



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA
CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE – CTA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAUL LUIZ GODOY

**UMA PROPOSTA PARA HABITAÇÕES POPULARES EM ELEMENTOS DE PRÉ-
MOLDADO LEVE DE CONCRETO**

ALEGRETE/RS

2014

RAUL LUIZ GODOY

**UMA PROPOSTA PARA HABITAÇÕES POPULARES EM ELEMENTOS DE PRÉ-
MOLDADO LEVE DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. André Lübeck

Alegrete/ RS

2014

RAUL LUIZ GODOY

**UMA PROPOSTA PARA HABITAÇÕES POPULARES EM ELEMENTOS DE PRÉ-
MOLDADO LEVE DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido
em: 06 de março de 2014.

Banca examinadora:

Prof. (Me.) (André Lübeck)

Orientador

(UNIPAMPA)

Prof. (Dr.) (Telmo Egmar Camilo Deifeld)

(UNIPAMPA)

Prof. (Me.) (Jaelson Budny)

(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho aos meus pais, Adão e Lizete e especialmente ao meu primo, Luciano.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde, disposição e persistência ao longo desta caminhada.

Aos meus pais, Adão e Lizete, por sempre me apoiarem no que fosse preciso durante este período da graduação.

A minha irmã Raquel, pelo apoio incondicional e por ser o espelho daquilo que eu almejo para a minha vida.

Agradeço a uma pessoa que entrou na minha vida há dois anos e que me deu muita força para não desistir e continuar lutando. Obrigado Cynthia, te amo.

Agradeço a todos os amigos e colegas que eu convivi durante esta etapa da minha vida. Sem amigos não somos absolutamente nada.

Agradeço ao meu orientador André Lübeck, pelo auxílio no desenvolvimento deste projeto.

A todos os professores que eu tive a honra de conviver e a Universidade Federal do Pampa – Unipampa, à qual sinto orgulho de vê-la crescer e dela fazer parte.

Agradeço aos meus avôs maternos Adélio e Zelma. A saudade que eu sinto deles é grande, mas sei que estarão sempre ao meu lado, me trazendo força para seguir em frente.

Agradeço também aos meus avôs paternos, Clara e Galdino. Não tive a honra de conhecer meu avô, que foi um grande mestre de obra e ergueu inúmeros prédios durante a sua vida, mas seus ensinamentos foram passados a minha vó, ao meu pai e as minhas tias, e se hoje somos uma família unida, devemos isso a ele principalmente. Sinto-me muito orgulhoso em seguir os seus passos e sei que onde estiver ele também compactua com esse meu sentimento.

Por fim, agradeço especialmente ao meu primo Luciano que sempre me incentivou, eu e o meu outro primo, a estudar. Ele que foi umas das pessoas mais incríveis a qual eu tive o prazer de conviver, um cara diferenciado, que levava muita sabedoria para todas as pessoas a sua volta. Essa vitória é para você meu irmão.

“Ninguém vai bater tão forte como a vida. Mas não se trata de bater forte, se trata de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente, o quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer.”

Rocky Balboa

RESUMO

O presente trabalho contempla o estudo de desenvolvimento de um projeto para habitações populares, a partir de um sistema construtivo em pré-moldados leves. A revisão bibliográfica discorre sobre o surgimento do pré-moldado no país, o seu conceito, suas vantagens e desvantagens, além das condições necessárias para o seu desenvolvimento. Foi empregado como base de projeto um modelo de casa popular do Programa de Habitações Populares da Caixa Econômica Federal. O desenvolvimento do projeto deu-se a partir da modulação da proposta da Caixa Econômica para um sistema de pré-moldados leves em placas de fechamento, pilares e vigas, todos apoiados sobre radier moldado *in loco*, que foi detalhado com sistema de cálices e encaixes que possibilitam a fácil montagem. Cada um dos elementos foi detalhado, bem como, os sistemas complementares: hidráulico, esgoto e elétrico, a fim de que o uso do pré-moldado leve fosse viável. Foram propostas soluções para cada uma das etapas da construção, como encaixes, fixações e vedação.

Palavra chave: pré-moldado leve, habitações populares;

ABSTRACT

The present paper contemplates the study of a popular habitation development, by using a construction system with lightweight precast elements. The literature review discourses about the emergence of precast elements in the country, its concept, its advantages and disadvantages, besides the necessary conditions for their development. A model of popular houses from the Public Housing Program of the Caixa Econômica Federal was used as the basis of project. The project development was from the modulation proposal by Caixa Econômica for a system of precast lightweight in panels, pillars and beams, all supported on cast *in situ* slab, which was detailed with a system of chalice and fittings that enable easy assembly. Each of the elements was detailed, as well the complementary systems: hydraulic, sewage and electric, so that the use of precast lightweight elements might be viable. Solutions have been proposed for each stage of the construction, such as fittings, fixings and sealing.

Keywords: lightweight precast, popular habitation;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fábrica da ELCLOR	16
Figura 2 – Fábrica da Waspá	16
Figura 3 – Ligação fundação e pilar por meio de cálice.....	27
Figura 4 – Planta baixa da casa modulado em concreto.....	32
Figura 5 – Detalhe dos modelos de pilares adotados.....	34
Figura 6 – Detalhamento do encaixe das vigas	35
Figura 7 – Planta baixa da casa modulada em pré-moldado	36
Figura 8 – Planta de formas do radier.....	38
Figura 9 – Detalhe do corte AA da planta de formas do radier	39
Figura 10 – Detalhe do corte BB da planta de formas do radier	39
Figura 11 – Detalhe do corte CC da planta de formas do radier	39
Figura 12 – Planta de locação dos blocos	40
Figura 13 – Planta de locação dos nichos	41
Figura 14 – Cálices e a fundação em radier da casa pré-moldada	42
Figura 15 – Detalhe da cantoneira	42
Figura 16 – Planta baixa da instalação de esgoto da casa pré-moldada.....	43
Figura 17 – Instalação dos pilares pré-moldados nos cálices	44
Figura 18 – Instalação dos pilares e placas pré-moldadas.....	45
Figura 19 – Instalação dos pilares e a primeira fiada das placas pré-moldadas	45
Figura 20 – Detalhe do encaixe entre pilar e placa pré-moldada.....	46
Figura 21 – colocação de todas as placas pré-moldadas	47
Figura 22 – Detalhe dos pinos nos pilares pré-moldados.....	47
Figura 23 – vigas pré-moldadas encaixadas nos pilares através dos pinos	48
Figura 24 – Instalação das treliças na casa pré-moldada	48
Figura 25 – Detalhe do orifício por onde irá passar a tubulação elétrica e hidráulica da casa pré-moldada.....	49
Figura 26 – Planta Baixa da instalação de água fria da casa pré-moldada	50
Figura 27 – Isométrico da instalação de água fria da casa pré-moldada	51
Figura 28 – Planta Baixa da instalação elétrica da casa pré-moldada	52
Figura 29 – Colocação do telhado e da placa cimentícia na casa pré-moldada.....	53
Figura 30 – Planta baixa com a numeração das paginações da casa pré-moldada.....	54

Figura 31 – Paginação 1 da casa pré-moldada	55
Figura 32 – Paginação 2 da casa pré-moldada	55
Figura 33 – Paginação 3 da casa pré-moldada	56
Figura 34 – Paginação 4 da casa pré-moldada	56
Figura 35 – Paginação 5 da casa pré-moldada	57
Figura 36 – Paginação 6 na casa pré-moldada	57
Figura 37 – Paginação 7 da casa pré-moldada	58
Figura 38 – Paginação 8 da casa pré-moldada	58
Figura 39 – Fachada frontal da casa pré-moldada.....	59
Figura 40 – Fachada posterior da casa pré-moldada.....	59
Figura 41 – Fachada da direita da casa pré-moldada.....	60
Figura 42 – Fachada da esquerda da casa pré-moldada.....	60
Figura 43 – Exemplo de aplicação do selante Monopol PU 40.....	62
Figura 44 – Detalhe da placa cimentícia na casa pré-moldada (1)	64
Figura 45 – Detalhe da placa cimentícia na casa pré-moldada (2)	64
Figura 46 – Detalhamento da armadura da placa A (11x17x55) da quinta fiada	65
Figura 47 – Detalhamento da armadura da placa B (11x17x55) da quinta fiada	66
Figura 48 – Detalhamento da armadura da placa A (11x17x52)	66
Figura 49 – Detalhamento da armadura da placa B (11x17x52)	67
Figura 50 – Detalhamento da armadura da placa A (11x37x55) da quinta fiada	67
Figura 51 – Detalhamento da armadura da placa B (11x37x55) da quinta fiada	68
Figura 52 – Detalhamento da armadura da placa A (11x37x52)	68
Figura 53 – Detalhamento da armadura da placa B (11x37x52)	69
Figura 54 – Detalhamento da armadura da placa A (11x60x55) da quinta fiada	69
Figura 55 – Detalhamento da armadura da placa B (11x60x55) da quinta fiada	70
Figura 56 – Detalhamento da armadura da placa A (11x60x52)	70
Figura 57 – Detalhamento da armadura da placa B (11x60x52)	71
Figura 58 – Detalhamento da armadura placa A (11x80x55) da quinta fiada	71
Figura 59 – Detalhamento da armadura placa B (11x80x55) da quinta fiada.....	72
Figura 60 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x55) da quinta fiada	72
Figura 61 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x55) da quinta fiada	73
Figura 62 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x52)	73
Figura 63 – Detalhamento da armadura da placa B (11x101x52)	74
Figura 64 – Detalhamento da armadura da viga A (11x134x11)	74

Figura 65 – Detalhamento da armadura da viga B (11x134x11)	75
Figura 66 – Detalhamento da armadura da viga (11x104x11)	75
Figura 67 – Detalhamento da armadura da viga (11x128x11)	76
Figura 68 – Detalhamento da armadura da viga (11x41x11)	76
Figura 69 – Detalhamento da armadura da viga (11x61x11)	77
Figura 70 – Detalhamento da armadura da viga (11x123x11)	77
Figura 71 – Detalhamento da armadura da viga (11x41x11)	78
Figura 72 – Detalhamento da armadura do bloco A (45x45x50)	78
Figura 73 – Detalhamento da armadura do bloco B (45x45x50)	79
Figura 74 – Detalhamento da armadura do bloco A (45x75x50)	79
Figura 75 – Detalhamento da armadura do bloco B (45x75x50)	80
Figura 76 – Detalhamento da armadura do bloco A (45x105x50)	80
Figura 77 – Detalhamento da armadura do bloco B (45x105x50)	81
Figuras 78 e 79 – Detalhamento da armadura do Pilar A (11x11x300)	82
Figuras 80 e 81 – Detalhamento da armadura do Pilar B (11x11x300).....	83
Figuras 82 e 83 – Detalhamento da armadura do Pilar C (11x11x300)	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

kg/m³ – quilograma por metro cúbico

MPa – mega pascal

m²– metros quadrados

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização do tema de pesquisa	15
1.2	Definição do problema e da questão de pesquisa	17
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo Geral	18
1.3.2	Objetivos Específicos	18
1.4	Justificativa	19
1.5	Estrutura do Trabalho	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Sistemas Industrializados	21
2.1.1	Pré-Moldados	21
2.1.1.1	Conceito	21
2.1.1.2	Vantagens e desvantagens	22
2.1.1.3	Aplicações	23
2.2	Projeto	23
2.3	Habitações Populares	24
2.4	Produção das estruturas de Concreto Pré-moldado	24
2.4.1	Projeto das estruturas de Concreto Pré-moldado	25
2.4.2	Pré-moldados leves	25
2.4.3	Ligação entre elementos pré-moldados	26
2.4.4	Fundações em radier	26
2.4.5	Ligações pilar e fundação	26
2.4.6	Ligações pilar e viga	28
2.4.7	Placas pré-moldadas	28

2.4.8 Montagem de Pré-moldados	29
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1 Modulação	31
4 RESULTADOS	34
4.1 Definição dos elementos estruturais para o projeto modulado	61
4.2 Estanqueidade.....	62
4.3 Verificação das Cargas	63
4.4 Isolamento Acústico	63
4.5 Definição das Propriedades do material	63
4.6 Retração	65
4.7 Detalhamento das placas, vigas, cálices e pilares	65
5 CONCLUSÃO	85
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	86
REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema de pesquisa

Os sistemas industrializados para construção estão sendo cada vez mais requisitados para atender as necessidades da população, em geral, sejam no campo das edificações, em setores industriais ou mesmo em obras urbanas. De acordo com Ordóñez e Doniak (2010), a pré-fabricação em concreto apresenta vantagens em relação aos sistemas construtivos tradicionais devido à sua eficácia na redução do tempo de construção, à possível redução de gastos e à maior durabilidade, além da maior segurança para com o projeto.

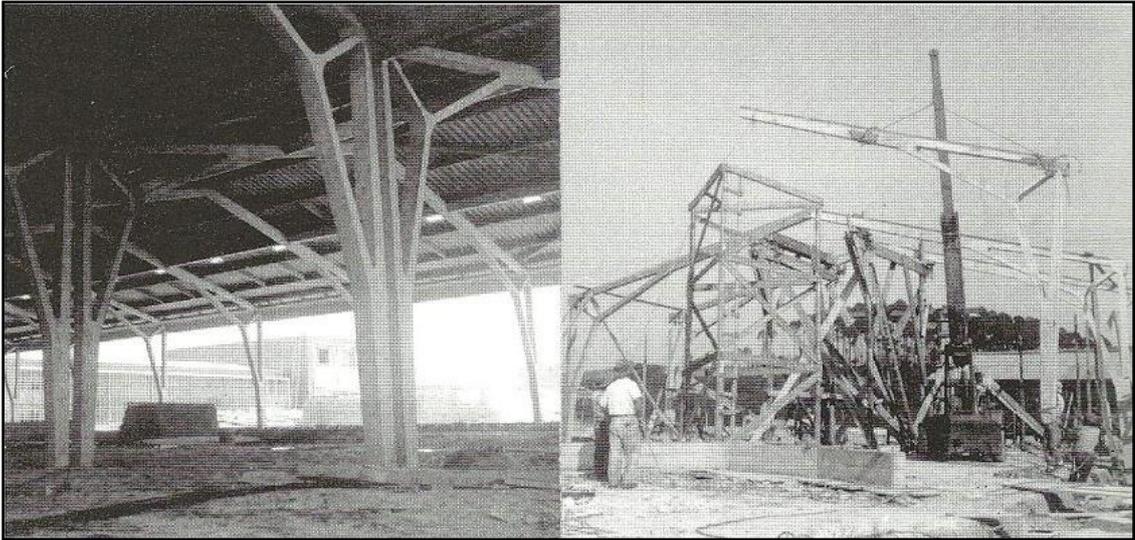
Com o crescimento, nos últimos anos, da construção civil, houve uma tendência de se buscar formas de construção que proporcionassem uma melhor eficiência na sua produção, por meio da racionalização do consumo de materiais e da qualificação da mão de obra. Neste contexto de industrialização, destaca-se o surgimento do sistema de estruturas pré-moldadas, que atende a todas as características que são impostas pelo mercado da construção civil no país.

Os sistemas pré-fabricados têm como principal diferença, em relação aos sistemas construtivos convencionais, a redução na geração de resíduos, pois, com a sua utilização ocorre uma quantidade menor de perda de material. Outro fator importante em processos construtivos que utilizam os pré-fabricados é a sua rapidez de execução e, com isso, há uniformidade no sistema construtivo, diminuindo, consideravelmente, a ocorrência de erros na execução da obra e variações não intencionais nas dimensões das peças.

De acordo com Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), após o fim da Segunda Guerra Mundial, países desenvolvidos da Europa, em função da revolução industrial, passaram a utilizar sistemas construtivos mais rápidos, como o pré-moldado, que garantissem principalmente, economia de mão de obra e a necessidade de se construir em grande escala.

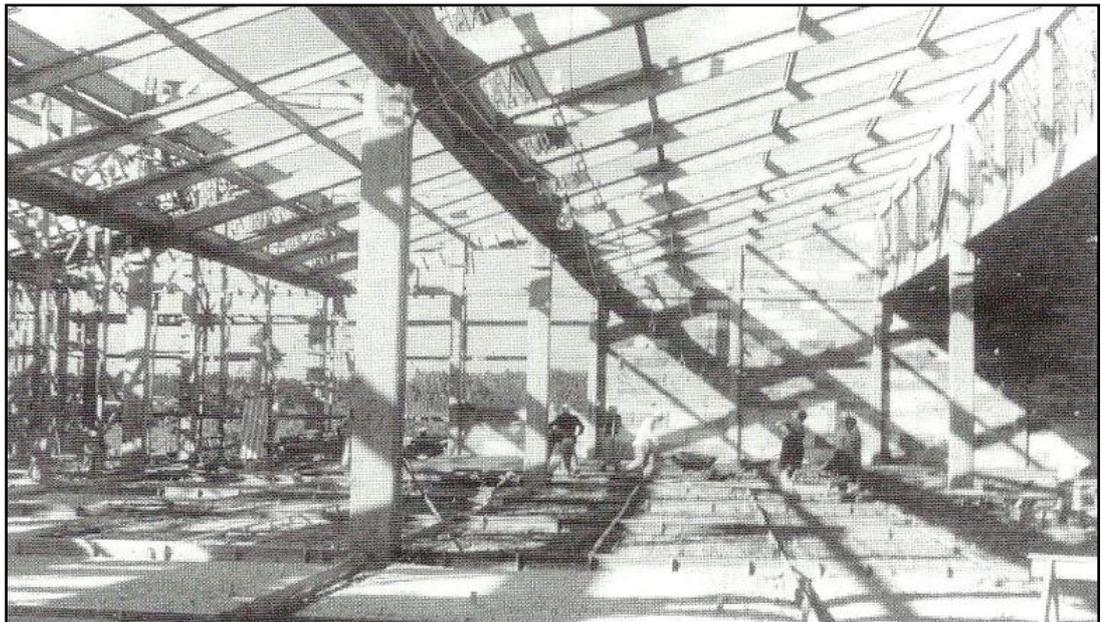
Segundo Vasconcelos (2002), a primeira notícia que se tem de um processo de pré-fabricação no Brasil refere-se à execução do hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, em 1926. Muitos anos depois teve início, na década de 50, a construção de galpões pré-moldados, na cidade de São Paulo, como pode ser verificada na Figura 1, que mostra a fábrica da ELCLOR (1958), pronta e em montagem, e na Figura 2, que apresenta a construção da fábrica da Waspa, em Santo Amaro, SP, em 1958.

Figura 1 – Fábrica da ELCLOR



Fonte: Vasconcelos (2002, p. 14).

Figura 2 – Fábrica da Waspa



Fonte: Vasconcelos (2002, p. 19).

Ainda na década de 50 houve crescimento da população urbana, causando déficit habitacional nas grandes cidades e, automaticamente, surgiu uma necessidade de investimento e desenvolvimento do setor de pré-moldados.

Serra, Ferreira e Pigozzo (2005) afirmam que atualmente, com o aquecimento do setor da construção no Brasil, o sistema de pré-moldados de concreto obteve avanços por meio de

pesquisas acadêmicas e de empresas privadas, divulgando diversas oportunidades construtivas e fornecendo vantagens.

Para Sartor e Da Silva (2008), obras de grande porte, em todo o país, que necessitam de um melhor planejamento, controle a agilidade, estão sendo executadas utilizando este sistema de construção, tais como pontes, entre outros. Sartor e Da Silva (2008) também afirmam que ocorre no país uma cultura de associar construções pré-moldadas com obras industriais.

No entanto, conforme descreve Dioni (2008), elementos pré-moldados, em geral, apresenta custos próximos com relação aos sistemas convencionais de construção. O mesmo autor ainda afirma que, em termos de planejamento, controle e agilidade na execução, os sistemas pré-fabricados possuem resultados mais satisfatórios que outros métodos de construção. Assim, cada vez mais, a construção civil está partindo para o desenvolvimento de elementos modulados e pré-fabricados, levando a crer que, durante um pequeno espaço de tempo, será possível conseguir valores razoáveis de elaboração deste método, também para construções de pequeno e médio porte.

Com o crescimento econômico do país, e conseqüentemente um aumento na produção no setor da construção civil, ocorreu avanços nos estudos de métodos que têm como características principais melhor rapidez na execução e controle mais eficaz de seus gastos. Com isso, sistemas pré-fabricados obtiveram aumento na sua procura. Mas observa-se que este método produz seus elementos construtivos fora do local da obra, tornando necessário o transporte das peças até o local da construção, além da sua montagem, elevando o custo total da estrutura. Em casos de construções de grande porte, o processo de transporte é compensado pelo fato da edificação se tornar mais rápida na questão de execução.

1.2 Definição do problema e da questão de pesquisa

Contudo, sabendo-se que pré-moldados em concreto possuem um peso próprio elevado, função das dimensões normalmente usadas nas peças e do peso específico do material (aproximadamente 2500 kg/m^3), há a necessidade do uso de equipamentos que façam o seu transporte, tais como carretas, caminhões munck ou guindastes de grande porte.

