



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
CAMPUS MARCO ZERO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Saiara Brito Ferreira

**Caracterização, Concepção e Estimativa de Custo do sistema de fôrmas de
madeira de três obras de pequeno porte na cidade de Macapá - AP.**

Macapá - AP
2024

Saiara Brito Ferreira

Caracterização, Concepção e Estimativa de Custo do sistema de fôrmas de madeira de três obras de pequeno porte na cidade de Macapá - AP.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Campus Marco Zero da Universidade Federal do Amapá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Jamil José Salim Neto, Dr.
Coorientador: Prof. Jair José dos Santos Gomes, Me.

Macapá - AP

2024

Saiara Brito Ferreira

Caracterização, Concepção e Estimativa de Custo do sistema de fôrmas de madeira de três obras de pequeno porte na cidade de Macapá - AP.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil.

Macapá, 15 de março de 2024.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Jamil José Salim Neto, Dr.
Orientador



Prof. Adenilson Costa de Oliveira, Me.
Universidade Federal do Amapá



Prof. Hédio José Carneiro de Souza, Me.
Universidade Federal do Amapá



Prof. José Vitor Borges de Assis, Me.
Universidade Federal do Amapá

Macapá - AP, 2024.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

F383c Ferreira, Saiara Brito.

Caracterização, Concepção e Estimativa de Custo do sistema de fôrmas de madeira de três obras de pequeno porte na cidade de Macapá - AP. / Saiara Brito Ferreira. - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico. 126 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá. Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Macapá, 2024.

Orientador: Jamil José Salim Neto.

Coorientador: Jair José dos Santos Gomes.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Fôrma. 2. Escoramento. 3. Sistema de fôrma. I. Salim Neto, Jamil José, orientador. II. Gomes, Jair José dos Santos, coorientador. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 674.02

FERREIRA, Saiara Brito. Caracterização, Concepção e Estimativa de Custo do sistema de fôrmas de madeira de três obras de pequeno porte na cidade de Macapá - AP. Orientador: Jamil José Salim Neto. Coorientador: Jair José dos Santos Gomes. 2024. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2024.

Aos meus pais que sempre se dedicaram a me ensinar as boas virtudes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me deu forças e tranquilidade para concluir o curso, mesmo diante de tantas dificuldades. A minha família, que sempre me apoiou e orientou a cada passo da minha vida e se esforçou durante toda ela, pra me dar o melhor.

Aos meus pais, que através dos seus lindos ensinamentos, aprendi que ser estudiosa e investir na educação é uma das maiores virtudes.

A minha irmã, um dos meus alicerces, que sempre me apoiou e confiou nos meus sonhos me incentivou para seguir o melhor caminho.

Agradeço aos meus amigos que, em momentos de dúvidas, foram essenciais para o meu aprendizado. Agradeço, principalmente, aos momentos de dificuldades, pois precisamos passar por eles para sermos “maiores”, e através deles aprendi que Deus está no controle de todas as coisas.

Aos professores Jamil José Salim Neto e Jair José dos Santos Gomes, pela orientação e dedicação na realização deste trabalho.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil, que durante todos esses anos contribuíram para a minha formação profissional e pessoal. Aos meus colegas de classe, que compartilharam conhecimento e experiências que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O atual cenário e a competitividade nas quais a construção civil se insere, empregar e promover o desenvolvimento de novas tecnologias são aspectos indispensáveis para qualquer empresa do ramo. O objetivo comum das empresas da construção civil é, sem dúvida, a otimização dos custos, dos prazos e uma busca por mão de obra qualificada.

Levando isso em consideração, explorar estudos sobre fôrmas, que são estruturas temporárias e servem para dar forma ao concreto fresco, é de extrema importância, pois além de exercer influência direta na qualidade da estrutura da edificação, também tem direta participação no custo total da estrutura e, por consequência, na construção como um todo.

Esta pesquisa tem como objetivo realizar um estudo para conhecer os sistemas de fôrmas de obras residenciais de pequeno porte, para estruturas de concreto armado na cidade de Macapá-AP. A partir de visitas realizadas a três obras que estão sendo realizadas na cidade propõe-se fazer a verificação dos sistemas de fôrmas adotados e seus materiais utilizados; além de elaborar uma estimativa de custo para fôrma e escoramento de laje, viga e pilar.

Os resultados apontaram que o sistema de fôrmas de obras de pequeno porte realizadas na cidade de Macapá-AP, não tem o estudo necessário, o mesmo ainda é executado de forma primitiva considerando, prioritariamente, as experiências de mestres de obras e carpinteiros.

Palavras-chave: fôrma; escoramento; sistema de fôrma.

ABSTRACT

The current scenario and competitiveness within which the construction industry operates make it imperative for companies in the field to employ and promote the development of new technologies. The common objective of construction companies is undoubtedly the optimization of costs, timelines, and the pursuit of qualified labor.

Taking this into consideration, exploring studies on formwork, which are temporary structures used to shape fresh concrete, it's extremmely. Not only do they have a direct impact on the quality of the building structure, but they also play a significant role in the total cost of the structure and, consequently, in the construction as a whole.

This research aims to conduct a study to understand the formwork systems for small residential construction projects using reinforced concrete in the city of Macapá-AP. Through visits to three ongoing projects in the city, the goal is to verify the adopted formwork systems and their materials, as well as to create a cost estimate for formwork and shoring of slabs, beams, and columns.

The results showed that the formwork systems of small works carried out in the city of Macapá-AP does not have the necessary study, it is still executed in a primitive way considering, primarily, the experiences of master builders and carpenters.

Keywords: formwork; shoring; formwork systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado...	20
Figura 2 – Madeira serrada.....	22
Figura 3 – Chapa de compensado resinado.....	23
Figura 4 – Chapa de compensado plastificado.....	24
Figura 5 –Planta baixa- Obra A.....	31
Figura 6 –Edícula- Obra A.....	31
Figura 7 –Isometria 1- Obra A.....	32
Figura 8 –Isometria 2- Obra A.....	32
Figura 9 –Detalhe executivo dos pilares- Obra A.....	33
Figura 10 –Detalhe executivo das vigas- Obra A.....	34
Figura 11 – Conjunto do sistema de fôrma da Obra A.....	35
Figura 12 –Conjunto do sistema de fôrma da Obra A.....	35
Figura 13 – Sistema de fôrma do pilar.....	36
Figura 14 – Elementos da fôrma do pilar.....	37
Figura 15 – Espaçamento entre os elementos da fôrma do pilar.....	37
Figura 16 – Sistema de fôrma do pilar.....	38
Figura 17 – Vista superior da fôrma do pilar - Obra A.....	39
Figura 18 – Perspectiva da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.....	40
Figura 19 – Detalhe da perspectiva da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.....	41
Figura 20 – Vista lateral da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.....	41
Figura 21 – Sistema de fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.....	42
Figura 22 – Fôrma da viga - Obra A.....	43
Figura 23 – Espaçamento entre os sarrafos da viga - Obra A.....	43
Figura 24 – Peças da madeira serrada utilizada para o escoramento da viga.....	44
Figura 25 – Travamento das faces laterais da viga.....	44
Figura 26 – Posicionamento dos caibros.....	45
Figura 27 – Espaçamento entre dos caibros verticais da viga.....	45
Figura 28 – Escoramento lateral da viga.....	46
Figura 29 – Perspectiva do sistema de fôrma da viga (V1) 14x40 cm - Obra A....	47
Figura 30 – Seção transversal da viga.....	48
Figura 31 –Detalhe da fôrma das faces laterais.....	49
Figura 32 –Perspectiva 01 do sistema de fôrma da laje maciça- Obra A.....	50
Figura 33 –Perspectiva 02 do sistema de fôrma da laje maciça- Obra A.....	50
Figura 34 – Fôrma da laje.....	51
Figura 35 – Escoramento da laje.....	51
Figura 36 – Escoramento da laje.....	52

Figura 37 – Espaçamento entre os sarrafos.....	52
Figura 38 – Vista lateral da maior dimensão da laje.....	53
Figura 39 – Transversinas adotadas na obra.....	53
Figura 40 – Medida do caibro e sarrafo.....	54
Figura 41– Maquete eletrônica - Obra B.....	61
Figura 42 – Fachada Frontal - Obra B.....	61
Figura 43 – Layout Térreo - Obra B.....	62
Figura 44 – Layout superior - Obra B.....	63
Figura 45 – Obra realizada pela Obra B.....	64
Figura 46 – Perspectiva - Obra B.....	64
Figura 47 – Fôrma do pavimento laje - Obra B.....	68
Figura 48 – Fôrma do pavimento laje - Obra B.....	70
Figura 49 – Fôrma do pavimento caixa d' água - Obra B.....	71
Figura 50 – Fôrmas dos pilares Obra B.....	72
Figura 51 – Perspectiva da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.....	73
Figura 52 – Detalhe da perspectiva da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm - Obra B..	74
Figura 53– Vista superior fôrma pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.....	74
Figura 54– Vista lateral fôrma pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.....	75
Figura 55 – Fôrma da viga Obra B.....	76
Figura 56 – Escoramento da viga Obra B.....	76
Figura 57 – Fôrma e escoramento da viga Obra B.....	77
Figura 58 – Escoramento lateral da liga Obra B.....	77
Figura 59 – Perspectiva do sistema de fôrma da viga (VCX1) 12x40 cm - Obra B... 78	78
Figura 60 – Seção transversal da viga (VCX1) - Obra B.....	79
Figura 61 – Vista lateral do sistema de fôrma da viga (VCX1)- Obra B.....	80
Figura 62 – Escoramento da laje da Obra B.....	81
Figura 63 – Detalhamento do escoramento da laje da Obra B.....	81
Figura 64 – Escoramento da laje L32 da Obra B.....	82
Figura 65 – Perspectiva 01 escoramento da laje L32.....	83
Figura 66 – Perspectiva 02 escoramento da laje L32.....	83
Figura 67 – Vista lateral do escoramento da laje L32.....	84
Figura 68 – Vista lateral do escoramento da laje L32.....	84
Figura 69 – Vista lateral do escoramento da laje L32.....	85
Figura 70 – Vista lateral do escoramento da laje L32.....	85
Figura 71 – Layout Térreo - Obra C.....	93
Figura 72 – Layout Superior- Obra C.....	93
Figura 73 – Planta de fôrma Pav. Fundação- Obra C.....	94
Figura 74 – Planta de fôrma Pav. Superior- Obra C.....	96

Figura 75 – Planta de fôrma Pav. Cobertura- Obra C.....	98
Figura 76 – Fôrma do pilar obra C.....	100
Figura 77 – Travamento lateral do pilar Obra C.....	100
Figura 78 – Espaçamento entre os sarrafos - obra C.....	101
Figura 79 – Perspectiva fôrma do pilar P1 do pavimento fundação - Obra C.....	102
Figura 80 – Detalhe da perspectiva fôrma do pilar P1 do pavimento fundação - Obra C.....	103
Figura 81 – Vista superior da fôrma do pilar (P1) - Obra C.....	103
Figura 82 – Vista lateral da fôrma do pilar (P1) - Obra C.....	104
Figura 83 – Fôrma lateral da viga - Obra C.....	105
Figura 84– Travamento lateral da viga- Obra C.....	105
Figura 85 – Fôrmas e escoramentos das vigas - obra C.....	106
Figura 86 – Perspectiva viga 15x40 - obra C.....	107
Figura 87 – Seção transversal da viga 15x40 - obra C.....	108
Figura 88 – Vista lateral da viga 15x40 - obra C.....	109
Figura 89 – Escoramento da laje da obra C.....	110
Figura 90 – Escoramento da laje da obra C.....	110
Figura 91 – Perspectiva 01 do escoramento da laje L3- obra C.....	111
Figura 92 – Perspectiva 02 do escoramento da laje L3- obra C.....	112
Figura 93 – Planta baixa do escoramento da laje L3- obra C.....	113
Figura 94 – Vista lateral 01 laje L3- obra C.....	113
Figura 95 – Vista lateral 02 laje L3- obra C.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões das peças de madeiras serrada.....	22
Tabela 2- Pilares - Obra A.....	33
Tabela 3- Vigas - Obra A.....	33
Tabela 4 - Estimativa de custo Pilar- Obra A.....	55
Tabela 5 - Estimativa de custo Viga- Obra A.....	57
Tabela 6 - Estimativa de custo Laje maciça - Obra A.....	58
Tabela 7 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra A.....	59
Tabela 8 - CUB m ² para Projetos - padrão residencial.....	60
Tabela 9 - Pilares pavimento baldrame- Obra B.....	65
Tabela 10 - Vigas pavimento baldrame- Obra B.....	66
Tabela 11 - Pilares pavimento laje- Obra B.....	66
Tabela 12 - Vigas pavimento laje- Obra B.....	67
Tabela 13 - Pilares pavimento cobertura- Obra B.....	69
Tabela 14 - Vigas pavimento cobertura- Obra B.....	69
Tabela 15 - Vigas pavimento caixa d' água- Obra B.....	71
Tabela 16 - Estimativa de custo Pilar - Obra B.....	87
Tabela 17 - Estimativa de custo Viga - Obra B.....	89
Tabela 18 - Estimativa de custo Laje Pré-moldada - Obra B.....	90
Tabela 19 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra B.....	91
Tabela 20 - Pilares pavimento fundação- Obra C.....	95
Tabela 21 - Vigas pavimento fundação- Obra C.....	95
Tabela 22 - Pilares pavimento superior- Obra C.....	97
Tabela 23 - Vigas pavimento superior- Obra C.....	97
Tabela 24 - Pilares pavimento cobertura- Obra C.....	98
Tabela 25 - Vigas pavimento cobertura- Obra C.....	99
Tabela 26 - Estimativa de custo Pilar - Obra C.....	115
Tabela 27 - Estimativa de custo Viga - Obra C.....	117
Tabela 28 - Estimativa de custo Laje Pré-moldada - Obra C.....	119
Tabela 29 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra C.....	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estimativa de custo dos elementos estruturais - Obra A.....	59
Gráfico 2 - Custo total da estrutura - Obra A.....	60
Gráfico 3 - Custo/m ² do pilar - Obra A - Obra B.....	87
Gráfico 4 - Custo/m ² da viga - Obra A - Obra B.....	89
Gráfico 5 - Custo/m ² da laje - Obra A - Obra B.....	91
Gráfico 6 - Custo total da estrutura - Obra B.....	92
Gráfico 7 - Custo/m ² do pilar - Obra A - Obra B - Obra C.....	116
Gráfico 8 - Custo/m ² da viga - Obra A - Obra B - Obra C.....	118
Gráfico 9 - Custo/m ² da laje - Obra A - Obra B - Obra C.....	120
Gráfico 10 - Custo total da obra C.....	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo Geral.....	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO.....	19
2.2 FÔRMAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	20
2.3 FÔRMAS DE MADEIRA.....	21
2.3.1 Materiais usuais para a produção de fôrma de madeira.....	21
2.3.2 Dimensionamento de fôrmas de madeira.....	24
3 METODOLOGIA.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 REVISÃO DA LITERATURA.....	30
4.2 OBRA A.....	30
4.2.1 Caracterização.....	32
4.2.2 Concepção.....	36
4.2.3 Estimativa de custo.....	53
4.3 OBRA B.....	61
4.3.1 Caracterização.....	64
4.3.2 Concepção.....	72
4.3.3 Estimativa de custo.....	86
4.4 OBRA C.....	92
4.4.1 Caracterização.....	94
4.4.2 Concepção.....	99
4.4.3 Estimativa de custo.....	114
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	124
ANEXO A – Valores médios de madeira dicotiledôneas nativas e de florestamento.....	126

1 INTRODUÇÃO

A fôrma é um método construtivo praticado desde tempos primórdios, o mesmo vem sofrendo diversas modificações, renovações e surgimento de novos tipos, requer grande atenção nas construções, pois é nessa fase que inicia todo o processo da estrutura em concreto armado e com isso passa a ser referência para os demais serviços, exigindo um grau de excelência adotado em toda a obra além de estar diretamente ligada à qualidade, prazo e custo da obra.

Segundo a NBR 15696, fôrmas são “[...] estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante” (ABNT, 2009)

De acordo com Salgado (2014), as fôrmas para concreto armado devem satisfazer alguns requisitos de ordem geral como, ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto e ter a resistência necessária para não se deformarem sensivelmente sob a ação dos esforços que vão suportar, isto é, sob a ação conjunta do peso próprio, do peso e pressão do concreto fresco, do peso das armaduras e das cargas acidentais. Além disso, devem possuir também rugosidade superficial que assegure o acabamento adequado à peça a ser concretada.

“A importância das fôrmas para concreto na concepção, na execução e nos custos da estrutura de um edifício, justifica plenamente um estudo detalhado do seu dimensionamento e a melhor escolha dos materiais” (NAZAR, 2007). De acordo com Assahi (2005) o custo das fôrmas equivale a 5% a 8% do custo total de um empreendimento.

Nazar (2007) afirma que, um mal dimensionamento das fôrmas pode causar ao longo do período de execução, fissuras, as quais podem comprometer o desempenho e a durabilidade da estrutura de concreto armado. No geral, de acordo com Nazar (2007), na construção civil as fôrmas de madeira, geralmente compostas por chapas de compensado resinado, seja resinado ou plastificado, tábuas e pontaletes, são as mais utilizadas dentre os materiais que podem compor um sistema de fôrmas, por apresentarem características que atendem às especificações com o menor custo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar a caracterização do sistema de fôrmas de madeira voltadas para três edificações residenciais de pequeno porte, realizadas na cidade de Macapá-AP, demonstrando os procedimentos de concepção e estimativa de custo do sistema de fôrmas de madeira para pilares, vigas e lajes construídos em concreto armado.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realização de estudo bibliográfico sobre sistemas de fôrma de madeira em obra de construção civil;
- Realização de visitas técnicas em três obras residenciais de pequeno porte para caracterização dos sistemas utilizados para confecção de fôrmas de madeira em estruturas de concreto armado;
- Realização de uma estimativa de custo dos sistemas de fôrmas de madeira utilizados nas três obras residenciais e comparar com a do dimensionamento realizado.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa de se fazer a caracterização do sistema de fôrmas de madeira de três edificações residenciais de pequeno porte, realizadas na cidade de Macapá-AP, reside no fato que na maioria das universidades a temática dos sistemas de fôrmas é aplicada de maneira breve e sem aprofundamento.

Dessa forma, a procura por essas informações se torna difícil, no entanto, são de grande valor ao mercado da construção civil. Dentre os custos totais de uma edificação, as fôrmas podem atingir valores bastante expressivos, sendo que se o sistema for estudado e adaptado ao mercado, certamente será possível obter uma relação de custo menor do que o atual.

Outra justificativa, refere-se ao fato da madeira ser o material mais utilizado nos sistemas de fôrmas das obras na cidade de Macapá-AP.

1.3 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente trabalho delimita-se ao estudo de três obras residências de diferentes empresas, todas situadas na cidade de Macapá-AP, para que se possa ter

comparativos entre as técnicas de execução dos sistemas de fôrmas de madeira, concepção e estimativa de custos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos e anexo. Sucintamente tem-se o seguinte:

- Capítulo 1: o primeiro capítulo é composto por introdução, objetivos: geral e específicos, justificativa, delimitação do trabalho, estrutura do trabalho;
- Capítulo 2: o segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica do tema. O referencial teórico discorre sobre estrutura de concreto armado; fôrmas para estrutura de concreto armado; fôrma de madeira;
- Capítulo 3: o terceiro capítulo descreve as etapas que foram seguidas para o desenvolvimento do estudo de caso;
- Capítulo 4: o quarto capítulo é composto por descrição das visitas de campo e apresenta os resultados e discussões das visitas realizadas;
- Capítulo 5: neste quinto capítulo serão discutidas as considerações finais referentes ao trabalho de conclusão de curso realizado, finalizando-se tal capítulo com a sugestão de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo abordam-se definições e conceitos gerais sobre os sistemas de fôrmas para estruturas em concreto armado.

2.1 ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

De acordo com Clímaco (2016), nas construções da Antiguidade, os materiais estruturais mais empregados foram, nesta ordem: a pedra e a madeira e, mais tarde, as ligas metálicas.

Clímaco (2016), afirma que um grande avanço ocorreu com o desenvolvimento dos chamados materiais aglomerantes, que endurecem em contato com a água, e tornaram possível a fabricação de uma pedra artificial, denominada concreto ou betão (nome usado em Portugal, com denominação semelhante em francês)

Segundo Carvalho (2009), o concreto tem em sua composição básica os seguintes elementos: Água; Cimento; e, Agregados.

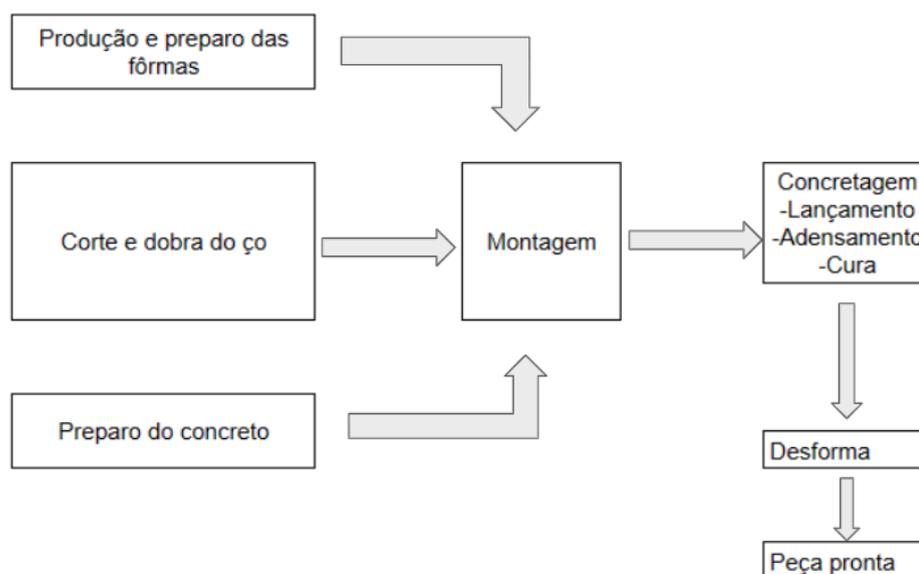
Com o objetivo de encontrar uma solução para a resistência limitada à tração do concreto, particularmente nas peças submetidas à flexão, surgiu o concreto armado, da busca de um material estrutural que associasse à pedra artificial um componente com resistência satisfatória à tração, denominado armadura, (Clímaco; 2016).

De acordo com Souza (2016), o concreto armado é um material composto pela associação do concreto e barras de aço neles inseridas, de modo a constituir um sólido único do ponto de vista mecânico, quando submetido a ações externas.

Clímaco (2016), nomeia uma estrutura com um conjunto das partes consideradas resistentes de uma edificação.

A Figura 1 apresenta um esquema genérico para a produção de estruturas de concreto armado a partir dos serviços que a compõem, ajudando a perceber como eles estão distribuídos.

Figura 1 – Esquema genérico da produção de elementos de concreto armado.



Fonte: Adaptado pela Autora com base em SENAI (1998).

2.2 FÔRMAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

De acordo com Freire; Souza (2001), sistema de fôrmas consiste em um conjunto de componentes, combinados em harmonia, com o objetivo de atender às funções de:

- moldar o concreto;
- conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar por si só;
- proporcionar à superfície do concreto a textura requerida;
- servir de suporte para o posicionamento da armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos;
- servir de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;
- servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem, devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio, além das de serviço, tais como pessoas, equipamentos e materiais;
- proteger o concreto novo contra choques mecânicos; e
- limitar a perda de água do concreto, facilitando a cura.

Segundo Azevedo (2008), o seu início nos canteiros de obras data-se no fim da década de 60, com o objetivo principal de otimização dos custos através da melhoria da produtividade e do menor consumo de materiais com aumento do número de reaproveitamento dos mesmos.

2.3 FÔRMAS DE MADEIRA

Para Moliterno (1989) apud Salvador (2013), a produção de fôrmas para estruturas de concreto, têm a madeira como o material mais utilizado no Brasil.

O emprego da madeira no sistema de fôrmas para estruturas de concreto armado é generalizado, o que a torna a principal matéria-prima no preparo de fôrmas, devido principalmente à sua fácil aquisição e trabalhabilidade e, também, por ser mais acessível às empresas de médio e pequeno porte (SALGADO, 2009; PAESE, 2012).

É renovável e com baixo consumo energético para processamento e pode ser obtida em grandes quantidades a um preço relativamente baixo. A usinagem é significativamente mais simples do que a do concreto ou aço, pode ser trabalhada com ferramentas e equipamentos simples, apresentando facilidade no seu desdobramento e transformação, além de permitir fáceis ligações e emendas entre os elementos estruturais.

2.3.1 Materiais usuais para a produção de fôrma de madeira

Os materiais usuais para a produção do sistema de fôrmas convencionais nas obras da cidade de Macapá-AP são madeira serrada, chapas de madeira compensada e os pregos.

Segundo Pfeil (1987), a madeira serrada é comumente a madeira com maior utilização na construção civil. Seu processo de fabricação se baseia no corte padronizado de troncos em serrarias (Figura 2).

Figura 2 – Madeira serrada.



Fonte: Caixa – Ficha de especificação técnica de insumos, 2024.

As peças de madeira utilizadas em estruturas devem ser produzidas em dimensões recomendadas para que evitem fendilhamento ou flexibilidade em excesso. Essas dimensões devem estar de acordo com a ABNT NBR 7190:2022.

A NBR 14807:2002 Peças de madeira serrada - Dimensões, especifica as dimensões de peças de madeira serrada, para uso geral, por meio de intervalos de valores como podemos observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Dimensões das peças de madeiras serrada.

Nome da peça	Espessura (mm)	Largura(mm)
Pranchão	De 71 a 161	161 e acima
Prancha	De 39 a 70	161 e acima
Pranchinha	38	100 e acima
Viga	De 40 a 80	De 81 a 160
Caibro	De 40 a 80	De 50 a 80
Tábua	De 10 a 37	100 e acima
Sarrafo	De 21 a 39	De 20 a 99
Ripa	De 10 a 20	De 20 a 50
Ripão	De 15 a 20	De 51 a 70
Pontalete	De 70 a 80	De 70 a 80
Quadrado	25	25
Quadrado	Lado: 100 e acima	

Fonte: NBR 14807 (ABNT, 2002).

A madeira compensada é colada e composta por lâminas que podem variar de 1,5 a 5 cm de espessura. O adesivo de colagem dessas lâminas segundo Morikawa (2003) é de origem sintética (fenolformaldeído, resorcinolformaldeído) e tem função de ligar as camadas. O volume de adesivo não deve ultrapassar 1% do volume total do composto. O estudioso enfatiza que é de suma importância a qualidade do adesivo, sendo fundamental para as características de resistência e elasticidade da chapa.

Segundo Maranhão (2000) os compensados resinados (Figura 3) recebem em sua superfície a aplicação de uma resina fenólica líquida, que é estendida sobre a mesma. As faces laterais também recebem esta aplicação. O autor destaca ainda que este processo é mais simplificado e mais barato.

Figura 3 – Chapa de compensado resinado.



Fonte: Caixa – Ficha de especificação técnica de insumos, 2024.

A chapa de compensado plastificado (Figura 4), segundo Costa Junior e Filho (2008) possui suas faces revestidas com filme fenólico, sob forma de filme. As laterais também são totalmente seladas com resina do tipo epóxi ou similar, a prova d'água. Dessa forma, segundo Maranhão (2000) obtém-se do compensado plastificado uma vida útil muito elevada, comparado ao painel resinado, sendo seu reaproveitamento em média de 15 utilizações por face de cada chapa.

Figura 4 – Chapa de compensado plastificado.



Fonte: Caixa – Ficha de especificação técnica de insumos, 2024.

2.3.2 Dimensionamento de fôrmas de madeira

O dimensionamento tem como finalidade garantir segurança, assegurar condições de utilização, oferecer durabilidade, proteger do fogo, limitar os deslocamentos, limitar e redistribuir os esforços e considerar o grau de monolitismo das estruturas.

A ABNT NBR 15696:2009 (Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamentos e procedimentos executivos), especifica que o sistema de fôrma e escoramento deve ser projetado e construído obedecendo à sua Seção 6 e às prescrições das ABNT NBR 7190:2022 e ABNT NBR 8800:2008, quando se tratar de estruturas de madeira ou metálicas, respectivamente.

Em caso de uso de outro material, utilizar a norma correspondente.

Segundo Nazar (2007, p. 98), para entender tal dimensionamento, se faz necessário compreender alguns conceitos básicos.

- Estados limites: São os estados assumidos pela estrutura, a partir dos quais apresenta desempenhos inadequados às finalidades da construção;
- Estados limites últimos: São os que por sua simples ocorrência determinam a paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção;
- Estados limites de utilização: São os que, por sua ocorrência, repetição ou duração, causam efeitos estruturais que não respeitam as condições

especificadas para o uso normal da construção, ou que são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura;

- Ações permanentes: São as que apresentam pequena variação durante praticamente toda a vida da construção;
- Ações variáveis: Ao contrário das ações permanentes, apresentam variação significativa durante a vida da construção;
- Ações excepcionais: São as que apresentam duração extremamente curta e com baixa probabilidade de ocorrência durante a vida da construção;

A ABNT NBR 15696:2009 recomenda que o cálculo de resistência deve ser feito pelo método estados-limites. O método de tensões admissíveis pode ser aplicado em caráter transitório, desde que o fator de segurança usado assegure o atendimento das mesmas condições dos estados-limites.

O Método dos estados limites afirma que solicitação de projeto tem que ser menor que a resistência de projeto, sendo que a solicitação de projeto sofre tratamento baseado na majoração das ações e das combinações das ações.

De acordo com a norma, para o Estados-limites Últimos deve-se verificar se o valor de cálculo da ação é menor que a resistência de projeto.

$$F_d \leq R_d \quad (1)$$

$$\text{sendo: } R_d = \frac{R_k}{\gamma_w}$$

onde:

R_d é a resistência de projeto;

R_k é a resistência característica do material;

F_d é o valor de cálculo da ação;

γ_w é o coeficiente de ponderação do material.

A mesma afirma, que embora fôrmas e escoramentos sejam de caráter provisório, as combinações de cargas a serem consideradas devem ser provenientes de construções normais, dadas por:

$$F_d = \gamma_Q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j,ef} F_{Qj,k} \right] \quad (2)$$

onde

$F_{Qj,k}$ representa o valor característico da ação variável considerada como principal para a situação transitória; $\psi_{0j,ef}$ é igual ao fator ψ_{0j} adotado nas combinações normais e tomado como 1,0 e $\gamma_Q = 1,4$, ou seja: $F_d = 1,4 \left[\sum_{j=1}^n F_{Qj,k} \right]$

A norma afirma que o valor de cálculo f_d de qualquer propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico f_k , pela expressão:

$$F_d = k_{mod} \frac{f_{ik}}{\gamma_w} \quad (3)$$

onde

f_{ik} é o valor característico para diversos esforços;

i, γ_w é o coeficiente de minoração das propriedades da madeira;

$k_{mod} = k_{mod,1} * k_{mod,2} * k_{mod,3}$ é o coeficiente de modificação, que leva em conta influências não consideradas por γ_w , conforme ABNT NBR 7190.

Para o caso de fôrmas, a NBR 15696:2009 alega que o coeficiente parcial de modificação $k_{mod,1}$, que leva em conta a classe de carregamento e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,9, considerando que a ação variável é de curta duração; o coeficiente parcial de modificação $k_{mod,2}$, que leva em conta a classe de umidade e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,8 para madeira maciça e 1,0 para madeira industrializada; o coeficiente parcial de modificação $k_{mod,3}$, que leva em conta a sua classificação, pode ser adotado igual a 0,8.

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de compressão paralela às fibras tem o valor básico $\gamma_{wc} = 1,4$.

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de cisalhamento tem o valor básico $\gamma_{wv} = 1,8$.

Para a compressão perpendicular às fibras considera-se apenas 25 % do valor da compressão paralela às fibras.

Portanto, para o caso de fôrmas, obtêm-se os seguintes valores de cálculo f_d :

- compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira maciça:

$$f_d = 0,411 * f_{ck} \quad (4)$$

- compressão perpendicular às fibras para madeira maciça:

$$f_d = 0,103 * f_{ck} \quad (5)$$

- compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira industrializada:

$$f_d = 0,514 * f_{ck} \quad (6)$$

- compressão perpendicular às fibras para madeira industrializada:

$$f_d = 0,129 * f_{ck} \quad (7)$$

- cisalhamento para madeira maciça:

$$f_d = 0,320 * f_{vk} \quad (8)$$

- cisalhamento para madeira industrializada:

$$f_d = 0,400 * f_{vk} \quad (9)$$

Estados-limites de utilização são os estados que, pela sua ocorrência, repetição ou duração, provoquem efeitos incompatíveis com as condições de uso da estrutura, tais como: deslocamentos excessivos, vibrações e deformações permanentes.

