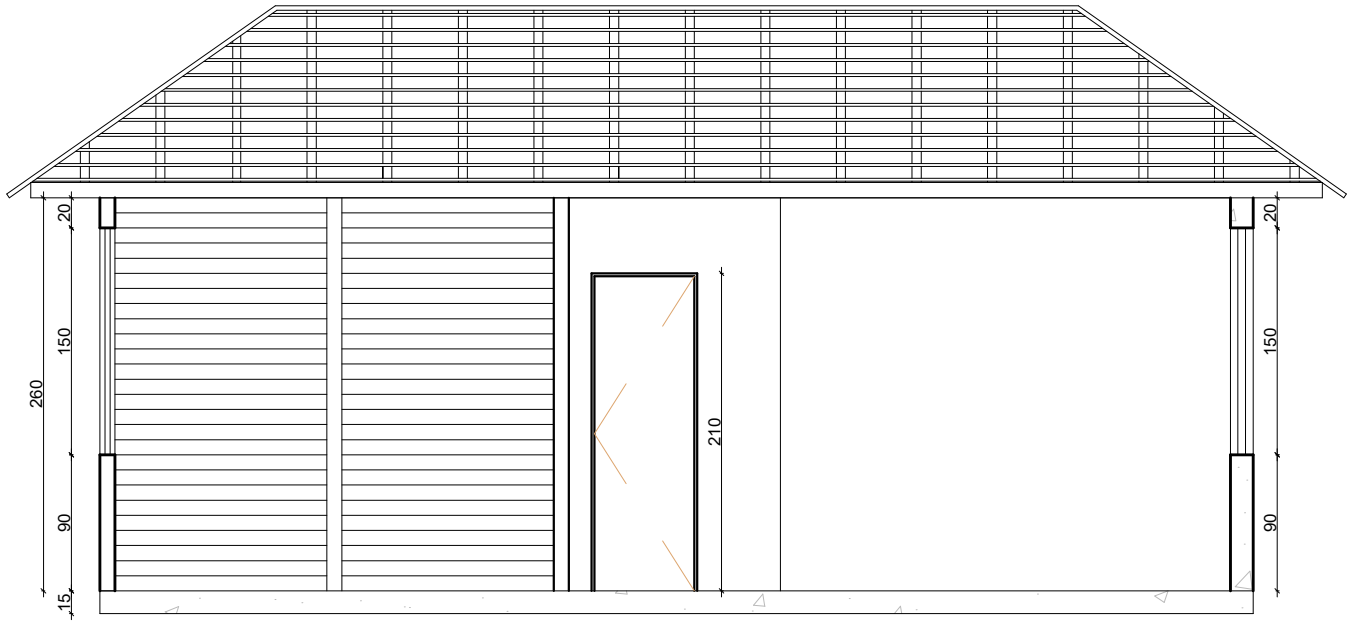
APÊNDICE P - CORTE A-A TIPOLOGIA DESENVOLVIDA