Analisando estes pontos, parece ser inviável este procedimento em obras de pequeno e médio porte, pois o transporte até o local da construção e a montagem elevaria o orçamento do projeto, de forma considerável. Devido a estes parâmetros apresentados, é possível afirmar

que foram deixados de lado estudos que poderiam atender as necessidades da população de baixa renda, que necessita de edificações de pequeno e médio porte.

Atualmente, o aquecimento do mercado leva à necessidade de buscar viabilizar elaboração de pré-moldado com menor peso próprio, usando de dimensões reduzidas, o suficiente para que não seja necessária a utilização de equipamentos de transporte, permitindo, assim, uma redução considerável no custo total de uma obra de pequeno e médio porte.

Em face do apresentado, destaca-se a seguinte questão de pesquisa: é viável, na construção de casas populares, a utilização de estrutura em pré-moldado leves, para vigas e pilares e placas pré-moldadas, não sendo mais necessária a utilização de equipamentos pesados de transporte e de montagem, eliminando este tipo de despesa no custo total do empreendimento?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver, de forma racional, um projeto de uma casa pré-moldada com elementos construtivos leves, atendendo a todas as etapas de montagem, a fim de não se fazer necessário o uso de equipamentos pesados, visando uma instalação prática e eficiente.

1.3.2 Objetivos Específicos

- propor uma modulação prática para casa pré-moldada;
- propor um sistema de fundação do tipo radier que permita a fácil montagem, comporte as instalações de infraestrutura e seja estanque;
- analisar soluções para o sistemas complementares (instalação de água, esgoto e elétrico) para a casa pré-moldada.

1.4 Justificativa

Não foi encontrado um estudo prévio sobre este tipo de situação. Existem contribuições que a análise deste assunto poderia trazer, como a redução do custo total de obras de pequeno e médio porte que utiliza sistema construtivo de pré-moldado. Além de criar um novo parâmetro construtivo para elaboração de habitações populares para um curto espaço de tempo, respeitando todas as etapas construtivas.

Portanto, visando atender uma parcela maior da população, entende-se como importante a realização desta pesquisa, pois a utilização deste método construtivo, em habitações populares, de pequeno e médio porte, poderá ter benefícios, tais como:

- redução na geração de resíduos;
- otimização no tempo de execução da construção;
- diminuição de erros de execução da obra;
- redução dos custos totais da obra para a população de baixa renda comparado a construções convencionais;
- economia com o uso de equipamentos pesados de transporte e montagem comparadas a obras de pré-moldado de grande porte;
- proporcionar um local bonito e confortável.

Ademais, existe a necessidade de estudo sobre o tema em questão, face à ausência de conhecimento sistematizado referente à economia com o uso de equipamentos pesados de transporte e montagem, em obras de pequeno e médio porte, o que beneficiaria uma parcela significativa da população de baixa renda, demonstrando, assim, a relevância socioeconômica do tema em questão para o segmento estudado.

1.5 Estrutura do Trabalho

No primeiro capítulo foi abordado a introdução da pesquisa, que mostra o histórico sobre os sistemas industrializados no país, o seu crescimento e os caminhos que tem tomado nos dias de hoje, priorizando obras de grande porte. Ainda no primeiro capítulo, foi discutida a justificativa para a utilização de pré-moldados para construções de pequeno porte.

Já no segundo capítulo mostra a revisão bibliográfica sobre o projeto e execução de estruturas pré-moldadas, concreto leve e as ligações necessárias entre os elementos estruturais.

No capítulo três, foi apresentada a definição dos métodos de trabalho que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto. As principais etapas abordadas são a definição da escolha do projeto que será modulado em pré-moldado, os detalhamentos que serão necessários como a sua fundação, as suas modulações, impermeabilizações além da demonstração de como será a realizada a instalação dos sistemas complementares do projeto que são a instalação de água, esgoto e elétrico.

No capítulo quatro mostra os resultados finais do trabalho como, por exemplo, a verificação de todos os parâmetros citados no capítulo anterior assim como, a verificação da rigidez das suas ligações.

O capítulo cinco mostra a conclusão do projeto proposto no trabalho.

Por fim, o capítulo seis, cita algumas sugestões para trabalhos futuros encima do assunto abordado neste projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistemas Industrializados

No Brasil, a indústria da construção civil é considerada atrasada em relação a outros ramos industriais, em relação a mercados de construção de outros países. Isso se deve ao fato de, entre outros fatores, apresentar uma baixa produtividade, gerar grande desperdício de materiais, ou usar técnicas artesanais.

Entre as várias formas de definir a industrialização da construção, El Debs (2000) define como o emprego de maneira racional e mecanizada, de materiais, de meios de transporte e de técnicas construtivas, de forma a se conseguir maior produtividade.

O pré-moldado possibilita um avanço na questão de produtividade, além de uma melhora na qualidade no canteiro de obras, pois é necessário alto controle ao longo de sua produção, sendo necessária a utilização de técnicas específicas e materiais de boa qualidade.

Segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006, p.6), elemento pré-moldado é aquele que “é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade”.

2.1.1 Pré-Moldados

Segundo El Debs (2000), concreto pré-moldado corresponde ao emprego de elementos pré-moldados de concreto, ou seja, ao emprego de elementos de concreto moldados fora de sua posição definitiva de utilização na construção. Ele ainda afirma que apesar dos avanços no cenário mundial, o concreto pré-moldado no Brasil tem sido pouco explorado. Para o supracitado autor, as principais razões de o concreto pré-moldado ser pouco utilizado é o sistema tributário que encarece o elemento pré-moldado.

2.1.1.1 Conceito

Paulo (2009) descreve que elementos pré-moldados são opções eficazes para aumentar a racionalização no processo construtivo. Este tipo de racionalização melhora a eficiência do processo, eliminando, com isso, etapas construtivas, minimizando interferências entre as etapas, elevando a qualidade do processo final.

Para que todas as vantagens do pré-moldado sejam atingidas, a estrutura deve ser concebida atendendo a todas as suas diretrizes estabelecidas em norma. É importante ressaltar que, assim como qualquer sistema construtivo, a pré-fabricação possui suas restrições, portanto, os projetos complementares devem ser compatíveis com as suas características construtivas.

2.1.1.2 Vantagens e desvantagens

El Debs (2000) descreve as características que favorecem a utilização da pré-moldagem como aquelas relacionadas à execução de parte da estrutura fora do local de utilização definitivo, como consequência das facilidades da produção dos elementos. Este autor ainda mostra outras características importantes como a do emprego da pré-moldagem na previsão e desmonte da construção. Este aspecto é importante, pois, viria a reduzir ou eliminar, uma das principais desvantagens das estruturas de concreto armado, que é a dificuldade de desmonte do material.

De forma simplificada, Sartor e Da Silva (2008) afirma que as principais vantagens são:

- maior agilidade nos prazos;
- simplificação dos canteiros;
- redução da mão de obra;
- maior garantia de qualidade das fachadas.

Por outro lado Sartor e Da Silva (2008) destaca que suas principais limitações são as seguintes:

- exigências de equipamentos especiais;
- custo elevado em decorrência da incidência de ICMS (Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) produtos industrializados;
- não permite improvisação, exigindo definição de pré-fabricação desde o projeto.

2.1.1.3 Aplicações

Devido a nova mentalidade voltada para a produção racionalizada e com controle de qualidade elevado, sistemas industrializados começaram a obter maior destaque em relação a sistemas construtivos convencionais.

Com o aumento da competitividade do mercado nacional, a indústria brasileira teve de se adaptar a essa nova diretriz que qualifica o mercado consumidor, tornando-o mais exigente e consciente dos seus direitos.

O pré-moldado apresenta características que atendam essas novas expectativas que o mercado da construção civil exige, como uma facilidade na sua execução, possibilitar ligações de forma fácil e desempenhar papéis simultâneos de estrutura e fechamento. Com isso, o campo da pré-fabricação é bastante amplo, e abrange praticamente todas as áreas da construção civil. Para El Debs (2000), os principais campos de atuação do pré-moldado são edificações, construção pesadas e diversas outras obras civis, como por exemplo, as construções utilizadas em infraestrutura urbana.

2.2 Projeto

Na maioria dos casos é utilizado o sistema de pré-moldado para a elaboração de grandes projetos estruturais. Esta escolha se faz principalmente pelo fato de que na construção civil ocorre uma exigência no aumento da produtividade e diminuição de seus prazos. Com isso, projetos de menor porte são usados sistemas de construção convencionais, pois não há uma necessidade de uma produtividade elevada.

Devido ao crescimento do setor da construção civil, no país, esses parâmetros que antigamente não eram relevantes para construções pequenas, são de grande importância hoje, no entanto, a principal característica que impede o crescimento deste sistema construtivo é o fato de elementos de pré-moldados possuírem um peso próprio elevado, fazendo-se necessário o uso de transporte e equipamentos de montagem pesados, o que eleva o custo total de uma obra de pequeno porte. Para que não se faça necessário o uso destes equipamentos, é importante desenvolver um pré-moldado de peso próprio reduzido.

Segundo El Debs (2000), “o pré-moldado leve” é aquele que não precisa de equipamentos especiais para transporte e montagem, podendo-se improvisar os equipamentos ou até mesmo atingir a situação em que a montagem pode ser manual.

2.3 Habitações Populares

As habitações populares são aquelas onde as características da edificação e do sistema construtivo visam atender aspectos mínimos de desempenho de maneira a se obter uma construção rápida e de baixo custo.

Para atender essas características, deve-se escolher o sistema construtivo mais apropriado em relação às características de cada região analisando entre outros fatores: terreno, tempo e custo-benefício. Segundo Zamin (2009), comparando o tempo de construção de uma casa popular executada com um sistema convencional de construção e a mesma, executada em pré-moldado, pode-se verificar que em um período de oito meses foram construídas 50 casas com o sistema convencional e no mesmo prazo foram construídas 100 casas em pré-moldado.

Outro fator levantado por Zamin (2009) foi que a construção em pré-moldado teve um valor 16,38% menor que o preço da residência construída pelo sistema convencional.

Todos estes fatos, relatados por Zamin (2009), em relação à residência pré-moldada só são possíveis de ser executados por empresas bem estruturadas, pois necessitariam de funcionários qualificados, com equipes ágeis, rápidas e que garantam a qualidade da obra. Elementos leves de concreto facilitariam esse processo, pois não haveria a etapa de transporte do elemento pré-moldado até o local da construção usando grandes caminhões, o que diminuiria ainda mais o custo final da obra.

Na região de Alegrete, no Rio Grande do Sul, o solo possui pequena declividade, fator este que ajuda na elaboração de residências pré-fabricadas, pois se podem usar fundações em radier, facilitando ainda mais a execução. Acrescentando elementos leves de pré-moldados neste projeto o custo total de uma habitação popular sofreria uma mudança considerável em relação ao mostrado por Zamin (2009).

2.4 Produção das estruturas de Concreto Pré-moldado

Segundo El Debs (2000), a produção das estruturas de concreto pré-moldado engloba todas as atividades compreendidas entre a execução dos elementos pré-moldados e a realização das ligações definitivas.

As etapas correspondentes para a produção de concreto pré-moldado dependem do tipo de pré-moldado que será fabricado. No caso do pré-moldado leve, envolve as seguintes

etapas: execução do elemento, transporte da fábrica até o local da obra, montagem e realização das ligações.

2.4.1 Projeto das estruturas de Concreto Pré-moldado

El Debs (2000) define que os princípios gerais que devem nortear o projeto das estruturas formadas por elementos pré-moldados são os seguintes:

- conceber o projeto da obra visando a utilização do concreto pré-moldado;
- resolver as interações da estrutura com as outras partes da construção;
- minimizar o número de ligações;
- minimizar o número de tipos de elementos;
- utilizar elementos de mesma faixa de peso próprio.

Dentre estas características apresentadas, as mais relevantes em relação ao pré-moldado leve para a construção de habitação popular são os dois últimos itens: “minimizar o número de tipos de elementos” e “utilizar elementos de mesma faixa de peso”.

Para El Debs (2000), minimizar o número de elementos construtivos na obra é procurar limitar as suas variações. Segundo o autor, utilizar elementos de mesma faixa de peso próprio também está relacionado à racionalização da montagem.

2.4.2 Pré-moldados leves

Marangoni (2006) define que o pré-moldado leve é aquele elemento que não se faz necessário o uso de equipamentos especiais para o transporte e montagem. Com isso, podem-se improvisar equipamentos ou até mesmo chegar numa situação em que a montagem do elemento em pré-moldado possa ser feita manualmente. Para ser considerado pré-moldado leve, o elemento deve chegar a valores abaixo de 60 quilos.

Após a etapa de elaboração do concreto pré-moldado leve é necessário verificar a massa de cada elemento estrutural a fim de verificar quantos trabalhadores serão necessários para o transporte do mesmo.

Segundo Iida (2005) a legislação brasileira, através da NR18, estabelece parâmetros para o transporte e manuseio de materiais. A norma NR18 estabelece o limite máximo de 60 kg para transporte e descarga individual em obras de construção civil. Já o levantamento de

cargas individuais é limitado a 40 kg. Sendo assim, para o transporte de 60 kg, o levantamento da carga deve ser feito com auxílio de outra pessoa.

Esses valores são compatíveis com o esforço físico do operário da construção civil.

2.4.3 Ligação entre elementos pré-moldados

Uma das principais vantagens de sistemas em pré-moldado é a sua facilidade de execução. Por outro lado, a necessidade de realização de ligações entre os elementos constitui um dos principais problemas a serem enfrentados no emprego da pré-fabricação.

Com isso, as ligações tornam-se uma das partes mais importantes no projeto da moradia em pré-moldado. Elas são de fundamental importância tanto no âmbito da elaboração e produção, quanto na ligação da estrutura e de seu comportamento quando ela já estiver montada.

2.4.4 Fundações em radier

Segundo Dória (2007), o radier é um tipo de estrutura de fundação superficial, executada em concreto armado ou protendido, que recebe todas as cargas através de pilares ou alvenarias da edificação, distribuindo-as de forma uniforme ao solo.

A fundação do tipo radier é empregada quando:

- O solo tem baixa capacidade de carga;
- Deseja-se uniformizar os recalques;
- As áreas das sapatas se aproximam uma das outras ou quando a área destas for maior que a metade da área de construção.

No caso das casas pré-fabricadas, o emprego do radier de fundação tem a finalidade de proporcionar uma fundação de execução simples, que funcione como substrato para a montagem das peças.

2.4.5 Ligações pilar e fundação

El Debs (2000) afirma que as ligações dos pilares nas fundações podem ser divididas nos tipos básicos apresentados a seguir.

- por meio de cálice;

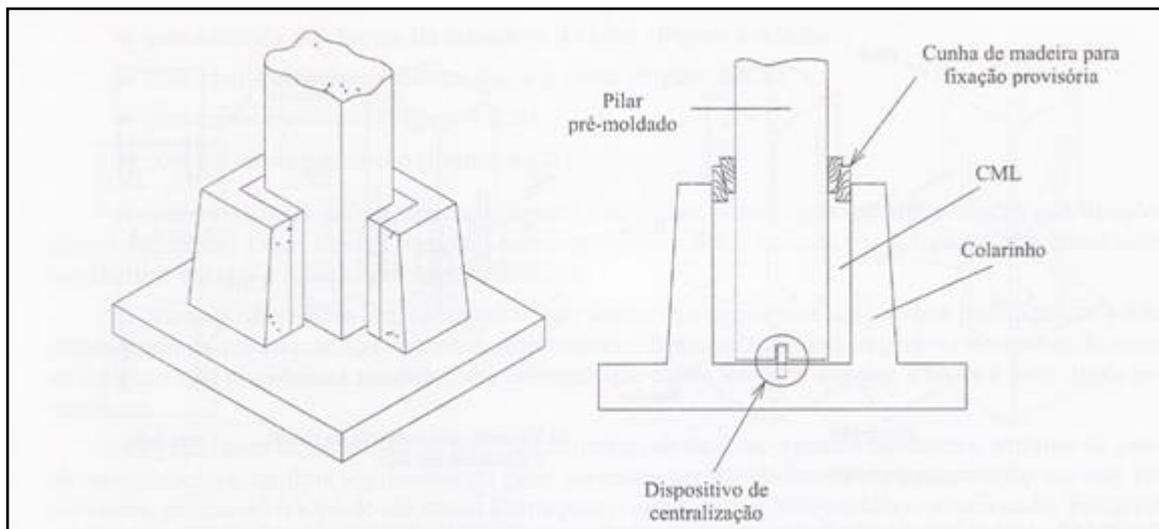
- com emenda de armaduras salientes;
- por emenda da armadura com graute e bainha;
- por meio de chapa de base.

Para a elaboração de uma moradia popular em pré-moldado a ligação “por meio de cálice” torna-se mais eficaz, pois ela é feita recorrendo à conformação do elemento de fundação que possibilite o encaixe do pilar. Posteriormente à colocação do pilar, é feito o preenchimento do espaço entre o pilar e o cálice com concreto ou graute. Para posicionar o pilar, em relação ao nível e à posição em planta, recorrem-se normalmente os dispositivos de centralização. A fixação temporária e o prumo são feitos por meios de cunha de madeira.

Esse tipo de ligação tem como características a facilidade de montagem, a facilidade nos ajustes aos desvios e o fato de transmitir bem os momentos fletores. Sua principal desvantagem é que a fundação torna-se mais onerosa. Como alternativa ao cálice moldado no local, pode-se recorrer à pré-moldagem do colarinho ou mesmo do cálice inteiro, no caso de fundação direta. Esse tipo de ligação é a mais utilizada no país.

A ligação fundação e pilar por meio de cálice consiste no embutimento de certo trecho do pilar em elemento estrutural da fundação como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Ligação fundação e pilar por meio de cálice



Fonte: El Debs (2000, p. 161).

2.4.6 Ligações pilar e viga

El Debs (2000) explica que as ligações pilar e viga podem ser rígidas ou articuladas.

Ele ainda afirma que nas ligações articuladas utiliza-se chumbadores ou chapas metálicas soldadas no topo para promover a segurança em relação à estabilidade lateral da viga. Quando ocorrem ligações com mais de uma viga chegando ao mesmo ponto do pilar é utilizado basicamente o mesmo procedimento. E no caso das ligações rígidas, em que é prevista a transmissão de momentos fletores, são utilizados conectores metálicos e solda, com emenda nas armaduras da viga e do pilar e com cabos de protensão.

2.4.7 Placas pré-moldadas

De acordo com El Debs (2000) e Melo (2007), a utilização de pequenos painéis pré-moldados, com massa compatível com montagem manual, é importante para a construção habitacional de interesse social. Os vários sistemas construtivos que empregam painéis pré-moldados diferenciam-se entre si basicamente pelo tipo de painel e forma de suas ligações.

Os painéis apresentam uma diversidade muito grande em relação aos materiais (como, por exemplo, concreto celular, argamassa armada, concreto com fibras) e em relação à forma (como, por exemplo, painéis nervurados, sanduíches, alveolares). Cabe destacar que os painéis atendem todos os requisitos básicos desse tipo de construção, como as condições mínimas de conforto térmico, acústico e resistência mecânica.

A rapidez de execução é um dos argumentos para a venda do pré-fabricado em sistemas completos de estrutura. O empreendimento ganha velocidade e a montagem racional da obra favorece para a escolha deste tipo de sistema construtivo.

Ao se tratar de fachadas de elementos pré-fabricados, porém, ocorre uma preocupação com relação à garantia da completa vedação e estanqueidade da edificação. É preciso uma atenção aos detalhes de arremates, rufos e demais dispositivos de vedação. Esse fato evita os problemas nas interfaces entre os sistemas construtivos e as equipes em campo, pela concentração da responsabilidade sobre essa questão.

Além disso, por ser um sistema completo, os detalhes são geralmente desenvolvidos com base nas características geométricas dos elementos, característica que exige uma garantia para a perfeita execução do elemento construtivo, sem improvisação no local.

2.4.8 Montagem de Pré-moldados

Segundo Doniak (2007), as etapas para operação da fabricação de elementos pré-moldados devem ser realizadas com qualidade, para que se tenha garantia de uma boa execução das peças. Se esta etapa não for realizada adequadamente, irá ocorrer, além de um baixo desempenho estrutural, uma aparência ruim para a estrutura.

Antes da própria elaboração do projeto, é necessário planejar a montagem de uma obra pré-fabricada, pois é necessário prever o maior número de fatores que poderão afetar a montagem dos elementos. Outro fator importante é a qualificação dos profissionais envolvidos na montagem, considerando, principalmente, a experiência, que é de suma importância para o planejamento.