A condição para dimensionamento é:

$$u_{total} \leq u_{lim} \quad (10)$$

onde:

u_{total} é a máxima flecha que ocorre no elemento, calculada com carga de peso próprio do concreto e sobrecarga de 1,0 kN/m², sem aplicação de coeficiente de segurança;

u_{lim} é a deformação-limite,

onde $u_{lim} = 1 + \frac{L}{500}$ (em milímetros)

Entende-se por vão entre apoios (L) a distância entre os apoios de cada elemento estrutural do escoramento ou fôrma estudada.

Para o cálculo do cisalhamento nas vigas e flambagem nos postes do escoramento para estruturas de madeira, o cálculo deve ser feito conforme ABNT NBR 7190:2022. O presente trabalho não irá realizar o dimensionamento do sistema

de fôrmas, devido à ausência de dados científicos com os valores médios das propriedades de rigidez e resistência das madeiras pracuúba e virola.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho se classifica como estudo de caso na forma de que os dados coletados são advindos das visitas realizadas nos canteiros de obras selecionados, onde tais dados serão tratados com o objetivo acadêmico de constituir uma pesquisa exploratória com a finalidade de apresentar análises e discussões.

O estudo de caso trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1996; BERTO; NAKANO, 2000). Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido (MATTAR, 1996), visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria.

A principal tendência em todos os tipos de estudo de caso, é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados (YIN, 2001).

Esta pesquisa seguirá as seguintes etapas:

- Revisão da literatura: é um processo sistemático de busca, análise e descrição de estudos relevantes em uma determinada área de conhecimento, tem como objetivo principal reunir, sintetizar e avaliar a informação já publicada sobre um assunto específico, a fim de fornecer uma base teórica sólida para a pesquisa em questão.
- Visita à obra: se visitará à obra para identificar através de registros fotográficos e anotações o sistema de fôrma usado, assim como, seus materiais.
- Caracterização: vai se nomear os elementos constituintes do sistema de fôrma para pilar, viga e laje.
- Concepção: serão elaborados detalhamentos das fôrmas com materiais e cimbramentos usuais empregados, abrangendo as materialidades, dimensões e espaçamentos.
- Estimativa de custo: será feito o levantamento de custo direto do material adotado para o sistema de fôrma da obra e para o sistema dimensionado de acordo com a ABNT NBR 15696:2009.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 REVISÃO DA LITERATURA

Nessa etapa foi realizado o processo de busca, análise e descrição do conhecimento sobre os sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado, com o objetivo de analisar as possibilidades presentes na literatura para a construção de um referencial teórico.

A pesquisa foi realizada primeiramente no site Google Scholar, onde pesquisou-se por “Fôrma de madeira para estrutura em concreto armado” e obteve-se mais de 18 mil resultados, destes selecionou-se 12 arquivos, dos quais 10 abordavam somente sobre as fôrmas para pilares e vigas, o que resultou em um número bem reduzido de arquivos sobre o sistema de fôrma para laje, com isso, optou-se por pesquisa novamente por “Fôrma de madeira para laje maciça e pré-moldada” e obteve-se mais de 3 mil resultados.

Na sequência foram selecionados 5 arquivos sobre fôrma para lajes. Após a seleção desses 17 arquivos, a pesquisa foi realizada no repositório institucional das universidades onde esses os arquivos selecionados foram publicados.

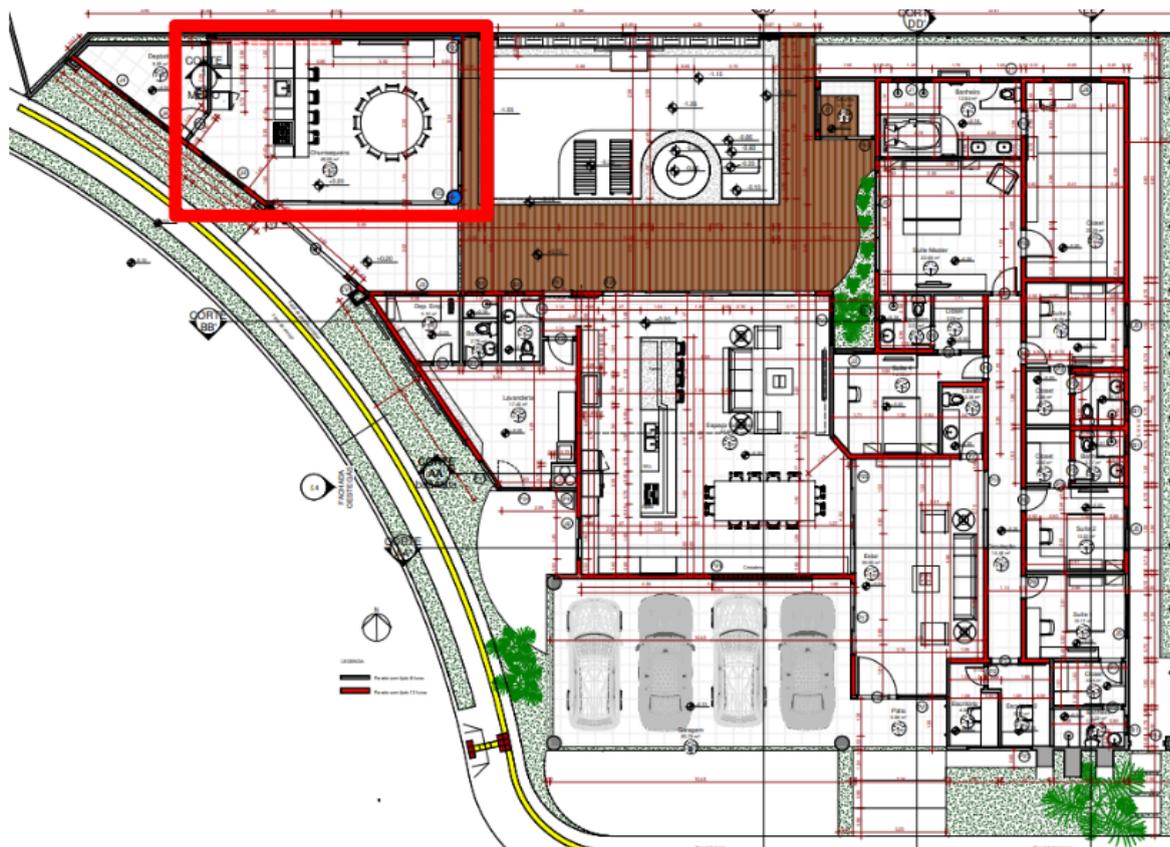
O repositório institucional é um acervo aberto, que permite que as instituições de ensino compartilhem as informações geradas pelos seus docentes, discentes e pesquisadores.

Ao final da pesquisa obteve-se 7 teses de doutorado; 8 monografias de pós-graduação, 12 dissertação de mestrado.

4.2 OBRA A

A obra A, tratava-se de uma reforma/ampliação de uma edificação residencial com estruturas em concreto armado. A Figura 5 apresenta a planta baixa da edificação, a área destacada pelo retângulo vermelho é área de reforma/ampliação, uma edícula com 61,94 m².

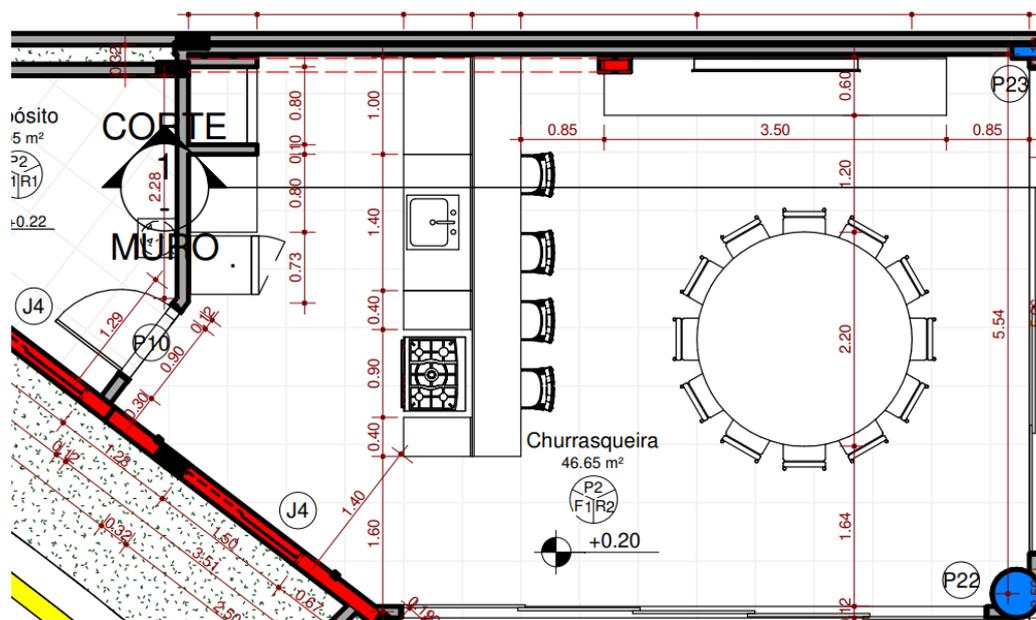
Figura 5 –Planta baixa- Obra A.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

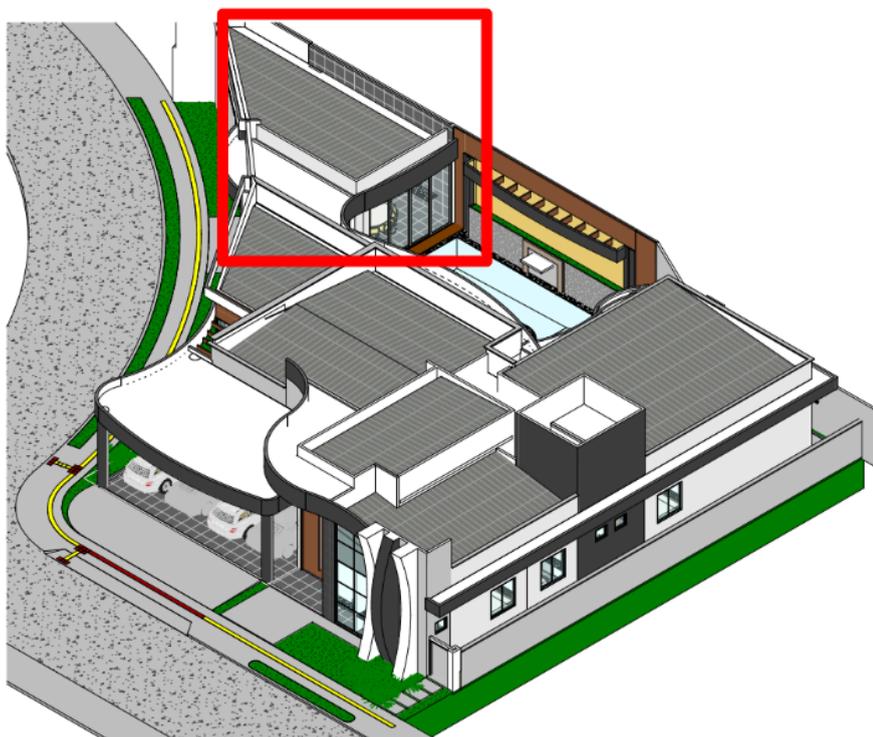
A Figura 6 evidencia com mais detalhes a planta baixa da edícula e as Figuras 7 e 8 apresentam as isometrias.

Figura 6 –Edícula- Obra A.



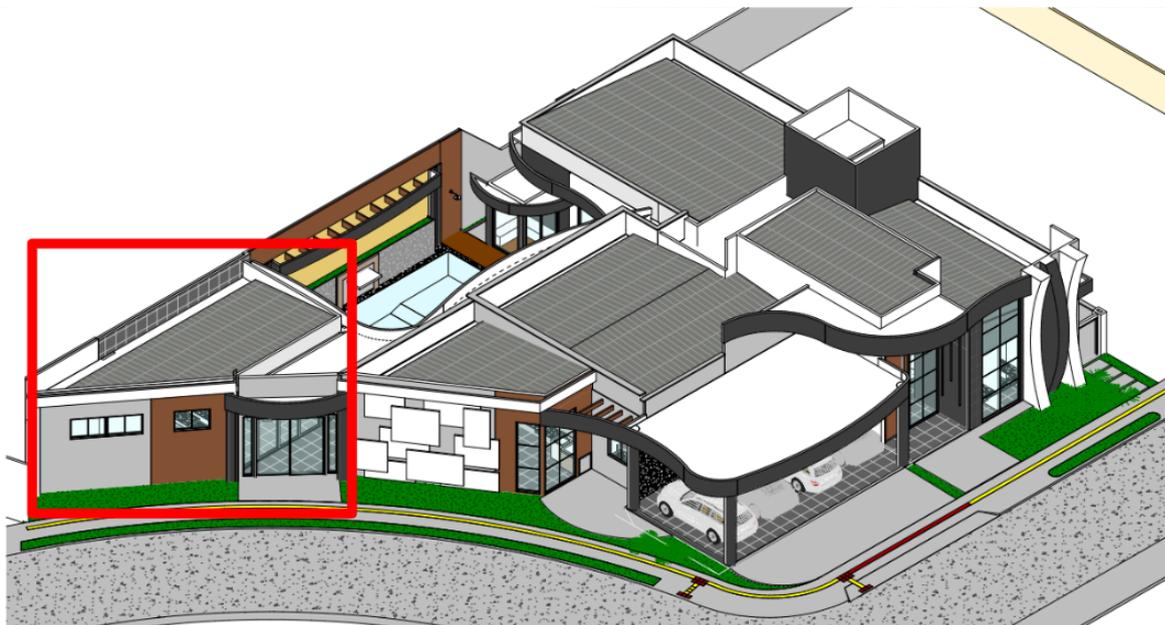
Fonte: Acervo pessoal (2024).

Figura 7 –Isometria 1- Obra A.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Figura 8 –Isometria 2- Obra A.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

4.2.1 Caracterização

A obra A teve sua estrutura construída em concreto armado. Com se tratava de uma reforma/ampliação, já havia uma estrutura existente que foi incorporada à nova

estrutura da edícula. A nova estrutura contava com 3 pilares (Tabela 2) com seção 23x60 cm, totalizando uma área de fôrma de 18,33 m².

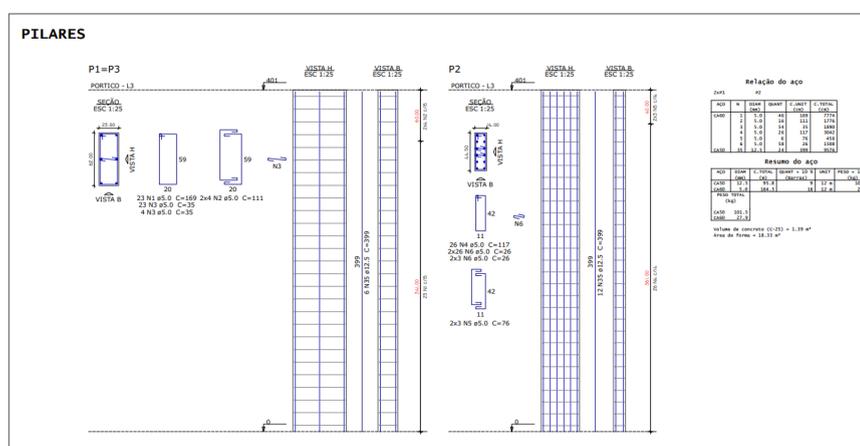
Tabela 2- Pilares - Obra A.

Nome	Seção
P1	23x60
P2	23x60
P3	23x60

Fonte: Acervo pessoal (2024).

A Figura 9 apresenta o detalhe executivo dos pilares existentes na obra.

Figura 9 –Detalhe executivo dos pilares- Obra A.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Assim como 5 vigas (Tabela 3), 2 com seção de 14x40cm e 3 com seção de 14x60 cm, contabilizando uma área de fôrma de 32,52 m².

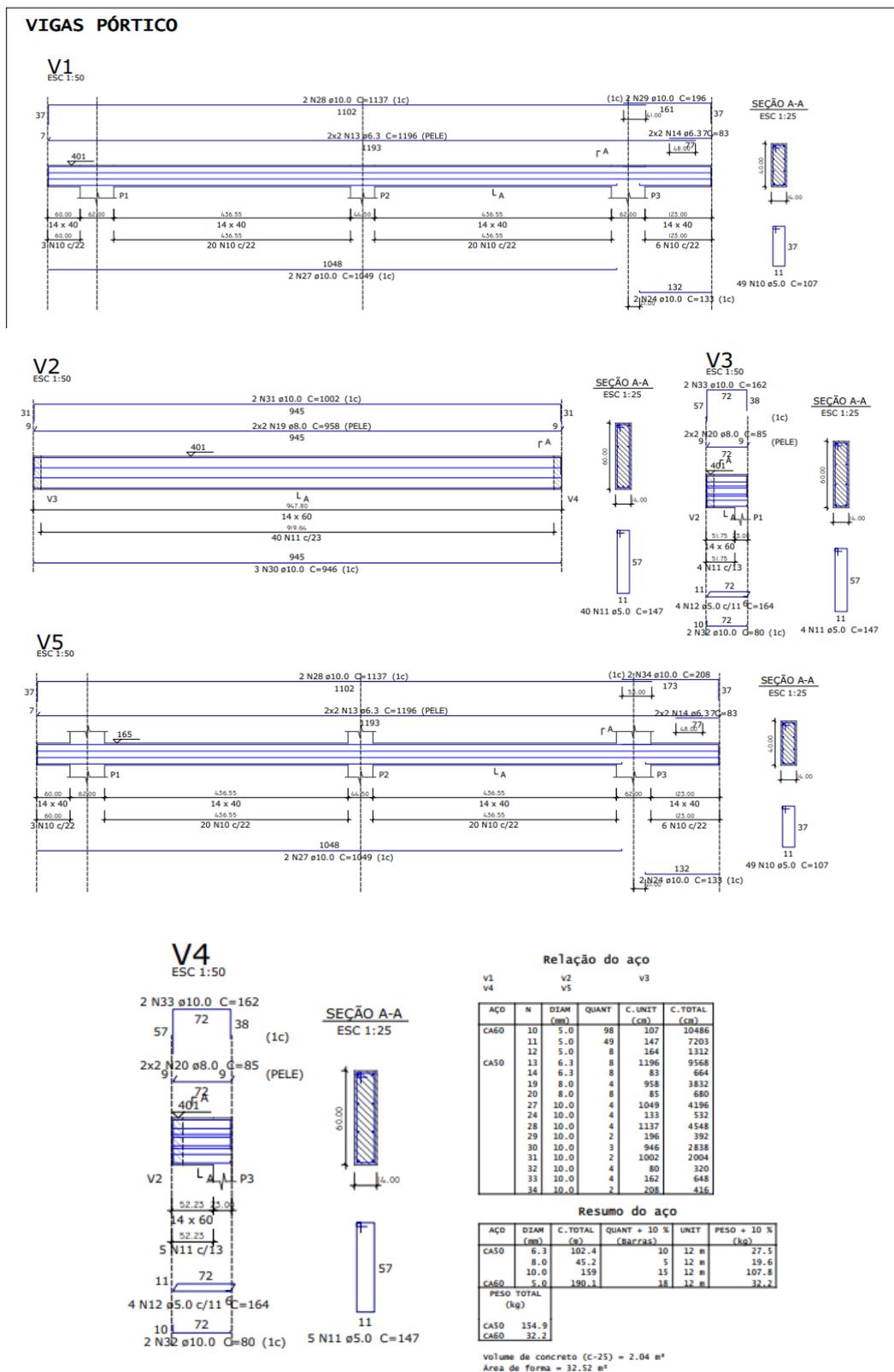
Tabela 3- Vigas - Obra A.

Nome	Seção
V1	14x40
V2	14x60
V3	14x60
V4	14x60
V5	14x40

Fonte: Acervo pessoal (2024).

A Figura 10 apresenta o detalhe executivo das vigas existentes na obra.

Figura 10 –Detalhe executivo das vigas- Obra A.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Bem como uma laje maciça com 12 cm de altura e uma área de fôrma total de 36,74 m².

Através de medições, conversas com carpinteiros, mestre de obra, engenheiro civil juntamente com análises de fotos tiradas durante a visita, foi levantado os detalhes de cimbramento, escoramento e materiais adotados no sistema de fôrma para estruturas de concreto armado de pilar, viga e laje.

As Figuras 11 e 12 apresentam o conjunto completo do sistema de fôrma para todas as estruturas em concreto armado.

Figura 11 – Conjunto do sistema de fôrma da Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 12 –Conjunto do sistema de fôrma da Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

A madeira utilizada na obra foi madeira serrada das espécies virola e pracuúba e também a madeira compensada.

Os materiais levantados de acordo com a nomenclatura utilizada na obra estão listados a seguir:

- Madeirite resinado $e=6\text{mm}$;
- Tábua de virola 14 cm x 2 cm, com 4 m comprimento;
- Pernamanca (pracuúba) 4,0 cm x 7,0 cm, com 4 m comprimento;
- Ripão (pracuúba) 4 cm x 4 cm, com 4 m comprimento;
- Prego 2,5" x 3 x 9 mm.

Para a etapa seguinte, que será a concepção, iremos renomear as peças de madeira serrada utilizadas na obra de acordo com a Tabela 1. A pernamanca iremos chamar de sarrafo; o ripão de caibro; a tábua de virola permanecerá com a nomenclatura de tábua e o madeirite de madeira compensada.

4.2.2 Concepção

Nesta etapa foram verificados os elementos utilizados e suas respectivas distâncias para criar detalhamentos de pilar, viga e laje, visando representar características usuais empregadas.

De acordo com carpinteiro responsável pelo planejamento e execução do sistema de fôrma, para a fôrma dos pilares foi empregada a madeira compensada de 6 mm e tábua de virola, sarrafo ao longo da altura, espaçados de 45 cm e caibros espaçados 10 cm dos sarrafos. A Figura 13 apresenta o sistema de fôrma do pilar.

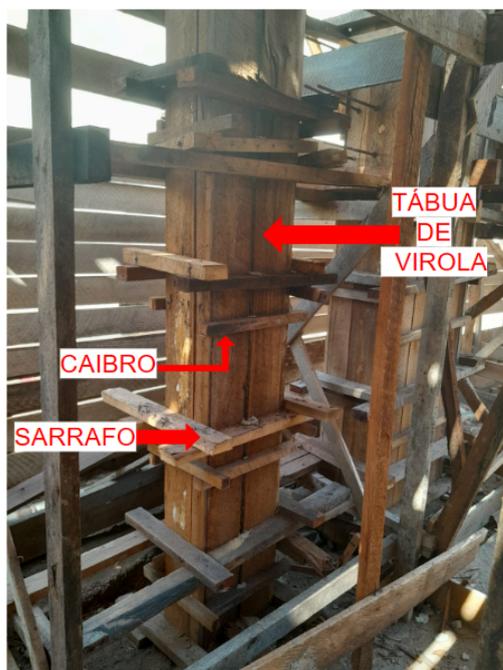
Figura 13 – Sistema de fôrma do pilar.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 14 apresenta as peças da madeira utilizada para compor a fôrma do pilar, tem-se a tábua de virola, a madeira compensada (está embaixo da tábua de virola), o caibro de prauúba 4x4 cm e o sarrafo de prauúba de 4x7 cm.

Figura 14 – Elementos da fôrma do pilar.



Fonte: Aatoria própria (2024)

Na Figura 15, tem-se as distâncias utilizadas entre os elementos, os sarrafos estão espaçados 45 cm entre si e o caibro 10 cm do sarrafo.

Figura 15 – Espaçamento entre os elementos da fôrma do pilar.



Fonte: Aatoria própria (2024)

Durante a conversa com o carpinteiro foi informado que as distâncias entre os elementos foi padronizado e repetida para todos os pilares existentes.

Na Figura 16, observa-se visualmente que não há uma padronização na distribuição dos caibros ao longo da altura do pilar, alguns estão fixados nas quatro faces, outros apenas nas duas maiores, e pode-se observar ainda, caibros inclinados. Constatase que durante a execução não houve o cuidado de seguir os espaçamentos preestabelecidos.

Figura 16 – Sistema de fôrma do pilar.

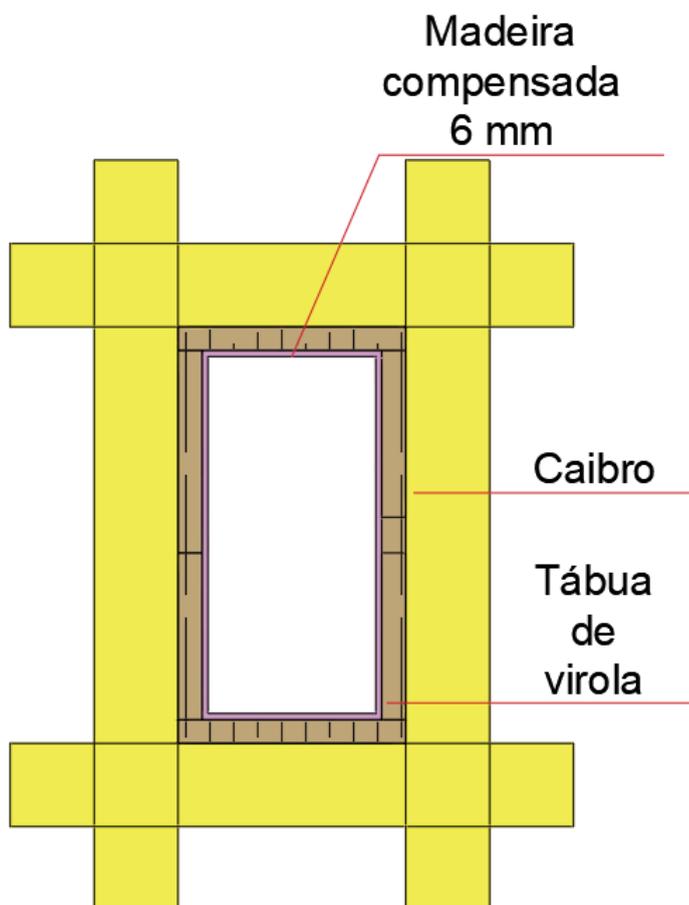


Fonte: Autoria própria (2024)

No sistema de fôrma dos pilares não foi adicionado a janela de concretagem cuja a função é facilitar a vibração evitando a desagregação do concreto, responsável pela formação de vazios nas peças concretadas "bicheiras".

Na Figura 17, tem-se a vista superior do sistema de fôrma do pilar, com seus elementos devidamente identificados.

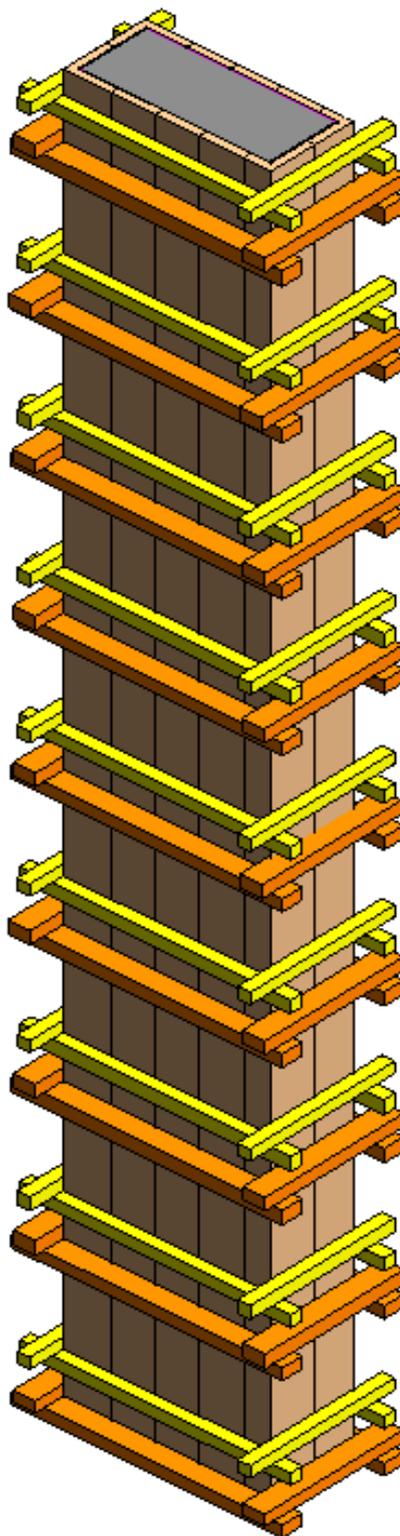
Figura 17 – Vista superior da fôrma do pilar - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 18, apresenta como se daria a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para o pilar (P1) 23x60 cm (Tabela 2) com 3,85 metros de altura, de acordo com as medidas estabelecidas pelo carpinteiro.

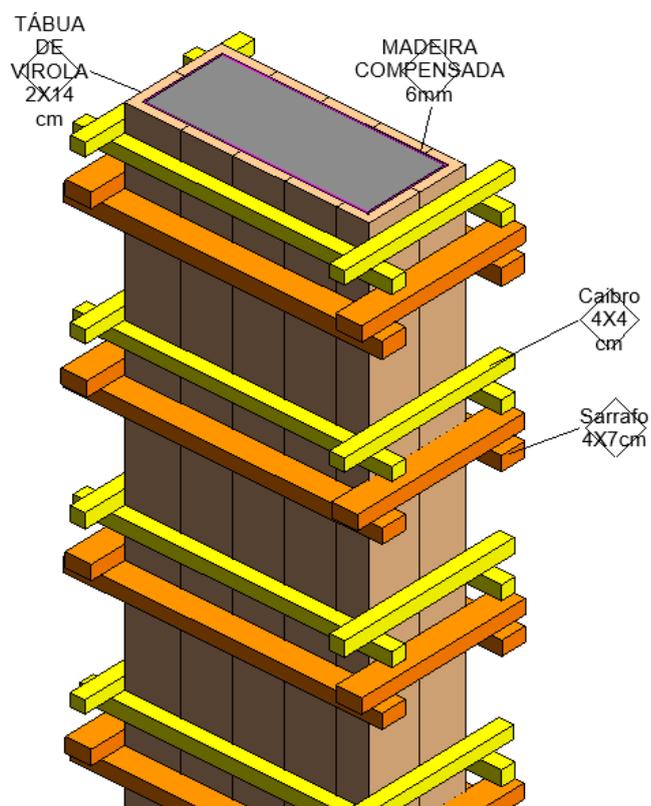
Figura 18 – Perspectiva da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 19 evidencia a nomenclatura de cada elemento que compõem o sistema de fôrma do pilar.

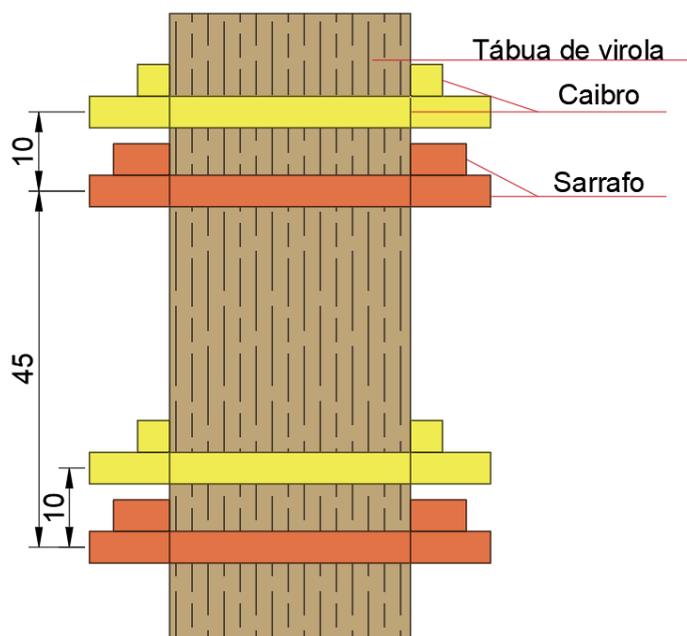
Figura 19 – Detalhe da perspectiva da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figura 20, observa-se as distâncias entre os sarrafos de 45 cm e também do caibro até o sarrafo de 10 cm.