11 CORTE A-A - Tipologia desenvolvida

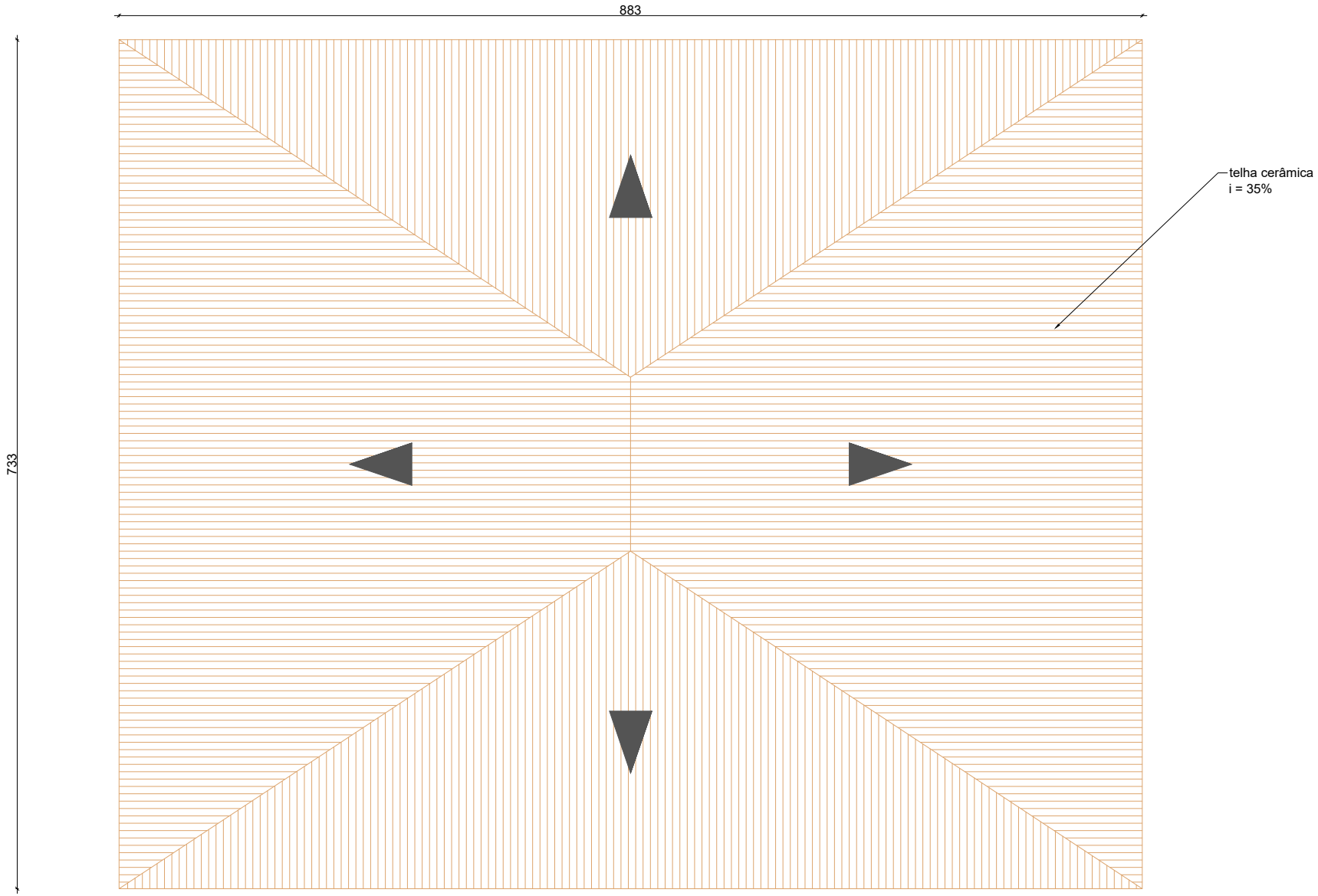
ESC 1:50 cotas em cm

APÊNDICE Q - CORTE B-B TIPOLOGIA DESENVOLVIDA



12 CORTE B-B - Tipologia desenvolvida
ESC 1:50 cotas em cm

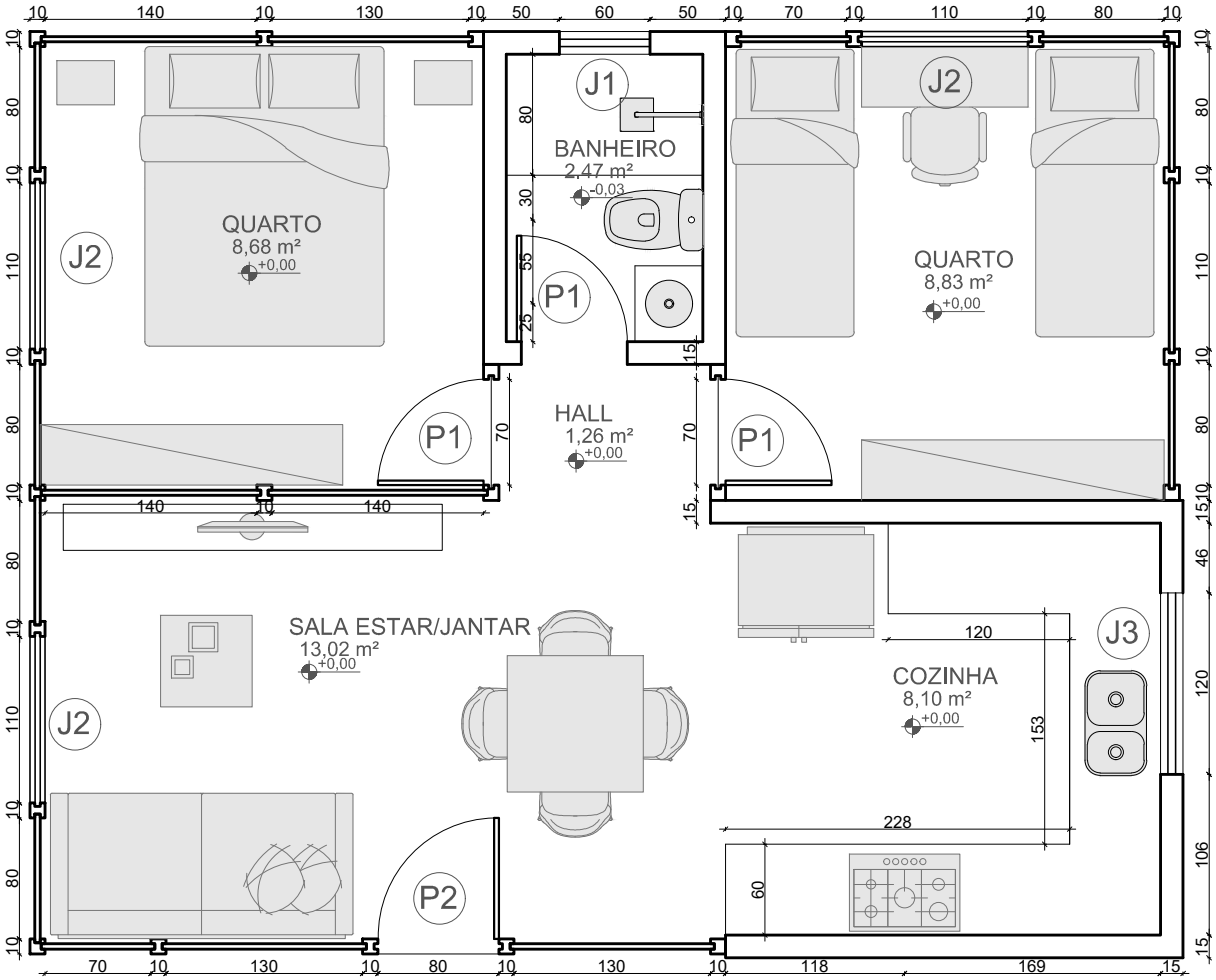
APÊNDICE R - DIAGRAMA DE COBERTURA TIPOLOGIA DESENVOLVIDA



13 DIAGRAMA DE COBERTURA - Tipologia desenvolvida

ESC 1:50 cotas em cm

APÊNDICE S - LAYOUT SUGERIDO TIPOLOGIA DESENVOLVIDA



14 LAYOUT - Tipologia desenvolvida
ESC 1:50 cotas em cm

Tabela de esquadrias	
	Identificação
P1	70X210
P2	80X210
J1	60 X 60 / 150
J2	110 X150 / 90
J3	120 X150 / 90