A etapa do planejamento é a etapa que visa prevenir situações que possam afetar: a segurança dos envolvidos, a integridade da estrutura e o cronograma proposto. Os fatores a serem considerados no planejamento da montagem de pré-moldados, adaptado do Manual de Montagem de Pré-moldados ABCIC/NETPre (2007), estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Planejamento da montagem de pré-moldados

ETAPA	DESCRIÇÃO
Determinação de acessos.	Devem ser analisadas as condições de acesso dos veículos de transporte e dos equipamentos que serão utilizados durante a montagem.
Identificação de obstáculos e riscos potenciais.	Inspeção do local da obra com o objetivo de constatar obstáculos que possam atrapalhar a mobilidade dos equipamentos.
Avaliação de limitações pelo tamanho dos elementos.	Eficiência na montagem e segurança para resolução do mesmo no local da obra.
Definição dos equipamentos.	Definição dos prováveis locais onde os equipamentos serão instalados.
Elaboração de um plano de montagem.	Analisar aspectos contratuais, como requisitos do cliente e uma equipe qualificada de montagem.

Continua...

Continuação...

ETAPA	DESCRIÇÃO
Armazenagem de peças no canteiro.	Apoios para regularização do solo ou para manter a peça afastada do solo.
Considerações a respeito de segurança.	Verificar o projeto e seus aspectos mais importantes.
Sequência de montagem.	Formas de construção.
Descarregamento.	Nesta etapa se faz necessário um esquema com a localização e o desenho de montagem do elemento estrutural.

Fonte: ABCIC/NETPre (2007).

A inspeção da peça concretada deve ser realizada logo após a desforma, permitindo que os defeitos existentes tenham suas causas detectadas e a produção possa ser comunicada rapidamente, evitando a repetição dos erros.

As principais etapas que devem ser averiguadas são: as dimensões geométricas, qualidade da fôrma, vibração do concreto e fissuras ou outros danos ocorridos após a concretagem.

O aprimoramento da tecnologia dos elementos pré-fabricados de concreto trouxe vantagens para a construção civil, entre elas rapidez, economia e limpeza na obra.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta etapa mostra os procedimentos que foram realizados a fim de permitir que o projeto da casa em concreto pré-moldada fosse viabilizado.

3.1 Modulação

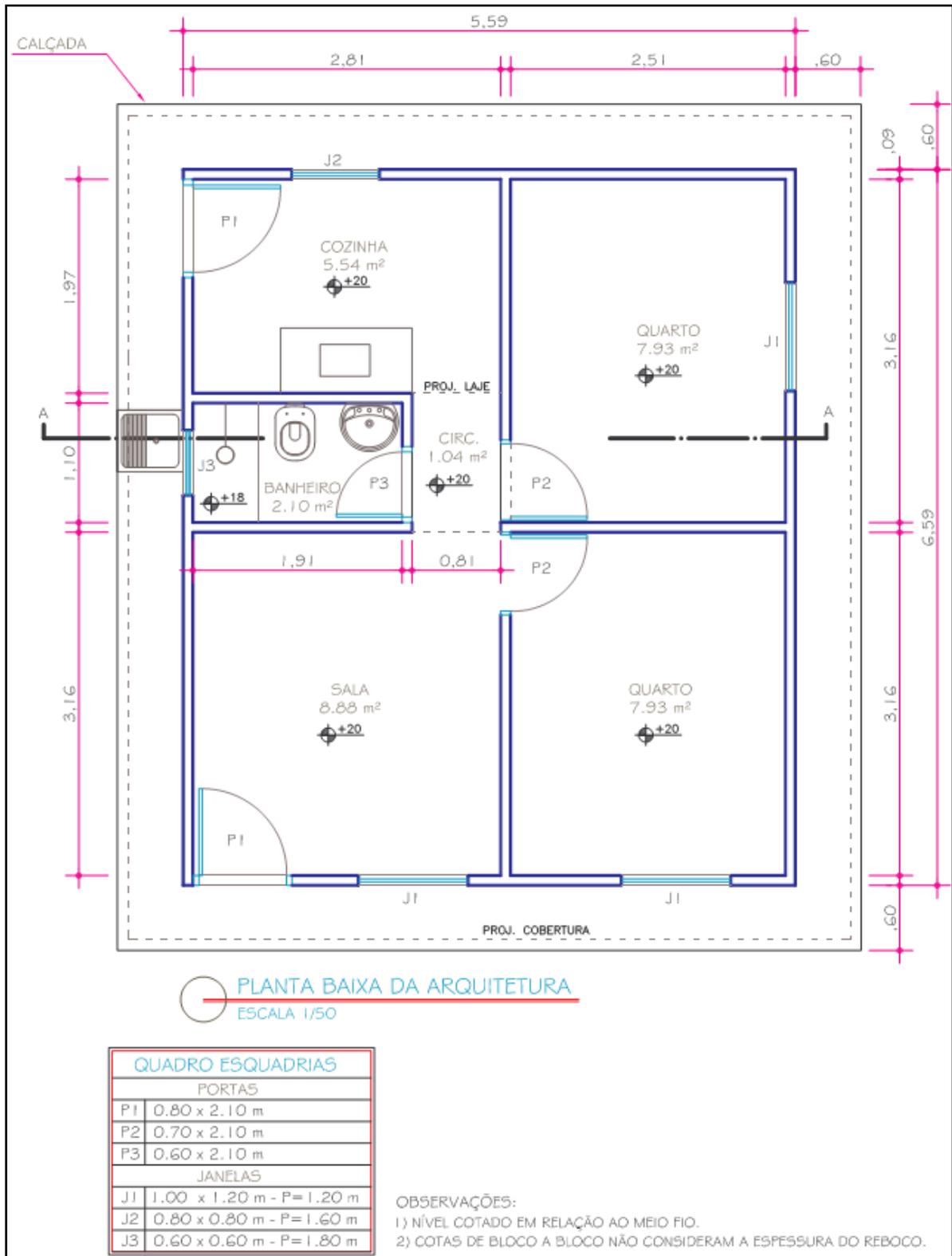
El Debs (2000) afirma que uma das primeiras etapas de um projeto é definir suas características a partir da elaboração do projeto arquitetônico e do cálculo estrutural. Considera-se como fator mais importante de uma estrutura pré-moldada a modelagem das suas ligações. A etapa das ligações entre as peças é importante, pois o conceito de pré-fabricado é pensar na concepção de elementos estruturais e a sua montagem no canteiro de obra.

A partir disso, parte-se do princípio de que para determinar os elementos construtivos, é necessário antes, definir com exatidão o projeto a ser trabalhado, sua modulação, dimensões das peças e ligações entre as peças.

Para a elaboração do projeto da habitação popular, será utilizada, como base de projeto, a proposta padrão de casas populares da Caixa Econômica Federal. A partir deste projeto, em alvenaria convencional, foi realizada a adaptação para o sistema de pré-moldados.

A edificação possui uma área de 52,90 m², incluindo as calçadas externas. A área construída da edificação em si é de 36,84 m², sendo que sua área útil (descontadas paredes) é de 33,54m², como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Planta baixa da casa modulado em concreto



Fonte: Cadernos Caixa (2006, p. 6).

A partir da modulação realizada, partiu-se para o projeto de todos os demais elementos. Desde o radier, com as dimensões, nichos de pilares, infraestruturas de esgoto, água e elétrica. Assim, foi realizada a paginação de todas as paredes, detalhando as placas, pilares e vigas, além das formas de ligação entre estes elementos. Além disso, com auxílio da versão gratuita de um software de desenho tridimensional, Google Sketchup oito, foi representado cada uma das etapas do processo construtivo. Todas estas etapas são apresentadas no capítulo resultados.

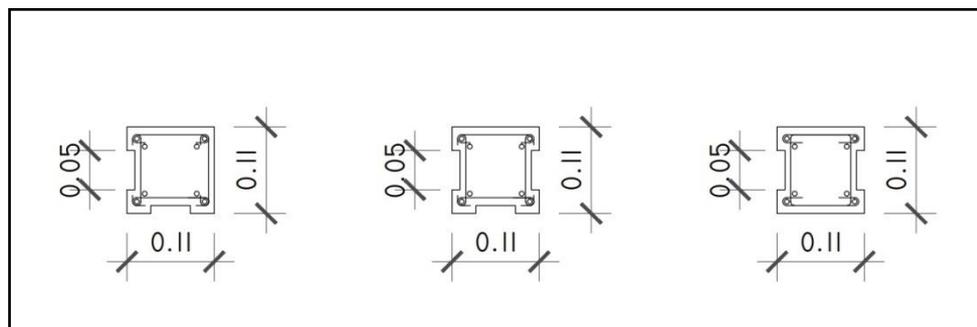
4 RESULTADOS

O projeto em pré-moldado inclui as placas pré-moldadas que irão substituir as paredes de alvenaria convencional, fundação em radier, “frame” de estrutura em perfis leves (pilares e vigas), além do detalhamento de cada tipo de ligação existente, como por exemplo, a ligação da fundação com o pilar, do pilar com a viga, entre outros. Com esses parâmetros pré-estabelecidos, o projeto da casa pré-moldada foi realizado a partir do projeto da habitação popular, da Caixa Econômica Federal.

Para que as dimensões da habitação popular se adequassem ao modelo utilizado, foi necessário criar elementos de diversos tamanhos e padrões. O dimensionamento foi feito sob a permissão de serem elementos leves e devido a este parâmetro, a solução encontrada foi diminuir as seções das peças para que chegassem a um peso satisfatório. Sendo assim, os pilares, placas e vigas, possuem espessura de onze centímetros.

Os pilares possuem uma dimensão padrão de 3 metros de altura por uma seção de 11 x 11 centímetros, variando apenas a sua seção de acordo com o tipo de ligação que possui para com as placas pré-moldadas. Com isso, os pilares possuem três tipos de seções para que pudessem ser conectadas as placas em diferentes situações. Para este modelo de casa, os pilares tiveram que ser acoplados a disposição de placas de posições em “L”, ligados entre o pilar e em situações em que o encaixe é feito sob três direções da placa. Os modelos de pilares adotados são mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Detalhe dos modelos de pilares adotados



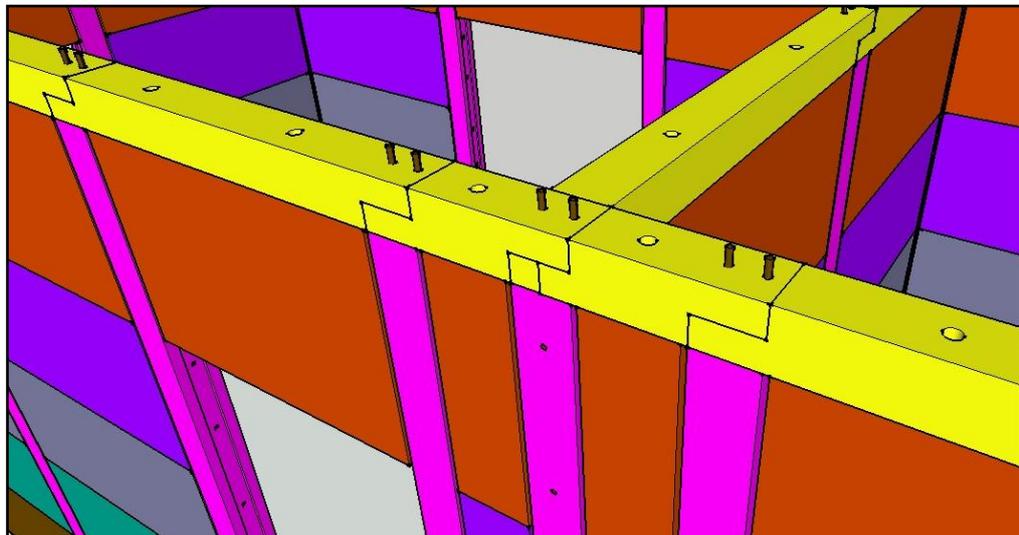
Fonte: Elaboração própria.

Para as placas pré-moldadas foi necessário diversos comprimentos para que se adequassem as situações de construção. Para isso, foram dimensionadas placas com uma altura padrão de 52 centímetros para as placas da primeira a quarta fiada e como quinta fiada

possui a parte superior lisa, para uma melhor ligação com a viga, foi necessário deixá-la com uma altura de 55 centímetros. Foi feita uma placa padrão de 110 centímetros de comprimento que é usada na maioria das paredes da casa, além de outros modelos com seções de 80, 60, 37 e 17 centímetros de comprimento. Essas dimensões foram necessárias, pois, as placas são ligadas entre pilares, portanto, para que pudesse haver a exata dimensão de janelas e portas, foi preciso criar esses modelos para se adequar a estas características.

No caso das vigas, foi necessário criar uma ligação do tipo macho e fêmea entre as vigas, acrescentado de um encaixe por meio de pinos que foram instalados no pilar. Para a viga foram necessários oito tamanhos diferentes: de 41, 61, 84, 104, 123, 128 e 134 centímetros. Com isso, se fez necessário mais modelos de viga em relação às placas, devido aos encaixes em três direções do mesmo e também, para poder padronizar os pilares. Com isso, houve casos em que foi necessário readequar as ligações macho e fêmea para que os dois pinos colocados em cada pilar pudessem encaixar nas vigas com total precisão. Este sistema de ligação é mostrado na Figura 6.

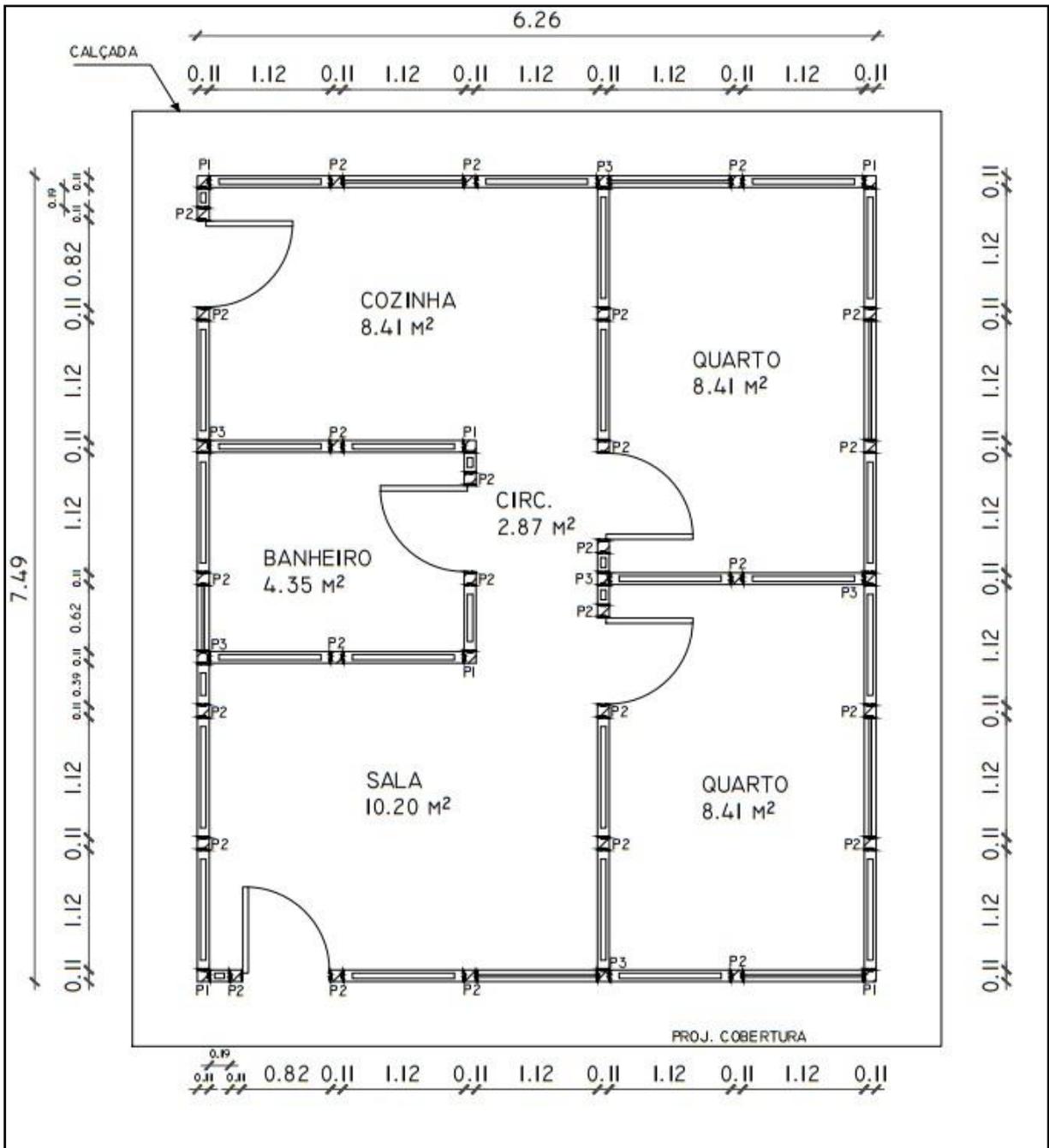
Figura 6 – Detalhamento do encaixe das vigas



Fonte: Elaboração própria.

A partir destas características estabelecidas, a readequação da habitação popular para um sistema de modulação em pré-moldado foi realizada, conforme demonstra a Figura 7.

Figura 7 – Planta baixa da casa modular em pré-moldado



Fonte: Elaboração própria.

Para a concepção da casa pré-moldada foi primeiramente pensando em um cronograma para a realização do projeto, a fim de definir as etapas da construção e, assim, aperfeiçoar o processo como um todo.

As etapas para a concepção da moradia em pré-moldado são as seguintes:

- Fabricação e instalação dos cálices que irão receber os pilares pré-moldados;
- Construção da laje em radier, que servirá como fundação da casa pré-moldada;

- c) Durante a etapa da fundação será feita a instalação de esgoto do mesmo;
- d) Instalação dos pilares pré-moldados;
- e) Colocação de um graute na primeira fiada das placas e pilares pré-moldados;
- f) Encaixe das placas pré-moldadas com os pilares por meio de parafusos;
- g) Instalação das placas pré-moldadas, sendo elas instaladas por fiadas;
- h) Rejuntamento das ligações placa/placa e placa/pilar com selante Monopol PU 40;
- j) Instalação de todas as vigas pré-moldadas que serão fixadas junto aos pilares por parafusos de um centímetro de diâmetro;
- l) Instalação do sistema de água fria e elétrico da casa pré-moldada;
- m) Confeção e instalação das treliças metálicas feitas com terças;
- n) Colocação das telhas sanduiche e preenchimento da parte superior da casa pré-moldada com placa cimentícia.

O processo de construção da casa pré-fabricada começa com a preparação das suas fundações. A primeira etapa consiste na fabricação dos cálices que servem de fundação para os pilares pré-moldados. Após esta etapa, foi construída uma fundação para a casa pré-moldada, utilizando o sistema em radier. Esta etapa da obra é a mais importante para o sucesso do sistema de pré-moldados, pois deve ser preciso o seu dimensionamento, para que não ocorram problemas na preparação e instalação das etapas seguintes. O radier foi detalhado conforme mostram as Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13. Na fundação foram preparados “encaixes” para a ligação da primeira fiada das placas pré-moldadas, como mostram as Figuras 12 e 13.

A Figura 8 apresenta a planta de formas do radier. Nesta figura foram detalhadas as dimensões e a locação dos blocos. Já as Figuras 9, 10 e 11 demonstram os cortes da planta de forma.