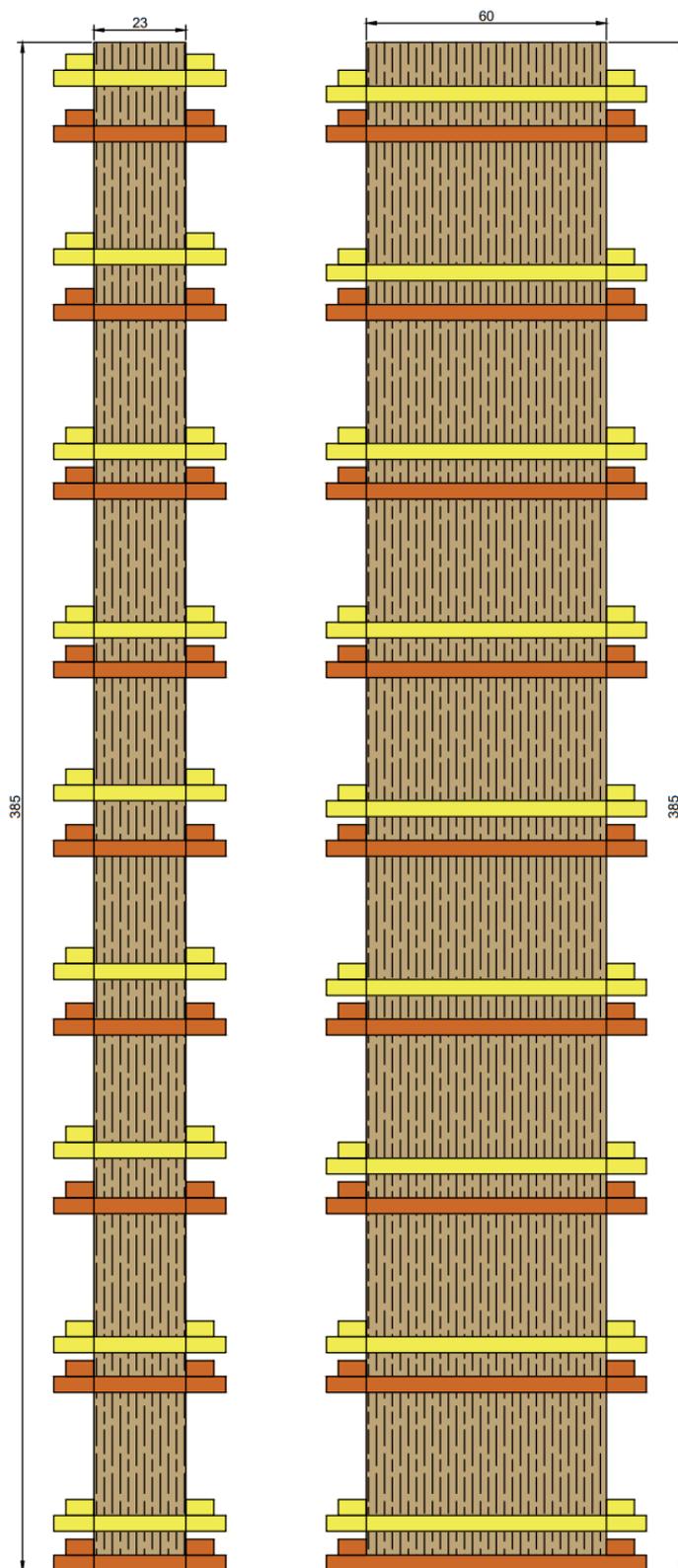
Figura 20 – Vista lateral da fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figura 21, tem-se a vista lateral da fôrma do pilar (P1) 23x60 cm (Tabela 2), na maior e menor dimensão.

Figura 21 – Sistema de fôrma do pilar (P1) 23x60 - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para as vigas foi empregado como fôrma a madeira compensada de 6 mm e tábuas de virola (Figura 22).

Figura 22 – Fôrma da viga - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

O escoramento foi feito com peças em formato de garfos, com dois sarrafos de pracuúba 4x7cm, espaçados 1,20 metros (Figura 23) ao longo do comprimento da viga, que foram fixados com duas tábuas de virola (Figura 24), essa distribuição se repete na metade da altura do sarrafo e no nível do piso.

Figura 23 – Espaçamento entre os sarrafos da viga - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 24 – Peças da madeira serrada utilizada para o escoramento da viga.



Fonte: Autoria própria (2024)

O travamento das faces laterais (Figura 25) utilizam-se caibros, espaçados 45 cm e mais dois caibros, um em cada borda ao longo de toda a viga.

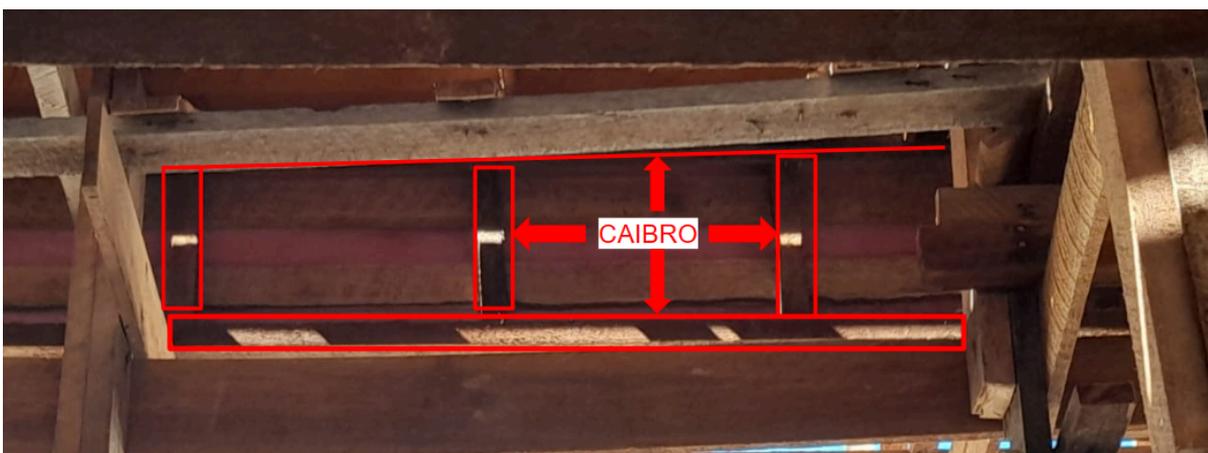
Figura 25 – Travamento das faces laterais da viga.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 26 destaca o posicionamento dos sarrafos que compõem a face lateral da viga.

Figura 26 – Posicionamento dos caibros.



Fonte: A autoria própria (2024)

Na Figura 27 tem-se a distância entre os caibros posicionados na vertical que estão distribuídos ao longo do comprimento da viga.

Figura 27 – Espaçamento entre dos caibros verticais da viga.



Fonte: A autoria própria (2024)

Contando ainda com mãos francesas, as quais se apoiam no caibro da parte superior do escoramento, as mesmas deveriam seguir o espaçamento dos caibros posicionados na vertical, entretanto, observa-se na Figura 28 que esse espaçamento estabelecido não foi seguido, gerando maior consumo de material e aumentando o custo total do sistema de fôrma da viga.

Figura 28 – Escoramento lateral da viga.

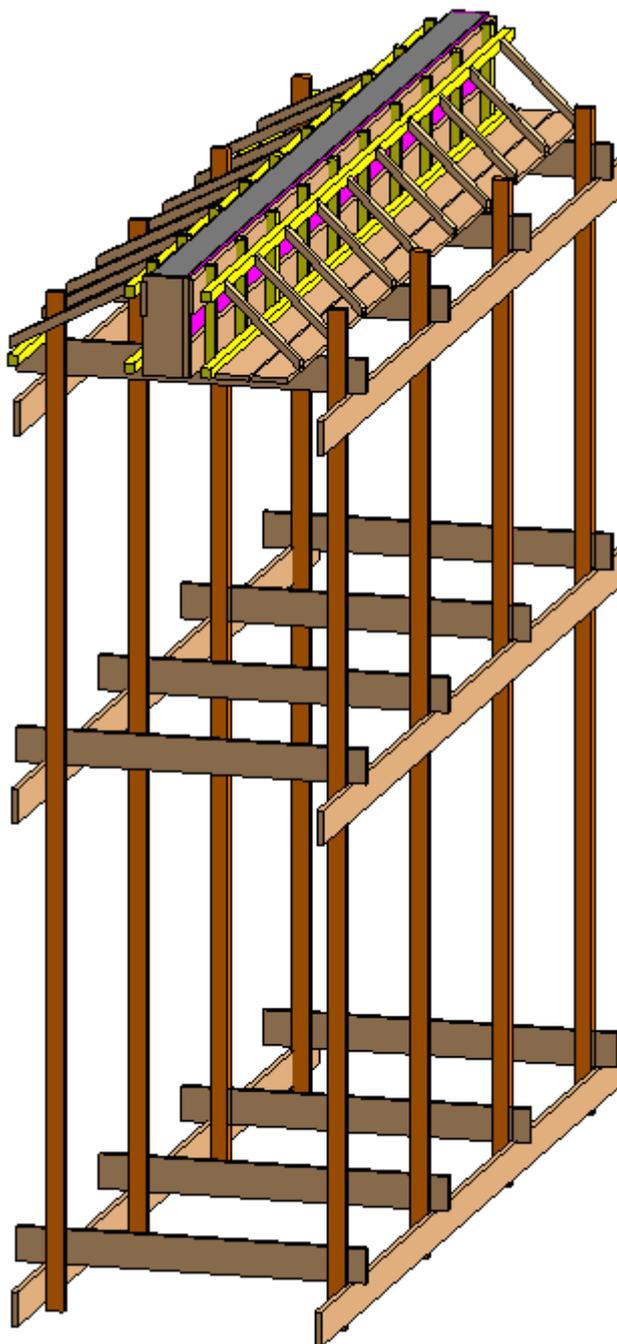


Fonte: Autoria própria (2024)

Durante a conversa com o carpinteiro foi informado que as distâncias entre os elementos foi padronizado e repetida para todas as vigas existentes.

A Figura 29, apresenta como se deu a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para o pilar (V1) 14x40 cm (Tabela 3) com 4,4 metros de comprimento, de acordo com as medidas estabelecidas pelo carpinteiro.

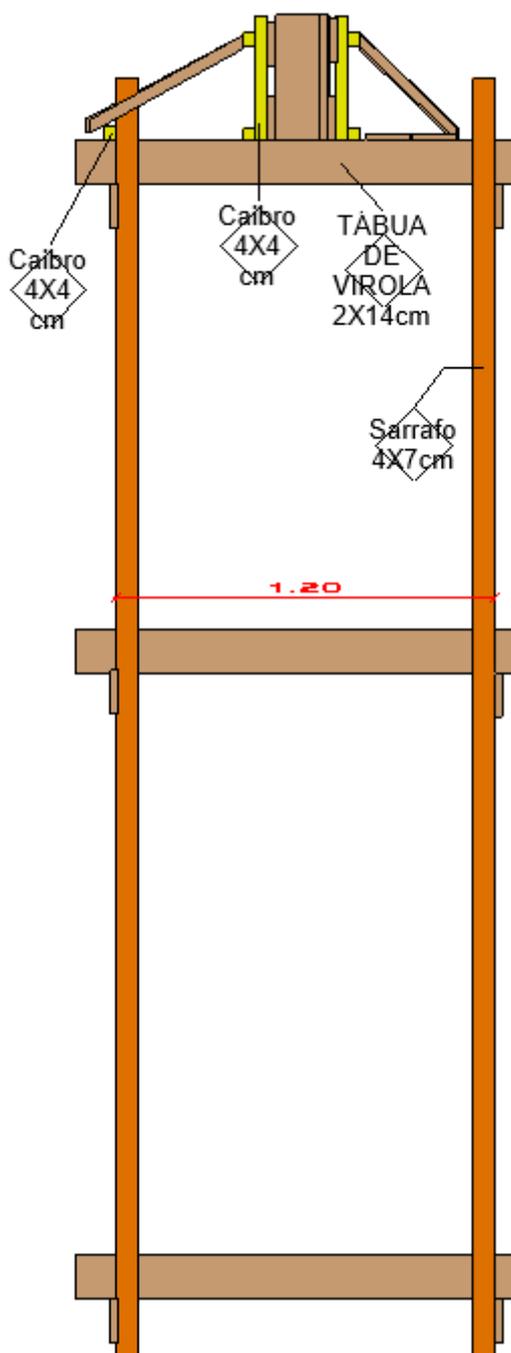
Figura 29 – Perspectiva do sistema de fôrma da viga (V1) 14x40 cm - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 30 apresenta a seção transversal da viga (V1) com todos seus elementos devidamente identificados.

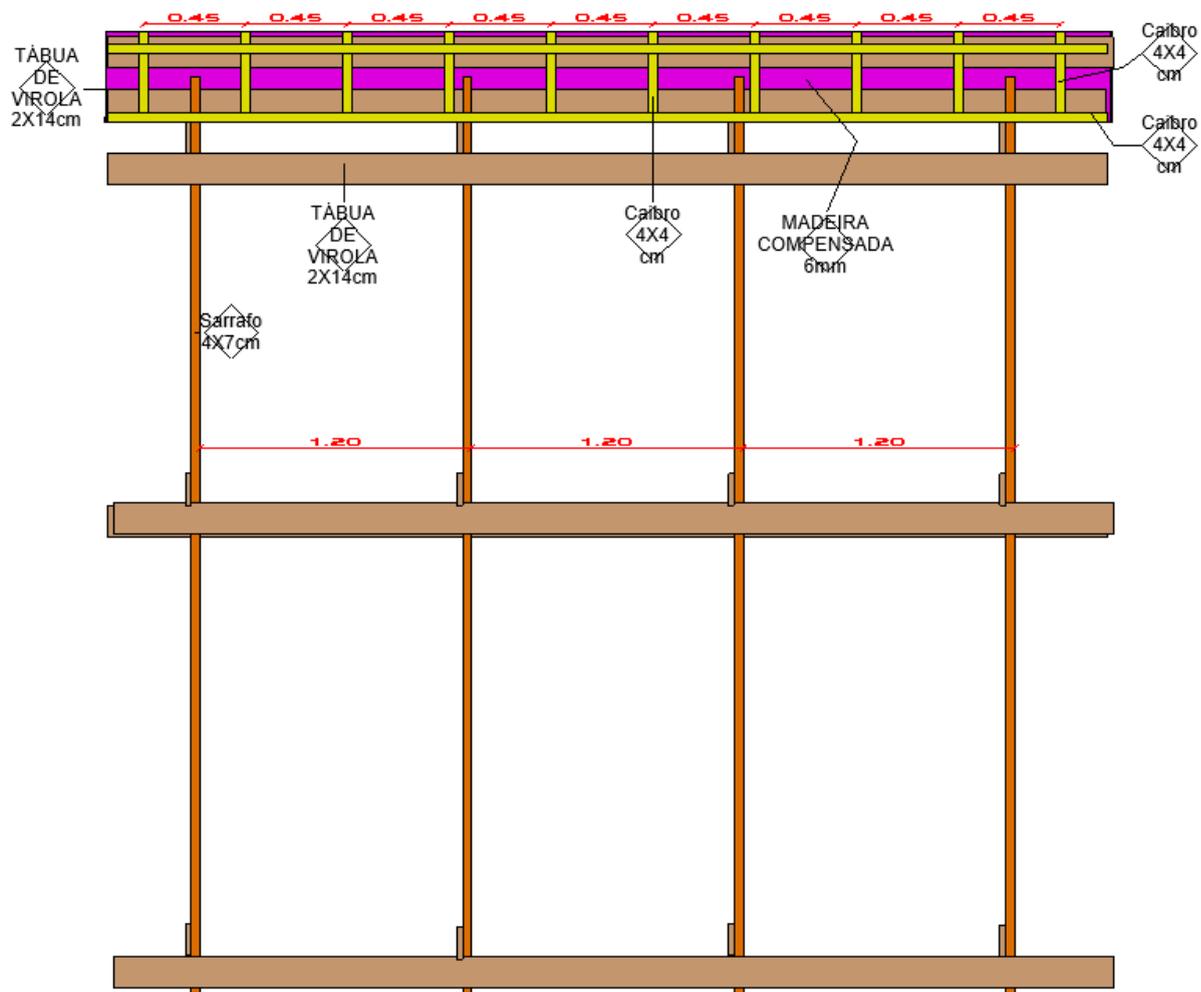
Figura 30 – Seção transversal da viga.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 31 evidencia o detalhe da fôrma das faces laterais da viga (V1).

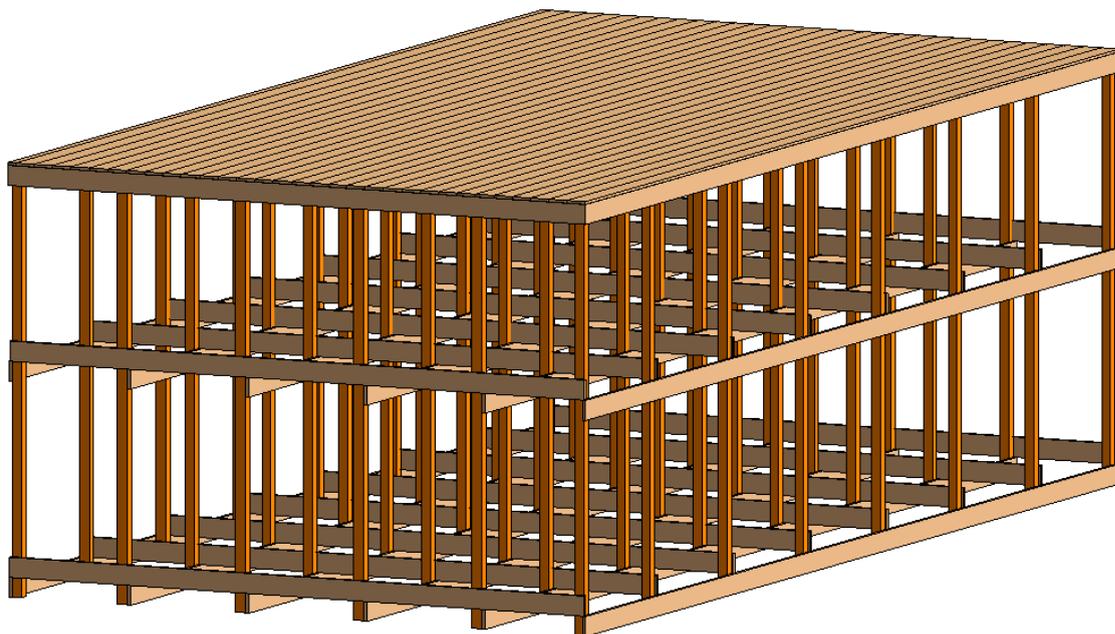
Figura 31 –Detalhe da fôrma das faces laterais.



Fonte: Autoria própria (2024)

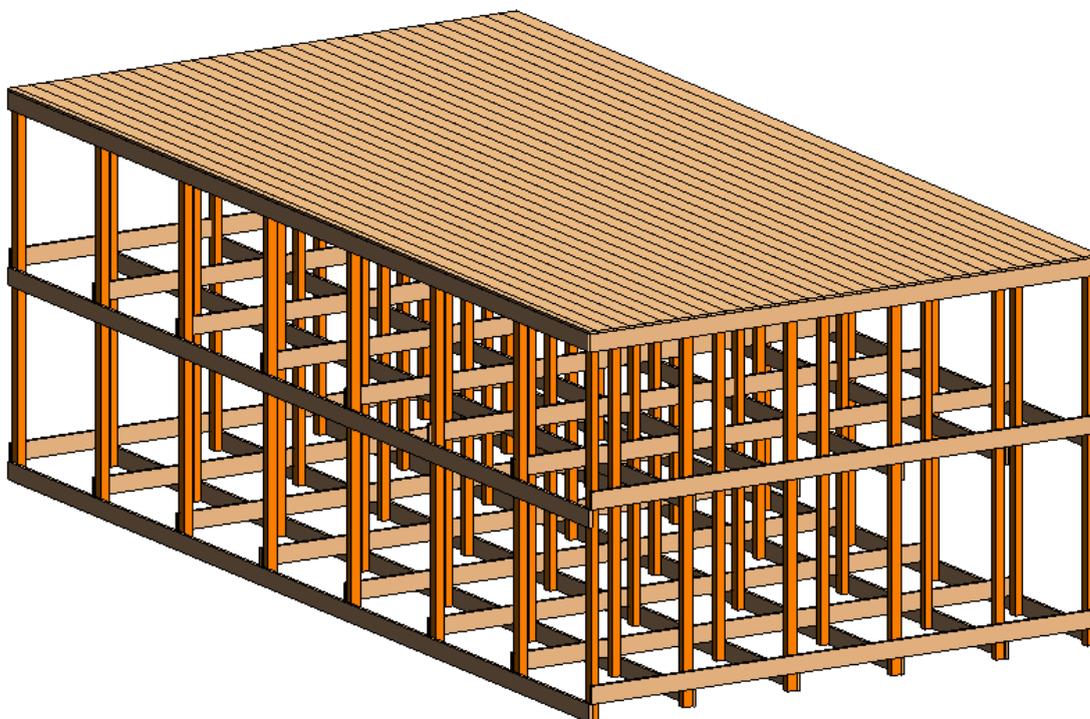
A laje existente na obra era do tipo maciça de 8,35 x 4,4m. As Figuras 32 e 33 apresenta a perspectiva do sistema de fôrma utilizado.

Figura 32 –Perspectiva 01 do sistema de fôrma da laje maciça- Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 33 –Perspectiva 02 do sistema de fôrma da laje maciça- Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para a fôrma foi utilizada tábua de virola (Figura 34) distribuídas longitudinalmente ao maior vão da laje.

Figura 34 – Fôrma da laje.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para o escoramento utilizou-se tábua de virola e sarrafo de prachuúba com seção 4x7 cm (Figura 35).

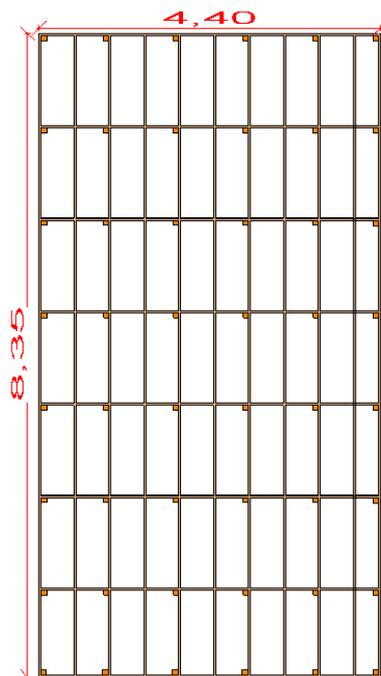
Figura 35 – Escoramento da laje.



Fonte: Autoria própria (2024)

Os sarrafos têm a função de receber a carga proveniente do peso próprio da laje e encaminhar para o solo. A Figura 36 evidencia a distribuição dos sarrafos e tábuas de virola.

Figura 36 – Escoramento da laje.



Fonte: Autoria própria (2024)

Os sarrafos foram posicionados na vertical com uma distância de 120 cm ao longo da maior dimensão da laje e 90 cm na menor dimensão (Figura 37).

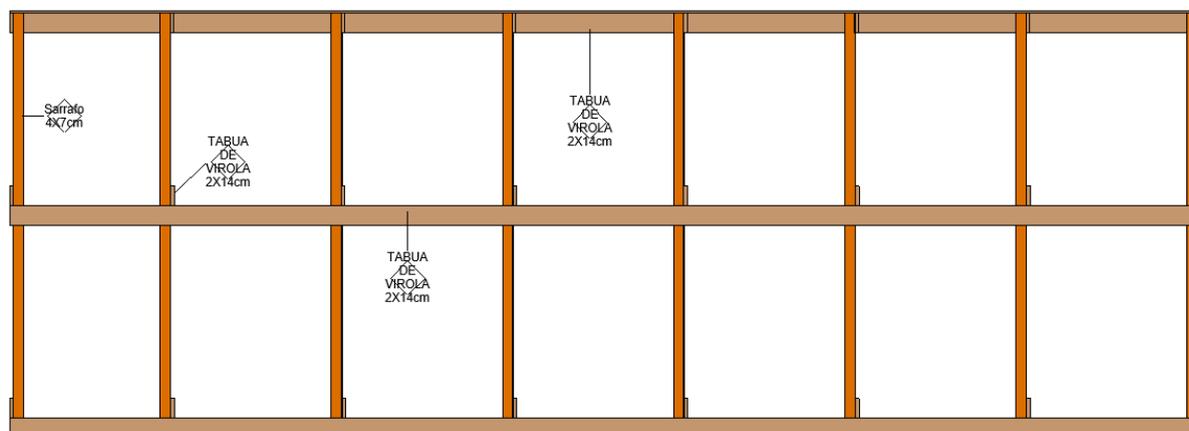
Figura 37 – Espaçamento entre os sarrafos.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para o travamento dos sarrafos, foi utilizado tábua de virola, no nível da fôrma, na metade do pé direito e no nível do piso, como evidencia as Figuras 38.

Figura 38 – Vista lateral da maior dimensão da laje.



Fonte: Autoria própria (2024)

As tábuas de virola foram posicionadas paralelamente à maior dimensão da laje 45 cm entre si, e as paralelas à menor dimensão foram espaçadas 1,2 metros, essa distribuição (Figura 39).

Figura 39 – Transversinas adotadas na obra.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.2.3 Estimativa de custo

A estimativa de custos diretos das fôrmas foi feita com base na representação do detalhamento realizado no item 4.2.2.

Para estimar o custo total do sistema de fôrma para obra A, escolheu-se um pilar, uma viga e a única laje maciça existente para calcular o custo total da madeira serrada e madeira compensada dos mesmos, em seguida, calculou-se o valor por metro quadrado, e por fim, multiplicou-se pela área de fôrma total dos pilares, vigas e laje.

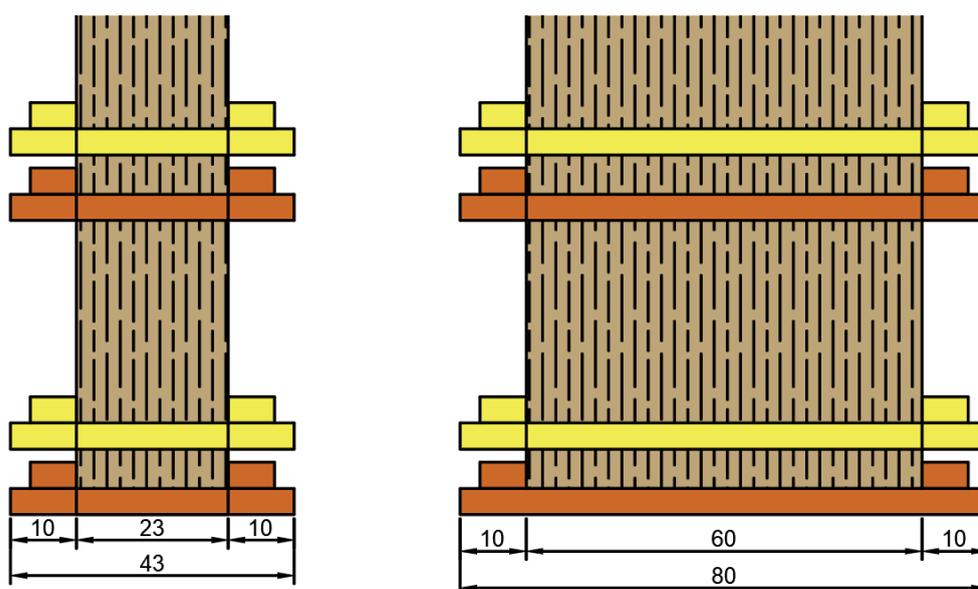
Os preços foram obtidos no catálogo de insumos do SINAPI, no banco SINAPI-01/2024-Amapá e a descrição na ficha de especificação técnica de insumos.

A Tabela 4, apresenta o custo total da madeira serrada para fôrma do pilar (P1) 23x60 cm (Tabela 2) com 3,85 metros de altura e o valor por metro quadrado de fôrma, cujo detalhamento foi realizado no item 4.2.2.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para os dois lados menores do pilar foi utilizado 4 tábua de 3,85 metros, e para os dois lados maiores, 9 tábuas de 3,85 metros, totalizando 50,05 metros. Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o comprimento total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua de virola, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento do caibro e sarrafo, considerou-se uma sobra lateral de 10 cm para os lados, na maior dimensão do pilar o caibro e o sarrafo ficaram com comprimento de 80 cm e na menor dimensão com 43 cm (Figura 40).

Figura 40 – Medida do caibro e sarrafo.



O espaçamento adotado pela obra A entre os sarrafos é de 45 cm, ao longo da altura teremos 9 sarrafos (Figura 18). Os caibros estão espaçados 10 cm dos sarrafos dessa forma teremos um total de 9 sarrafos (Figura 18).

Totalizando 44,28 metros de caibro e sarrafo para as quatro faces do pilar. Na obra foi utilizado caibro e sarrafo com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do caibro e do sarrafo, para se obter o valor total do material.

Posteriormente foi calculado a área de madeira compensada de 6 mm de espessura para as quatro faces do pilar, na menor dimensão 0,88 m² e na maior 2,31 m², totalizando 6,39 m².

Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua, da madeira compensada, do caibro e do sarrafo pela a área de fôrma do pilar.

Tabela 4 - Estimativa de custo Pilar- Obra A.

Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	16,68	R\$ 7,29	R\$ 121,62
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	14,76	R\$ 7,19	R\$ 106,12
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	14,76	R\$ 3,85	R\$ 56,83
43682	SINAPI	CHAPA/PAINEL DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA (MADEIRITE RESINADO ROSA) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200 X 1100 MM, E = 6 MM	m ²	6,39	R\$ 23,51	R\$ 150,23
Total						R\$ 434,80
Valor/m²						R\$ 68,04

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 5, apresenta o custo total da madeira serrada para fôrma da viga (V1) 14x40 cm (Tabela 3) com 4,4 metros de comprimento e o valor por metro quadrado de fôrma.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para as duas laterais utilizou-se 4 tábuas de 4,4 metros, e para o fundo 1 tábua de 4,4 metros, totalizando 22 metros. No escoramento para fixar os sarrafos, foi utilizado tábua de virola para sustentar o fundo da viga, na metade da altura dos sarrafos e no nível do piso, espaçadas 45 cm ao longo da altura da viga, utilizou-se 10 tábuas com 1,4 metro de comprimento ao longo do comprimento da viga, contabilizando 42 metros.

Foi utilizado 2 tábua de virola de um lado da fôrma da viga para usar como andaime durante a concretagem (Figura 28), contabilizando 8,8 metros.

Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua de virola, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento do caibro, sabe-se que o espaçamento utilizado foi de 45 cm, ao longo do comprimento da viga teremos 10 caibros (Figura 29), posteriormente foi multiplicado pelo comprimento unitário de 40 cm do sarrafo (altura da viga), totalizando 8,0 metros para as duas laterais.

Foi utilizado caibro posicionado na horizontal ao longo do comprimento da viga na borda superior e inferior nas duas faces laterais e fixado em um dos sarrafos para servir de suporte para as mãos francesas, contabilizando 22 metros.

Posteriormente foi calculado a quantidade de sarrafos, sabe-se que os mesmos foram espaçados 120 cm, ao longo do comprimento da viga tem-se 4 sarrafos de cada lado, 2 com 3,85 metros de comprimento e 2 com 4 metros de comprimento, contabilizando 31,4 metros. Na obra foi utilizado o sarrafo de 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da peça com 3 metros, para se obter o valor total do material.

Na sequência foi calculado a área de madeira compensada para as faces da viga, para as duas laterais $3,52 \text{ m}^2$ e para o fundo $0,62 \text{ m}^2$, totalizando $4,14 \text{ m}^2$.

Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua, do sarrafo, do caibro e da madeira compensada pela a área de fôrma da viga de $4,14 \text{ m}^2$.

Tabela 5 - Estimativa de custo Viga- Obra A.

ESTIMATIVA DE CUSTO V1 14x40cm- OBRA A						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	24,27	R\$ 7,29	R\$ 176,90
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	10	R\$ 7,19	R\$ 71,90
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	10,47	R\$ 3,85	R\$ 40,30
43682	SINAPI	CHAPA/PAINEL DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA (MADEIRITE RESINADO ROSA) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200 X 1100 MM, E = 6 MM	m ²	4,14	R\$ 23,51	R\$ 97,33
					Total	R\$ 386,43
					Valor/m²	R\$ 93,43

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 6, apresenta os custos da madeira serrada para a fôrma e escoramento da laje maciça de 8,35 x 4,4m.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que o espaçamento entre elas é de 45 cm na menor dimensão da laje e 120 cm na maior dimensão, contabilizando 11 tábuas com comprimento de 8,35 metros e 8 tábuas com comprimento de 4,4 metros (Figura 33).

A tábua de virola também foi utilizada na metade da altura dos sarrafos e no nível do piso, contabilizando 381,15 metros.

Para a fôrma da laje foi utilizado também a tábua de virola (Figura 34), contabilizando 262,42 metros de tábua de virola.

Na obra foram utilizadas tábuas com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua, para se obter o valor total do material.

Posteriormente foi calculado a quantidade em metros de sarrafos, de acordo com a Figura 30, foram utilizados 48 sarrafos para o escoramento da laje, sabe-se que a altura do piso até o fundo da laje é de 3,85 metros, totalizando 184,8 metros.

Na obra foram utilizados caibros com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do caibro, para se obter o valor total do material.

Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábuas e do sarrafo pela a área total da laje.