Figura 8 – Planta de formas do radier

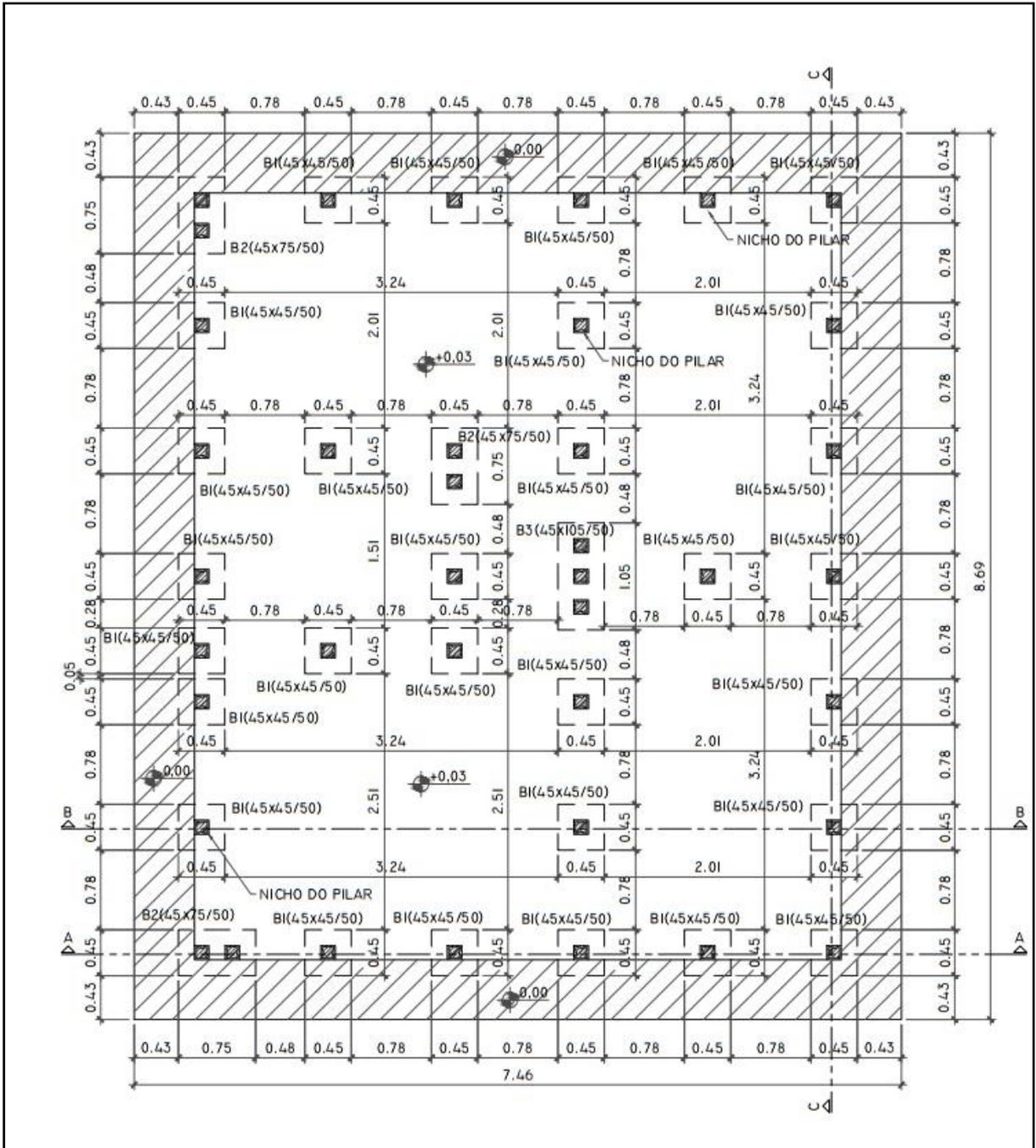
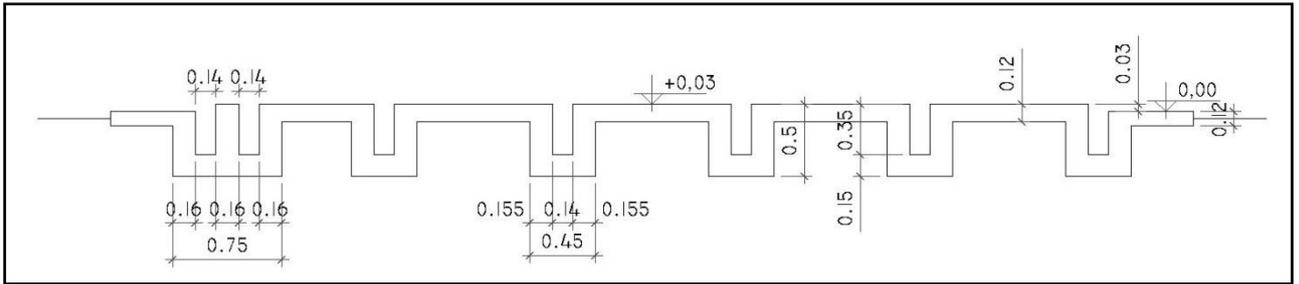
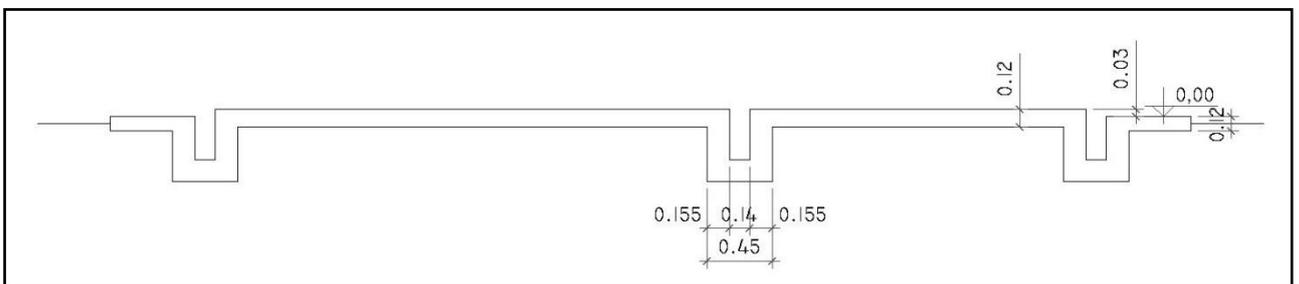


Figura 9 – Detalhe do corte AA da planta de formas do radier



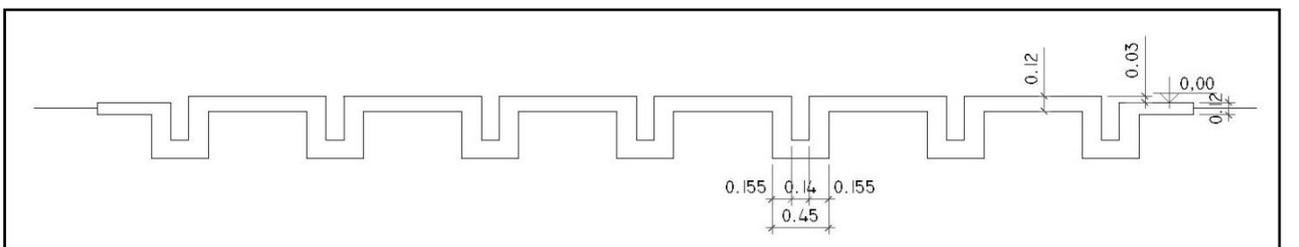
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10 – Detalhe do corte BB da planta de formas do radier



Fonte: Elaboração própria.

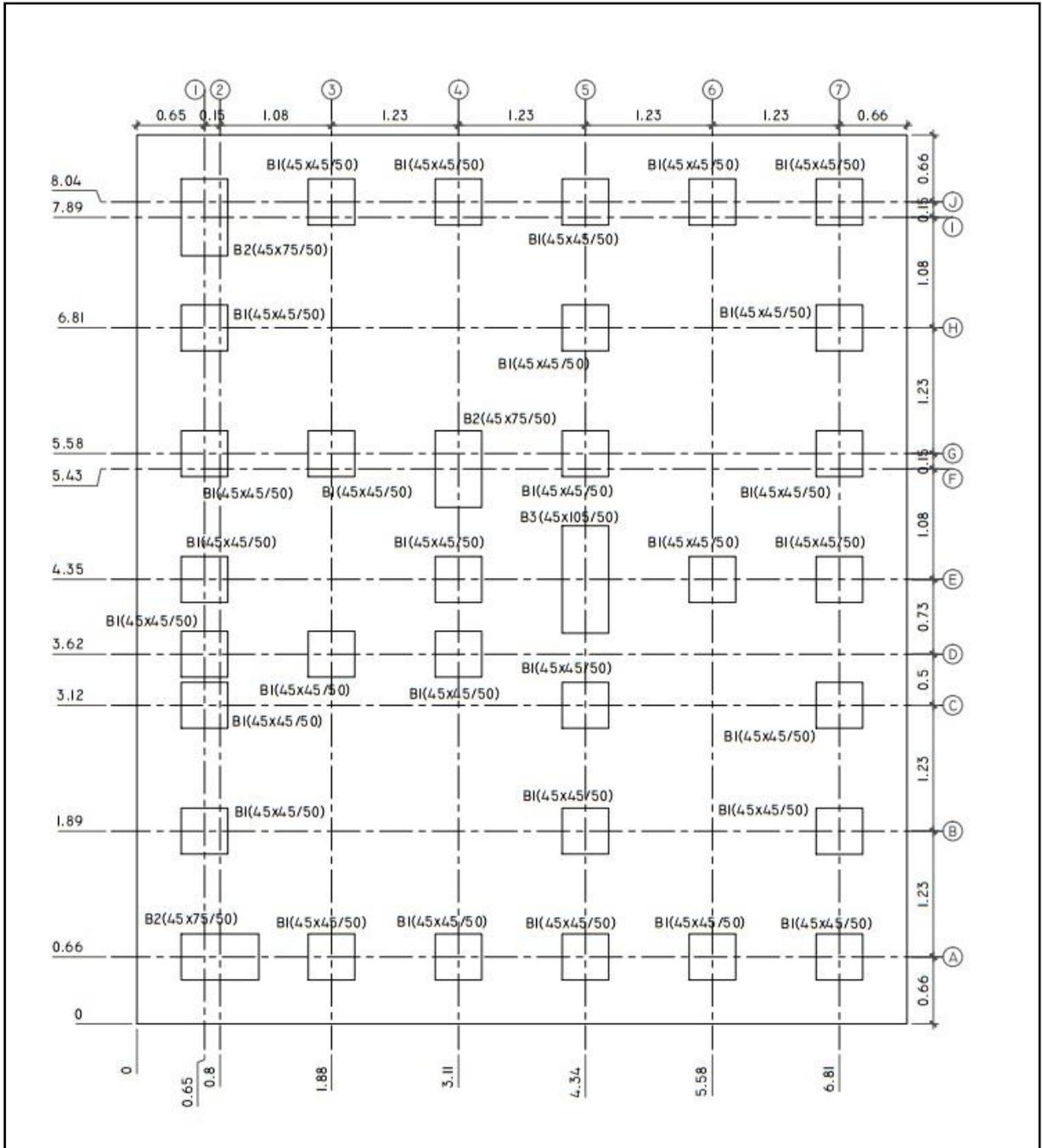
Figura 11 – Detalhe do corte CC da planta de formas do radier



Fonte: Elaboração própria.

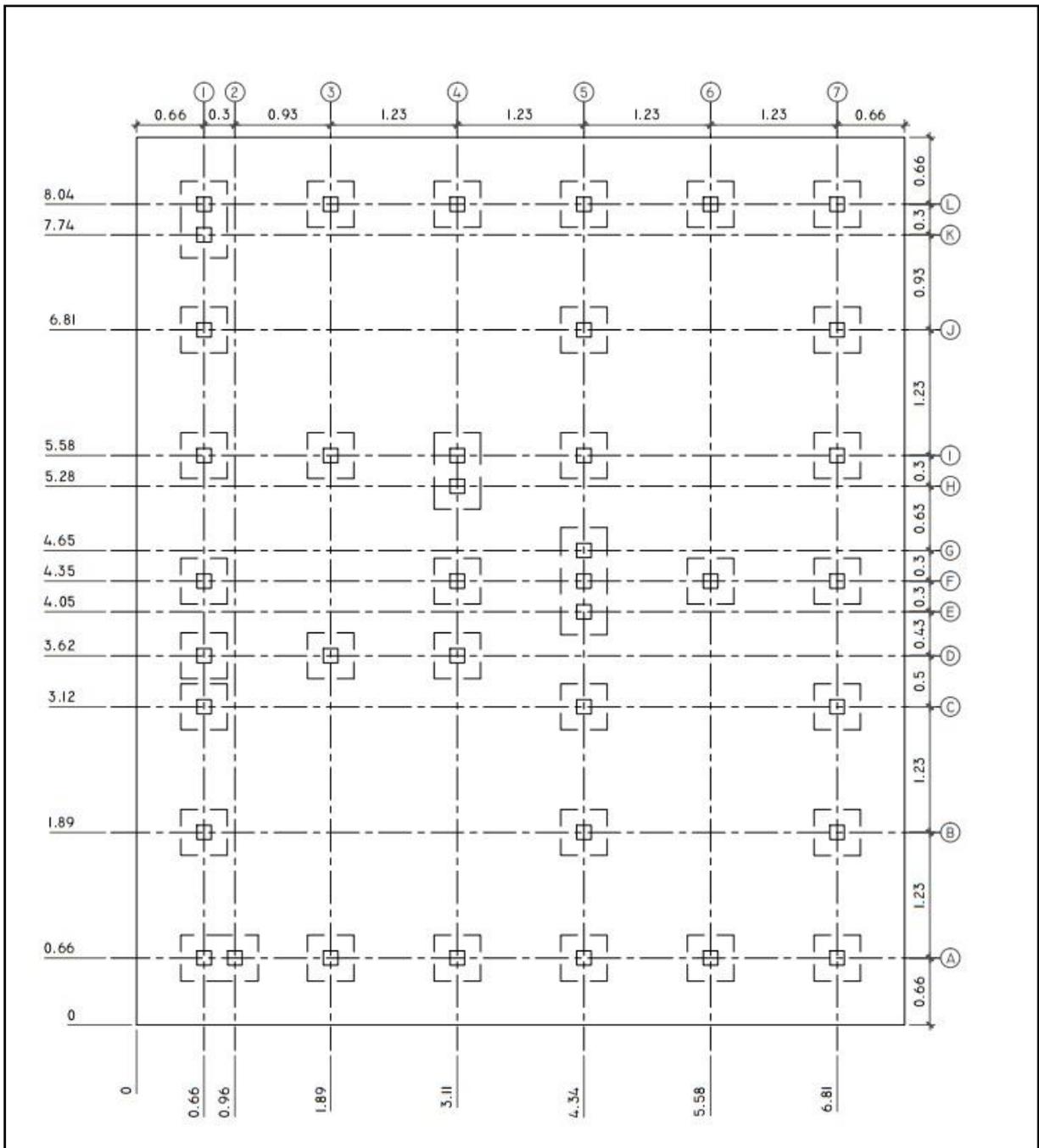
Para executar o radier, demonstrado na Figura 8, é necessário ter a perfeita locação dos blocos e nichos dos pilares. Esta etapa é de grande importância, pois realizando a localização precisa de cada pilar, torna-se garantido o sucesso das outras etapas da construção. As Figuras 12 e 13 mostram respectivamente, a planta de locação dos blocos e de locação dos nichos.

Figura 12 – Planta de locação dos blocos



Fonte: Elaboração própria.

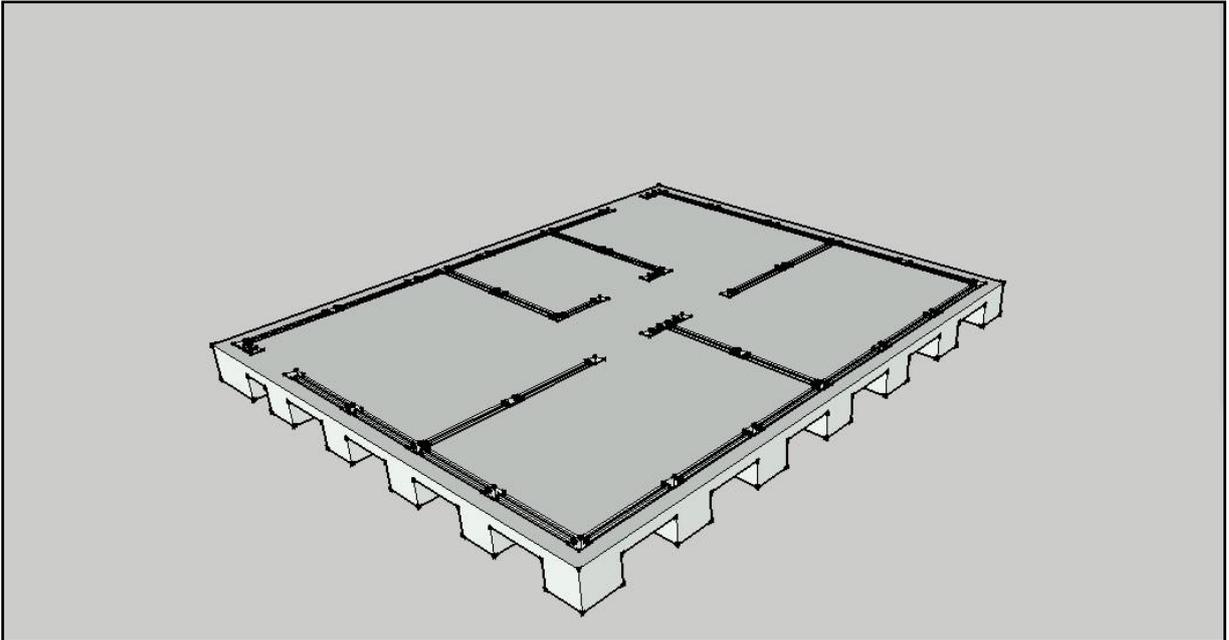
Figura 13 – Planta de locação dos nichos



Fonte: Elaboração própria.

A fim de permitir o melhor entendimento, a Figura 14 mostra uma perspectiva dos cálices e radier da fundação. Inicialmente serão executadas as escavações dos cálices e seu respectivo detalhamento e concretagem para depois ser realizada a implementação da laje do radier. Ou seja, o radier precisa ser executado em duas etapas.

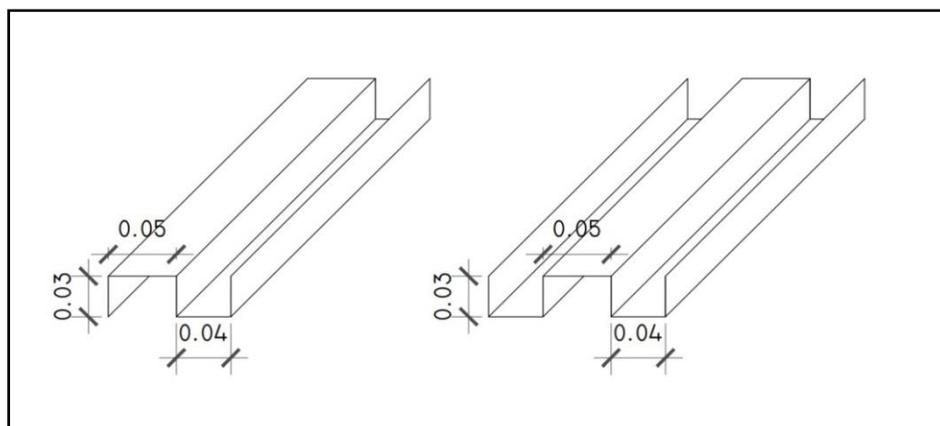
Figura 14 – Cálices e a fundação em radier da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

Executado o radier, a próxima etapa consiste na montagem dos pilares. Para esta etapa da construção será necessário, no momento da concretagem do radier, fixar um perfil metálico no local onde serão colocadas as placas pré-moldadas. O perfil utilizado resulta em uma folga de 1 centímetro em relação a espessura das placas. Com isso, obtém-se uma liberdade que é necessária para uma melhor precisão na sua instalação. Após a colocação da placa no local correto, essa folga deve ser preenchida com um graute e, com isso, obter-se uma solidarização da placa para com o radier. A Figura 15 mostra as dimensões das cantoneiras que foram utilizadas nesta etapa da construção.

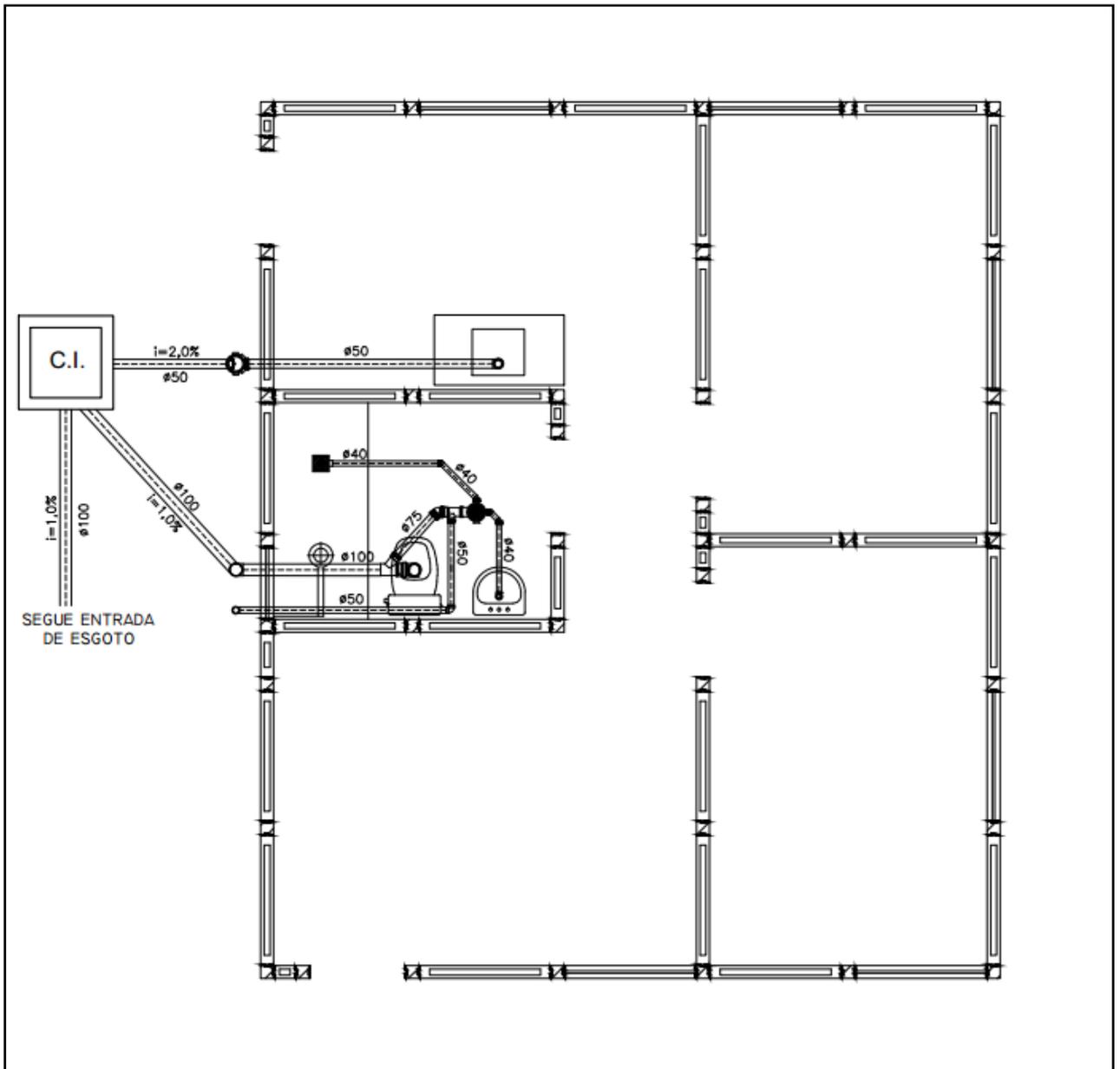
Figura 15– Detalhe da cantoneira



Fonte: Elaboração própria.

É durante a etapa da fundação que de ser feita a instalação do sistema de esgoto da casa pré-moldada. Nesta etapa, foram marcados os pontos de esgoto para que na sequência das instalações de água fria e elétrica, ocorra uma melhor compatibilização dos projetos da habitação popular. A Figura 16 mostra o projeto de esgoto cloacal proposto.

Figura 16 – Planta baixa da instalação de esgoto da casa pré-moldada



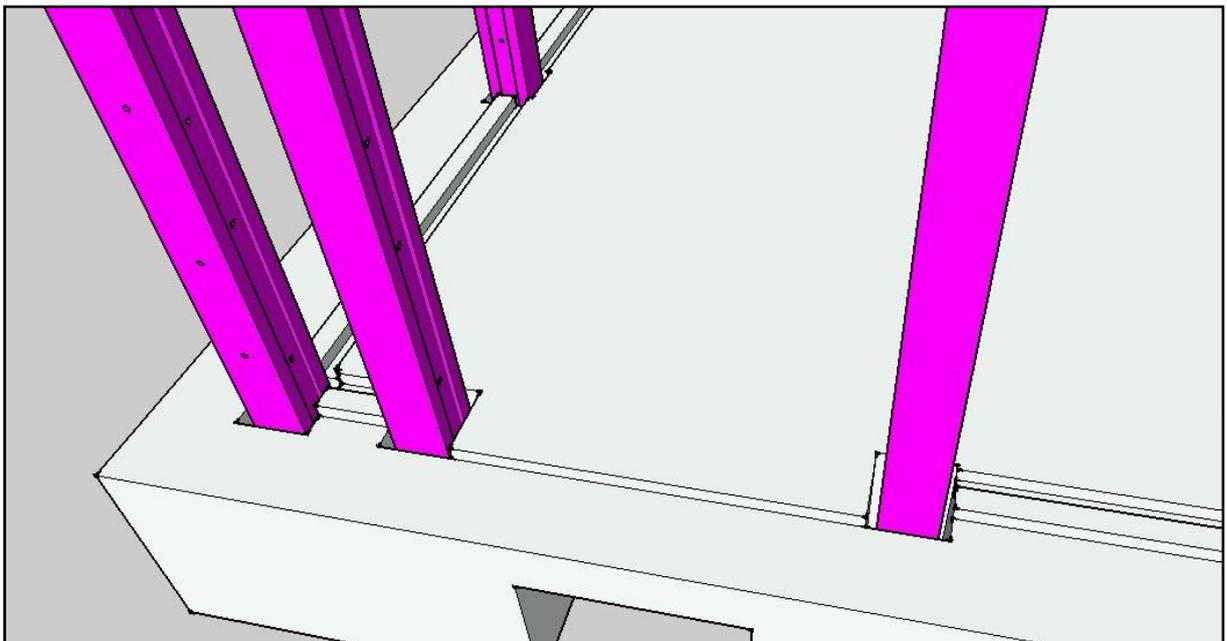
Fonte: Elaboração própria.

O sistema em radier em questão possui algumas diferenças em relação à aplicação normal deste tipo de fundação. A peculiaridade em questão se deve a preparação de um cálice para a instalação dos pilares pré-moldados. Além disso, para a colocação das placas pré-

moldadas, a fundação em radier precisa ter um encaixe para uma melhor ligação, a fim de evitar no futuro, problemas com infiltrações e patologias no local.

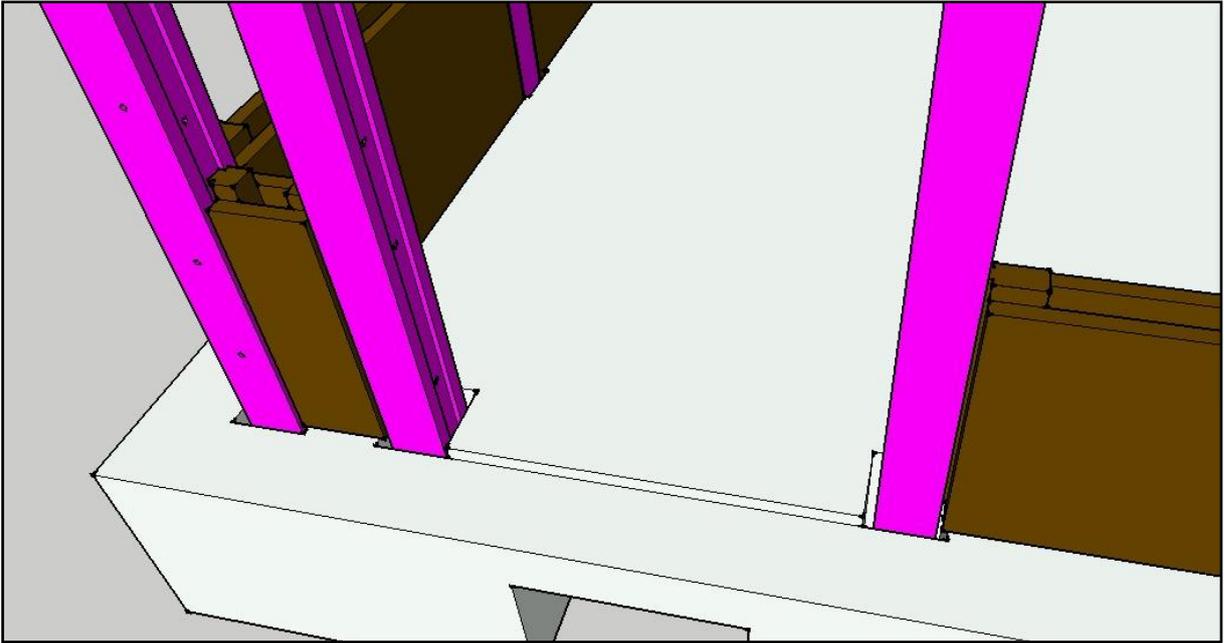
Tanto nos pilares, quanto nas placas pré-moldadas, os cálices e encaixes da fundação possuem uma “folga” de 1 centímetro para cada lado nas placas pré-moldadas e de 1,5 centímetros para os pilares. Essa folga se faz necessária para uma melhor precisão no nivelamento dos pilares e placas. Após o encaixe a prumo dos pilares e placas pré-moldadas, esta folga irá ser preenchida com um graute e, com isso, ocorrerá uma perfeita solidarização das placas e pilares para com a fundação. Esta etapa da obra é demonstrada nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 – Instalação dos pilares pré-moldados nos cálices



Fonte: Elaboração própria

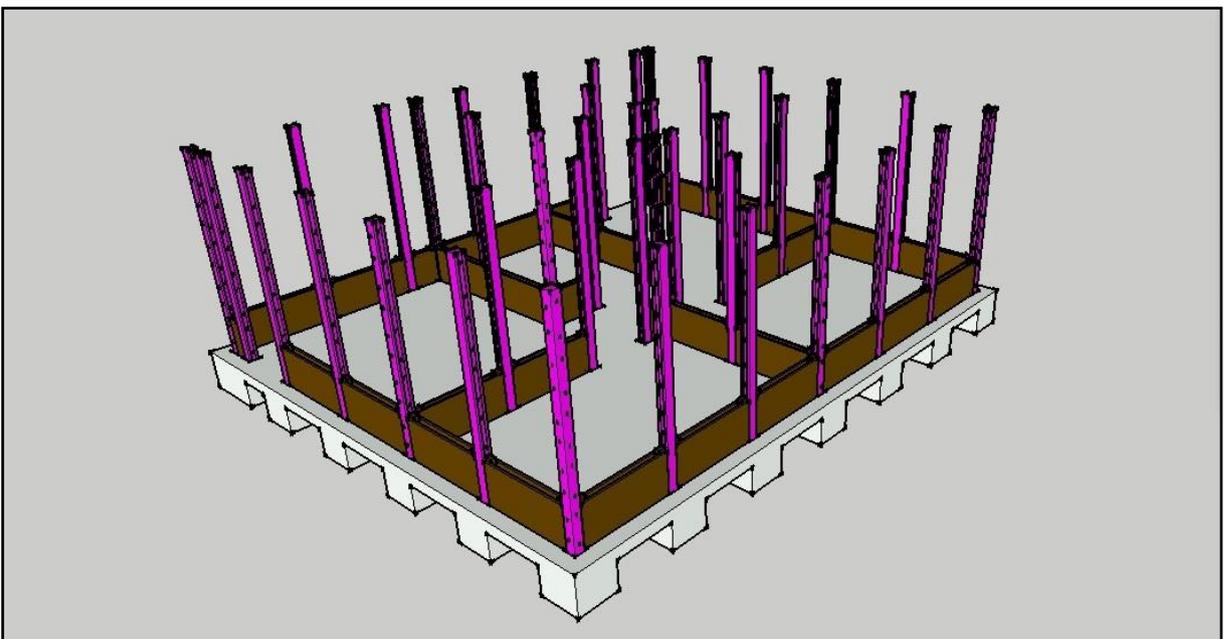
Figura 18 – Instalação dos pilares e placas pré-moldadas



Fonte: Elaboração própria.

Com este estágio concluído com sucesso, a Figura 19 mostra os pilares e a primeira fiada das placas instaladas.

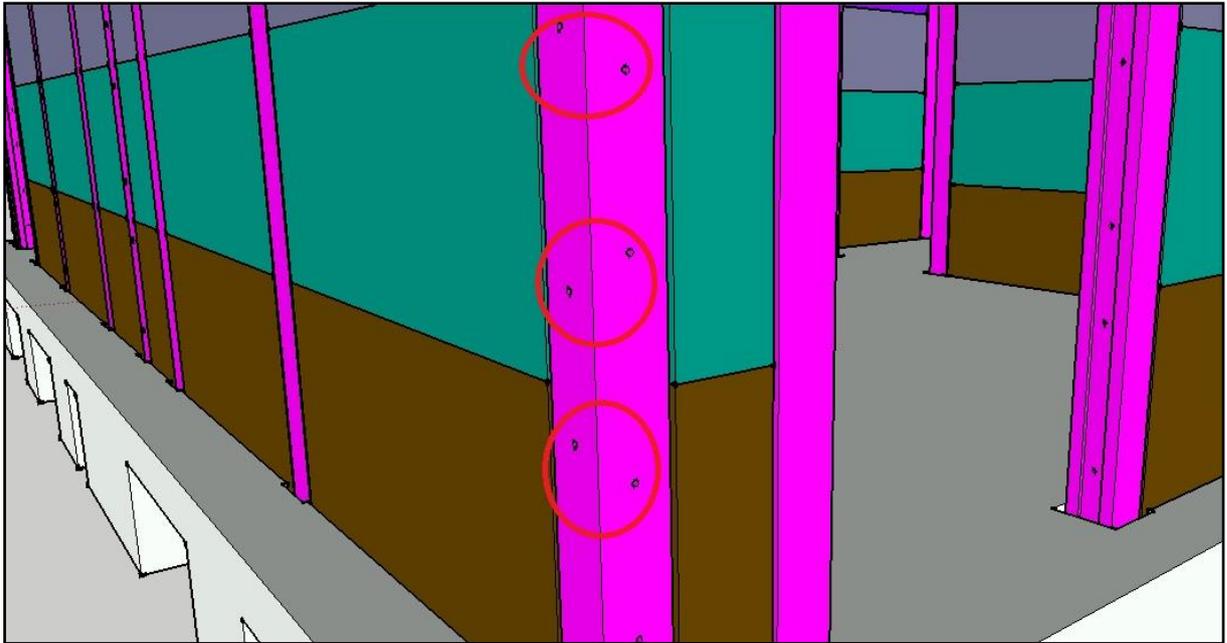
Figura 19 – Instalação dos pilares e a primeira fiada das placas pré-moldadas



Fonte: Elaboração própria.

Após esse processo, a etapa seguinte consiste na instalação de todas as placas pré-moldadas na casa. Para isso, as placas foram fixadas junto aos pilares pré-moldados por meio de pinos de 1 cm de diâmetro, como é mostrado na Figura 20.

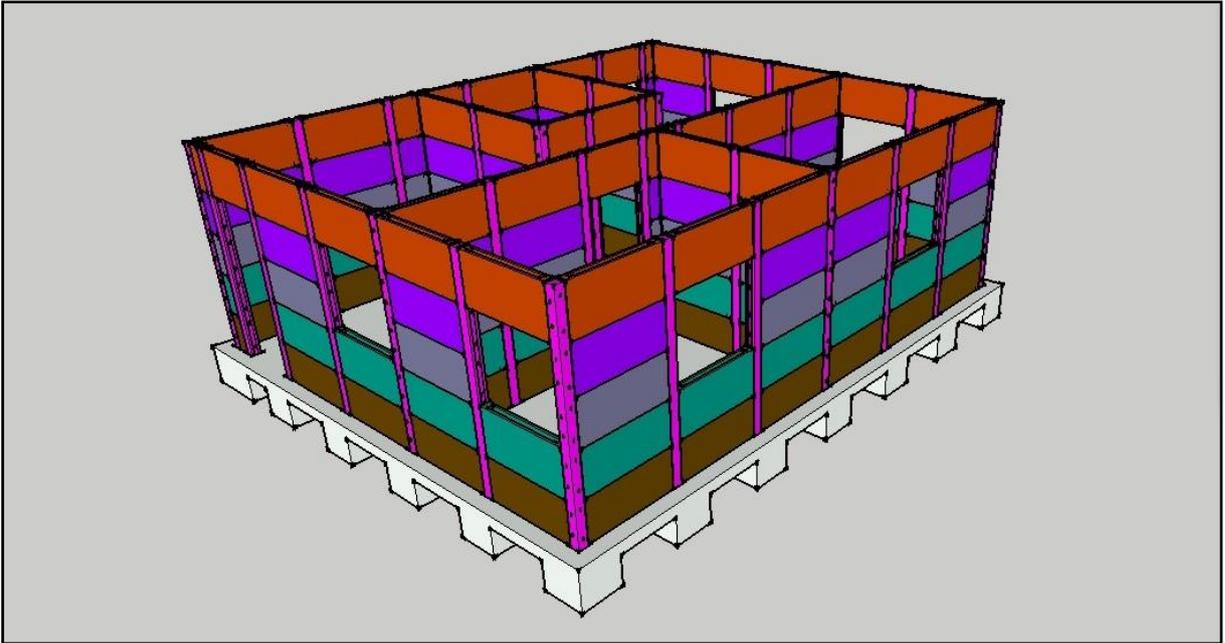
Figura 20 – Detalhe do encaixe entre pilar e placa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

A sequência da colocação das placas será realizada por fiadas, com a colocação de um material impermeabilizante entre as placas e na ligação pilar/placa. Essa camada de impermeabilização será de aproximadamente um centímetro entre placas e pilares pré-moldados. O material definido para fazer esse preenchimento é o selante Monopol PU 40, este selante comercial é indicado para elementos de concreto. A Figura 21 mostra todas as placas pré-moldadas já encaixadas na casa. As placas possuem um vazio no seu interior. Este vazio cumpre duas funções. A primeira é de diminuir o peso das placas. A segunda é de permitir a passagem das tubulações de elétrica e hidráulica.

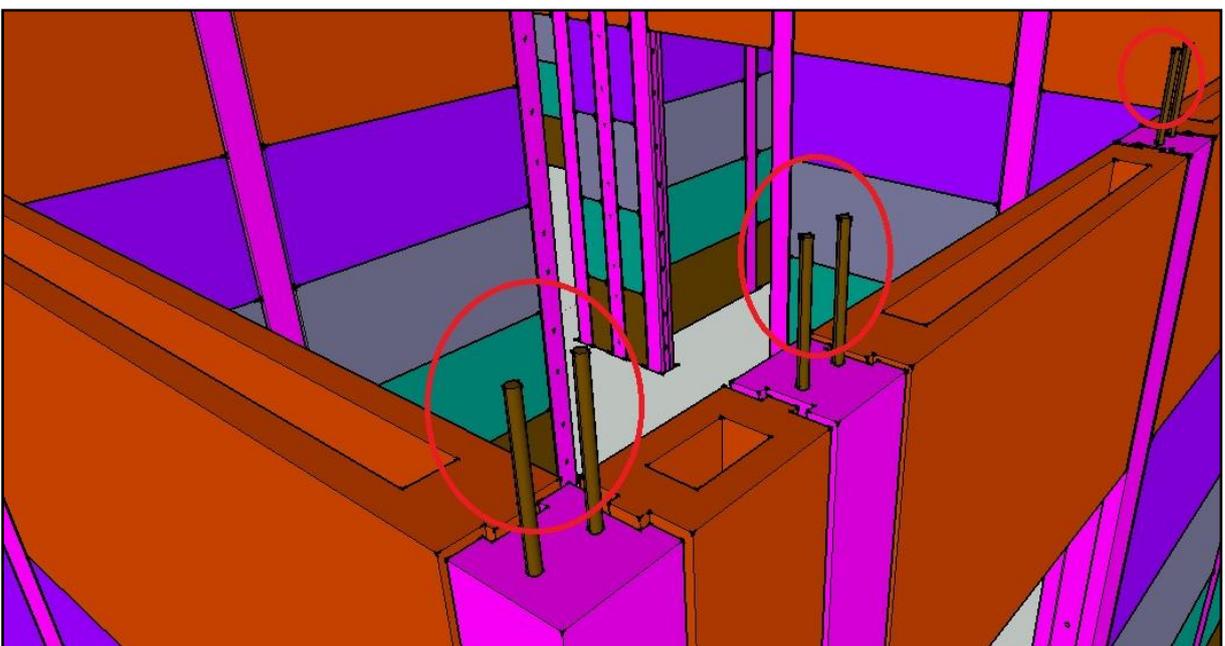
Figura 21 – colocação de todas as placas pré-moldadas



Fonte: Elaboração própria.

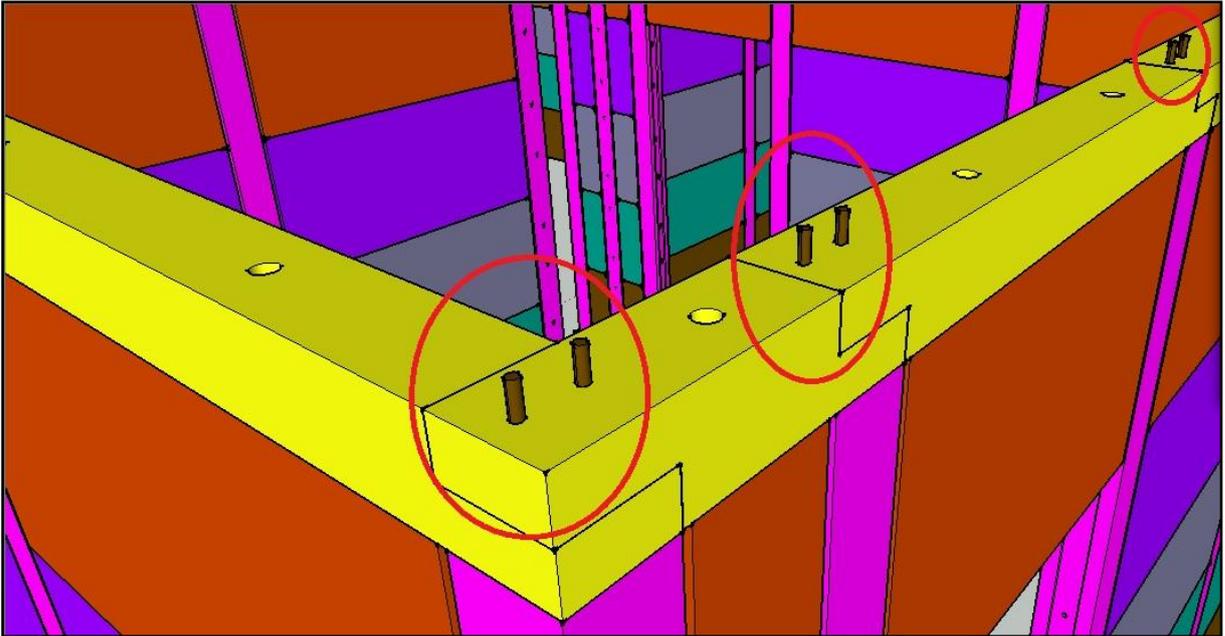
A parte superior do pilar possui dois pinos de aproximadamente 18 centímetros de comprimento e um centímetro de diâmetro que irá ligar-se a uma viga pré-moldada que é encaixada entre os pilares da casa por um sistema de ligação macho/fêmea, como mostra as Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Detalhe dos pinos nos pilares pré-moldados



Fonte: Elaboração própria.