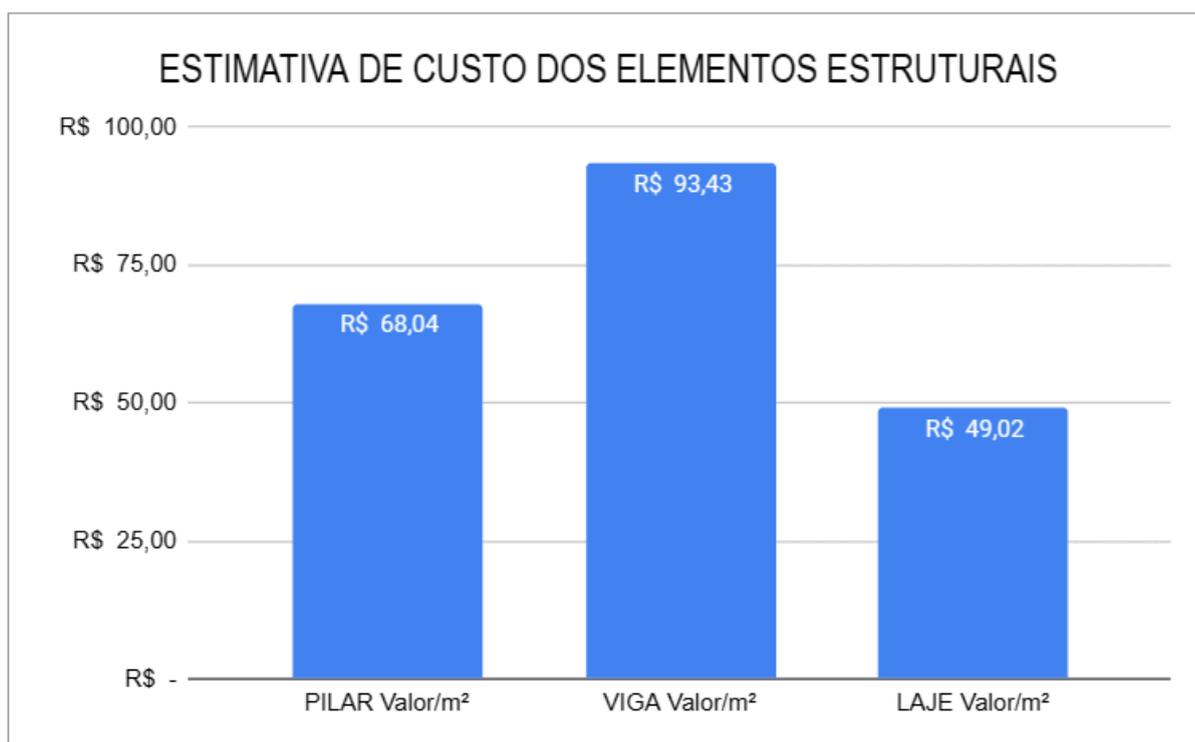
Tabela 6 - Estimativa de custo Laje maciça - Obra A.

ESTIMATIVA DE CUSTO LAJE MACIÇA- OBRA A						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	214,52	R\$ 7,29	R\$ 1.563,88
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	61,6	R\$ 3,85	R\$ 237,16
					Total	R\$ 1.801,04
					Valor/m²	R\$ 49,02

Fonte: Autoria própria (2024)

O Gráfico 1, evidencia o custo por metros quadrado dos pilares, das vigas e da laje maciça.

Gráfico 1 - Estimativa de custo dos elementos estruturais - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 7, apresenta os custos totais da madeira serrada para os elementos de pilar, viga e laje de toda a estrutura de concreto armado, o valor por metro quadrado calculado para cada elemento estrutural foi multiplicado pela área de fôrma total expressa no projeto estrutural disponibilizado pelo engenheiro responsável da obra.

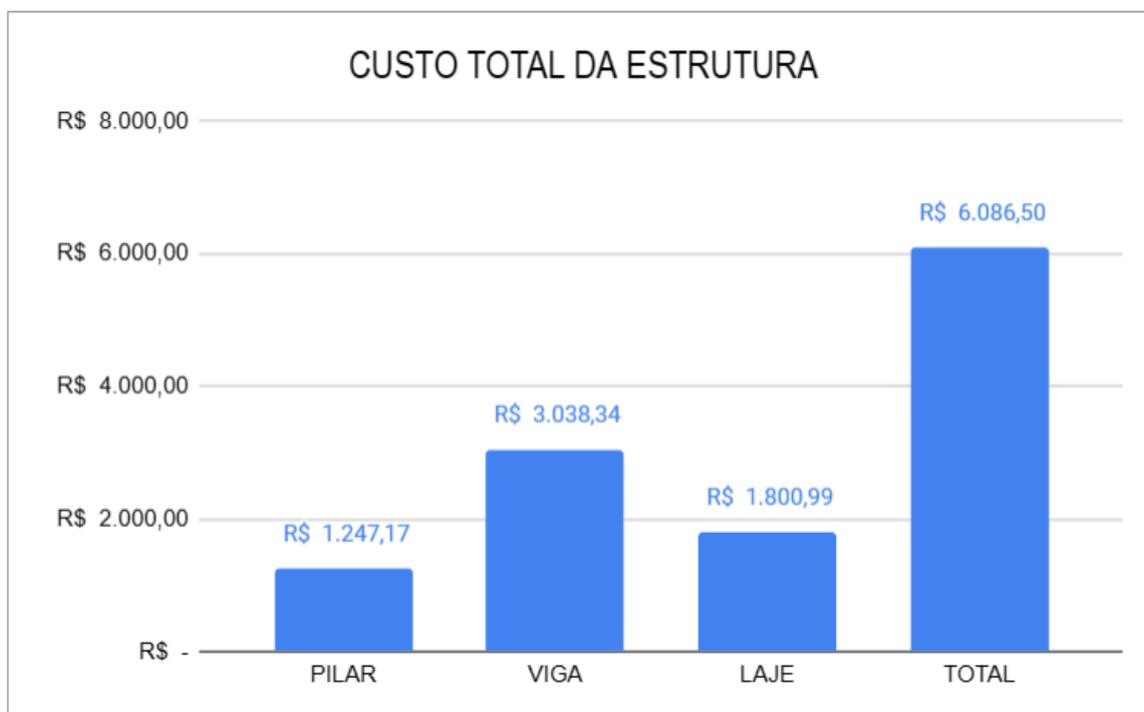
Tabela 7 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra A.

	Pilar	Viga	Laje
Área total (m²)	18,33	32,52	36,74
Valor/m²	R\$ 68,04	R\$ 93,43	R\$ 49,02
Total	R\$ 1.247,17	R\$ 3.038,34	R\$ 1.800,99

Fonte: Autoria própria (2024)

O Gráfico 2, apresenta valor total do sistema de fôrma para a reforma/ampliação da edícula com 61,94 m², cujo os elementos em concreto armado são 3 pilares, 5 vigas e uma laje.

Gráfico 2 - Custo total da estrutura - Obra A.



Fonte: Autoria própria (2024)

No Gráfico 2 observa-se que os pilares representam 20,49% do custo total, as vigas 49,19% e as lajes 29,59%.

Com base no custo unitário básico da construção civil-CUB mês de referência janeiro de 2024, foi realizado a estimativa de custo total para a construção da obra A, com o objetivo de levantar a porcentagem que o sistema de fôrma representa no custo total da edificação.

Na Tabela 8 tem-se os valores por metro quadrado de projetos padrão residencial.

Tabela 8 - CUB m² para Projetos - padrão residencial.

PROJETOS – PADRÃO RESIDENCIAL

PADRÃO BAIXO	PADRÃO NORMAL	PADRÃO ALTO
R-1: <u>R\$ 2.179,23</u>	R-1: <u>R\$ 2.524,46</u>	R-1: <u>R\$ 3.254,05</u>
PP-4: <u>R\$ 2.093,53</u>	PP-4: <u>R\$ 2.412,37</u>	R-8: <u>R\$ 2.692,89</u>
R-8: <u>R\$ 1.988,54</u>	R-8: <u>R\$ 2.185,78</u>	R-16: <u>R\$ 2.944,46</u>
PIS: <u>R\$ 1.478,49</u>	R-16: <u>R\$ 2.119,37</u>	

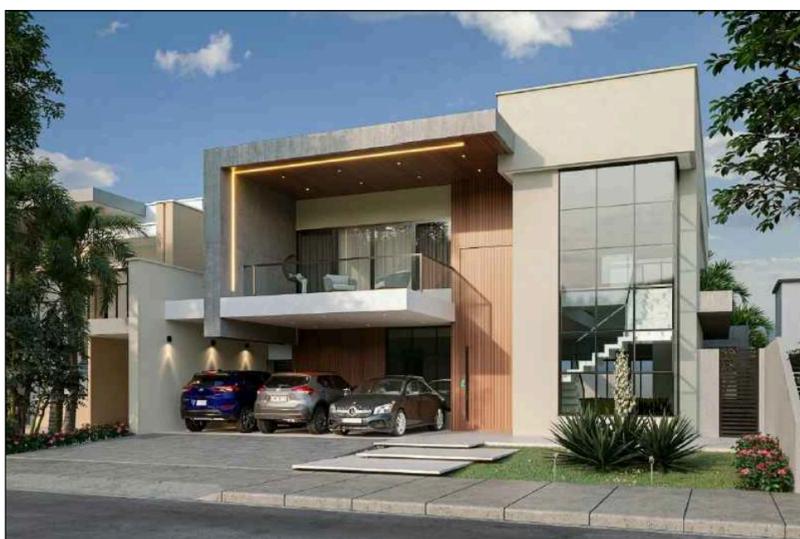
Fonte: <http://www.sindicatodaindustria.com.br/> (2024)

O valor do CUB para uma residência de alto padrão de acordo com a Tabela 8 é de R\$ 3254,05, multiplicou-se esse valor pela área construída 61,94 m², obteve-se o valor total de R\$ 201.555,86. Com isso concluiu-se que o sistema de fôrma para a obra de reforma/ampliação representa 3,02% do custo total da obra A.

4.3 OBRA B

A obra B, localiza-se em um terreno com uma área de 660 m² e possui uma área de construção de 432,94 m², destinada à moradia. Na Figura 41 apresenta a maquete eletrônica da edificação e na Figura 42 a fachada frontal.

Figura 41– Maquete eletrônica - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Figura 42 – Fachada Frontal - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Composta por dois pavimentos, o térreo com 265,49 m² (Figura 43) contendo garagem; dois banheiro; suíte reversível; banheiro (suíte reversível); sala de estar; sala de jantar; cozinha; lavanderia; espaço gourmet; casa de bombas; depósito e oficina.

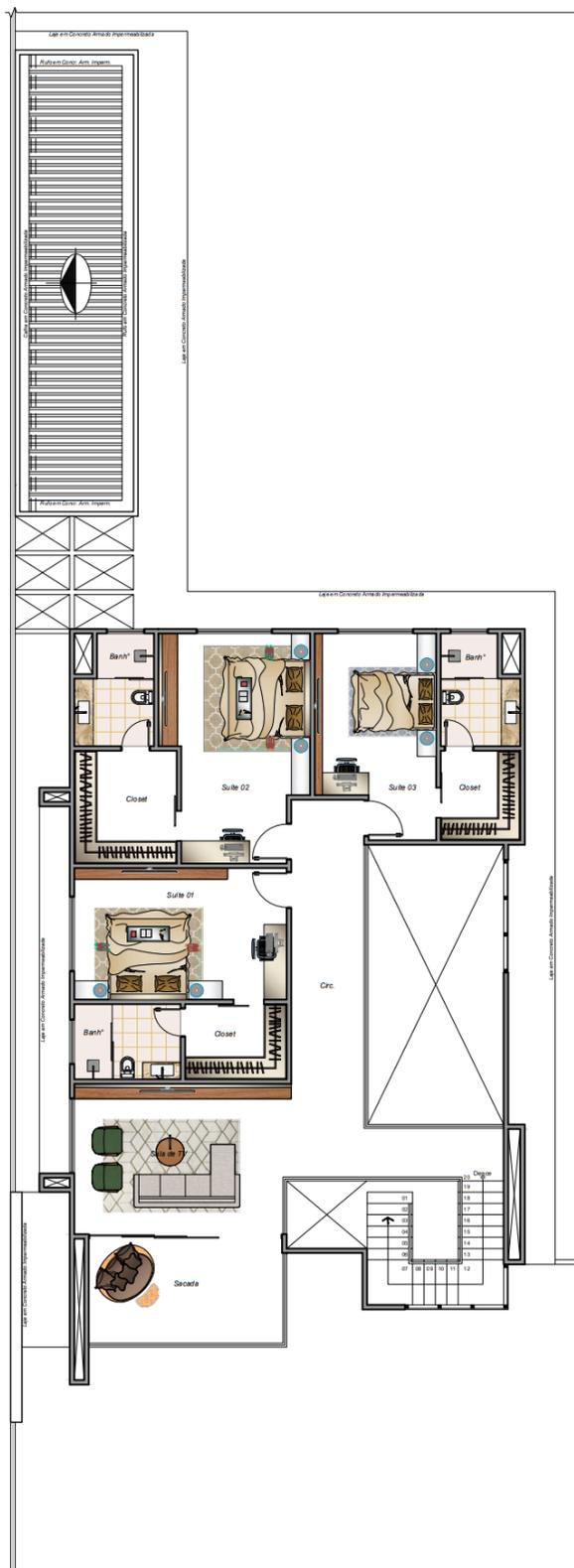
Figura 43 – Layout Térreo - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

O pavimento superior com 167,45 m² (Figura 44) contendo sacada; sala de TV e três suítes (contendo closet e banheiro).

Figura 44 – Layout superior - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

4.3.1 Caracterização

A obra teve sua estrutura construída em concreto armado. A Figura 45 apresenta a vista frontal da obra.

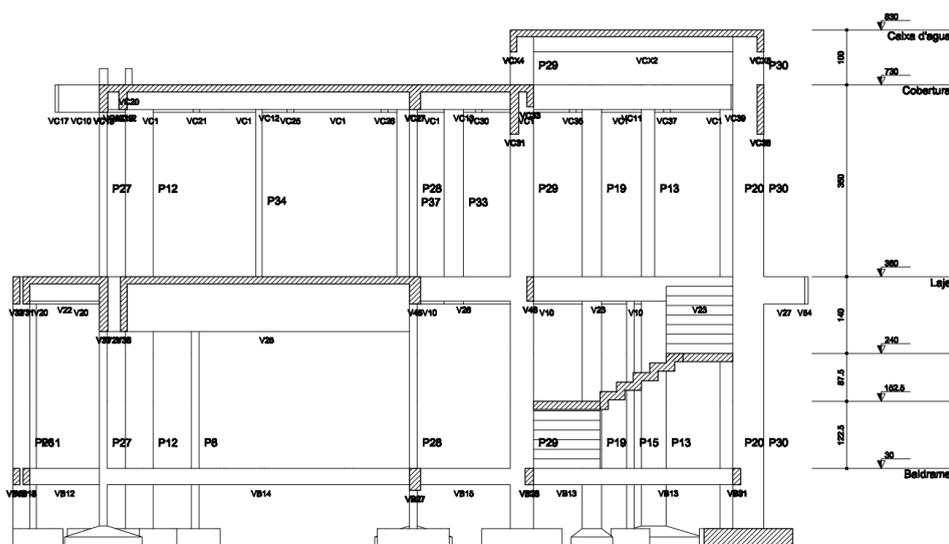
Figura 45 – Obra realizada pela Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figura 46 tem-se a perspectiva da estrutura em concreto armado.

Figura 46 – Perspectiva - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Como apresentado na Figura 46 pode-se verificar o pavimento baldrame; pavimento laje; pavimento cobertura e pavimento caixa d' água.

O pavimento baldrame, contendo 32 pilares (Tabela 9), dos quais 3 com seção 12x30; 2 com seção 14x30; 16 com seção 14x35; 6 com seção 14x35; 2 com seção 14x50; 3 com seção 14x56. Contabilizando uma área de fôrma de 120,56 m².

Tabela 9 - Pilares pavimento baldrame- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção
P1	14X35	P9	12X30	P17	14X45	P25	14X56
P2	14X35	P10	12X30	P18	14X45	P26	14X30
P3	14X35	P11	12X30	P19	14X35	P27	14X62
P4	14X35	P12	14X50	P20	14X35	P28	14X50
P5	14X35	P13	14X45	P21	14X45	P29	14X42
P6	14X35	P14	14X35	P22	14X35	P30	14X56
P7	14X35	P15	14X35	P23	14X56	P31	14X35
P8	14X35	P16	14X35	P24	14X45	P32	14X30

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Assim como, 33 vigas (Tabela 10), dos quais 2 com seção 12x30; 29 com seção 14x30; 1 com seção 15x30; 1 com seção 20x40. Totalizando uma área de fôrma de 126,54 m².

Tabela 10 - Vigas pavimento baldrame- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção
VB1	14X30	VB9	14X30	VB17	14X30	VB25	14X30
VB2	14X30	VB10	14X30	VB18	12x30	VB26	14X30
VB3	14X30	VB11	14X30	VB19	12X30	VB27	20X40
VB4	14X30	VB12	14X30	VB20	14X30	VB28	15X30
VB5	14X30	VB13	14X30	VB21	14X30	VB29	14X30
VB6	14X30	VB14	14X30	VB22	14X30	VB30	14X30
VB7	14X30	VB15	14X30	VB23	14X30	VB31	14X30
VB8	14X30	VB16	14X30	VB24	14X30	VB32	14X30

VB33	14X30
-------------	-------

Fonte: Acervo pessoal (2024).

O pavimento laje, com 17 pilares (Tabela 11), sendo, 9 com seção 14X35; 1 com seção 14X42; 2 com seção 14X45; 2 com seção 14X50; 1 com seção 14X56; 1 com seção 14X58; 1 com seção 14X62. Área de fôrma total de 72,45 m².

Tabela 11 - Pilares pavimento laje- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção
P12	14X50	P29	14X42
P14	14X35	P30	14X58
P17	14X45	P31	14X35
P19	14X35	P32	14X35
P20	14X35	P33	14X35
P21	14X45	P34	14X35
P25	14X56	P35	14X35
P27	14X62	P36	14X35
P28	14X50		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Assim como, 54 vigas (Tabela 12), dos quais 34 com seção 12x45; 14 com seção 12x50; 3 com seção 12x100; 1 com seção 15x100; 1 com seção 20x50; 1 com seção 17x54. Totalizando uma área de fôrma de 334,35 m².

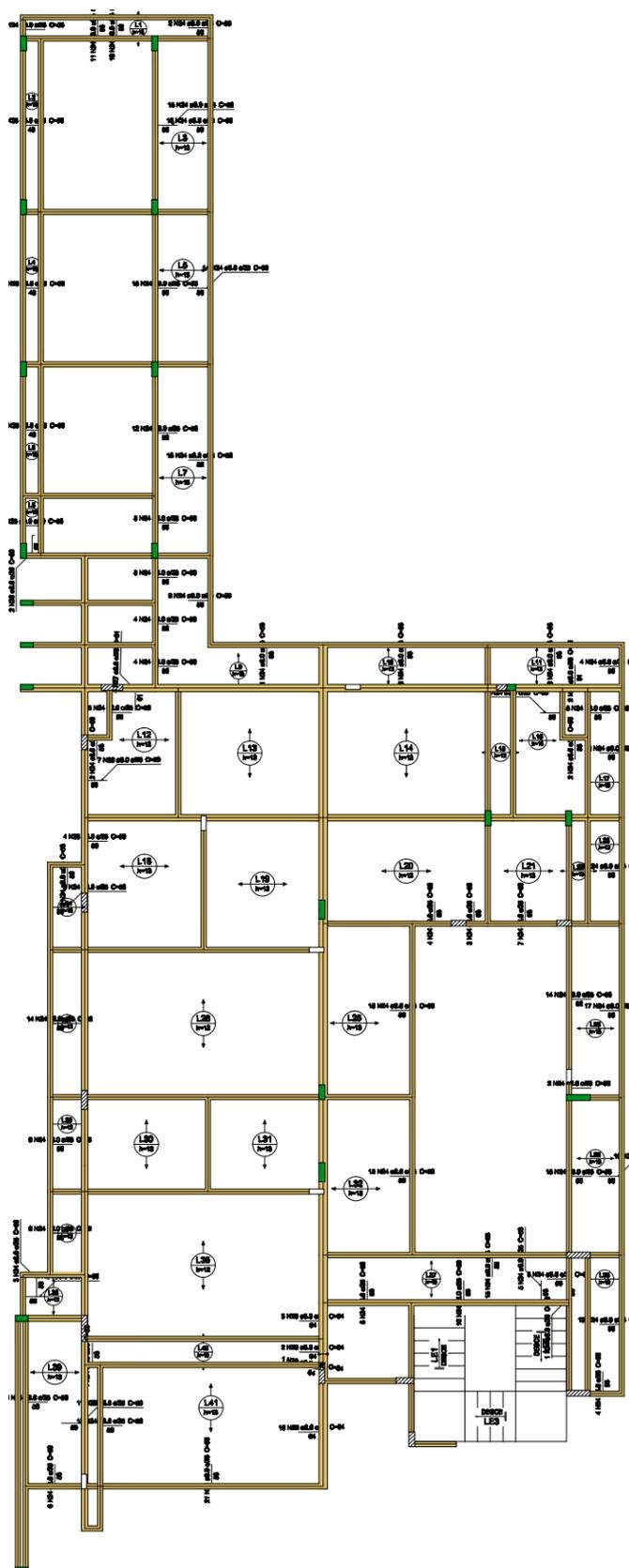
Tabela 12 - Vigas pavimento laje- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção
V1	12x50	V19	12x45	V37	15x100
V2	12x45	V20	12x50	V38	12x100
V3	12x45	V21	12x45	V39	12x45
V4	12x45	V22	12x45	V40	12x50
V5	12x45	V23	12x45	V41	12x45
V6	12x50	V24	12x45	V42	12x45
V7	12x50	V25	12x100	V43	12x45
V8	12x50	V26	12x45	V44	12x50
V9	12x50	V27	12x50	V45	20x50
V10	17x45	V28	12x45	V46	12x45
V11	12x45	V29	12x50	V47	12x45
V12	12x45	V30	12x100	V48	12x45
V13	15x45	V31	12x50	V49	12x45
V14	12x50	V32	12x50	V50	12x45
V15	12x45	V33	12x45	V51	12x45
V16	12x45	V34	12x45	V52	12x45
V17	12x45	V35	12x50	V53	12x45
V18	12x45	V36	12x45	V54	12x50

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Bem como, 47 lajes treliçadas (Figura 41), 39 com h=13 cm e 2 com h=10cm, 5 lajes maciças com h= 15 cm. Totalizando área de fôrma de 243,84 m².

Figura 47 – Fôrma do pavimento laje - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

O pavimento cobertura, com 4 pilares (Tabela 13), sendo, 1 com seção 12X35; 2 com seção 14X58; 1 com seção 14X42. Área de fôrma total de 4,70 m².

Tabela 13 - Pilares pavimento cobertura- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção
P25	14x58	P30	14x58
P29	14x42	P39	12x35

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Assim como, 39 vigas (Tabela 14), dos quais 12 com seção 12x50; 2 com seção 20x45; 14 com seção 12x45; 8 com seção 15x45; 3 com seção 15x50. Totalizando uma área de fôrma de 244,39 m².

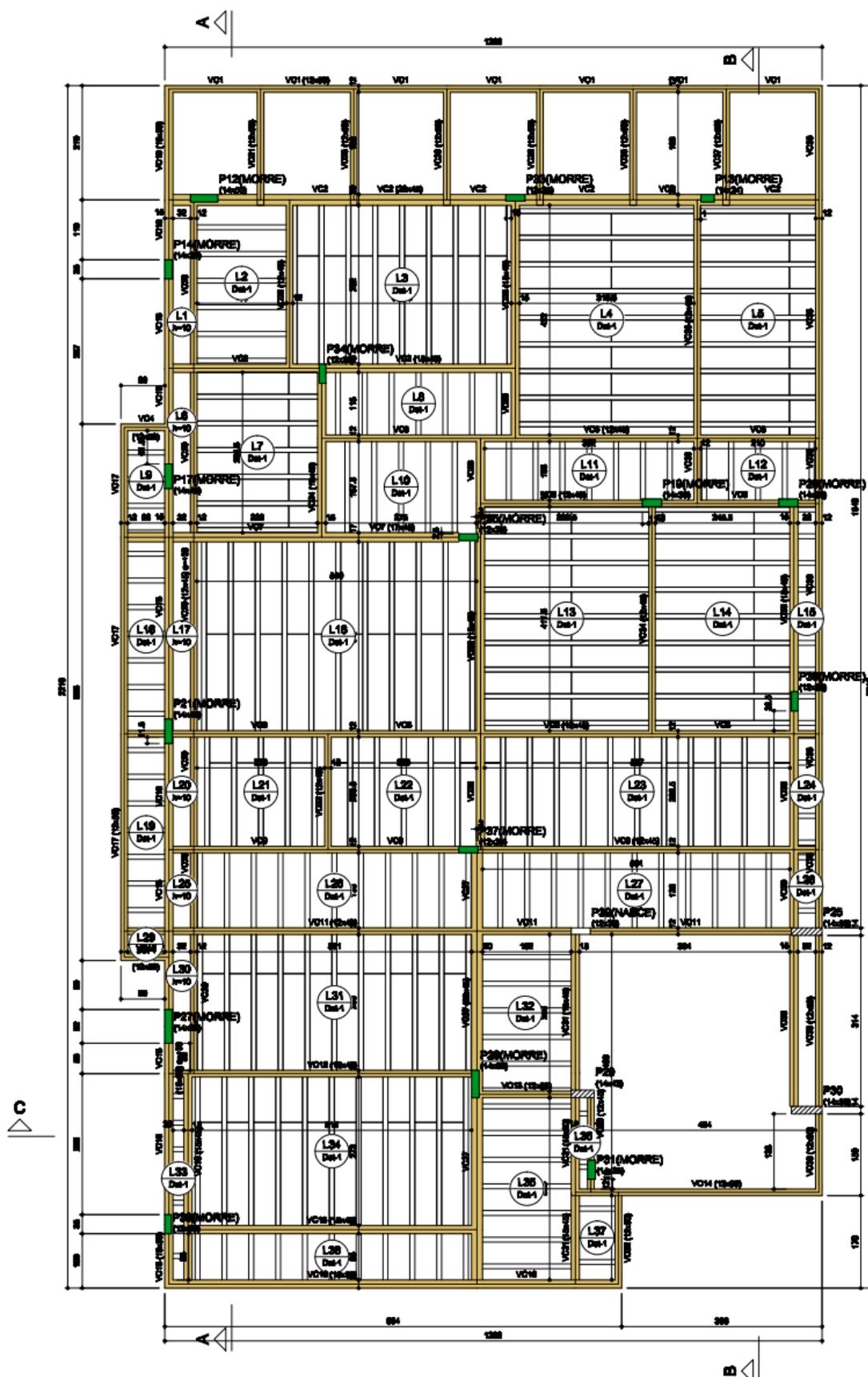
Tabela 14 - Vigas pavimento cobertura- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção	Nome	Seção
VC1	12x50	VC14	12x50	VC27	20x45
VC2	20x45	VC15	15x45	VC28	15x45
VC3	15x45	VC16	15x50	VC29	15x45
VC4	12x50	VC17	12x50	VC30	12x50
VC5	12x45	VC18	15x50	VC31	15x45
VC6	12x45	VC19	15x45	VC32	12x50
VC7	12x45	VC20	12x45	VC33	12x45
VC8	12x45	VC21	12x50	VC34	12x45
VC9	12x45	VC22	12x45	VC35	12x50
VC10	12x50	VC23	12x45	VC36	12x45
VC11	12x45	VC24	15x45	VC37	12x50
VC12	12x45	VC25	12x50	VC38	12x50
VC13	12x45	VC26	12x50	VC39	15x45

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Bem como, 32 lajes treliçadas (Figura 48) com h=13 cm e 4 lajes maciças com h= 10 cm. Totalizando área de fôrma de 222,22 m².

Figura 48 – Fôrma do pavimento laje - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

O pavimento caixa d' água, com 5 vigas (Tabela 15), com seção 12X40. Área de fôrma total de 16,64 m².

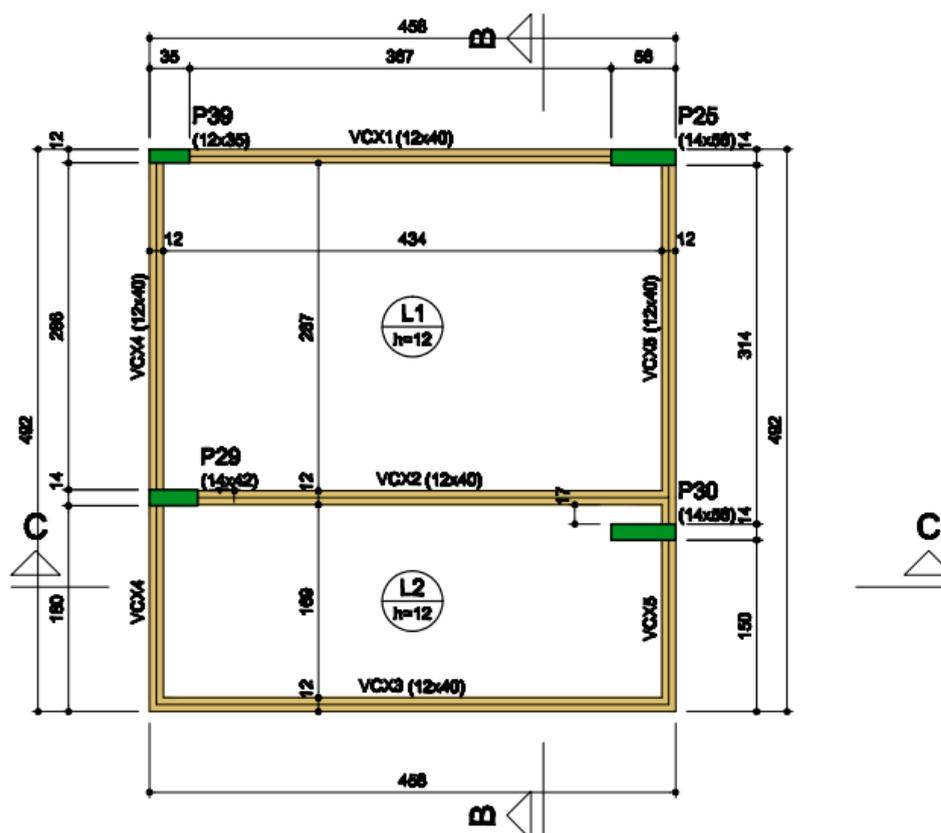
Tabela 15 - Vigas pavimento caixa d' água- Obra B.

Nome	Seção	Nome	Seção
VCX1	12x40	VC4	12x40
VCX2	12x40	VC5	12x40
VCX3	12x40		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Assim como, 2 lajes maciças (Figura 49), com h=12 cm. Totalizando uma área de fôrma de 19,86 m².

Figura 49 – Fôrma do pavimento caixa d' água - Obra B.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

A madeira foi utilizada para todos os componentes do sistema de fôrmas.

Através dos dados levantados, juntamente com análises de fotos tiradas durante a visita, foram aferidos os detalhes de cimbramento, escoramento e materiais para o sistema de fôrma de pilar, viga e laje.

A madeira utilizada na obra foi das espécies virola e pracuúba.

Os materiais levantados de acordo com a nomenclatura utilizada na obra estão listados a seguir:

- Tábua de virola 14 cm x 2 cm, com 4 m comprimento;
- Pernamanca (pracuúba) 4,0 cm x 7,0 cm, com 4 m comprimento;
- Ripão (pracuúba) 4 cm x 4 cm, com 4 m comprimento;
- Pregos 2,0" x 3 x 9 mm;
- Arame recozido.

Para a etapa seguinte, que será a concepção, iremos renomear as peças de madeira serrada utilizadas na obra de acordo com a Tabela 1. A pernamanca passará a ser chamada de sarrafo e ripão de caibro; a tábua de virola permanecerá com a nomenclatura de tábua.

4.3.2 Concepção

Nesta etapa foram verificados os elementos utilizados e suas respectivas distâncias para criar detalhamentos de pilar, viga e laje, visando representar características usuais empregadas.

Para a fôrma de pilar foi empregada a tábua de virola, caibro ao longo da altura da maior dimensão, espaçados de 40 cm, fixados com arame recozido. A Figura 50 ilustra as fôrmas dos pilares.

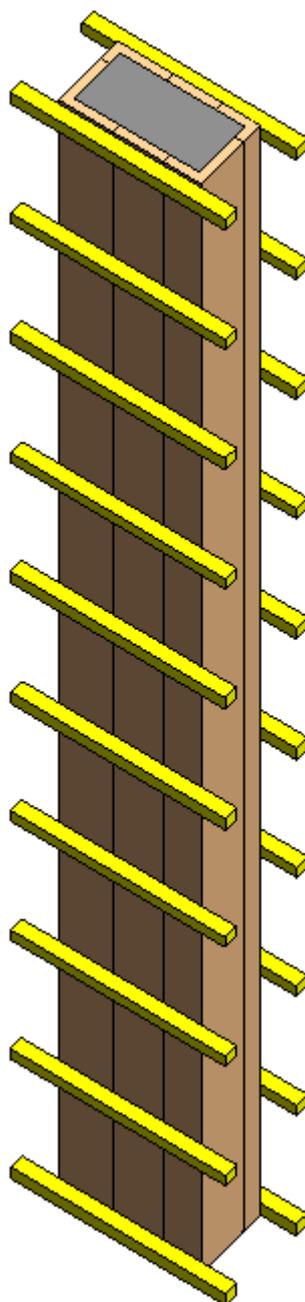
Figura 50 – Fôrmas dos pilares Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 51, apresenta como se deu a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para o pilar (P14) 14x35 cm (Tabela 10) com 3,8 metros de altura, de acordo com as medidas estabelecidas pela obra.

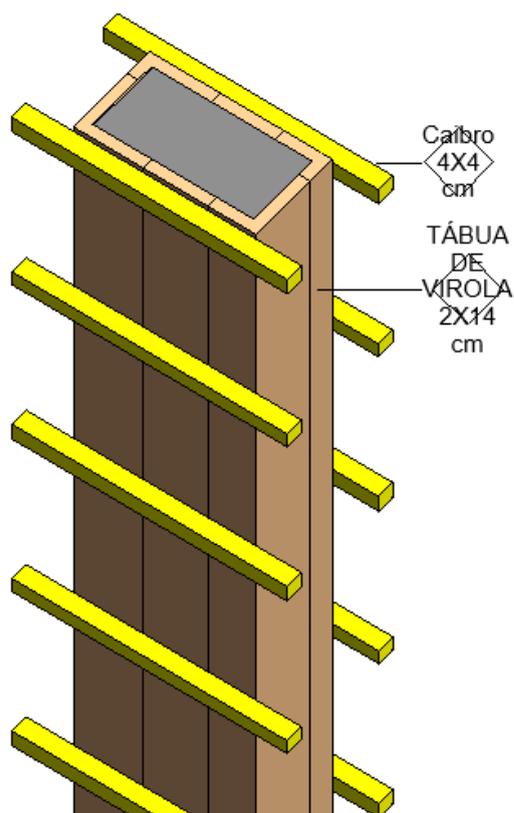
Figura 51 – Perspectiva da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 52 evidencia a nomenclatura de cada elemento que compõem o sistema de fôrma do pilar.

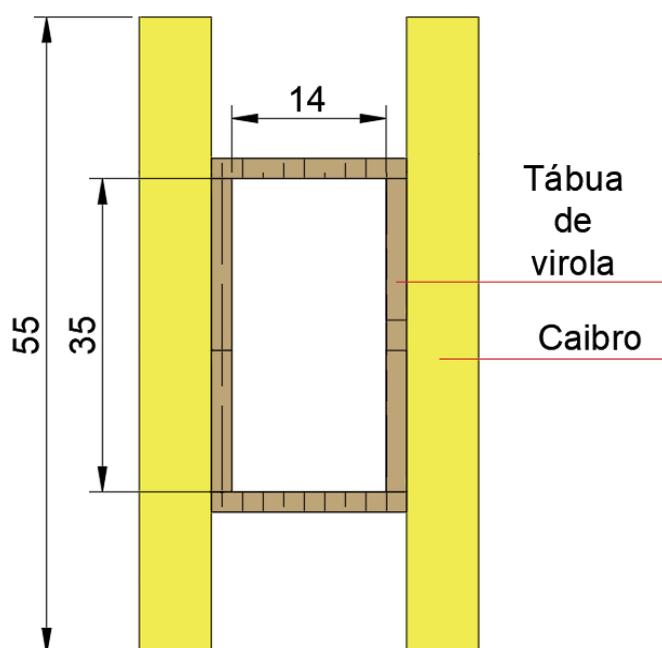
Figura 52 – Detalhe da perspectiva da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 53 apresenta a vista superior da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm (Tabela 10) com seus elementos devidamente identificados.

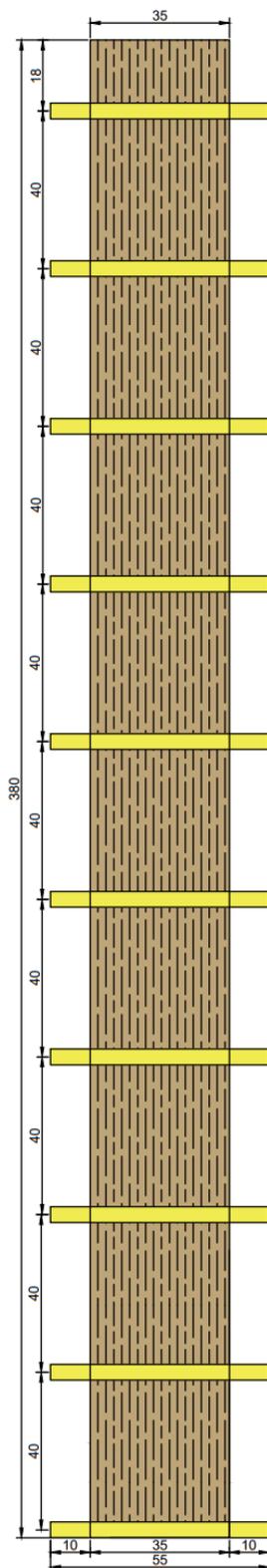
Figura 53– Vista superior fôrma pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figura 54, tem-se a vista lateral da fôrma do pilar (P14) 14x35 cm (Tabela 10) da maior.

Figura 54– Vista lateral fôrma pilar (P14) 14x35 cm - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para as vigas foi empregada como fôrma a tábua de virola (Figura 55).

Figura 55 – Fôrma da viga Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

O escoramento das vigas foi feito com peças com o formato de garfos, com dois sarrafos, espaçados 80 cm (Figura 56).

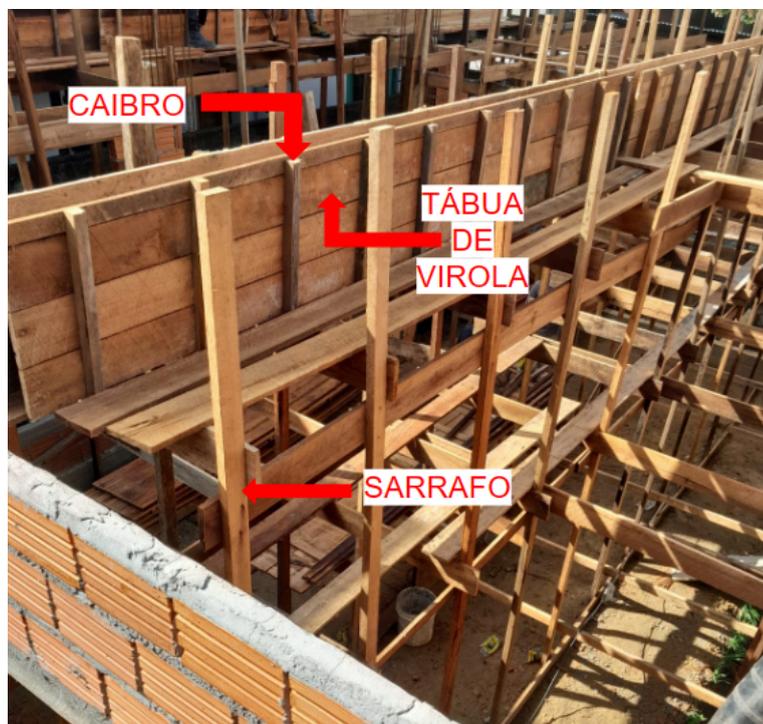
Figura 56 – Escoramento da viga Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

O travamento das faces laterais utilizam-se caibros, espaçados 40 cm ao longo de toda a viga (Figura 57).

Figura 57 – Fôrma e escoramento da viga Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

Contando ainda com mãos francesas (Figura 58), as quais se apoiam nos caibros posicionados na vertical.

Figura 58 – Escoramento lateral da liga Obra B.

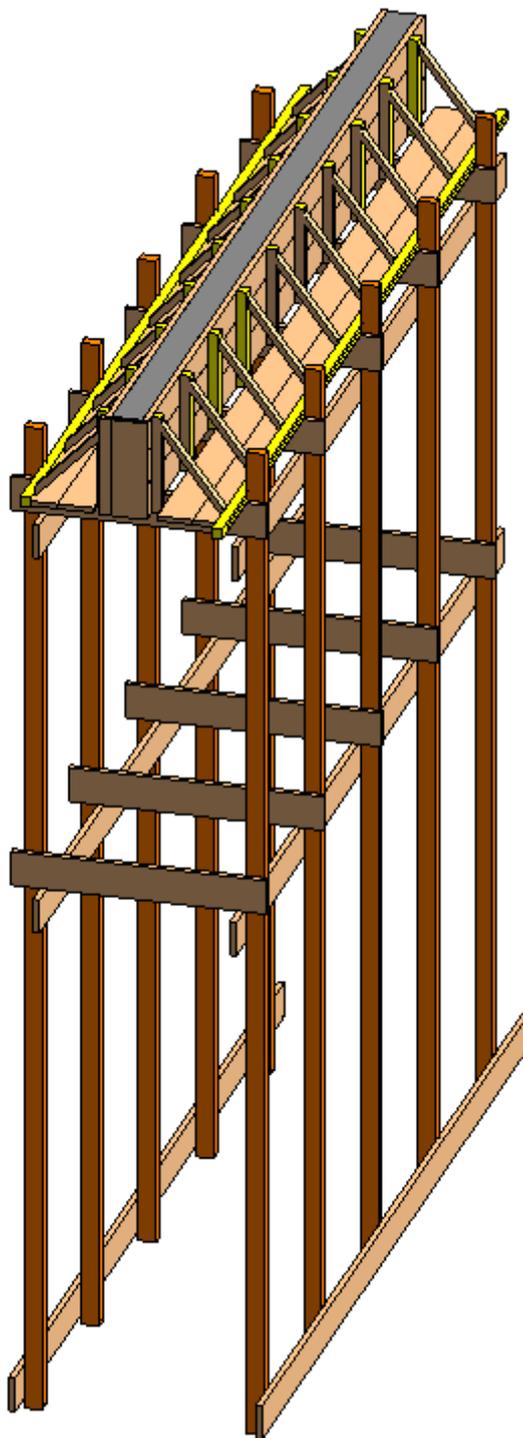


Fonte: Autoria própria (2024)

Durante a visita na obra foi informado que as distâncias entre os elementos foi padronizado e repetida para todas as vigas existentes.

A Figura 59, apresenta como se deu a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para da viga (VCX1) 12x40 cm (Tabela 14) com 3,87 metros de comprimento.

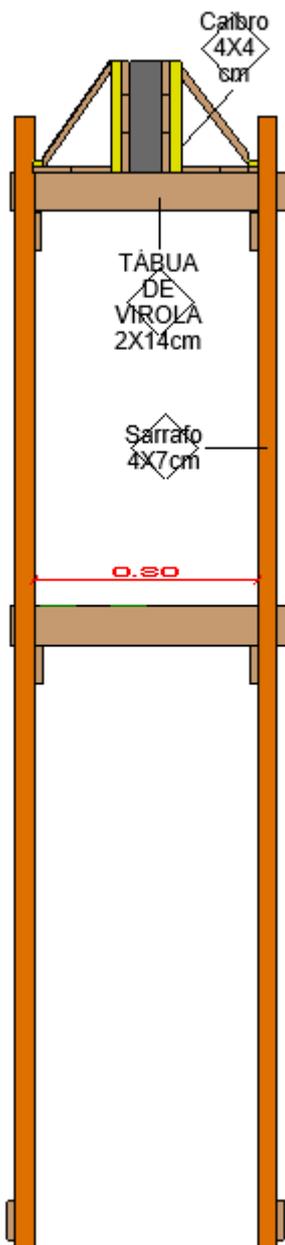
Figura 59 – Perspectiva do sistema de fôrma da viga (VCX1) 12x40 cm - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 60 apresenta a seção transversal da viga (VCX1) com todos seus elementos devidamente identificados.

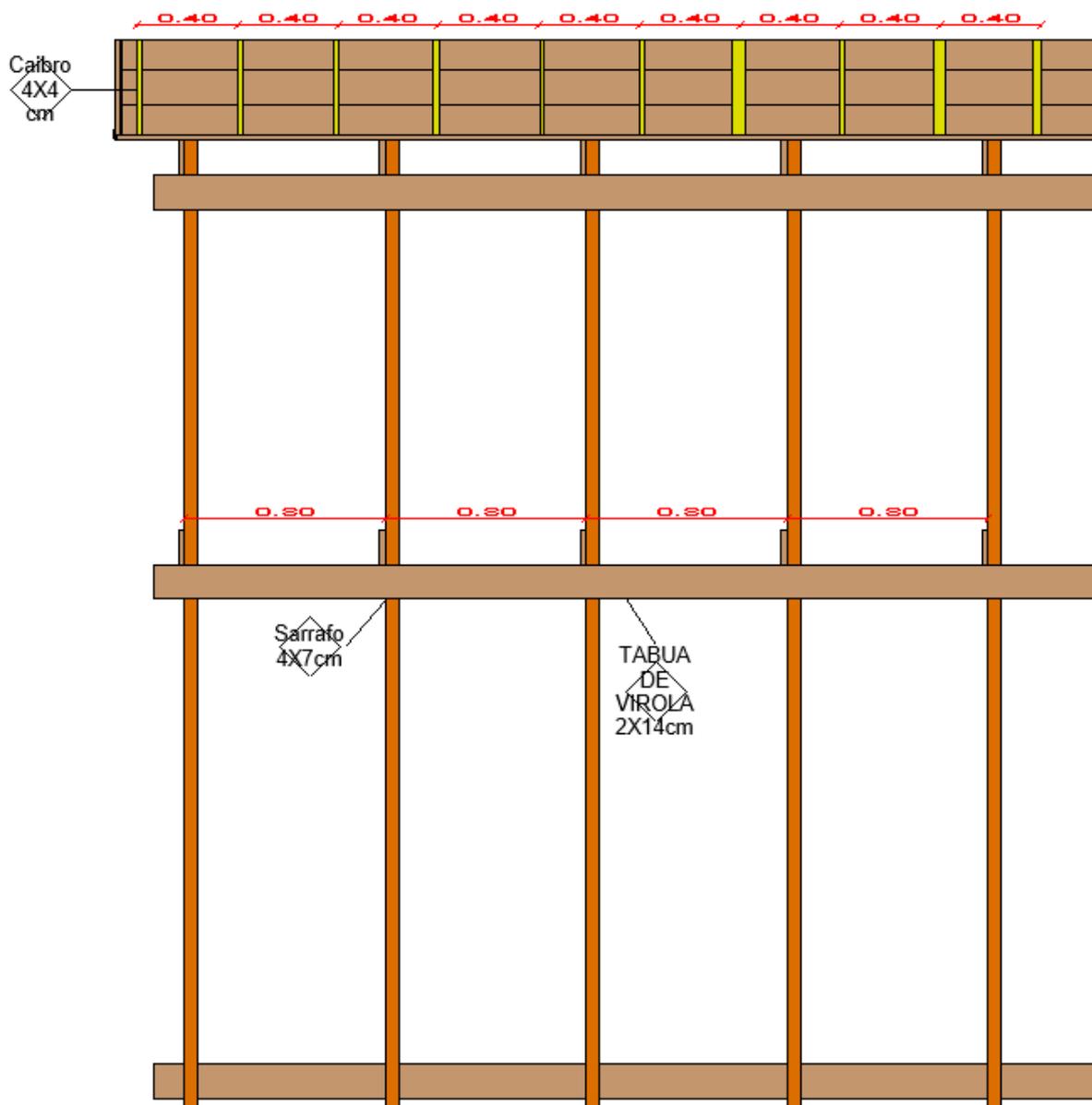
Figura 60 – Seção transversal da viga (VCX1) - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 61 evidencia o detalhe da fôrma das faces laterais da viga (VCX1).

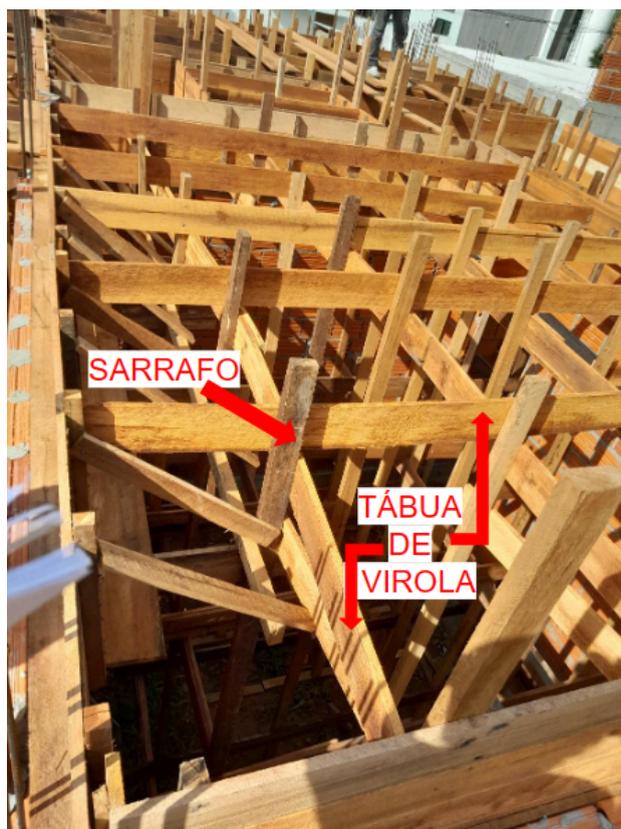
Figura 61 – Vista lateral do sistema de fôrma da viga (VCX1)- Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

Durante a visita realizada na obra não havia fôrma das lajes maciças, por esse motivo não foi coletado dados para esse tipo de laje. Para as lajes pré-fabricada, utilizou-se para o escoramento tábuas de virola espaçadas de 80 cm, que apoiavam-se nos sarrafos, espaçados de 80 cm. A Figura 62 evidencia o detalhe do escoramento da laje pré-fabricada.

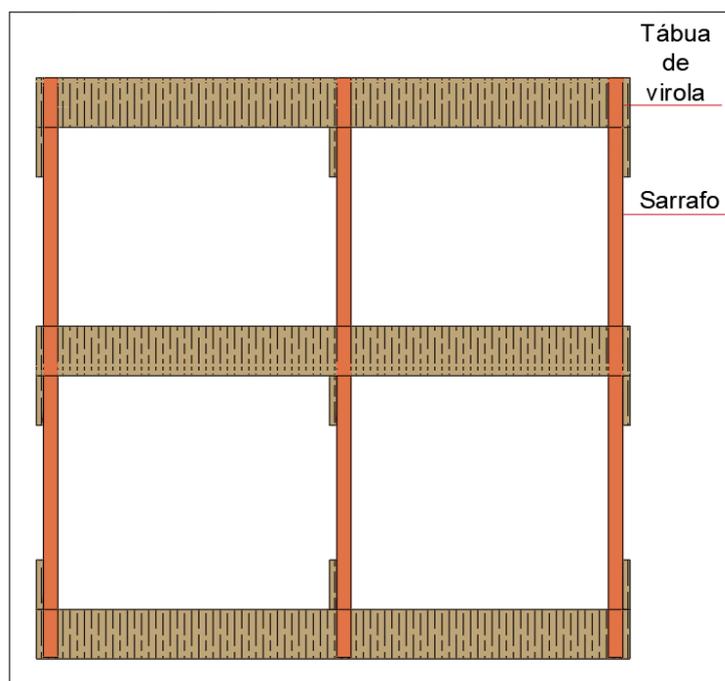
Figura 62 – Escoramento da laje da Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 63 evidencia o detalhamento do escoramento da laje.

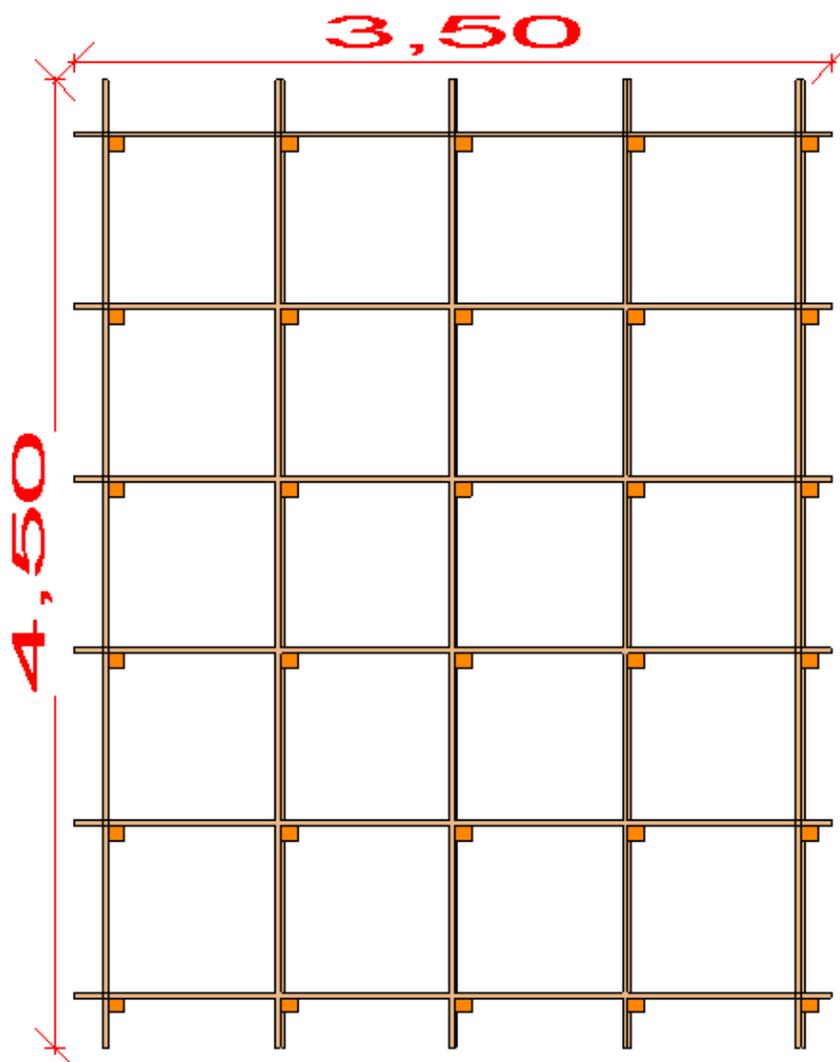
Figura 63 – Detalhamento do escoramento da laje da Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 64, apresenta em planta baixa como se deu a distribuição dos elementos que compõem o escoramento da laje L32 de 3,50 x 4,5 m, de acordo com as medidas estabelecidas pelo carpinteiro.

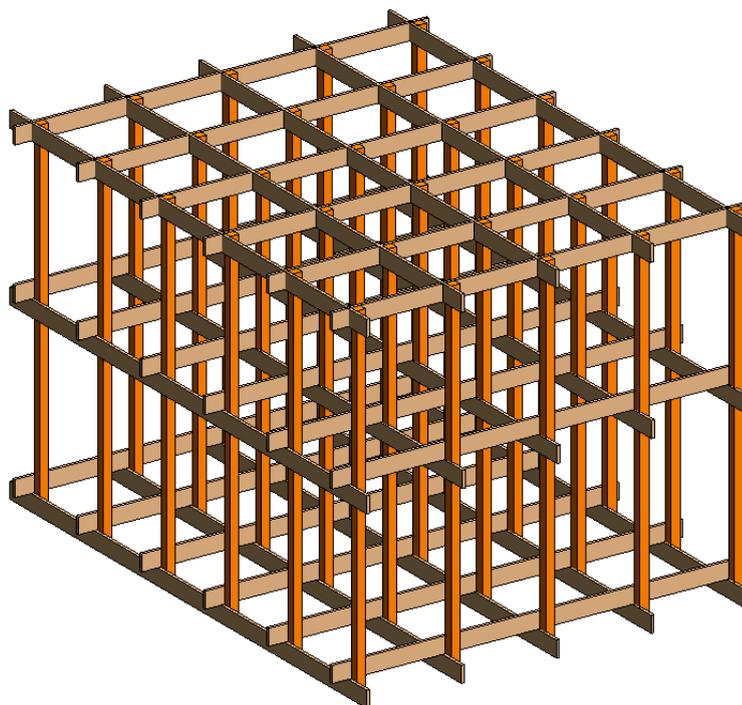
Figura 64 – Escoramento da laje L32 da Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

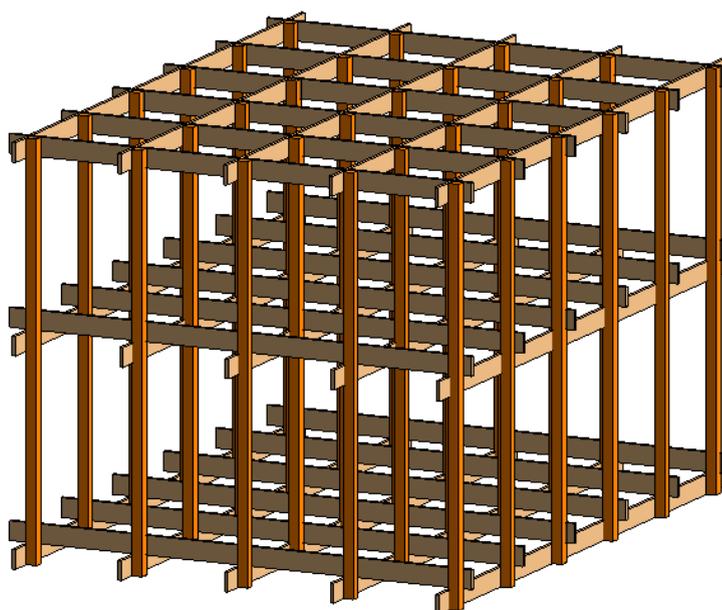
Nas Figuras 65 e 66 têm-se as perspectivas do escoramento da laje pré-fabricada L32.

Figura 65 – Perspectiva 01 escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 66 – Perspectiva 02 escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

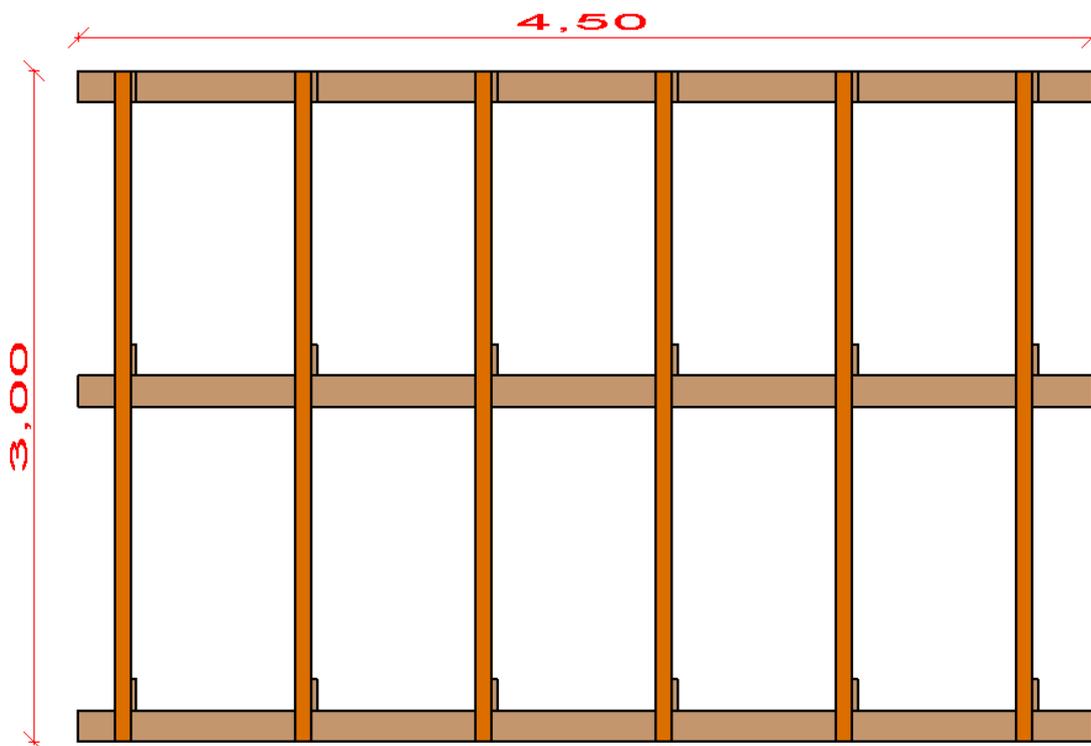
A Figura 67 e 68 evidencia a vista lateral do escoramento da laje L32 na maior direção.

Figura 67 – Vista lateral do escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

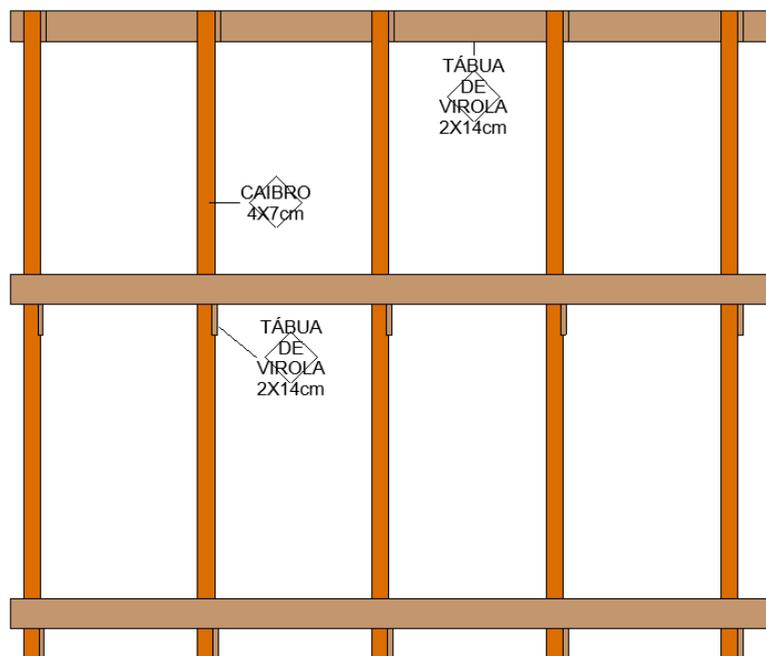
Figura 68 – Vista lateral do escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

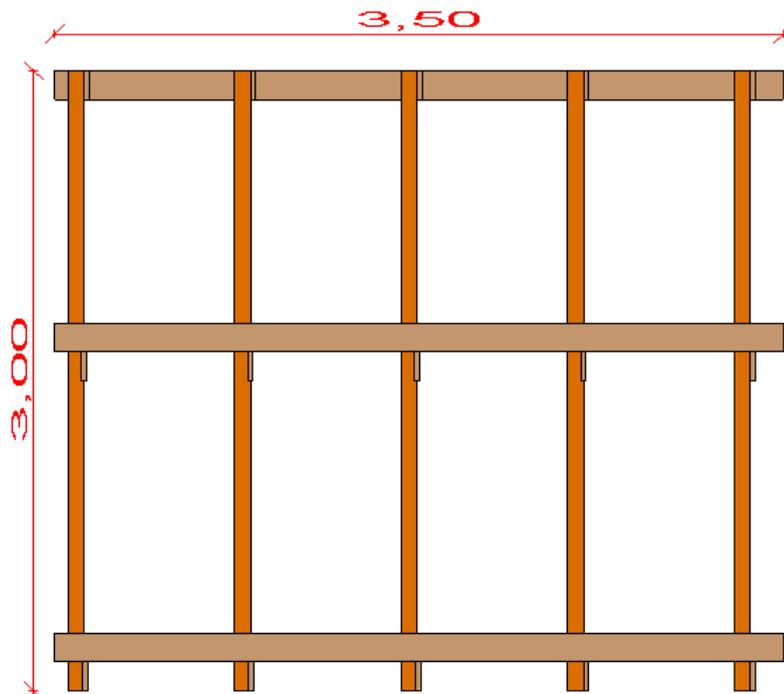
A Figura 69 e 70 evidencia a vista lateral do escoramento da laje L32 na menor direção.

Figura 69 – Vista lateral do escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 70 – Vista lateral do escoramento da laje L32.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.3.3 Estimativa de custo

A estimativa de custos diretos das fôrmas foi feita com base na representação do detalhamento realizado no item 4.3.2.

Para estimar o custo total do sistema de fôrma para obra B, foi escolhido um pilar, uma viga e uma laje para calcular o custo total da madeira serrada dos mesmos, em seguida, calcular o valor por metro quadrado, e na sequência, multiplicar pela área de fôrma total dos pilares, vigas e lajes.

Os preços foram obtidos no catálogo de insumos do SINAPI, no banco SINAPI-01/2024-Amapá e a descrição na ficha de especificação técnica de insumos.

A Tabela 16, apresenta o custo total da madeira serrada para fôrma do pilar (P14) 14x35 cm (Tabela 10) com 3,8 metros de altura e o valor por metro quadrado de fôrma.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para os dois lados menores do pilar foi utilizado 2 tábua de 3,8 metros, e para os dois lados maiores, 5 tábuas de 3,8 metros, totalizando 26,6 metros. Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o comprimento total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua de virola, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento do caibro, considerou-se uma sobra lateral de 10 cm para os lados, o sarrafo ficou com comprimento de 55 cm (Figura 48), sabendo que estão espaçados 40 cm, ao longo da altura teremos 10 caibros (Figura 48). Totalizando 11 metros de caibros. Na obra foi utilizado caibro com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do caibro, para se obter o valor total do material.