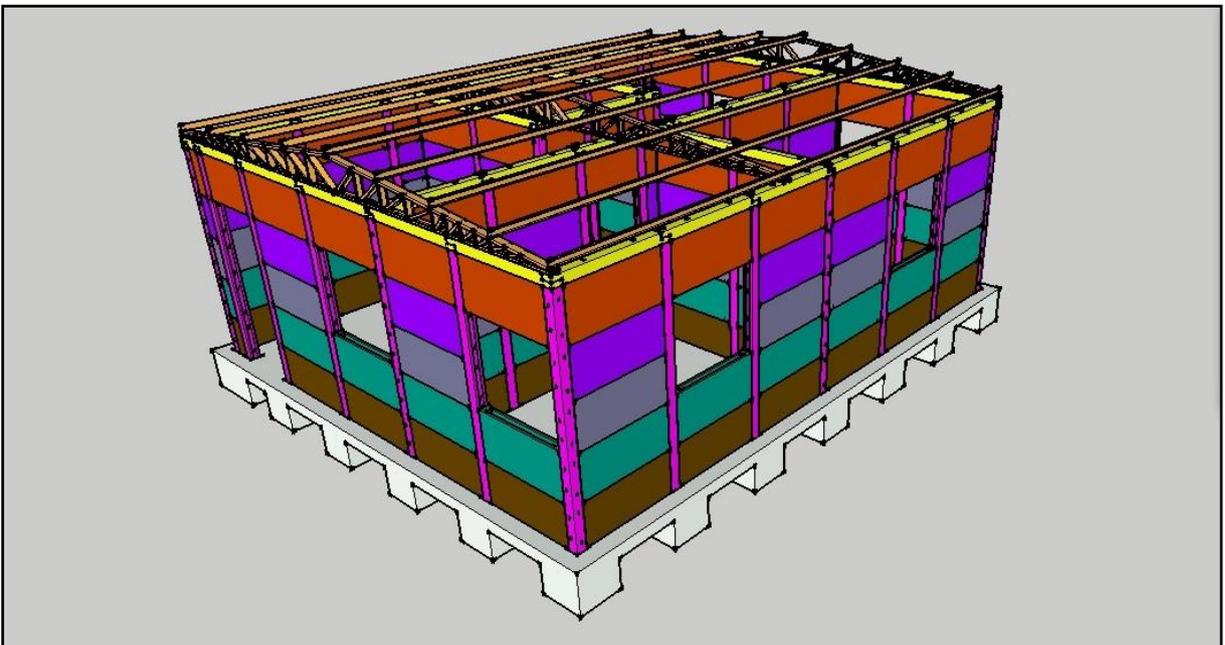
Figura 23 – vigas pré-moldadas encaixadas nos pilares através dos pinos



Fonte: Elaboração própria.

No momento em que viga pré-moldada for instalada, a etapa seguinte consiste na colocação das treliças metálicas de cobertura, como mostra a Figura 24.

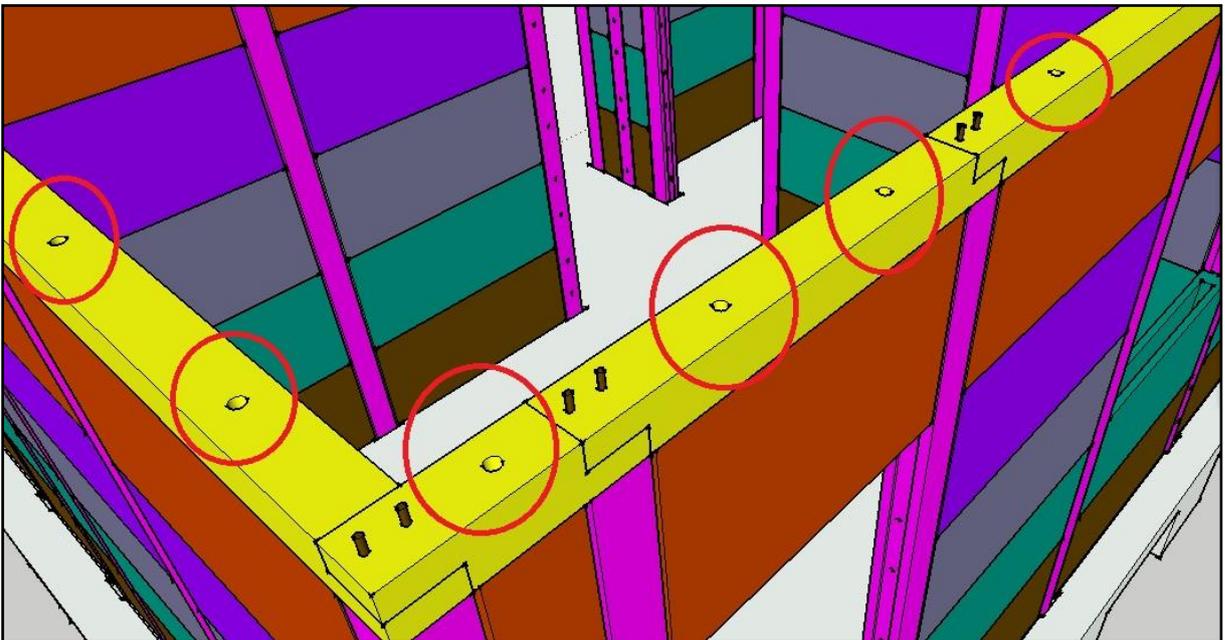
Figura 24 – Instalação das treliças na casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

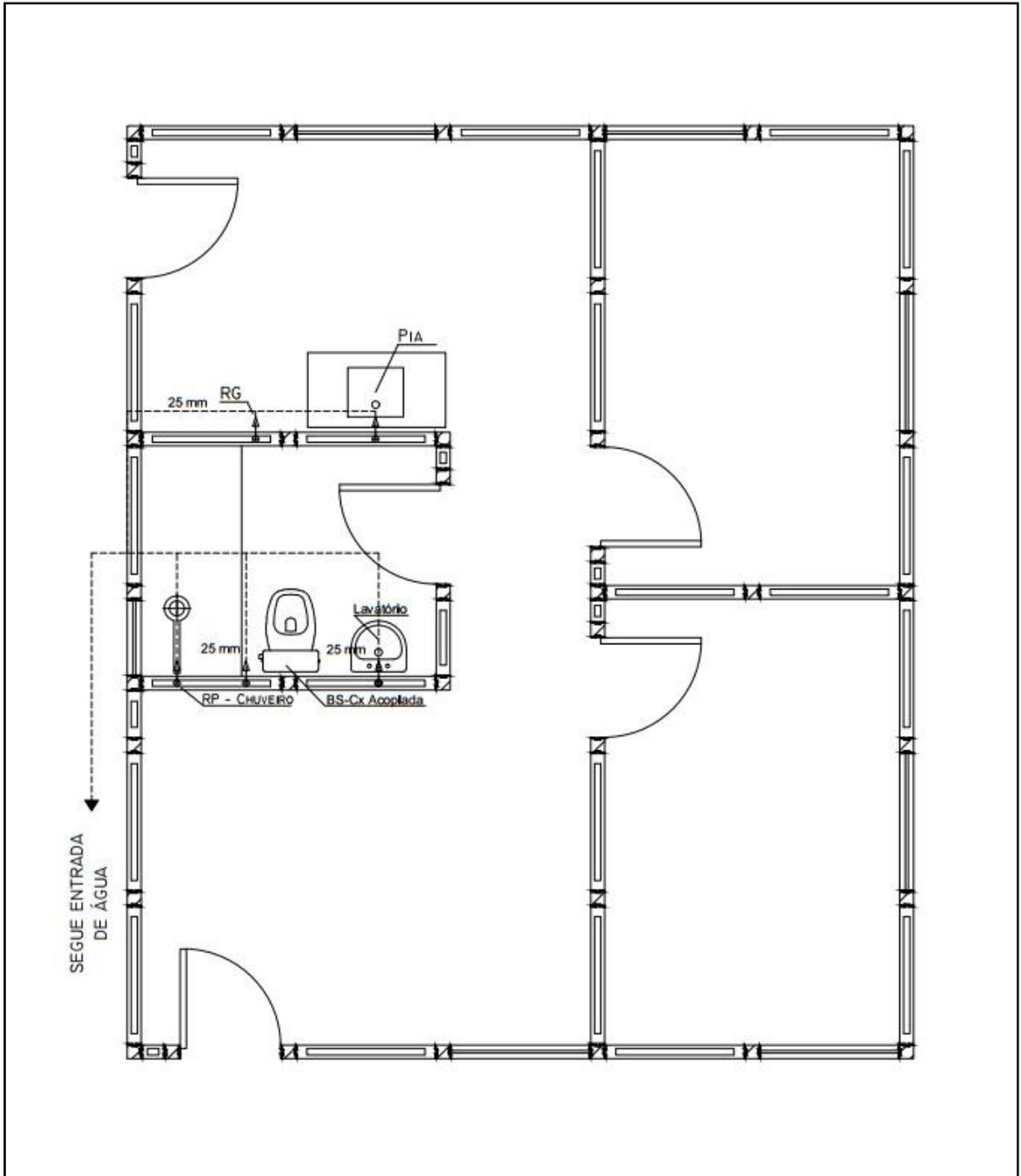
Durante o momento da instalação das treliças metálicas também será realizada a instalação elétrica e de água fria na casa pré-moldada. A tubulação da água fria e elétrica irá cruzar por um orifício de três centímetros de diâmetro localizado nas vigas pré-moldadas, como mostra a Figura 25, passando pelo trecho vazado das placas pré-moldadas até os pontos marcados nas placas. Já a Figura 26 mostra a instalação da água fria e o local exato onde irá ser colocado o cada ponto de água fria da casa.

Figura 25 – Detalhe do orifício por onde irá passar a tubulação elétrica e hidráulica da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

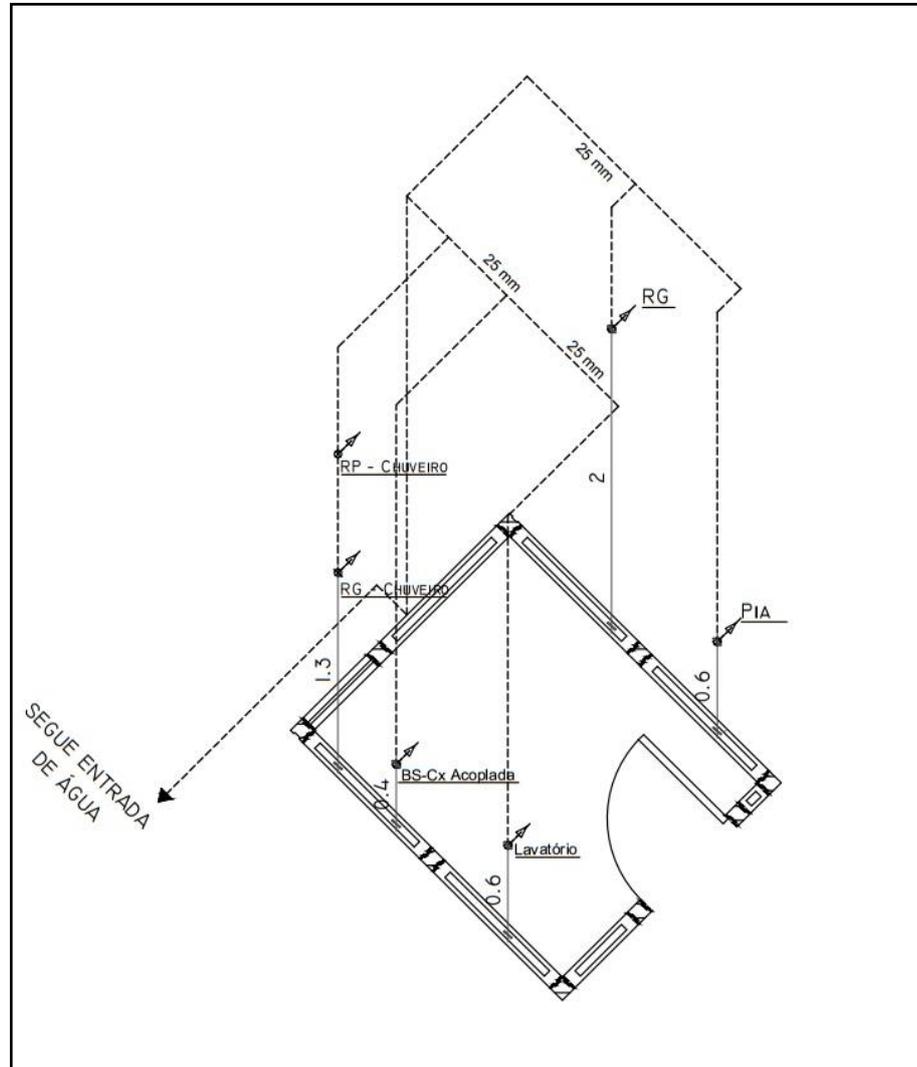
Figura 26 – Planta Baixa da instalação de água fria da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 27 mostra a instalação de água fria da casa numa perspectiva isométrica. A altura da tubulação de água fria é o pé direito da casa acrescentado da altura da viga.

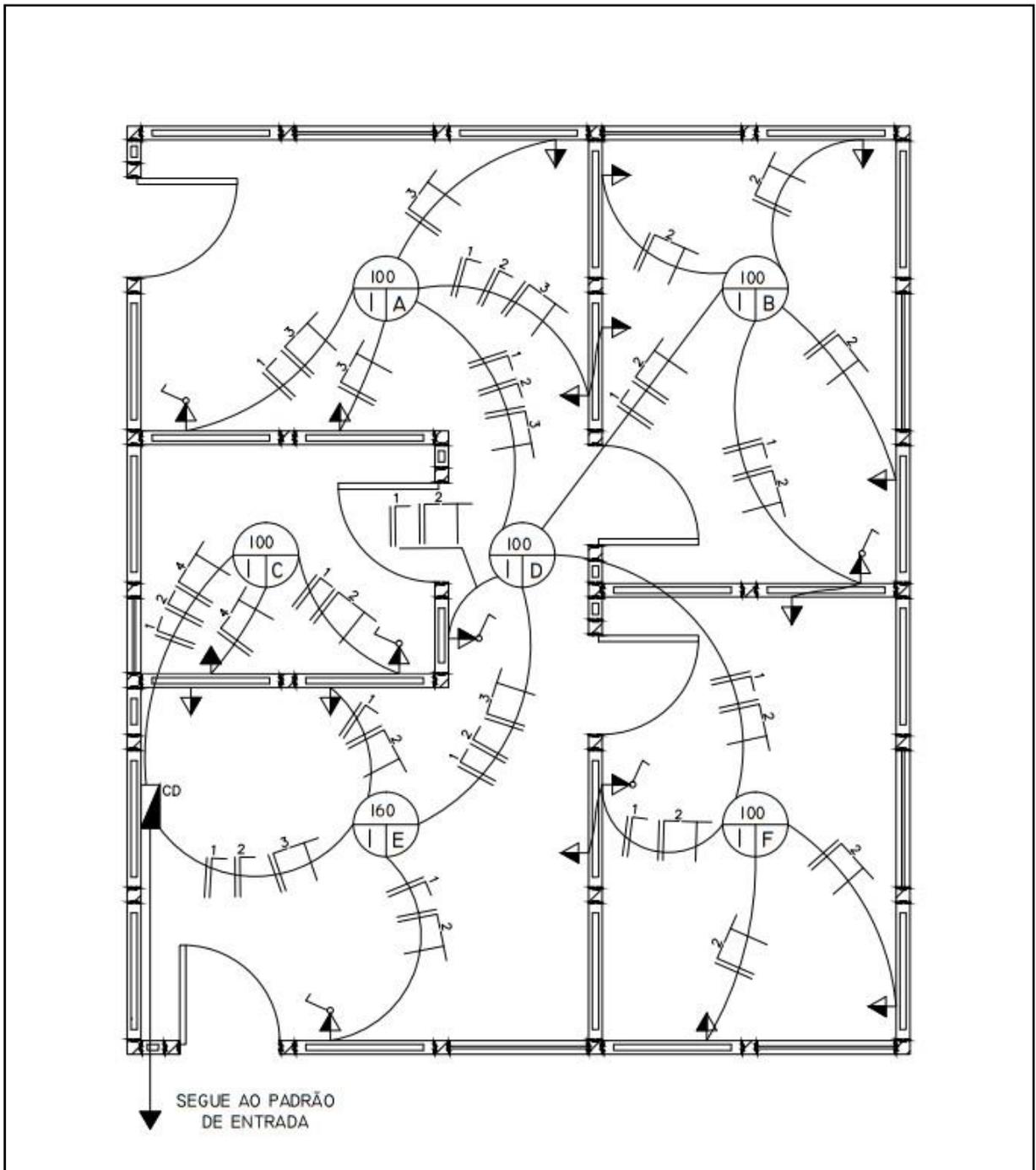
Figura 27 – Isométrico da instalação de água fria da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

A seguir a instalação elétrica é demonstrada na Figura 28. O projeto elétrico segue a mesma linha que o projeto de água fria. Cada conduíte foi colocado nas aberturas das vigas, sendo necessária em certas regiões da casa, a viga teve de ter três aberturas, a fim de que cada conduíte fosse instalado em cada abertura em separado.

Figura 28 – Planta Baixa da instalação elétrica da casa pré-moldada

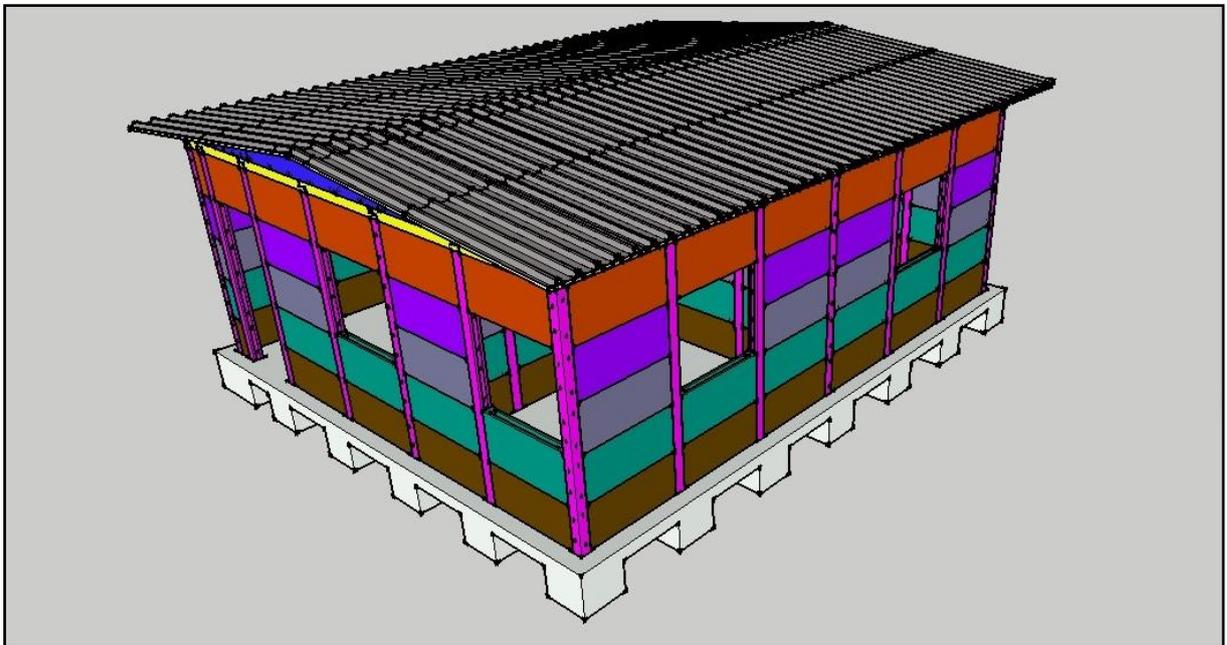


Fonte: Elaboração própria.

A parte final da construção consiste na colocação do telhado da casa pré-moldada e do preenchimento do entorno da parte superior da casa com uma placa cimentícia de 1centímetro de espessura, como mostra a Figura 29. A placa cimentícia é parafusada na estrutura metálica. O telhado definido para este projeto foi à telha sanduiche, que possui vantagens como:

- isolamento térmico;
- fácil montagem e grande praticidade;
- material que atende à tendência de industrialização de componentes, reduzindo etapas a serem realizadas na obra.