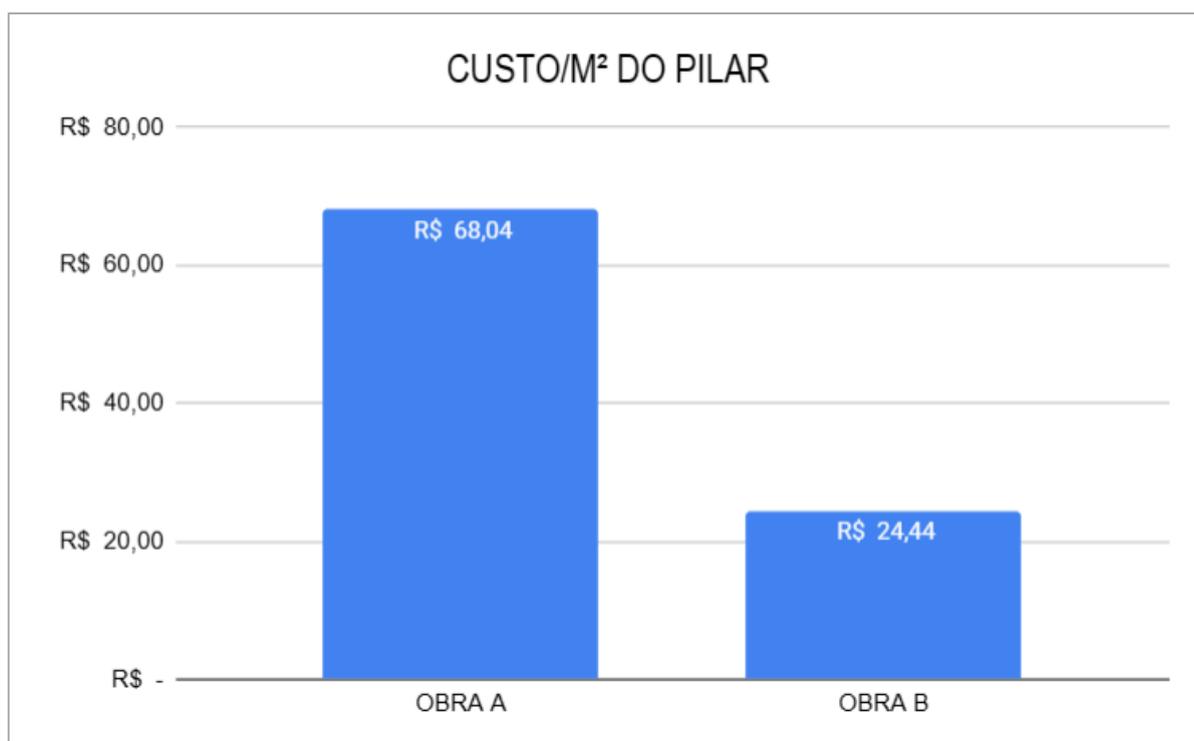
Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua e do caibro pela a área de fôrma do pilar de 3,72 m².

Tabela 16 - Estimativa de custo Pilar - Obra B.

ESTIMATIVA DE CUSTO P14 14X35cm- OBRA B						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	8,87	R\$ 7,29	R\$ 64,64
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	3,67	R\$ 7,19	R\$ 26,36
					Total	R\$ 91,00
					Valor/m²	R\$ 24,44

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma do pilar da obra B reduziu 64,07% quando comparado com a obra A, como evidencia o Gráfico 3. Essa redução se deu pela não utilização do compensado resinado e dos sarrafos no sistema de fôrma da obra B.

Gráfico 3 - Custo/m² do pilar - Obra A - Obra B.

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 17, apresenta o custo total da madeira serrada para fôrma da viga (VCX1) 12x40 cm (Tabela 14) com 3,87 metros de comprimento e o valor por metro quadrado de fôrma.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para as duas laterais utilizou-se 6 tábuas de 3,87 metros, e para o fundo 1 tábua de 3,87 metros, totalizando 27,09 metros. No escoramento para fixar os sarrafos, foi utilizado tábua de virola para sustentar o fundo da viga, na metade da altura dos caibros e no nível do piso, espaçadas 80 cm ao longo do comprimento da viga e longitudinalmente, utilizou-se 5 tábuas com 1,0 metro de comprimento ao longo do comprimento da viga.

Foi utilizado 2 tábua de virola dos lados da fôrma da viga para usar como andaime durante a concretagem (Figura 53), contabilizando 15,48 metros.

Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua de virola, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento do caibro, sabe-se que o espaçamento entre os caibros é de 40 cm, ao longo do comprimento da viga teremos 10 caibros (Figura 55), posteriormente foi multiplicado pelo comprimento unitário de 40 cm do caibro (altura da viga), totalizando 8,0 metros para as duas laterais.

Foi utilizado dois caibros posicionado na horizontal fixado em nos sarrafos para servir de suporte para as mãos francesas (Figura 53), contabilizando 7,74 metros

Posteriormente foi calculado a quantidade de sarrafo, sabe-se que estão espaçados 80 cm, ao longo do comprimento da viga teremos 5 sarrafos de cada lado com 4 metros de comprimento, contabilizando 40,0 metros. Na obra foi utilizado o caibro de 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da peça com 3 metros, para se obter o valor total do material.

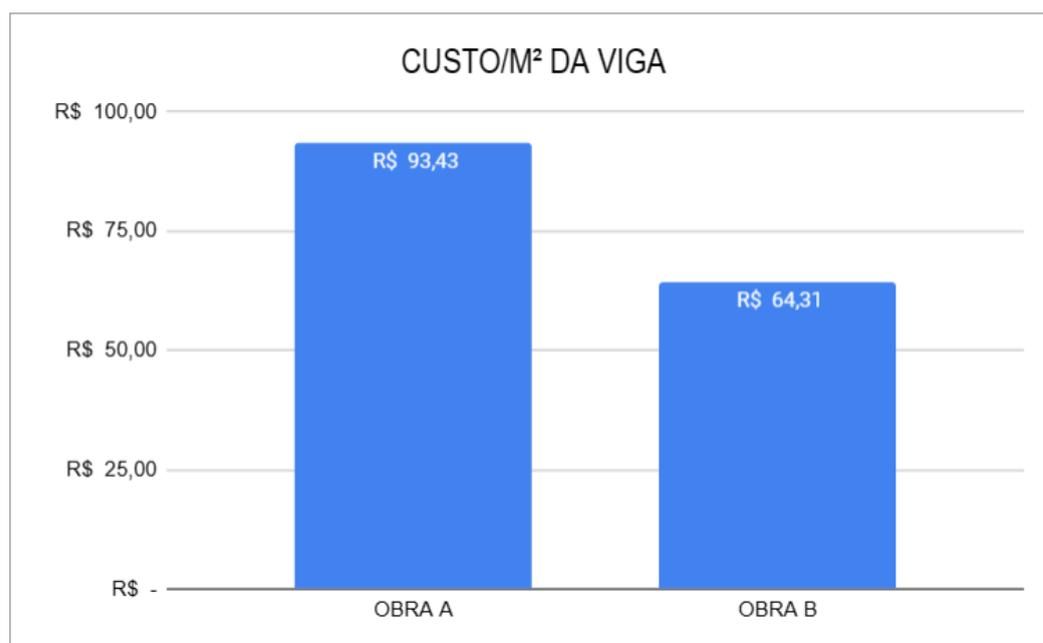
Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua, do sarrafo e do caibro pela a área de fôrma da viga.

Tabela 17 - Estimativa de custo Viga - Obra B.

ESTIMATIVA DE CUSTO VCX1 12x40cm- OBRA B						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	19,19	R\$ 7,29	R\$ 139,90
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	5,25	R\$ 7,19	R\$ 37,72
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	13,33	R\$ 3,85	R\$ 51,33
					Total	R\$ 228,95
					Valor/m²	R\$ 64,31

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma para a viga da obra B reduziu 31,17% quando comparado com a obra A, conforme observa-se no Gráfico 4. Essa redução se deu pelo fato da não utilização do compensado resinado na fôrma da viga da obra B.

Gráfico 4 - Custo/m² da viga - Obra A - Obra B.

Fonte: Autoria própria (2024)

Devido a ausência de dados para o sistema de fôrma de laje maciça, será realizado a estimativa de custo apenas para a laje pré-moldada.

A Tabela 18, apresenta os custos da madeira serrada para o escoramento da laje pré-moldada L32 (Figura 41) de 3,50 x 4,5m.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que o espaçamento entre elas é de 80 cm na menor e na maior dimensão da laje, contabilizando 6 tábuas com comprimento de 3,5 metros e 5 tábuas com comprimento de 4,5 metros (Figura 58).

A tábua de virola também foi utilizada na metade da altura dos sarrafos e no nível do piso, contabilizando 130,5 metros.

Na obra foram utilizadas tábuas com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua, para se obter o valor total do material.

Posteriormente foi calculado a quantidade em metros de sarrafos, de acordo com a Figura 58, foram utilizados 30 caibros para o escoramento da laje, sabe-se que a altura do piso até o fundo da laje é de 3,8 metros, totalizando 114 metros.

Na obra foram utilizados caibros com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do sarrafo, para se obter o valor total do material.

Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua e do sarrafo pela a área total da laje.

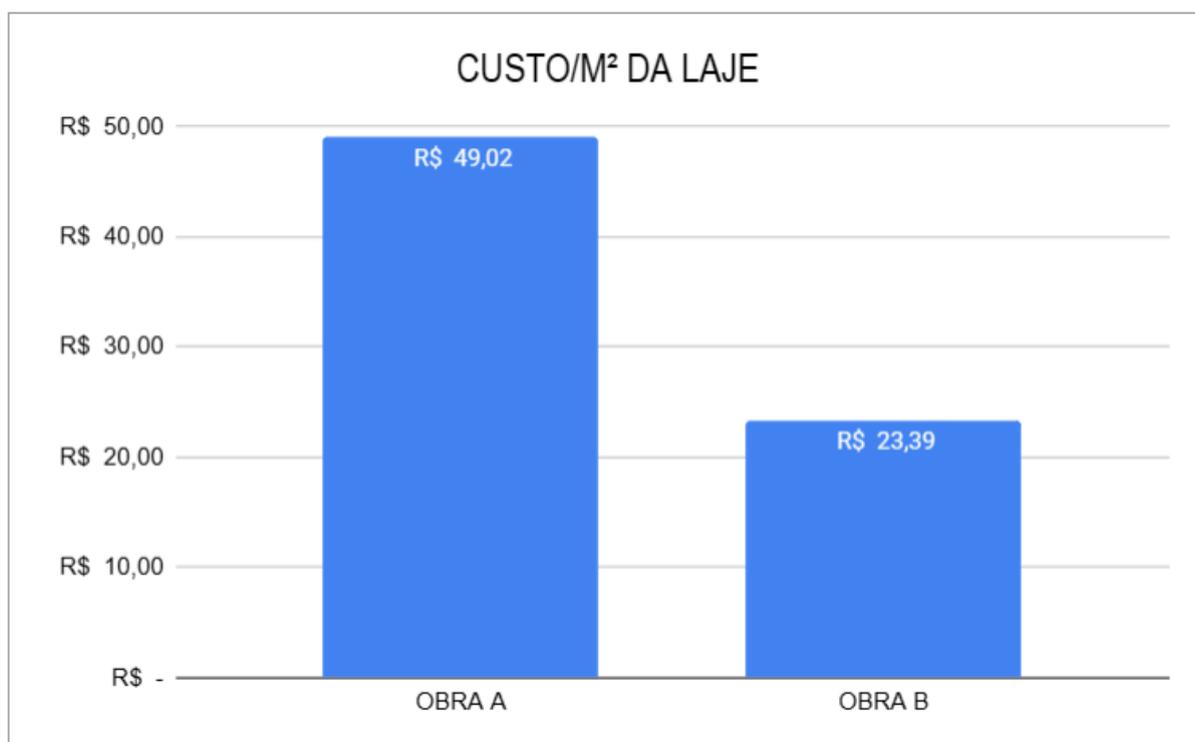
Tabela 18 - Estimativa de custo Laje Pré-moldada - Obra B.

ESTIMATIVA DE CUSTO L32 - OBRA B						
Código	Banco	Descrição	UN D	QUANT .	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	43,50	R\$ 7,29	R\$ 317,12
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	13,33	R\$ 3,85	R\$ 51,33
					Total	R\$ 368,45
					Valor/m²	R\$ 23,39

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma para a laje da obra B reduziu 52,28% quando comparado com a obra A, como observa-se no Gráfico 5. Pois, a laje utilizada pela obra A foi do tipo maciça, que além do escoramento precisa da fôrma para receber o concreto fluido até que ele se torne auto-portante.

Gráfico 5 - Custo/m² da laje - Obra A - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 19, apresenta os custos totais da madeira serrada para os elementos de pilar, viga e laje de toda a estrutura de concreto armado, o valor por metro quadrado calculado para cada elemento estrutural foi multiplicado pela área de fôrma total expressa no projeto estrutural disponibilizado pela empresa.

Tabela 19 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra B.

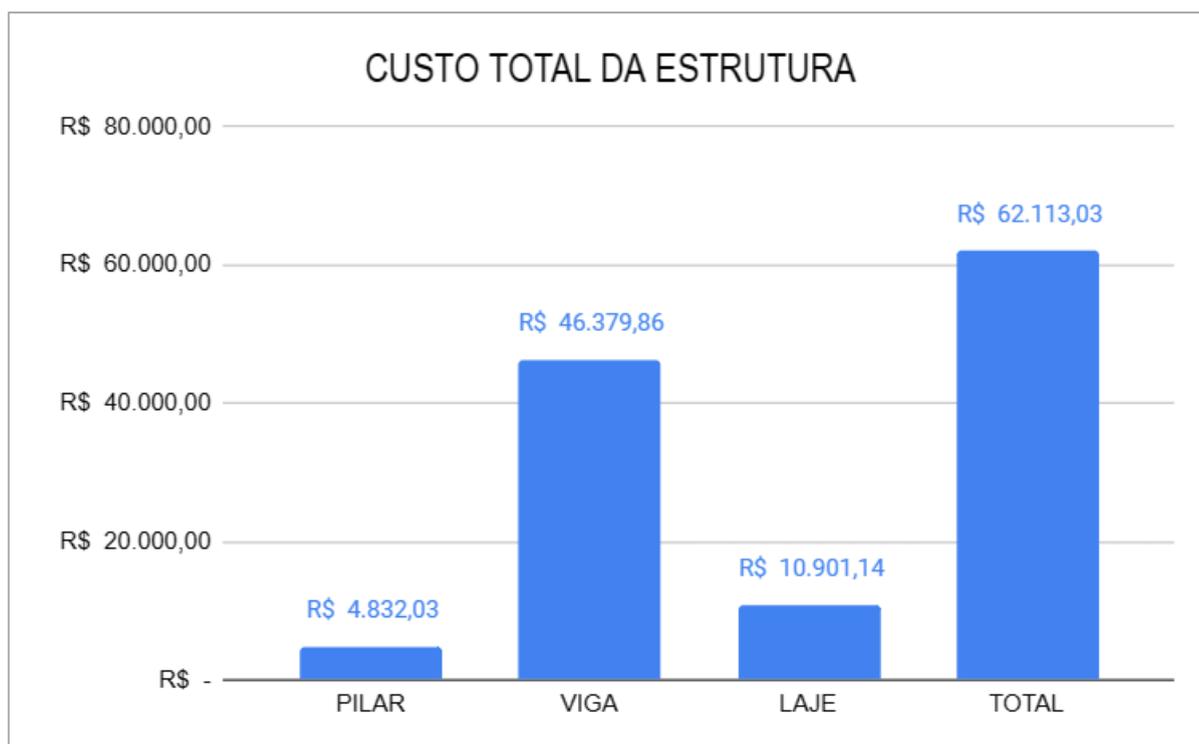
	Pilar	Viga	Laje
Área total (m²)	197,71	721,192	466,06
Valor/m²	R\$ 24,44	R\$ 64,31	R\$ 23,39
Total	R\$ 4.832,03	R\$ 46.379,86	R\$ 10.901,14

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor total da madeira serrada utilizada no sistema de fôrma para todos os pilares, as vigas e para as lajes pré-fabricadas foi de R\$62.113,03 (Gráfico 6),

considerou-se que não houve reaproveitamento de madeira de um elemento para outro.

Gráfico 6 - Custo total da estrutura - Obra B.



Fonte: Autoria própria (2024)

No Gráfico 6 observa-se que os pilares representam 7,78% do custo total, as vigas 74,67% e as lajes 17,55%.

Com base no custo unitário básico da construção civil-CUB mês de referência janeiro de 2024, foi realizado a estimativa de custo total para a construção da obra B, com o objetivo de levantar a porcentagem que o sistema de fôrma representa no custo total da edificação.

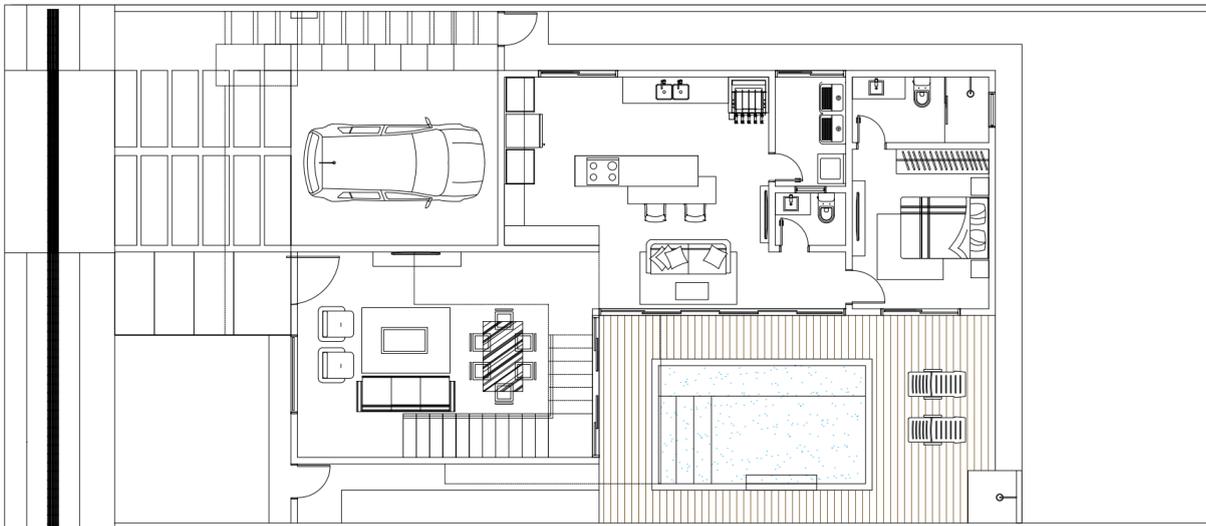
O valor do CUB para uma residência de alto padrão de acordo com a Tabela 8 é de R\$ 3254,05, multiplicou-se esse valor pela área construída 432,94 m², obteve-se o valor total de R\$ 1.408.808,41. Com isso concluiu-se que o sistema de fôrma para a obra de reforma/ampliação representa 4,19% do custo total da obra B.

4.4 OBRA C

A obra C, localiza-se em um terreno com uma área de 300 m² e possui uma área de construção de 163 m², destinada à moradia.

Composta por dois pavimentos, o térreo com 113 m² (Figura 71) contendo garagem; banheiro; lavabo; sala de estar; sala de jantar; cozinha gourmet; área de serviço; suíte; piscina.

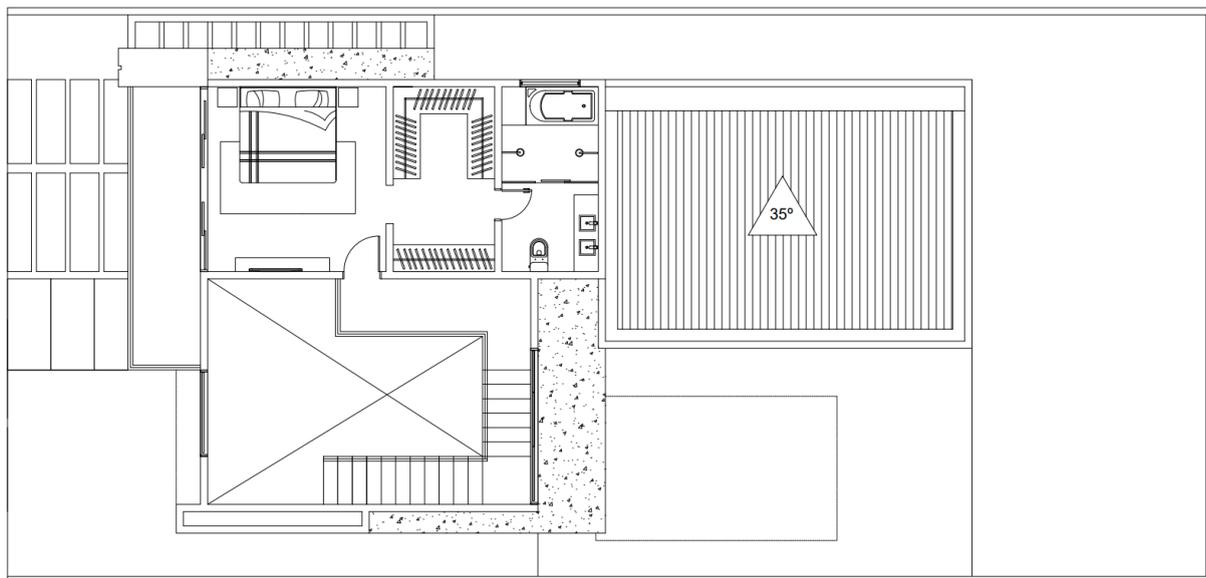
Figura 71 – Layout Térreo - Obra C.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

O pavimento superior com 50 m² (Figura 72) contendo sacada; suíte master; closet e banheiro.

Figura 72 – Layout Superior- Obra C.



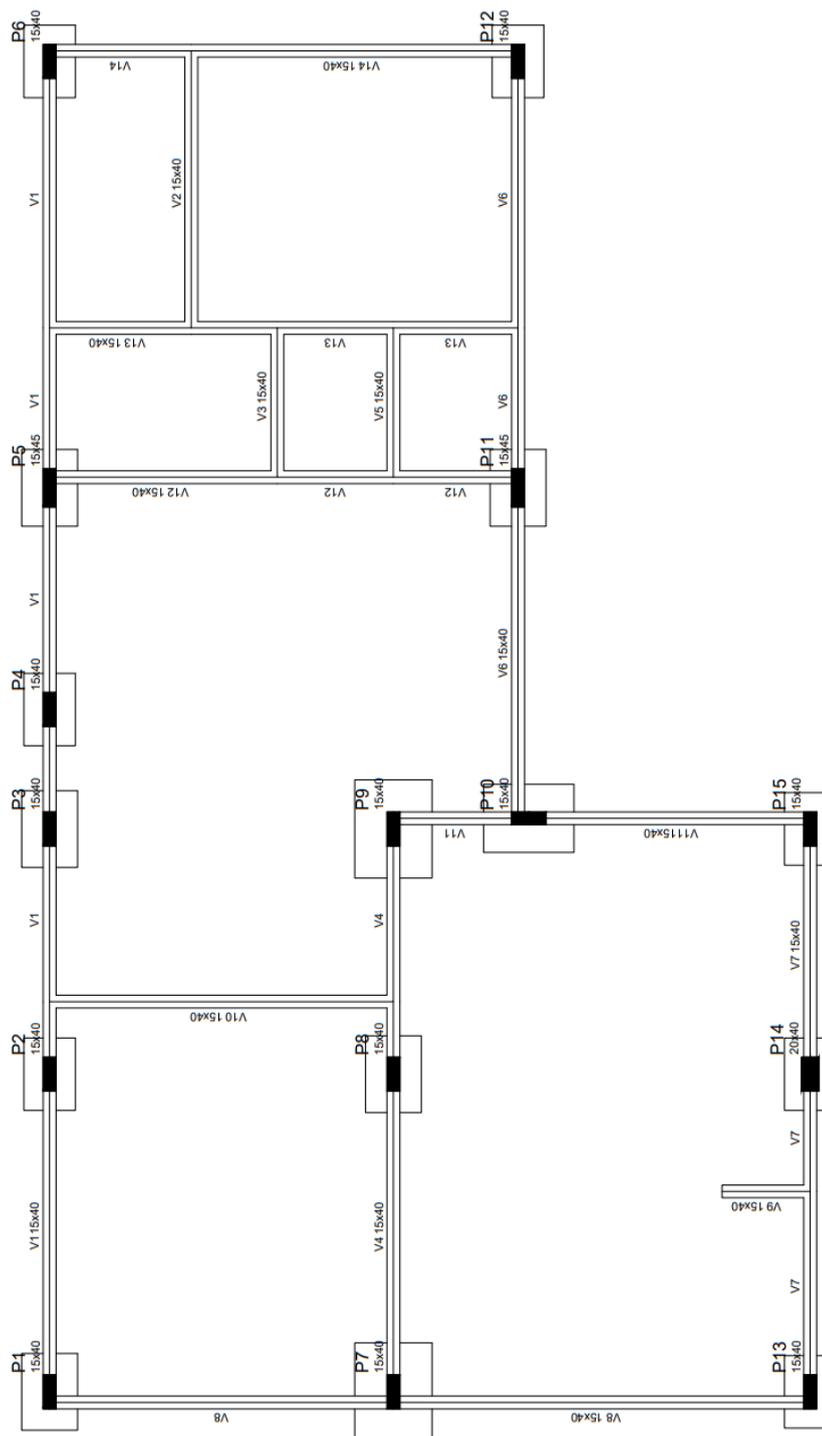
Fonte: Acervo pessoal (2024).

4.4.1 Caracterização

A estrutura foi dividida em: pavimento fundação, pavimento superior e pavimento cobertura.

Para o pavimento fundação (Figura 73) foi levantado a área de fôrma dos pilares e vigas.

Figura 73 – Planta de fôrma Pav. Fundação- Obra C.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Totalizando 15 pilares, 14 com seção 15x40cm e 1 com seção 20x40 e uma área de fôrma de 28,73 m² (Tabela 20), 14 vigas com seção 15x40 cm, sendo 78,28 m² de área de fôrma (Tabela 21).

Tabela 20 - Pilares pavimento fundação- Obra C.

Nome	Seção	Nome	Seção
P1	15X40	P9	15X40
P2	15X40	P10	15X40
P3	15X40	P11	15X40
P4	15X40	P12	15X40
P5	15X40	P13	15X40
P6	15X40	P14	15X40
P7	15X40	P15	20X40
P8	15X40		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

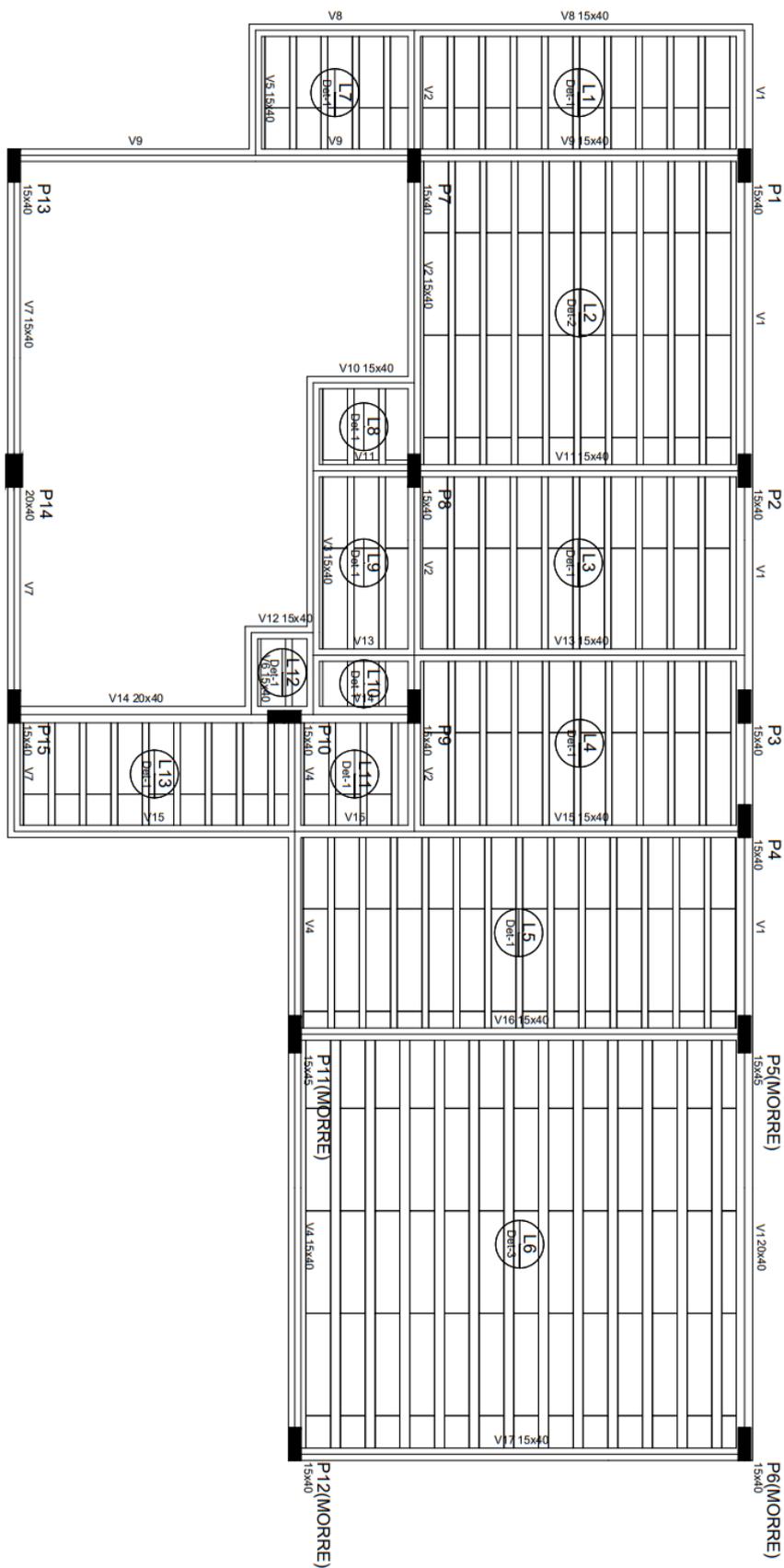
Tabela 21 - Vigas pavimento fundação- Obra C.

Nome	Seção	Nome	Seção
V1	15X40	V8	15X40
V2	15X40	V9	15X40
V3	15X40	V10	15X40
V4	15X40	V11	15X40
V5	15X40	V12	15X40
V6	15X40	V13	15X40
V7	15X40	V14	15X40

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Para o pavimento superior (Figura 74) foi levantado a área de fôrma dos pilares, vigas e lajes.

Figura 74 – Planta de fôrma Pav. Superior- Obra C.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Totalizando 15 pilares, 14 com seção 15x40cm e 1 com seção 20x40cm e uma área de fôrma de 50,4 m² (Tabela 22), 17 vigas, 16 com seção 15x40cm e 1 com seção 20x40cm e uma área de fôrma de 101,28 m² (Tabela 23).

Tabela 22 - Pilares pavimento superior- Obra C.

Nome	Seção	Nome	Seção
P1	15X40	P8	15X40
P2	15X40	P9	15X40
P3	15X40	P10	15X40
P4	15X40	P11	15X40
P5	15X40	P12	15X40
P6	15X40	P13	15X40
P7	15X40	P14	20X40

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Tabela 23 - Vigas pavimento superior- Obra C.

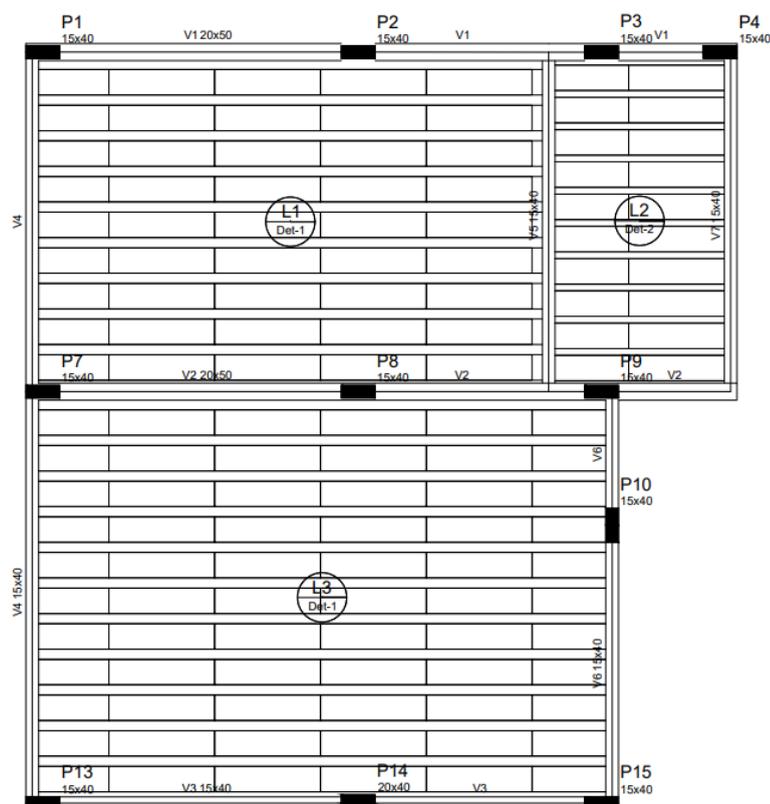
Nome	Seção	Nome	Seção
V1	20X40	V10	15X40
V2	15X40	V11	15X40
V3	15X40	V12	15X40
V4	15X40	V13	15X40
V5	15X40	V14	15X40
V6	15X40	V15	15X40
V7	15X40	V16	15X40
V8	15X40	V17	15X40
V9	15X40		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

As lajes eram do tipo pré-fabricada, sendo 13 lajes, 11 com altura de 11cm e 2 com 13 cm e uma área total de 86,07 m².