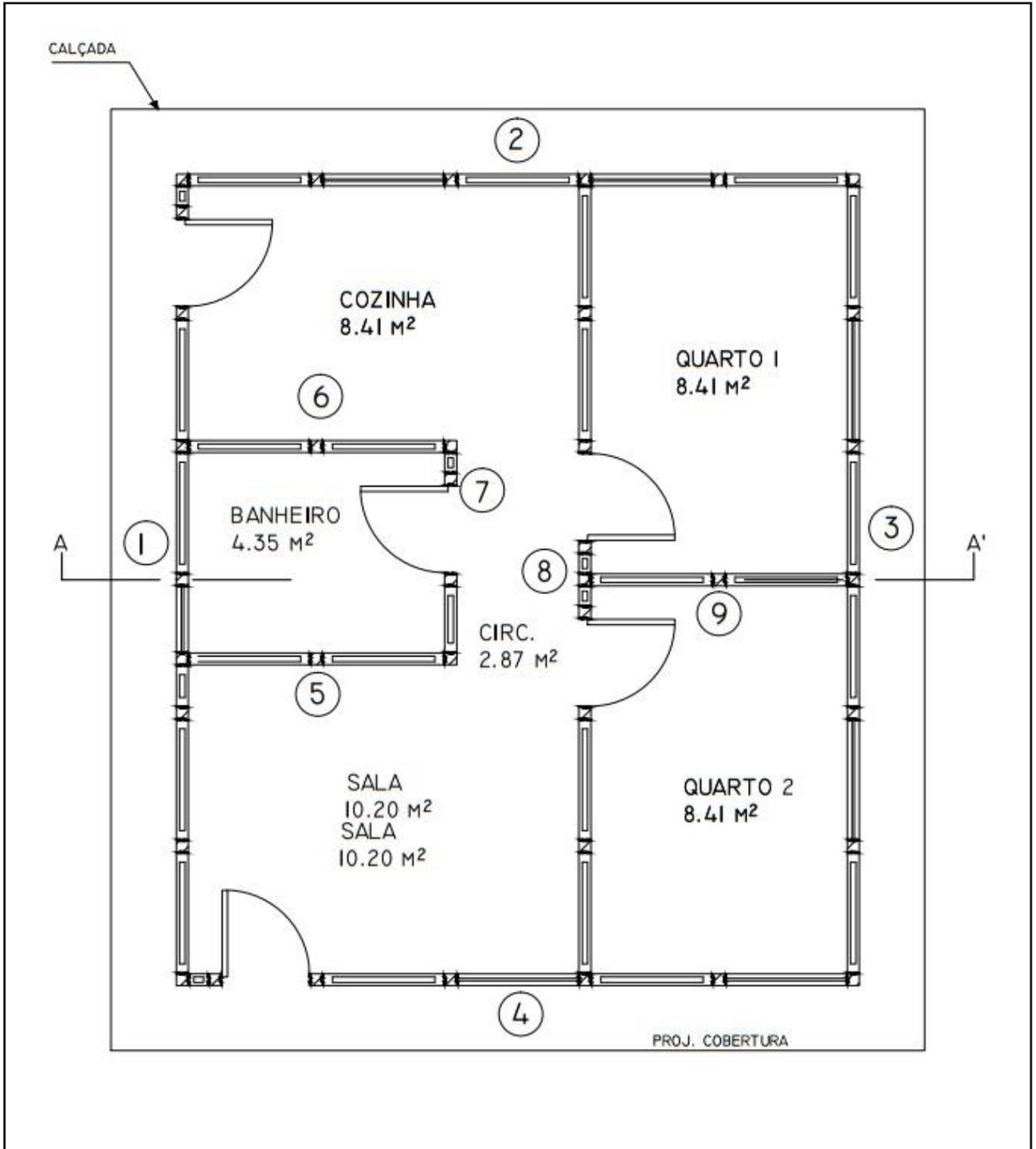
Figura 29 – Colocação do telhado e da placa cimentícia na casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

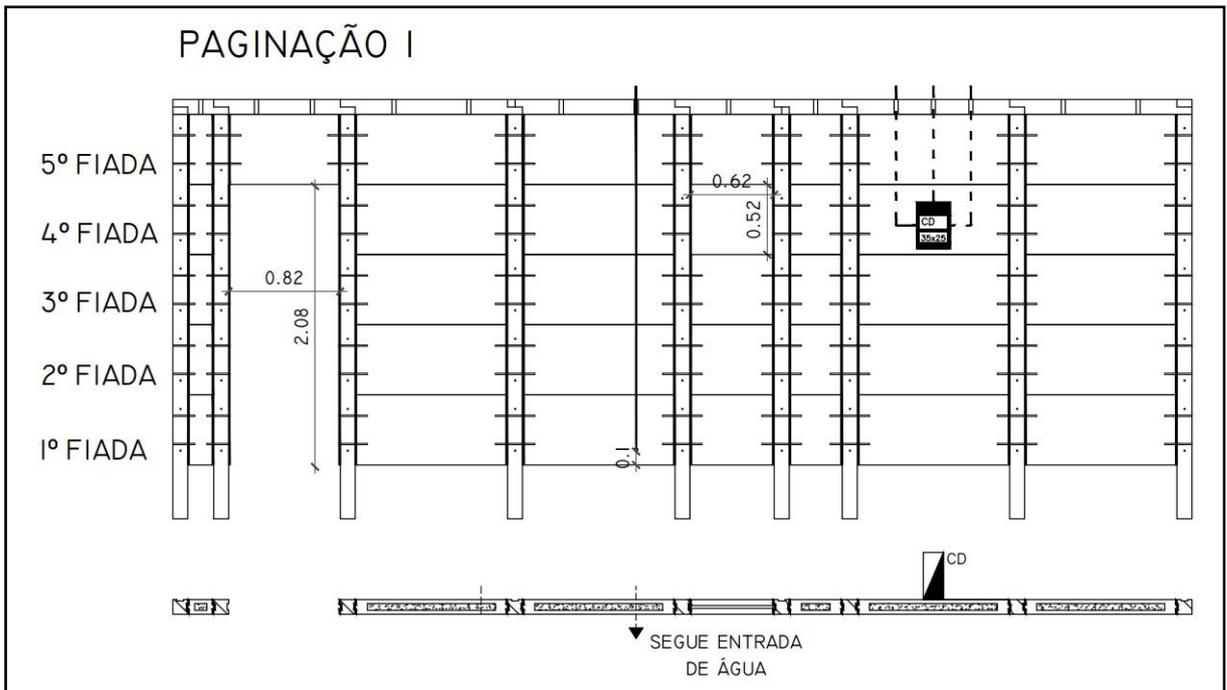
A fim de permitir a viabilidade do projeto, todas as paginações das paredes foram realizadas. É importante o detalhamento de cada parede da casa, para que no momento da construção, antes da instalação das placas pré-moldadas, seja feita a marcação do local onde será colocado tanto o ponto elétrico, quanto o ponto de água, além do posicionamento correto de cada placa. A Figura 30 mostra a qual parede corresponde a cada paginação e as Figuras 31 a 38 mostram as paginações de cada uma das paredes da casa pré-moldada.

Figura 30 – Planta baixa com a numeração das paginações da casa pré-moldada



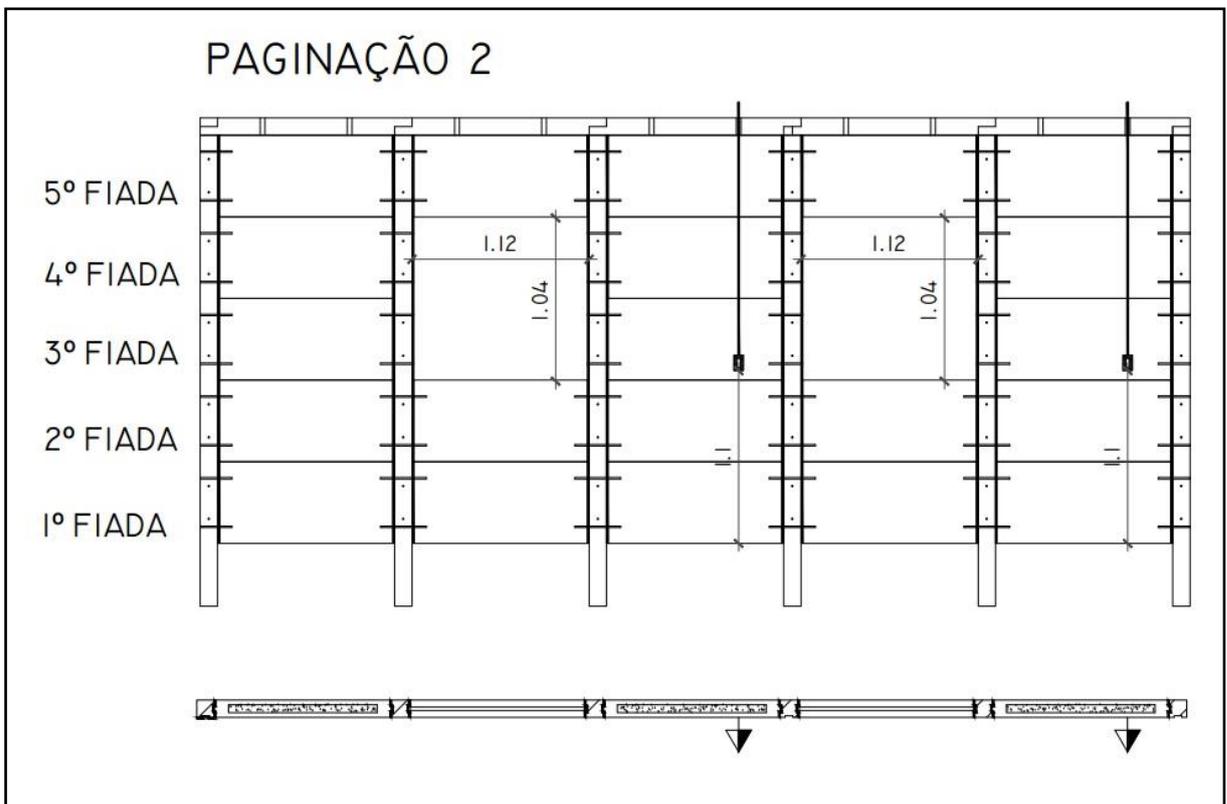
Fonte: Elaboração própria.

Figura 31 – Paginação 1 da casa pré-moldada



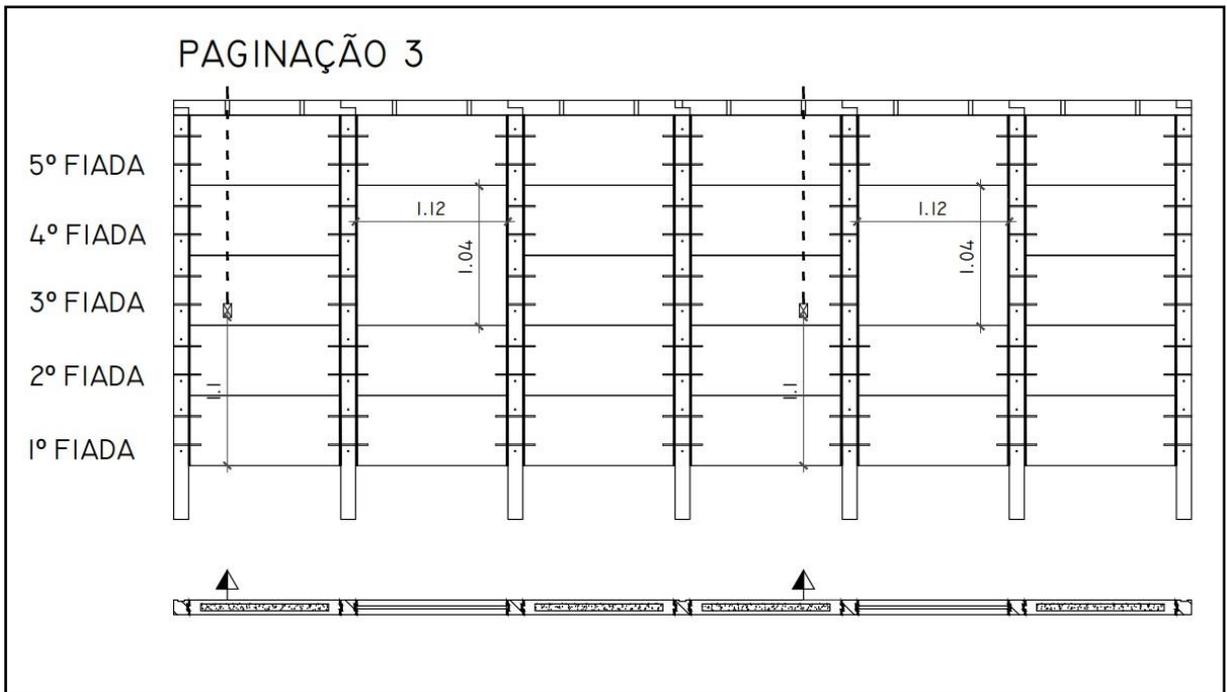
Fonte: Elaboração própria.

Figura 32 – Paginação 2 da casa pré-moldada



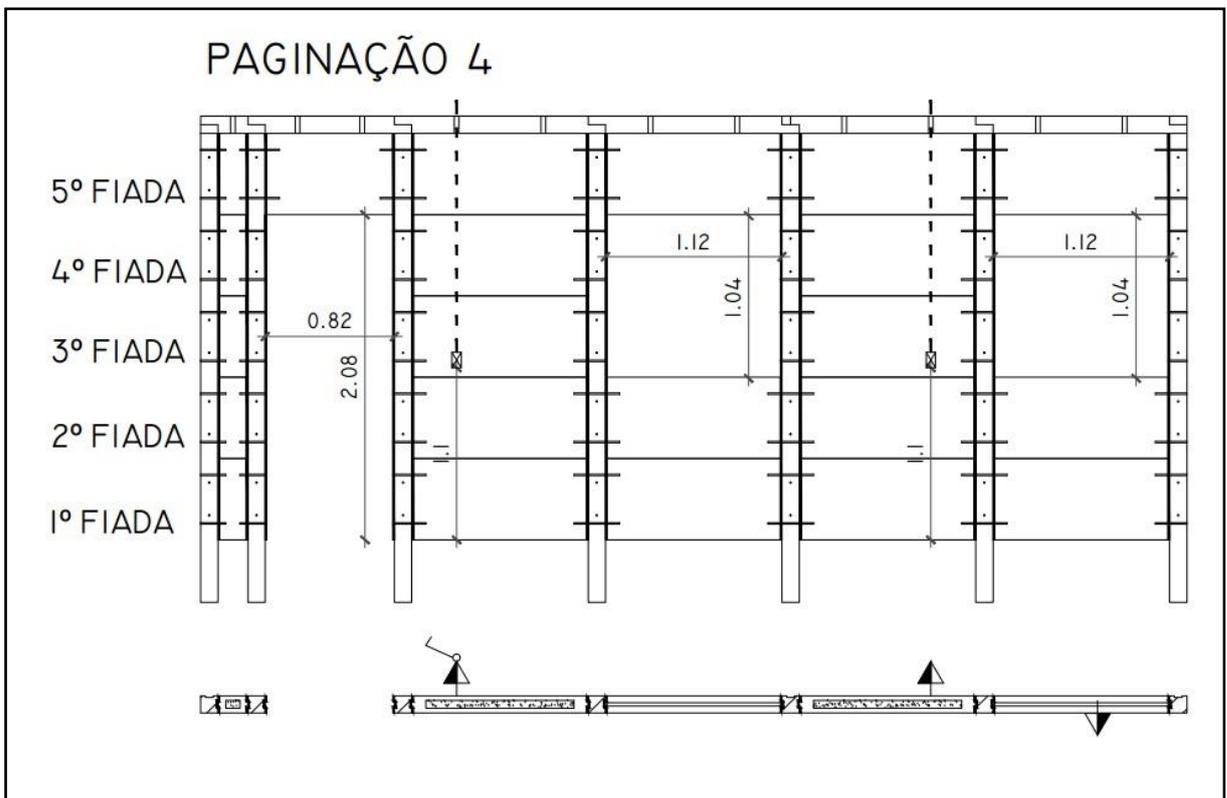
Fonte: Elaboração própria.

Figura 33 – Paginação 3 da casa pré-moldada



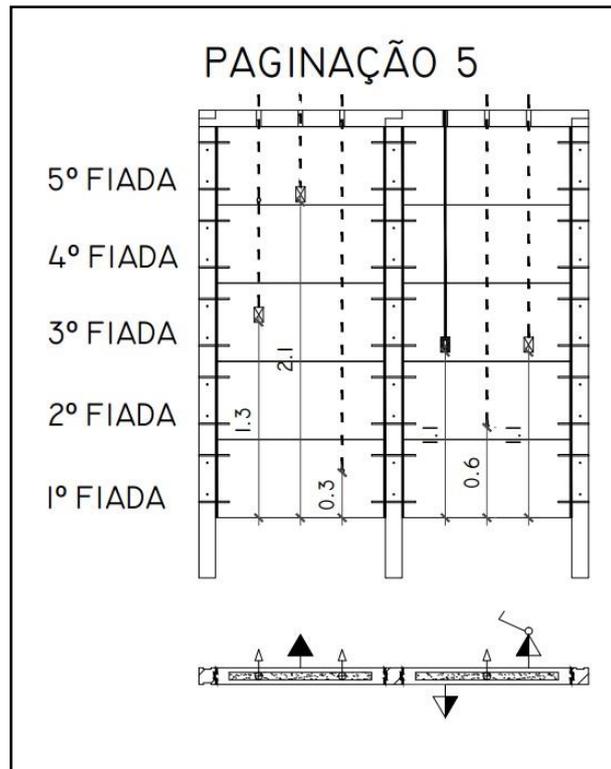
Fonte: Elaboração própria.

Figura 34 – Paginação 4 da casa pré-moldada



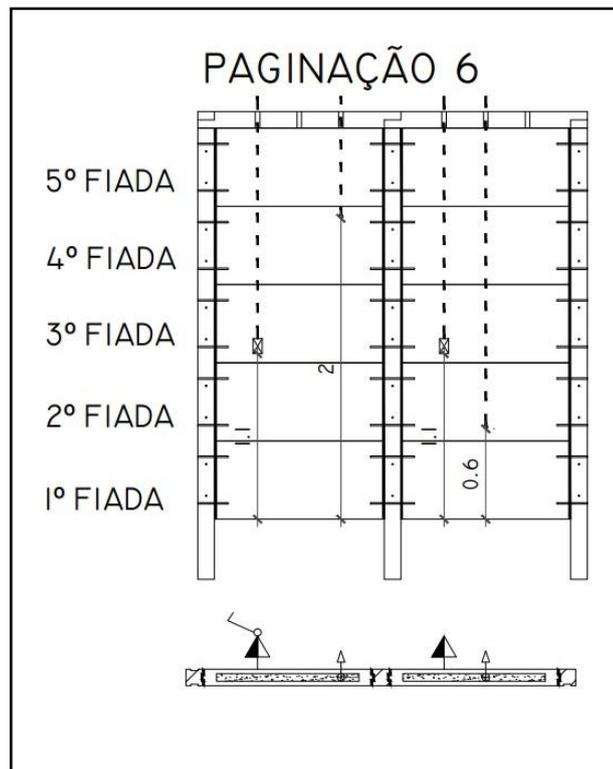
Fonte: Elaboração própria.

Figura 35 – Paginação 5 da casa pré-moldada



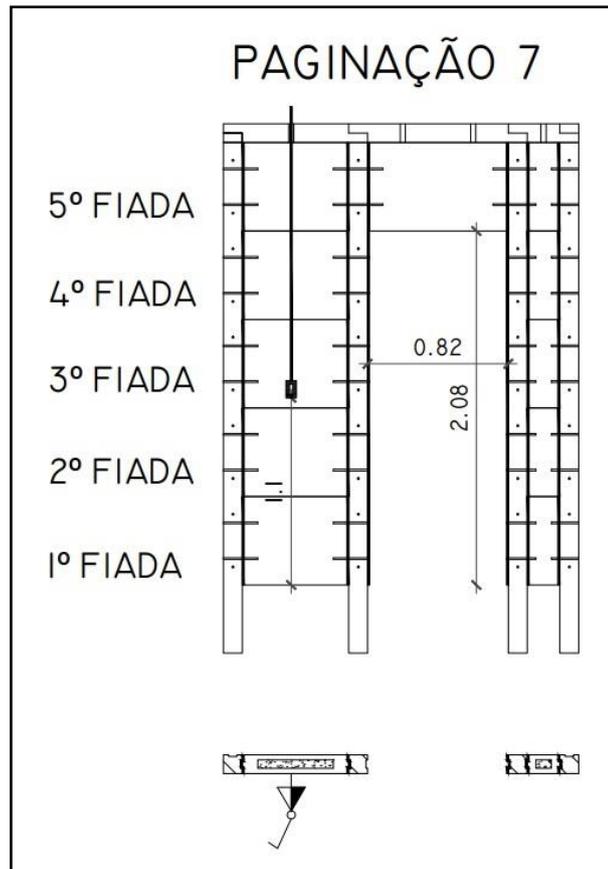
Fonte: Elaboração própria.