Para o pavimento cobertura (Figura 75) foi levantado a área de fôrma dos pilares, vigas e lajes.

Figura 75 – Planta de fôrma Pav. Cobertura- Obra C.



Fonte: Acervo pessoal (2024).

Totalizando 15 pilares, 14 com seção 15x40cm e 1 com seção 20x40cm e uma área de fôrma de 36,6 m² (Tabela 24), 7 vigas, 5 com seção 15x40cm e 2 com seção 20x50cm e uma área de fôrma de 48,07 m² (Tabela 25).

Tabela 24 - Pilares pavimento cobertura- Obra C.

Nome	Seção	Nome	Seção
P1	15X40	P9	15X40
P2	15X40	P10	15X40
P3	15X40	P11	15X40
P4	15X40	P12	15X40
P5	15X40	P13	15X40
P6	15X40	P14	20X40
P7	15X40	P15	15X40
P8	15X40		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

Tabela 25 - Vigas pavimento cobertura- Obra C.

Nome	Seção	Nome	Seção
V1	20X40	V10	15X40
V2	15X40	V11	15X40
V3	15X40	V12	15X40
V4	15X40	V13	15X40
V5	15X40	V14	15X40
V6	15X40	V15	15X40
V7	15X40	V16	15X40
V8	15X40	V17	15X40
V9	15X40		

Fonte: Acervo pessoal (2024).

As lajes eram do tipo pré-fabricada, sendo 3 lajes, 1 com altura de 11cm e 2 com 13 cm e uma área total de 61,53 m².

Para todos os componentes do sistema de fôrmas foi utilizada a madeira serrada do tipo virola e pracuúba.

Os materiais levantados de acordo com a nomenclatura utilizada na obra estão listados a seguir:

- Tábua de virola 2 x 14 cm, com 4 metros de comprimento;
- Ripão (pracuúba) 4 x 4 cm, com 4 metros de comprimento;
- Pernamanca (pracuúba) 4,0 x 7,0 cm, com 4 metros de comprimento;
- Pregos 2,5" x 3 x 9 mm.

Para a etapa seguinte, que será a concepção, iremos renomear as peças de madeira serrada utilizadas na obra de acordo com a Tabela 1. A pernamanca iremos chamar de sarrafo; o ripão de caibro; a tábua de virola permanecerá com a nomenclatura de tábua.

4.4.2 Concepção

Nesta etapa foram verificados os elementos utilizados e suas respectivas distâncias para criar detalhamentos de pilar, viga e laje, visando representar características usuais empregadas.

Para a fôrma de pilar foi empregada a tábua de virola como apresenta a Figura 76.

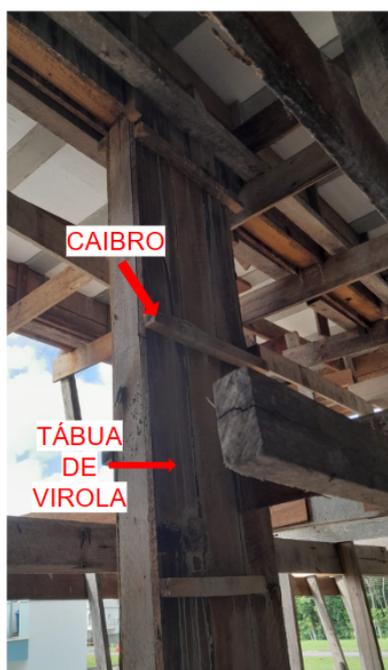
Figura 76 – Fôrma do pilar obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para fazer o travamento lateral das tábuas de virola foi utilizado caibro de prauúba 4x4 cm (Figura 77).

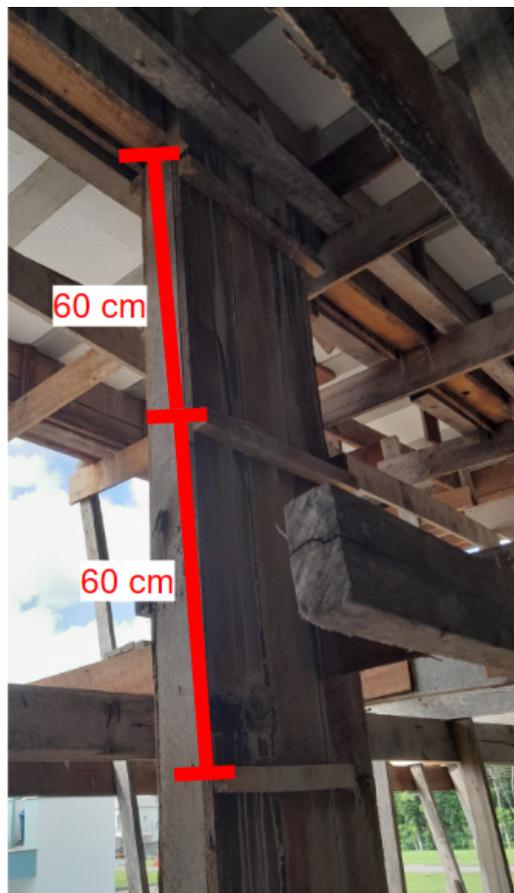
Figura 77 – Travamento lateral do pilar Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

O caibro foi utilizado ao longo da altura da maior dimensão do pilar e fixado com prego, espaçados 60 cm (Figura 78).

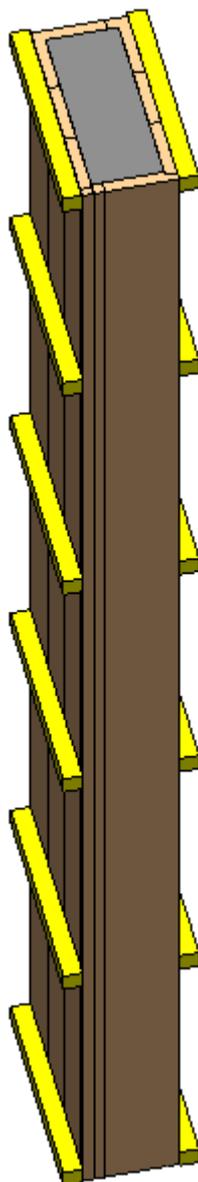
Figura 78 – Espaçamento entre os sarrafos - obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 79, apresenta como se deu a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para o pilar (P1) 15x40 cm (Tabela 19) com 3,0 metros de altura, de acordo com as medidas estabelecidas pela obra.

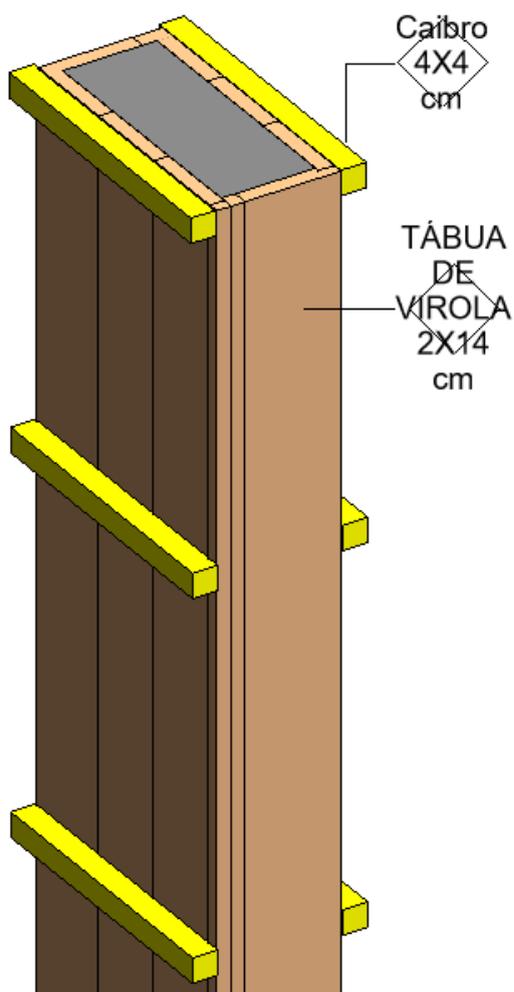
Figura 79 – Perspectiva fôrma do pilar P1 do pavimento fundação - Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 80 evidencia a nomenclatura de cada elemento que compõem o sistema de fôrma do pilar.

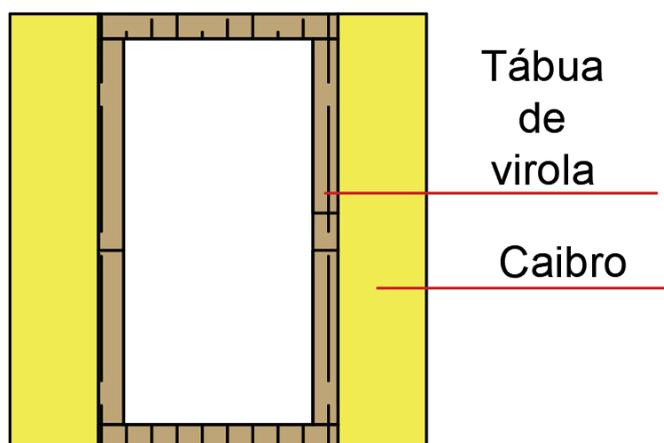
Figura 80 – Detalhe da perspectiva fôrma do pilar P1 do pavimento fundação - Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 81 apresenta a vista superior da fôrma do pilar (P1) 15x40 cm (Tabela 19) com seus elementos devidamente identificados.

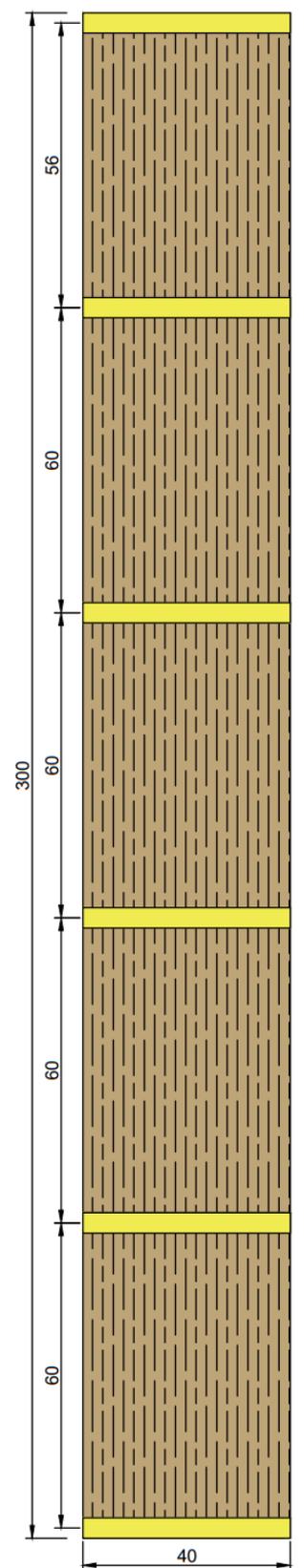
Figura 81 – Vista superior da fôrma do pilar (P1) - Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figura 82, tem-se a vista lateral da fôrma do pilar P1.

Figura 82 – Vista lateral da fôrma do pilar (P1) - Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para a fôrma da viga foi utilizada a tábua de virola (Figura 83).

Figura 83 – Fôrma lateral da viga - Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para o travamento das faces laterais utilizou-se caibros, espaçados 60 cm ao longo de toda a viga. A Figura 84 apresenta os detalhes da fôrma da viga.

Figura 84– Travamento lateral da viga- Obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

O escoramento das vigas foi feito com peças com o formato de garfos, com dois sarrafos, espaçados 80 cm e tábua de virola fixada nos dois caibros (Figura 85).

Figura 85 – Fôrmas e escoramentos das vigas - obra C.

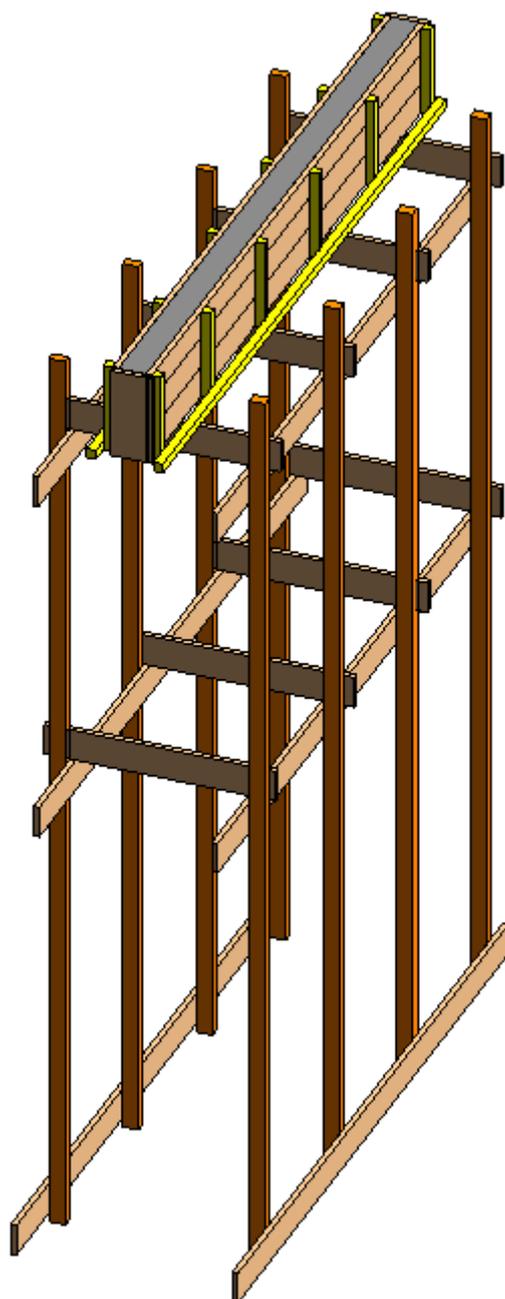


Fonte: Autoria própria (2024)

Durante a visita na obra foi informado que as distâncias entre os elementos foi padronizado e repetida para todas as vigas existentes.

A Figura 86, apresenta como se deu a distribuição dos elementos que compõem a fôrma para da viga 15x40 cm e 3 metros de comprimento.

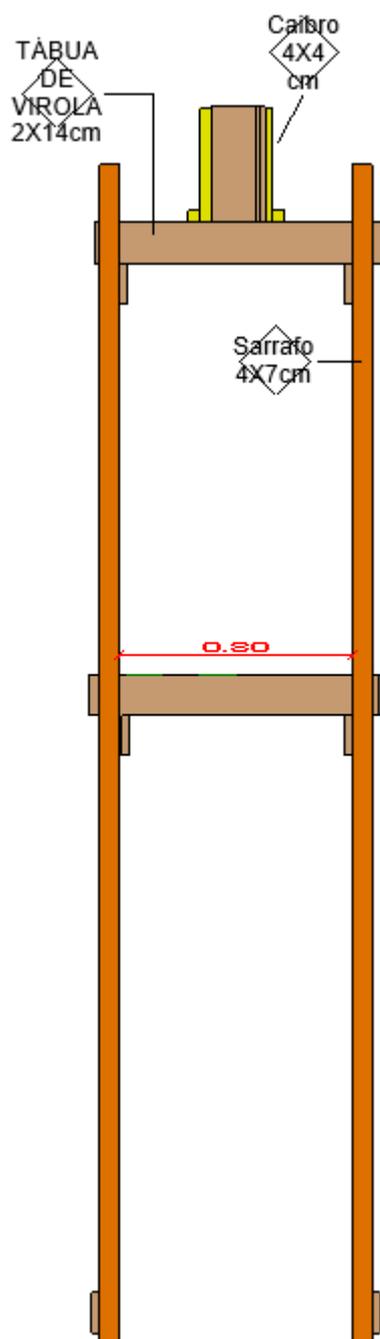
Figura 86 – Perspectiva viga 15x40 - obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 87 apresenta a seção transversal da viga com todos seus elementos devidamente identificados.

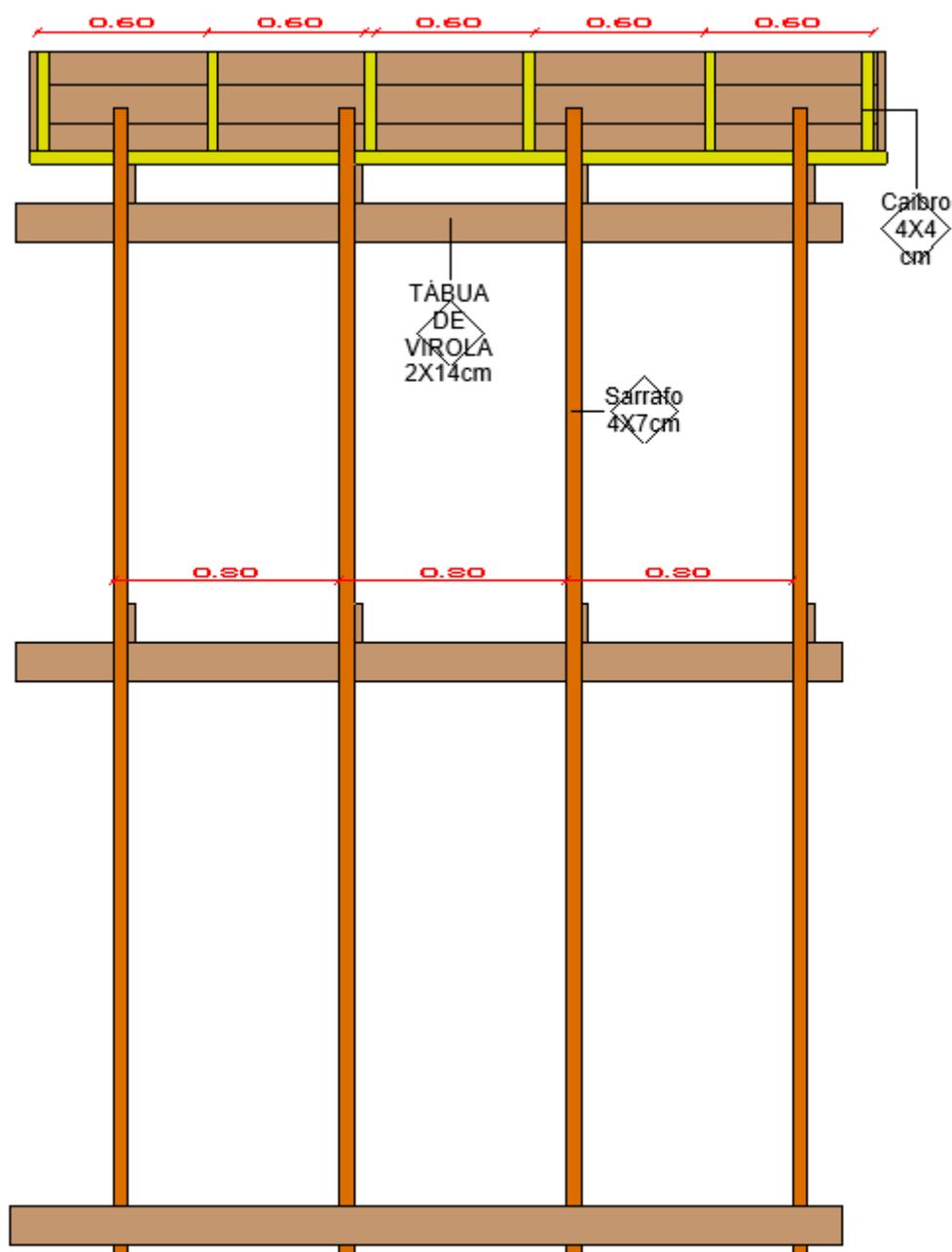
Figura 87 – Seção transversal da viga 15x40 - obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 88 evidencia o detalhe da fôrma das face lateral da viga.

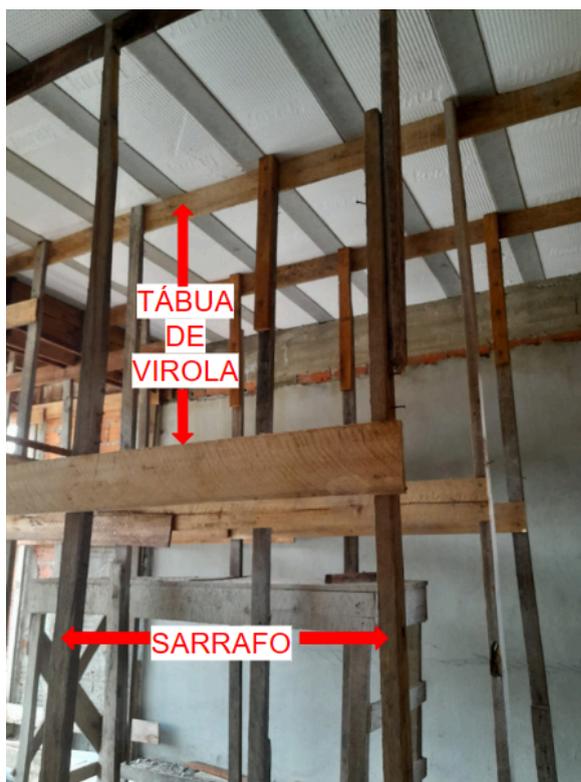
Figura 88 – Vista lateral da viga 15x40 - obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A laje existente na obra era do tipo pré-fabricada, as transversinas utilizadas eram formadas por tábua de virola espaçadas de 80 cm, que por sua vez apoiam-se nos sarrafos, espaçados de 80 cm. A Figura 88 e 89 evidencia o detalhe das transversinas.

Figura 89 – Escoramento da laje da obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

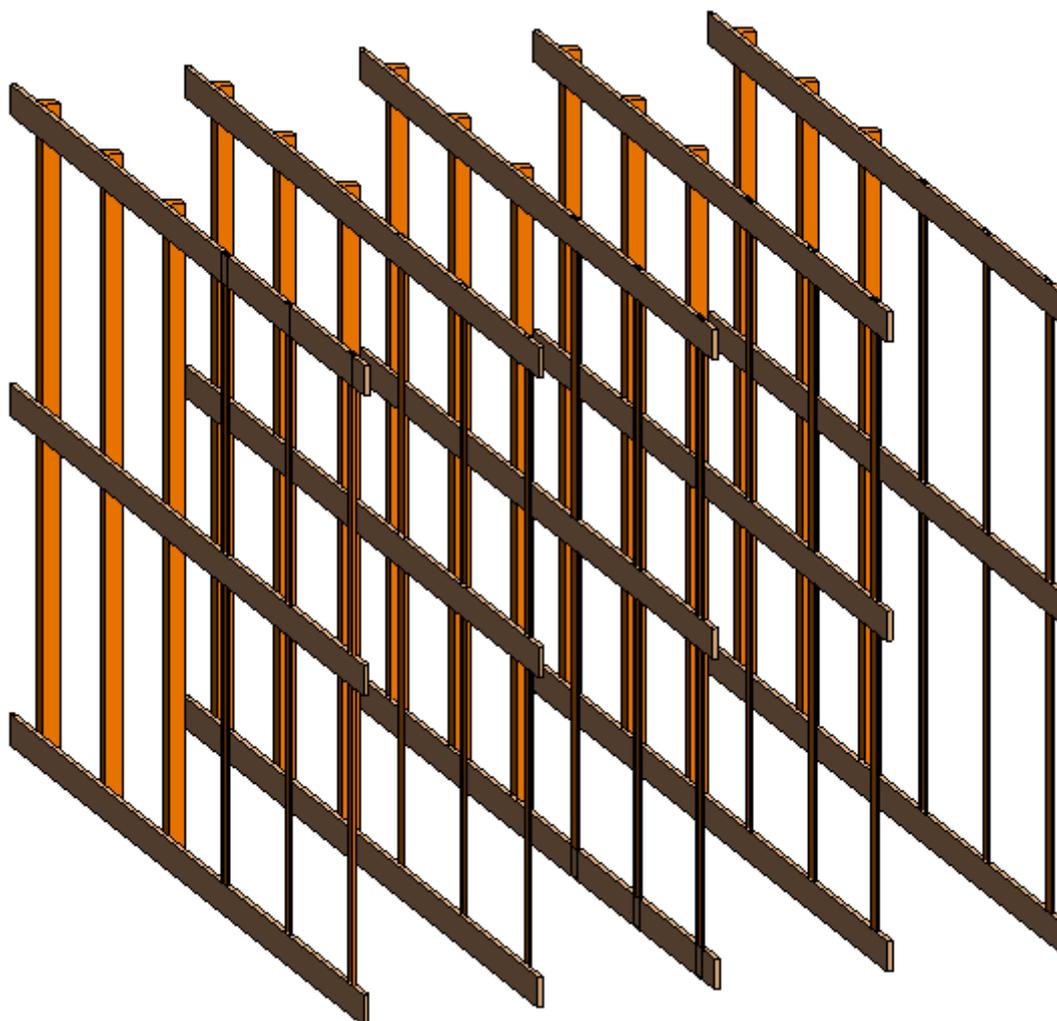
Figura 90 – Escoramento da laje da obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

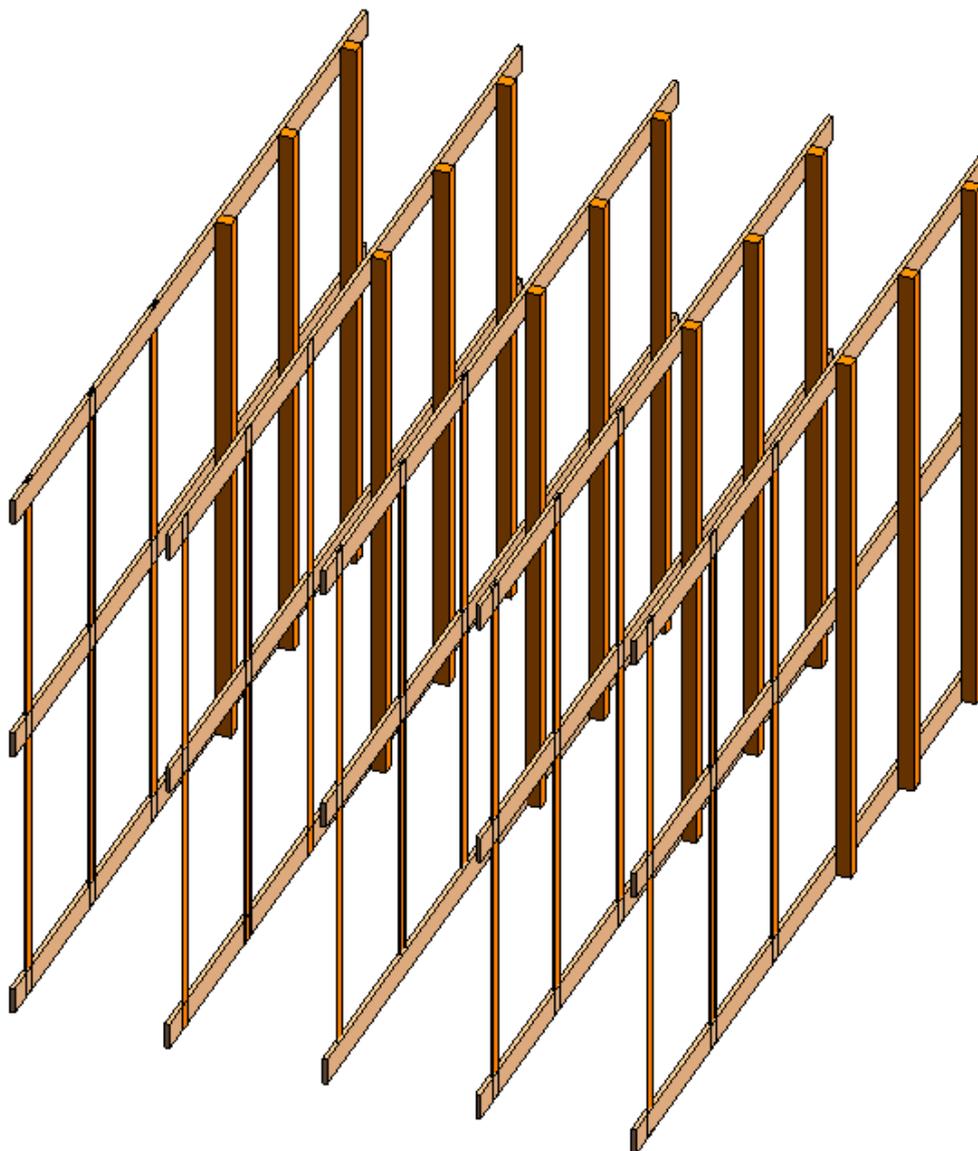
As Figuras 91 e 92, apresenta as perspectiva como se deu a distribuição dos elementos que compõem o escoramento da laje L3 localizada no pavimento superior de 3,30 x 4,5 m, de acordo com as medidas estabelecidas pelo carpinteiro.

Figura 91 – Perspectiva 01 do escoramento da laje L3- obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

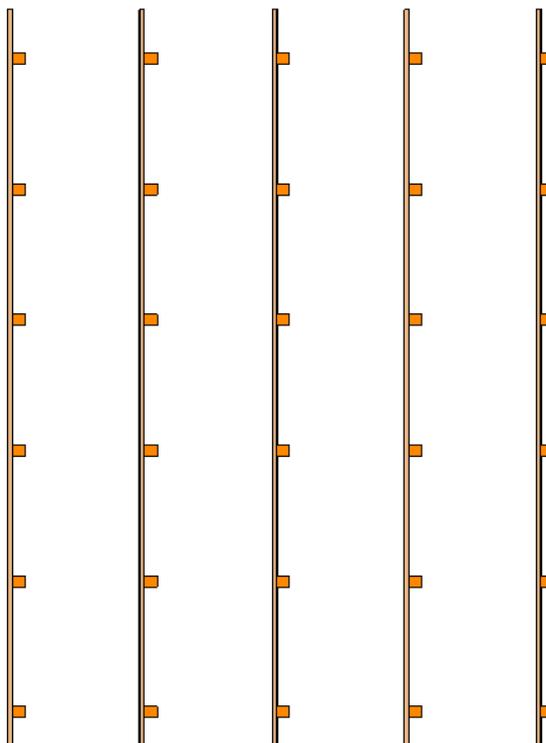
Figura 92 – Perspectiva 02 do escoramento da laje L3- obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

A Figura 93, apresenta em planta baixa como se deu a distribuição dos elementos que compõem o escoramento da laje L3.

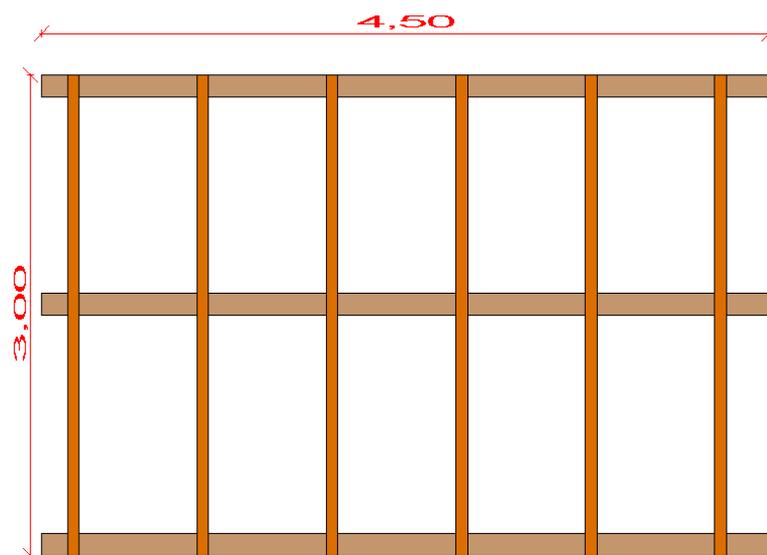
Figura 93 – Planta baixa do escoramento da laje L3- obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

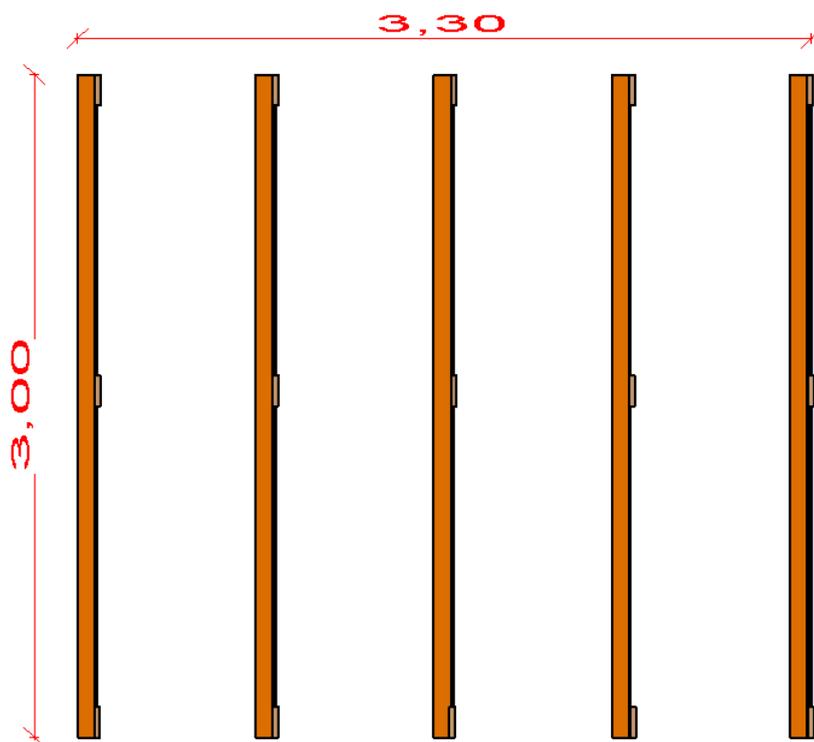
As Figuras 94 e 95 evidenciam as vistas laterais do escoramento da laje L3.

Figura 94 – Vista lateral 01 laje L3- obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

Figura 95 – Vista lateral 02 laje L3- obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

4.4.3 Estimativa de custo

A estimativa de custos diretos das fôrmas foi feita com base na representação do detalhamento realizado no item 4.4.2.

Para estimar o custo total do sistema de fôrma para obra C, foi escolhido um pilar, uma viga e uma laje para calcular o custo total da madeira serrada dos mesmos, em seguida, calcular o valor por metro quadrado, e na sequência, multiplicar pela área de fôrma total dos pilares, vigas e lajes.

Os preços foram obtidos no catálogo de insumos do SINAPI, no banco SINAPI-01/2024-Amapá e a descrição na ficha de especificação técnica de insumos.

A Tabela 26 apresenta os custos da madeira serrada para o sistema de fôrma de um pilar P1 do pavimento fundação (Tabela 19) com seção 15x40 cm e 3 metros de altura.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para os dois lados menores do pilar foi utilizado 3 tábua de 3 metros, e para os dois lados maiores, 6 tábuas de 3 metros, totalizando 27 metros. Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o valor

total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábuca de virola com 3 metros, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento do caibro, na maior dimensão do pilar o caibro ficou com comprimento de 40 cm (maior seção do pilar), sabendo que o espaçamento entre caibros é de 60 cm, ao longo da altura teremos 6 caibros (Figura 76), totalizando 4,8 metros de caibro para as duas maiores dimensões do pilar. Na obra foi utilizado caibro com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do caibro com 3 metros de comprimento, para se obter o valor total do material.

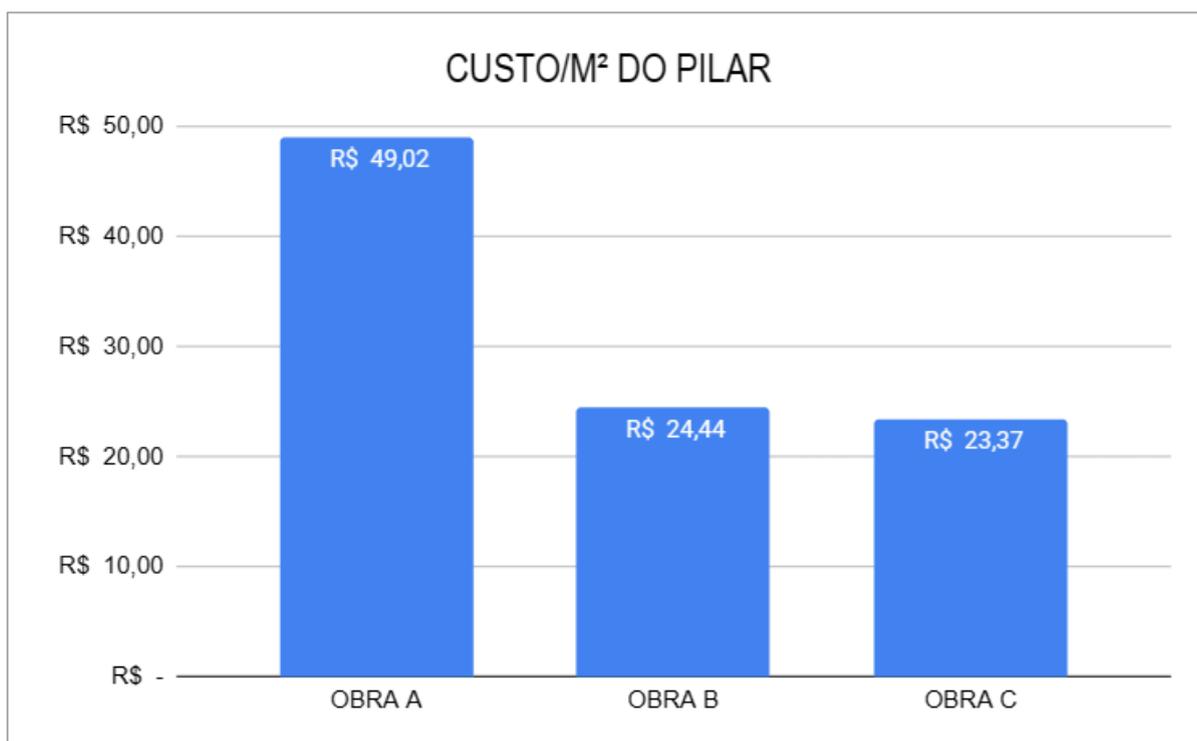
Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábuca e do caibro pela a área de fôrma do pilar de 3,30 m².

Tabela 26 - Estimativa de custo Pilar - Obra C.

ESTIMATIVA DE CUSTO P1 15X40cm- OBRA C						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	9,00	R\$ 7,29	R\$ 65,61
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	1,60	R\$ 7,19	R\$ 11,50
					Total	R\$ 77,11
					Valor/m²	R\$ 23,37

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma do pilar da obra C foi menor quando comparado com as obras A e B (Gráfico 7). Houve uma redução de 52,33% quando comparado com a obra A, que se deu pelo fato da obra C não ter utilizado madeira compensada e sarrafos ao longo da altura e de 4,38% comparado com a obra B, pois o espaçamento entre os caibros adotado pela obra C foi maior que o espaçamento adotado pela obra B.

Gráfico 7 - Custo/m² do pilar - Obra A - Obra B - Obra C.

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 27 apresenta os custos da madeira serrada para o sistema de fôrma de uma viga com seção 15x40 cm e 3 metros de comprimento.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que a tábua utilizada possui 14 cm, para as duas laterais utilizou-se 6 tábuas de 3 metros, e para o fundo 2 tábua de 3 metros, totalizando 24 metros. No escoramento para fixar os sarrafos, foi utilizado tábua de virola para sustentar o fundo da viga, na metade da altura dos caibros e para travar os sarrafos horizontalmente no nível do fundo da viga, na metade da altura do sarrafo e no nível do piso (Figura 80) , contabilizando 26 metros.

Na obra foi utilizado tábua com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua de virola com 3 metros, para se obter o valor total do material.

Em seguida foi calculado o comprimento dos caibros, sabe-se que o espaçamento entre caibros é de 60 cm, ao longo do comprimento da viga teremos 6 sarrafos, posteriormente foi multiplicado pelo comprimento unitário de 40 cm do caibro (altura da viga), totalizando 4,8 metros para as duas laterais.

Foi utilizado dois caibros de prachuá 4x4 cm travando os caibros posicionados na vertical ao longo do comprimento da viga (Figura 80), contabilizando 6 metros de comprimento.

Posteriormente foi calculado a quantidade de sarrafo, sabe-se que estão espaçados 80 cm (Figura 82), ao longo do comprimento da viga teremos 4 sarrafo de cada lado com 3,5 metros de comprimento, contabilizando 28 metros. Na obra foi utilizado o caibro de 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da peça com 3 metros, para se obter o valor total do material.

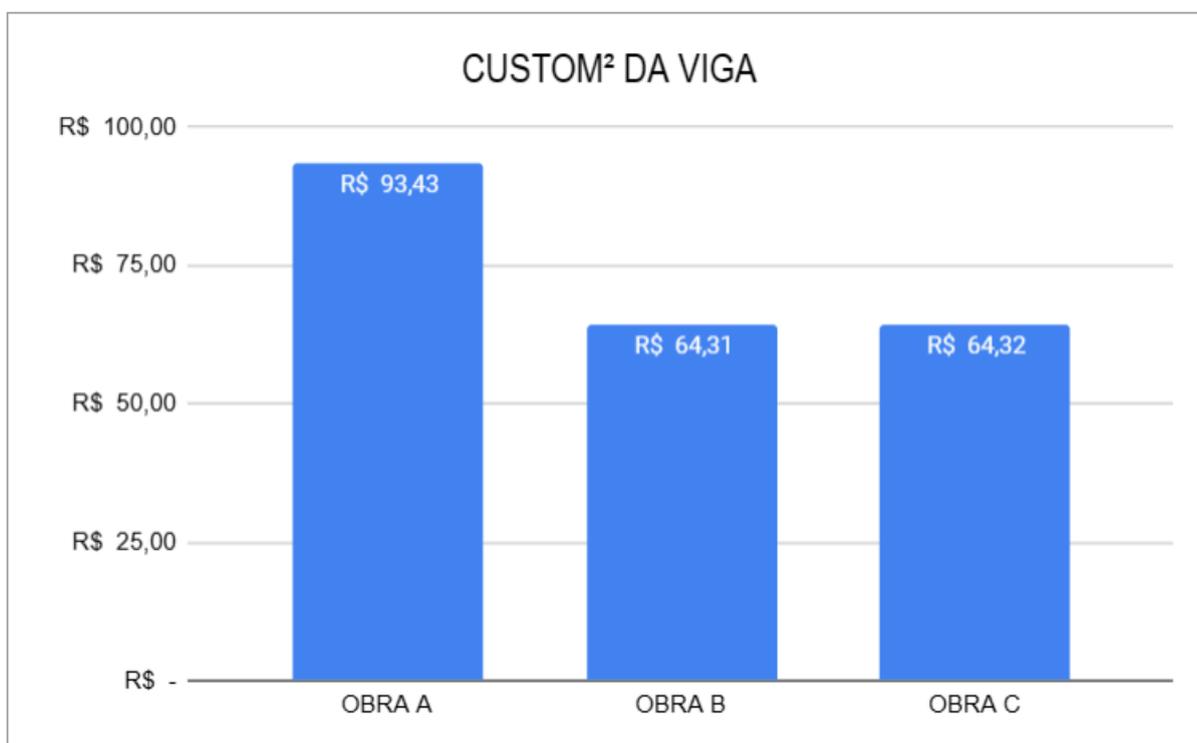
Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua, do sarrafo e do caibro pela área de fôrma da viga.

Tabela 27 - Estimativa de custo Viga - Obra C.

ESTIMATIVA DE CUSTO V 15x40cm- OBRA C						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT.	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	16,67	R\$ 7,29	R\$ 121,50
4513	SINAPI	CAIBRO 5 X 5 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	3,60	R\$ 7,19	R\$ 25,88
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	9,33	R\$ 3,85	R\$ 35,93
					Total	R\$ 183,32
					Valor/m²	R\$ 64,32

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma da viga da obra C foi menor quando comparado com as obras A (Gráfico 8). Houve uma redução de 31,16% quando comparado com a obra A, que se deu pelo fato da obra C não ter utilizado madeira compensada e mãos francesas. Quando comparado com a obra B houve um aumento pouco significativo.

Gráfico 8 - Custo/m² da viga - Obra A - Obra B - Obra C.

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 28, apresenta os custos da madeira serrada para o escoramento da laje pré-moldada L3 (Figura 68) de 3,30 x 4,5m.

Primeiramente foi calculado quantidade em metros de tábua de virola, sabe-se que o espaçamento entre elas é de 80 cm e que elas foram distribuídas longitudinalmente a maior dimensão da laje (Figura 87), contabilizando 5 tábuas com comprimento de 4,5 metros de comprimento, que foram fixadas no fundo da laje, na metade da altura dos sarrafos e no nível do piso, totalizando 67,5 metros de tábua de virola.

Na obra foram utilizadas tábuas com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário da tábua, para se obter o valor total do material.

Posteriormente foi calculado a quantidade em metros de sarrafos, de acordo com a Figura 87, foram utilizados 30 sarrafos para o escoramento da laje, sabe-se que a altura do piso até o fundo da laje é de 3,0 metros, totalizando 90 metros.

Na obra foram utilizados caibros com 3 metros de comprimento. Logo, o valor total calculado foi dividido por 3 e em seguida multiplicado pelo valor unitário do caibro, para se obter o valor total do material.

Por fim, calculou-se o valor por metro quadrado, dividindo a soma do valor total da tábua e do sarrafo pela área total da laje.

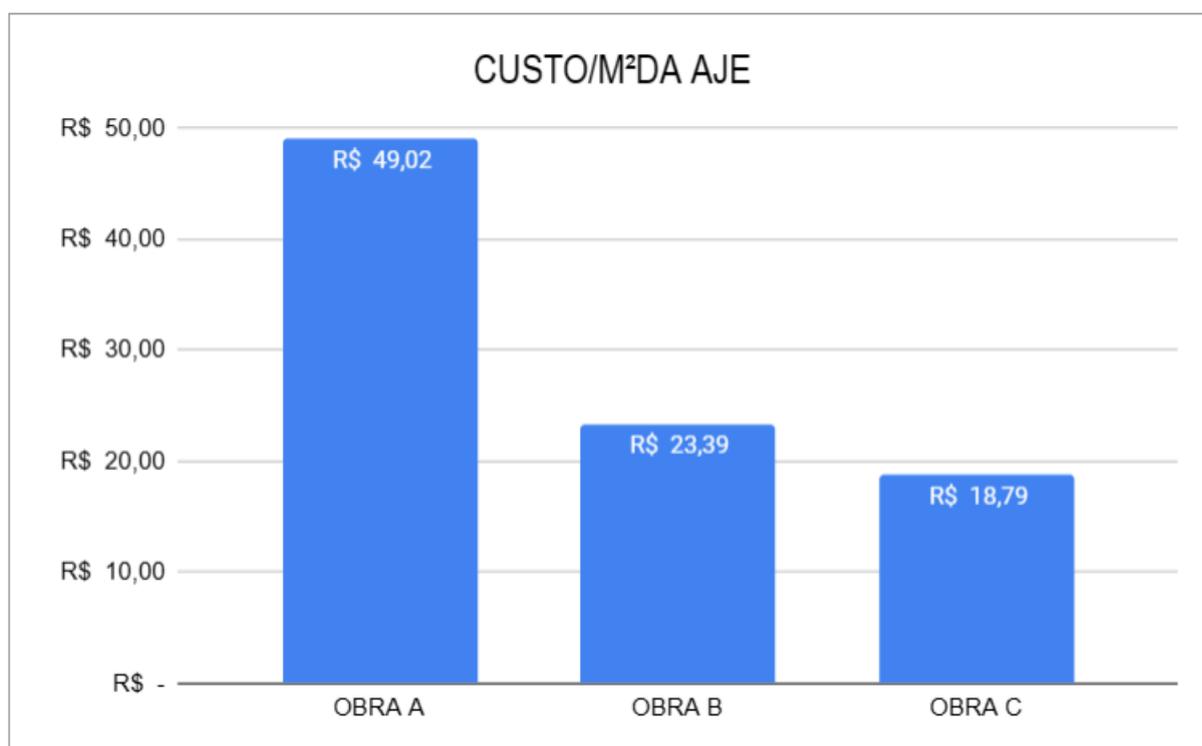
Tabela 28 - Estimativa de custo Laje Pré-moldada - Obra C.

ESTIMATIVA DE CUSTO L3 - OBRA C						
Código	Banco	Descrição	UND	QUANT	VALOR UNIT	TOTAL
6194	SINAPI	TÁBUA *2,5 X 15 CM EM PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	22,43	R\$ 7,29	R\$ 163,54
4417	SINAPI	SARRAFO NÃO APARELHADO *2,5 X 7* CM, EM MACARANDUBA/MASSARANDUBA, ANGELIM, PEROBA-ROSA OU EQUIVALENTE DA REGIÃO - BRUTA	M	30,00	R\$ 3,85	R\$ 115,50
					Total	R\$ 279,04
					Valor/m²	R\$ 18,79

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor por metro quadrado da fôrma para a laje da obra C foi menor quando comparado com as obras A e B (Gráfico 9). Sabe-se que na obra A a laje utilizada foi do tipo maciça, que além do escoramento precisa da fôrma para receber o concreto fluido até que ele se torne auto-portante. Houve uma redução de 61,67% no valor por metro quadrado da obra C quando comparado com a obra A.

Na obra C o escoramento foi utilizado na direção perpendicular às vigotas da laje pré-fabricada, por isso houve uma redução de 9,38% no custo quando comparado com o escoramento da obra B, que utilizou o escoramento na direção paralela e perpendicular às vigotas.

Gráfico 9 - Custo/m² da laje - Obra A - Obra B - Obra C.

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 29, apresenta os custos totais da madeira serrada para os elementos de pilar, viga e laje de toda a estrutura de concreto armado, o valor por metro quadrado calculado para cada elemento estrutural foi multiplicado pela área de fôrma total expressa no projeto estrutural disponibilizado pela empresa.

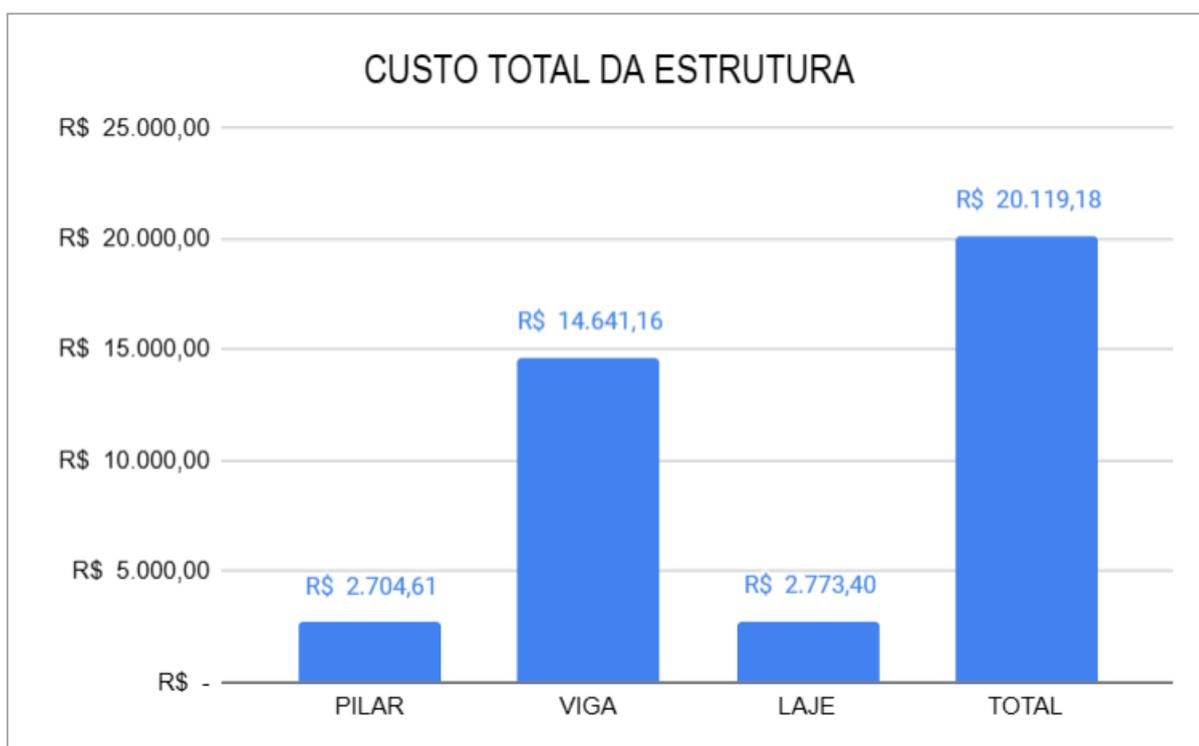
Tabela 29 - Estimativa de custo de toda a estrutura- Obra C.

	Pilar	Viga	Laje
Área total (m²)	115,73	227,63	147,6
Valor/m²	R\$ 23,37	R\$ 64,32	R\$ 18,79
Total	R\$ 2.704,61	R\$ 14.641,16	R\$ 2.773,40

Fonte: Autoria própria (2024)

O valor total da madeira serrada utilizada no sistema de fôrma para todos os pilares, as vigas e para as lajes pré-fabricadas foi de R\$20.119,18, (Gráfico 10), considerou-se que não houve reaproveitamento de madeira de um elemento para outro.

Gráfico 10 - Custo total da obra C.



Fonte: Autoria própria (2024)

No Gráfico 10 observa-se que os pilares representam 13,45% do custo total, as vigas 72,77% e as lajes 13,78%.

Com base no custo unitário básico da construção civil-CUB mês de referência janeiro de 2024, foi realizado a estimativa de custo total para a construção da obra C, com o objetivo de levantar a porcentagem que o sistema de fôrma representa no custo total da edificação.

O valor do CUB para uma residência de alto padrão de acordo com a Tabela 8 é de R\$ 3254,05, multiplicou-se esse valor pela área construída 163 m², obteve-se o valor total de R\$ 530.410,15. Com isso concluiu-se que o sistema de fôrma para a obra de reforma/ampliação representa 3,79% do custo total da obra C.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil tem grande influência econômica e social para o desenvolvimento das cidades. Por esse motivo, cabe aos profissionais de engenharia aperfeiçoamentos, adaptações e diminuição de custos e prazos de execuções em áreas indispensáveis para contribuir com o crescimento.

Percebeu-se durante a elaboração deste trabalho, uma falta de consenso de nomenclaturas referentes às peças de madeira serrada utilizada nos sistemas de fôrmas, entre as normas, a mão-de-obra, engenheiros e executores. O presente trabalho optou pela nomenclatura da NBR 14807:2002.

Utilizando-se dos conhecimentos fornecidos pelas referências bibliográficas mencionadas no texto, conclui-se que o sistema de fôrmas, ainda que considerado uma estrutura temporária, deve receber estrita atenção quanto ao dimensionamento e ser executado de acordo com critérios estabelecidos em projeto.

De acordo com as visitas realizadas nas três obras de pequeno porte na cidade de Macapá-AP, foi possível constatar que para os sistemas de fôrma de madeira utilizados, não houve projeto de fôrma e cimbramento. A execução dos sistemas foi realizado de forma primitiva considerando, prioritariamente, as experiências dos mestres de obras e carpinteiros.

Através da estimativa de custo realizada, foi possível atestar que a madeira serrada apresenta um baixo custo quando comparada com madeira compensada.

A obra A utilizou madeira compensada e madeira serrada para o seu sistema de fôrma de madeira e obteve o maior custo por metro quadrado para os pilares, vigas. Durante a execução, os espaçamentos pré-estabelecidos foram reduzidos em alguns casos, o que gerou maior consumo de material.

A obra B utilizou somente madeira serrada para o seu sistema de fôrma de madeira, os espaçamentos adotados foram seguidos durante a execução, o que gerou um sistema de fôrma compacto e de fácil identificação dos componentes do sistema.

A Obra C utilizou, assim como a obra B, somente madeira serrada para o seu sistema de fôrma de madeira. O espaçamento adotado entre as peças de madeira foi significativamente maior que os das obras A e B, o que pode gerar instabilidade do sistema e possível rompimento das fôrmas durante a concretagem dos elementos de concreto armado.

A escolha dos materiais, como também do tipo do sistema, se estudado de modo aprofundado, podem acarretar às obras grandes benefícios, não somente do ponto de vista material quanto ao acabamento das estruturas e quanto à segurança dos sistemas mas, principalmente, a otimização do tempo de execução e a racionalização dos materiais e dos custos.

Com base nos dados levantados através das visitas nas três obras residenciais de pequeno porte no presente momento na cidade de Macapá-AP, o objetivo geral assim os objetivos específicos foram alcançados.

Para trabalhos futuros, sugere-se realizar estudos sobre as madeiras disponíveis no mercado local para obter dados científicos com os valores médios das propriedades de rigidez e resistência. Sugere-se também a realizar o dimensionamento do sistema de fôrmas para as madeiras disponíveis.

REFERÊNCIAS

ASSAHI, P. N. **Sistema de fôrma para estrutura de concreto**. São Paulo: IBRACON, 2005.

AZEVEDO, Gilmar A. T. **Avaliação técnica para definição de fôrmas na construção civil**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2008.

BERTO, R.M.v.S., NAKANO, D. N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa**. Produção, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI: Metodologias E Conceitos: Sistema Nacional De Pesquisa De Custos E Índices Da Construção Civil**. 8. ed. Brasília: CAIXA, 2024. 79 p. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-catalogo-de-insumos/SINAPI_Fichas_Especificacao_Tecnica_Insumos.pdf. Acesso em: 20 març. 2023.

CARVALHO, C. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4 ed. São Paulo: Pini, 2009.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2016.

COSTA JUNIOR, Tomaz F.; S. FILHO, Antônio F. **Emprego de fôrmas de madeira em estrutura de concreto**. Salvador: Universidade Católica do Salvador, 2008.

FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado. Aplicação para o caso do edifício**. São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

FREIRE, T. M.; SOUZA, U. E. **Classificação dos sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo: EPUSP 2001. 12p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/296).

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

MARANHÃO, M. G. **Fôrmas para concreto: subsídios para otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. Dissertação (Mestrado em estruturas de madeira) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

MORIWAKA, Mauro S. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003.

MOLITERNO, A. **Escoramentos, Cimbramentos, Fôrmas para Concreto e Travessias em Estruturas de Madeira**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989, 379p.

NAZAR, Nilton. **Fôrmas e escoramentos para edifícios**: critérios para dimensionamento e escolha do sistema. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

_____. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 14807**: Peças de madeira serrada - Dimensões. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 15696**: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos Rio de Janeiro, 2009.

PAESE, Michelle Cristine Bonatto. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba - Paraná**. 2012. 160 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SALGADO, Júlio Cesar Pereira. **Técnicas e Práticas construtivas Para Edificações**. 2. ed. São Paulo: ÉRICA, 2014.

SALVADOR, P. F. **Investigação teórica e experimental da transferência de cargas entre pavimentos de concreto escorados**. 2013. 207 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SOUZA, P. A. **Sistema de fôrmas para estruturas de concreto armado: comparação entre os sistemas de fôrmas convencional e Topec SH para lajes maciças**. 2016. 50 f. Monografia (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

ANEXO A – Valores médios de madeira dicotiledôneas nativas e de florestamento

Tabela E.1 - Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de florestamento

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap(12\%)}^{1)}$ kg/m ³	$f_{c0}^{2)}$ MPa	$f_{t0}^{3)}$ MPa	$f_{t90}^{4)}$ MPa	$f_v^{5)}$ MPa	$E_{c0}^{6)}$ MPa	$n^{7)}$ n
Angelim araroba	<i>Vataireopsis araroba</i>	688	50,5	69,2	3,1	7,1	12876	15
Angelim ferro	<i>Hymenolobium spp</i>	1 170	79,5	117,8	3,7	11,8	20827	20
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	694	59,8	75,5	3,5	8,8	12912	39
Angelim pedra verdadeiro	<i>Dinizia excelsa</i>	1 170	76,7	104,9	4,8	11,3	16694	12
Branquiho	<i>Terminalia spp</i>	803	48,1	87,9	3,2	9,8	13481	10
Cafearana	<i>Andira spp</i>	677	59,1	79,7	3,0	5,9	14098	11
Canafistula	<i>Cassia ferruginea</i>	871	52,0	84,9	6,2	11,1	14613	12
Casca grossa	<i>Vochysia spp</i>	801	56,0	120,2	4,1	8,2	16224	31
Castelo	<i>Gossypiospermum praecox</i>	759	54,8	99,5	7,5	12,8	11105	12
Cedro amargo	<i>Cedrella odorata</i>	504	39,0	58,1	3,0	6,1	9839	21
Cedro doce	<i>Cedrella spp</i>	500	31,5	71,4	3,0	5,6	8058	10
Champagne	<i>Dipterys odorata</i>	1 090	93,2	133,5	2,9	10,7	23002	12
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	838	54,4	62,1	3,3	10,4	13627	33
Catiúba	<i>Qualea paraensis</i>	1 221	83,8	86,2	3,3	11,1	19426	13
E. Alba	<i>Eucalyptus alba</i>	705	47,3	69,4	4,6	9,5	13409	24
E. Camaldulensis	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	899	48,0	78,1	4,6	9,0	13286	18
E. Citriodora	<i>Eucalyptus citriodora</i>	999	62,0	123,6	3,9	10,7	18421	68
E. Cloeziana	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	822	51,8	90,8	4,0	10,5	13963	21
E. Dunnii	<i>Eucalyptus dunnii</i>	690	48,9	139,2	6,9	9,8	18029	15
E. Grandis	<i>Eucalyptus grandis</i>	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813	103
E. Maculata	<i>Eucalyptus maculata</i>	931	63,5	115,6	4,1	10,6	18099	53
E. Maidene	<i>Eucalyptus maidene</i>	924	48,3	83,7	4,8	10,3	14431	10
E. Microcorys	<i>Eucalyptus microcorys</i>	929	54,9	118,6	4,5	10,3	16782	31
E. Paniculata	<i>Eucalyptus paniculata</i>	1 087	72,7	147,4	4,7	12,4	19881	29
E. Propinqua	<i>Eucalyptus propinqua</i>	952	51,6	89,1	4,7	9,7	15561	63
E. Punctata	<i>Eucalyptus punctata</i>	948	78,5	125,6	6,0	12,9	19360	70

¹⁾ $\rho_{ap(12\%)}$ é a massa específica aparente a 12% de umidade.

²⁾ f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras.

³⁾ f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras.

⁴⁾ f_{t90} é a resistência à tração normal às fibras.

⁵⁾ f_v é a resistência ao cisalhamento.

⁶⁾ E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

⁷⁾ n é o número de corpos-de-prova ensaiados.

NOTAS

1 As propriedades de resistência e rigidez apresentadas neste anexo foram determinadas pelos ensaios realizados no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo.

2 Coeficiente de variação para resistências a solicitações normais: $\delta = 18\%$.

3 Coeficiente de variação para resistências a solicitações tangenciais: $\delta = 28\%$.

Tabela E.2 - Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de florestamento

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap(12\%)}^{1)}$ kg/m ³	$f_{c0}^{2)}$ MPa	$f_{t0}^{3)}$ MPa	$f_{t90}^{4)}$ MPa	$f_v^{5)}$ MPa	$E_{c0}^{6)}$ MPa	$n^{7)}$ n
<i>E. Saligna</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>	731	46,8	95,5	4,0	8,2	14 933	67
<i>E. Tereticornis</i>	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	899	57,7	115,9	4,6	9,7	17 198	29
<i>E. Triantha</i>	<i>Eucalyptus triantha</i>	755	53,9	100,9	2,7	9,2	14 617	08
<i>E. Umbra</i>	<i>Eucalyptus umbra</i>	889	42,7	90,4	3,0	9,4	14 577	08
<i>E. Urophylla</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13 166	86
Garapa Roraima	<i>Apuleia leiocarpa</i>	892	78,4	108,0	6,9	11,9	18 359	12
Guaiçara	<i>Luetzelburgia spp</i>	825	71,4	115,6	4,2	12,5	14 624	11
Guarucaia	<i>Peltophorum vogelianum</i>	919	62,4	70,9	5,5	15,5	17 212	13
Ipê	<i>Tabebuia serratifolia</i>	1 068	76,0	96,8	3,1	13,1	18 011	22
Jatobá	<i>Hymenaea spp</i>	1 074	93,3	157,5	3,2	15,7	23 607	20
Louro preto	<i>Ocotea spp</i>	684	56,5	111,9	3,3	9,0	14 185	24
Maçaranduba	<i>Manilkara spp</i>	1 143	82,9	138,5	5,4	14,9	22 733	12
Mandioqueira	<i>Qualea spp</i>	856	71,4	89,1	2,7	10,6	18 971	16
Oiticica amarela	<i>Clarisia racemosa</i>	756	69,9	82,5	3,9	10,6	14 719	12
Quarubarana	<i>Erismia uncinatum</i>	544	37,8	58,1	2,6	5,8	9 067	11
Sucupira	<i>Diptotropis spp</i>	1 106	95,2	123,4	3,4	11,8	21 724	12
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	940	79,5	78,8	3,9	12,2	19 583	10

¹⁾ $\rho_{ap(12\%)}$ é a massa específica aparente a 12% de umidade.

²⁾ f_{c0} é a resistência à compressão paralela às fibras.

³⁾ f_{t0} é a resistência à tração paralela às fibras.

⁴⁾ f_{t90} é a resistência à tração normal às fibras.

⁵⁾ f_v é a resistência ao cisalhamento.

⁶⁾ E_{c0} é o módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

⁷⁾ n é o número de corpos-de-prova ensaiados.

NOTAS

1 Coeficiente de variação para resistências a solicitações normais $\delta = 18\%$.

2 Coeficiente de variação para resistências a solicitações tangenciais $\delta = 28\%$.