Figura 36 – Paginação 6 na casa pré-moldada



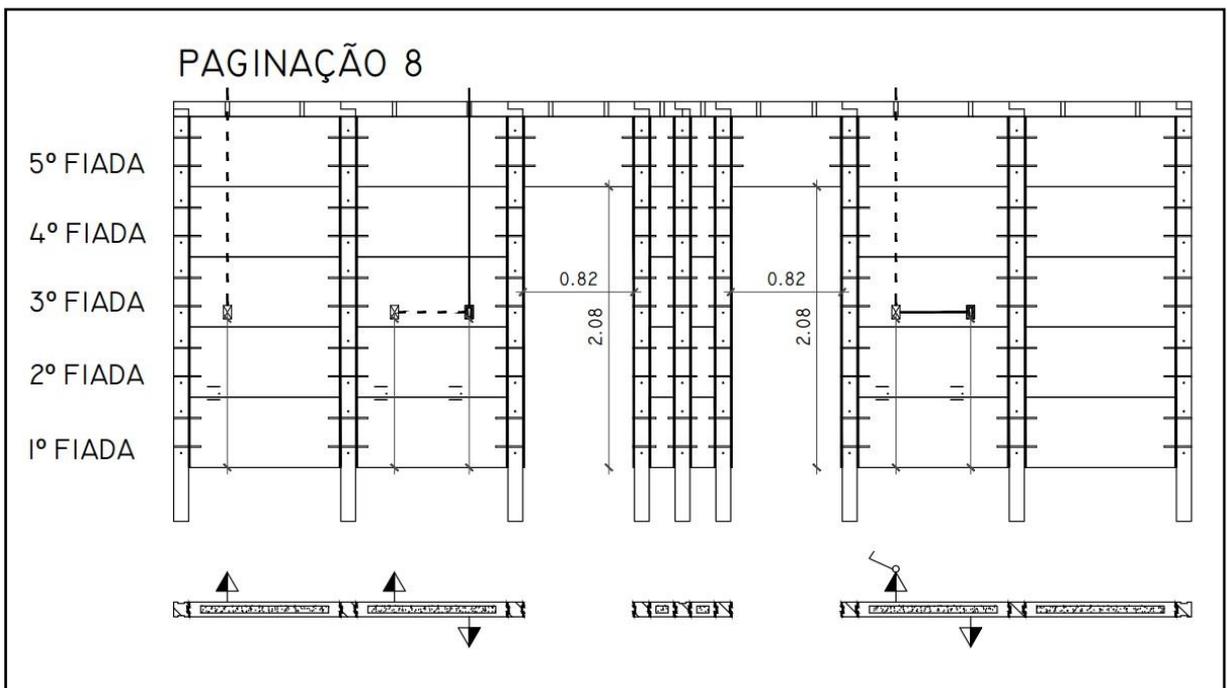
Fonte: Elaboração própria.

Figura 37 – Paginação 7 da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

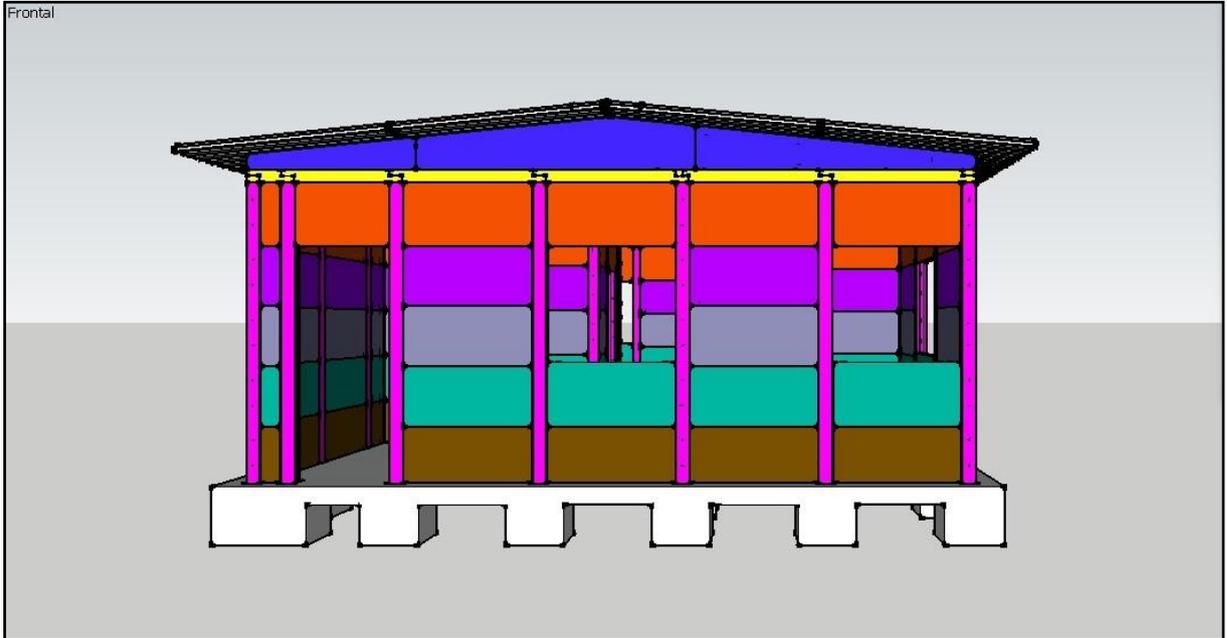
Figura 38 – Paginação 8 da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

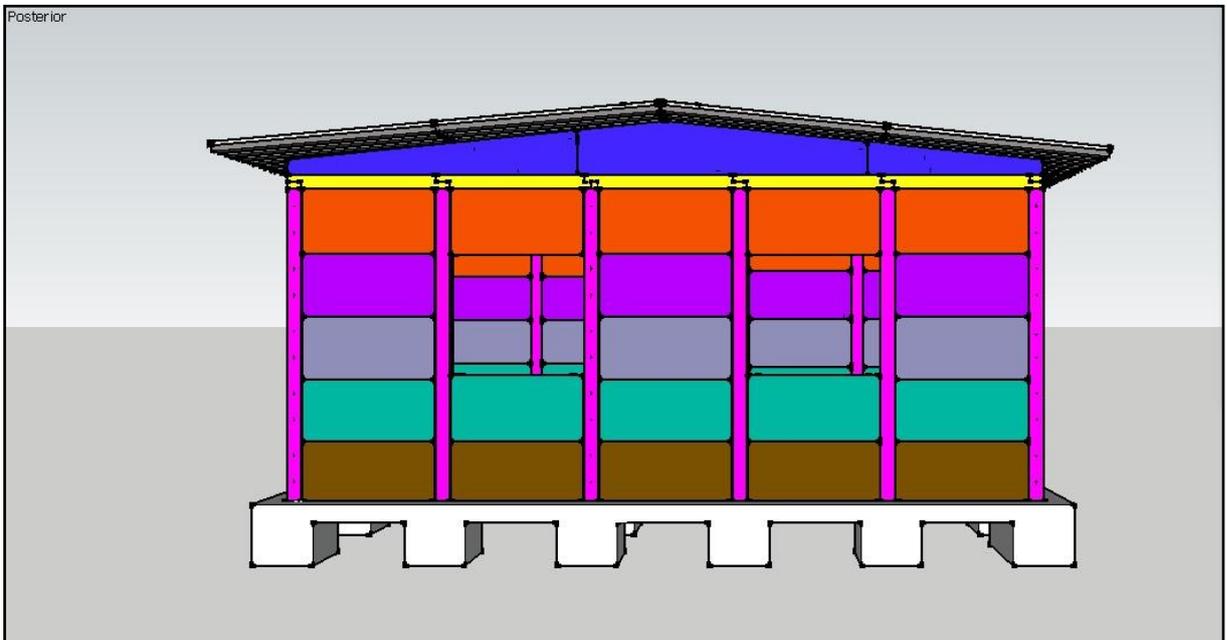
A seguir, as Figuras 39, 40, 41 e 42 mostram as fachadas da casa pré-moldada.

Figura 39 – Fachada frontal da casa pré-moldada

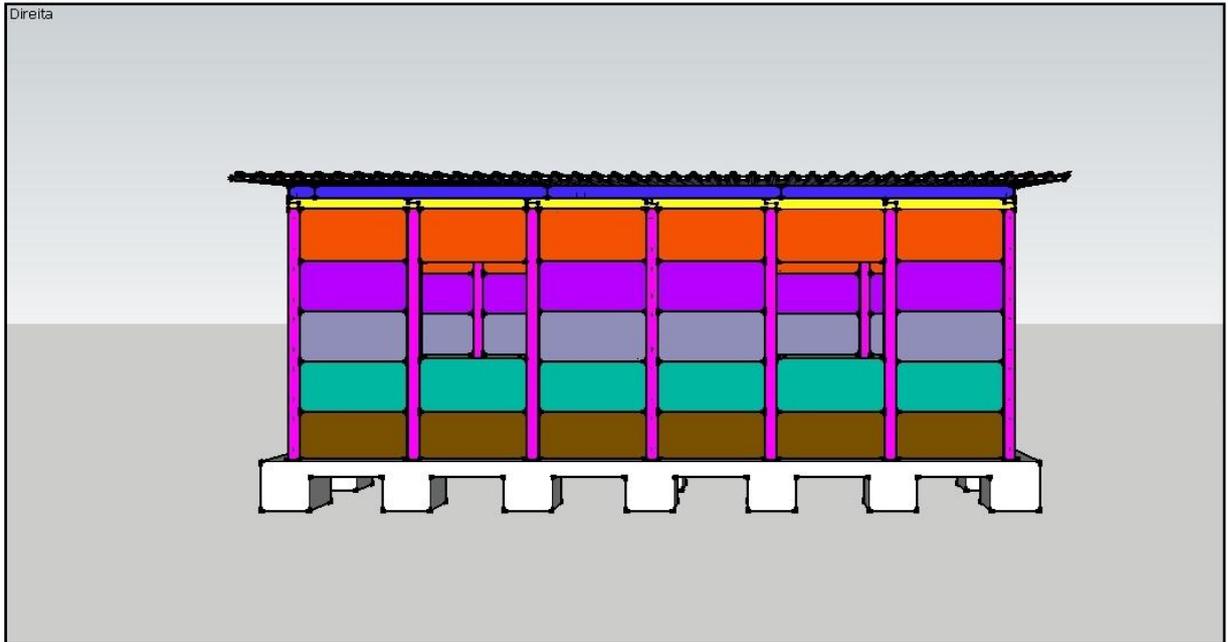


Fonte: Elaboração própria.

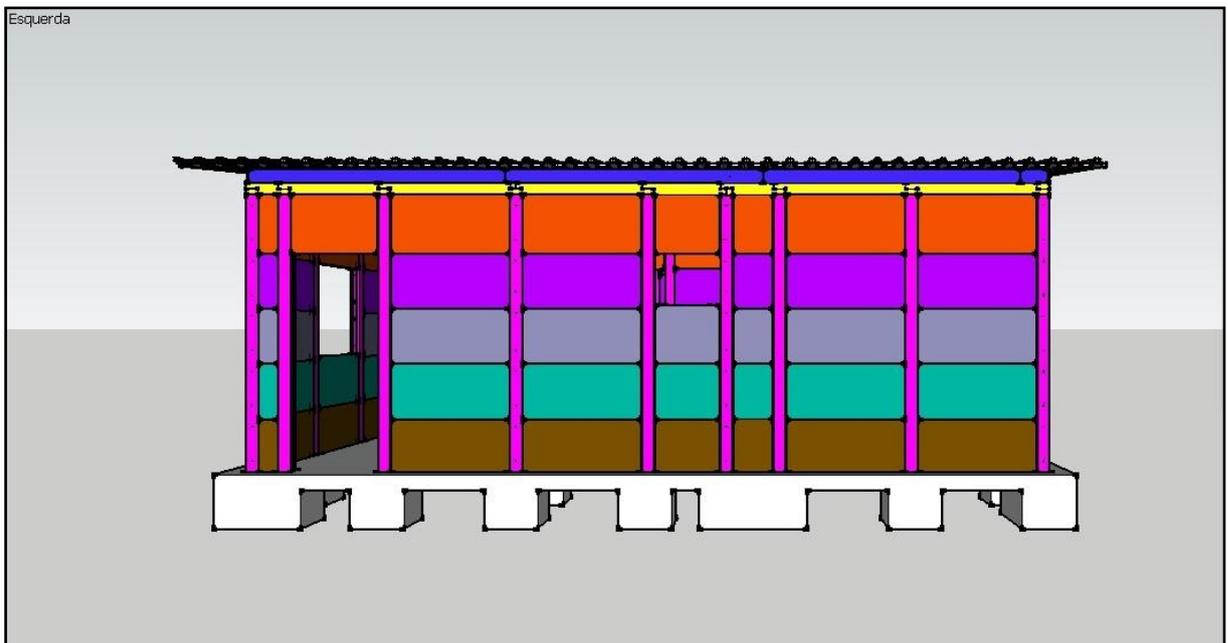
Figura 40 – Fachada posterior da casa pré-moldada



Fonte: Elaboração própria.

Figura 41 – Fachada da direita da casa pré-moldada

Fonte: Elaboração própria.

Figura 42 – Fachada da esquerda da casa pré-moldada

Fonte: Elaboração própria.

4.1 Definição dos elementos estruturais para o projeto modulado

Para a análise de uma estrutura pré-moldada, é necessário verificar a NBR 9062 (ABNT, 2007) que regulamenta projetos de execução de estruturas de concreto pré-moldado. De acordo com a norma, os requisitos deste tipo de construção são aplicados conforme a NBR 6118 (ABNT, 2007) e alguns parâmetros da NBR 6123 (ABNT, 2000).

A norma que regulamenta o projeto para estruturas de concreto armado, NBR 6118 (ABNT, 2004), define que a área mínima de seção para o dimensionamento de um pilar é de 360 cm². Entretanto, mesmo utilizando uma área mínima para o dimensionamento de um pilar em concreto armado, ainda assim, o mesmo possuirá peso próprio elevado, impossibilitando assim, a realização da proposta principal do trabalho que é de modular elementos leves a fim de, eliminar a etapa de transporte e carregamento do custo total da obra.

Entretanto para a elaboração deste trabalho, o dimensionamento foi tomando como base a NR18 (2012) que trata das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. A norma define que a massa que cada trabalhador da construção civil pode levantar diariamente é de 40 kg. Já para situações esporádicas a norma define uma massa de 60 kg. Com isso, o dimensionamento dos elementos pré-moldados foi realizado em função do peso que o trabalhador pode levantar, visando assim, a eliminação da utilização de veículos de transporte e içamento das peças pré-fabricadas.

Para a elaboração deste projeto, foi necessário dimensionar as seções dos pilares pré-moldados através do peso total da peça. Os pilares pré-moldados obtiveram uma seção padrão em “I” de 11x11 centímetros, com pequenas adaptações em função dos encontros com as placas. Já para as placas pré-moldadas, foi dimensionado para os comprimentos de 17, 37, 61, 80 e 110 centímetros. Já para as vigas pré-moldadas, as suas dimensões são feitas de acordo com o comprimento das placas. Como a ligação é feita entre os pilares, por um sistema macho e fêmea, a sua dimensão varia de acordo com a placa pré-moldada existente entre os pilares.

O dimensionamento das placas, pilares e vigas foi feito como principal função para evitar que haja retração do concreto e para garantir o formato das peças, pois os carregamentos envolvidos são de pequena magnitude.

4.2 Estanqueidade

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2003), estanqueidade é a propriedade que um elemento possui para impedir a penetração de fluidos através de si. Para a elaboração deste projeto, foi necessário elaborar uma solução para impermeabilização de modo que fosse evitada a passagem indesejável de um fluido entre os elementos em pré-moldado, protegendo a estrutura como um todo, bem como os componentes construtivos que irão estar expostos ao intemperismo e agentes agressivos da natureza.

O produto escolhido que atende as necessidades impostas pelo projeto foi o Monopol PU 40. Este produto é um selante com alto poder de aderência e elasticidade. A escolha deste selante se deve principalmente ao fato dela ter a propriedade de aderir a diversos tipos de substratos, como concreto, alumínio, madeira, como mostra a Figura 43.

Figura 43 – Exemplo de aplicação do selante Monopol PU 40



Fonte: Elaboração própria.

Entre as principais características do Monopol PU 40, podemos citar:

- Não causa manchas;
- impermeabilidade;
- adere a diversos tipos de materiais;

- aceita pintura a base de água;
- resistência a intempéries.

4.3 Verificação das Cargas

A partir da análise dos parâmetros definidos pelas normas citadas foram levantadas as cargas para as suas respectivas reações da estrutura. Além deste processo, os elementos pré-moldados foram dimensionados e detalhados tomando como base as especificações normativas. No entanto, como já destacado, as armaduras adotadas são superdimensionadas em termos de carregamentos, mas são necessárias para evitar a retração e permitir a montagem das peças.

4.4 Isolamento Acústico

Como foi necessária a confecção de placas pré-moldadas que sejam vazadas, a fim de, diminuir o seu peso e conseguir distribuir a instalação da água fria e elétrica sem precisar quebrar a placa, a forma que foi pensando para tentar inibir a passagem de ruído de um ambiente para outro, foi à própria região vazada da placa. Segundo Antonio (2011), a placa funciona como uma parede dupla e funcionará como isolante acústico. Quanto maior a sua espessura, maior será a sua capacidade de isolamento. Para a casa pré-moldada a região vazada possui uma espessura de 5 centímetros, o que é suficiente para as características da habitação.

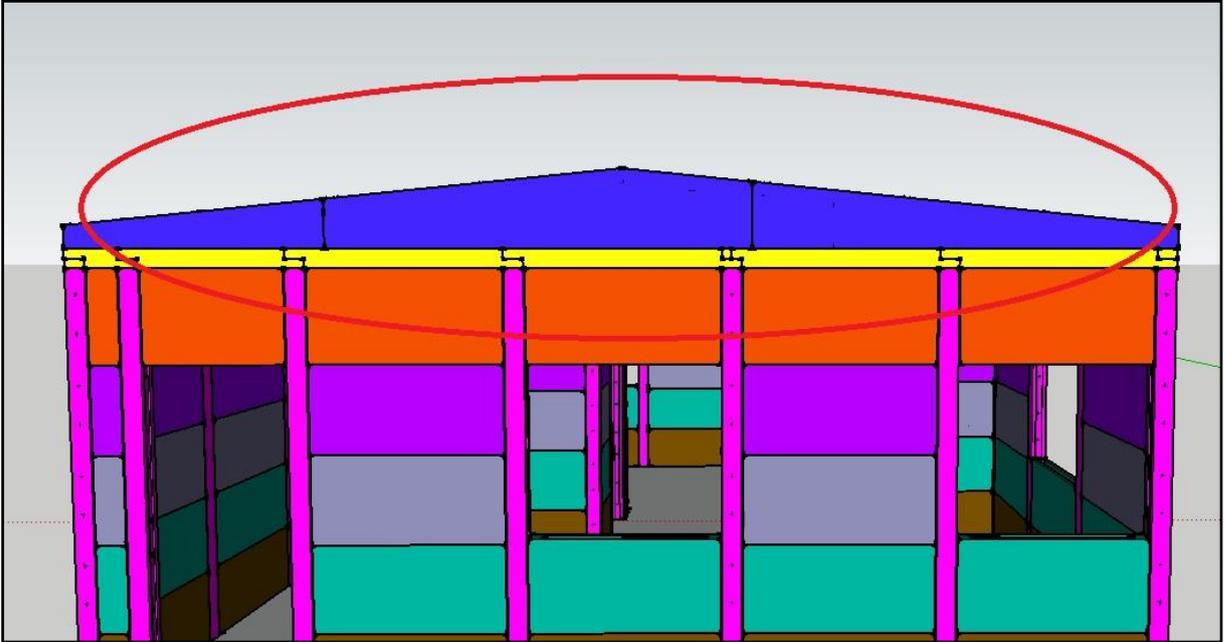
4.5 Definição das Propriedades do material

Para o fechamento lateral da região acima das vigas, onde foram posicionadas as treliças metálicas, foi utilizada uma placa cimentícia de 10 milímetros de espessura.

Segundo a NBR 15498 (ABNT, 2007), as placas cimentícias são separadas em dois tipos. As placas de classe A, que são indicadas para aplicações externas sujeitas à ação direta do sol, da chuva, calor e umidade. Já as classes B, são adequadas para usos em áreas internas e externas, desde que sobre proteção da ação direta de intempéries. Para o caso da habitação popular é recomendado à utilização de uma placa de classe A, pois ela atende as necessidades da casa pré-moldada.

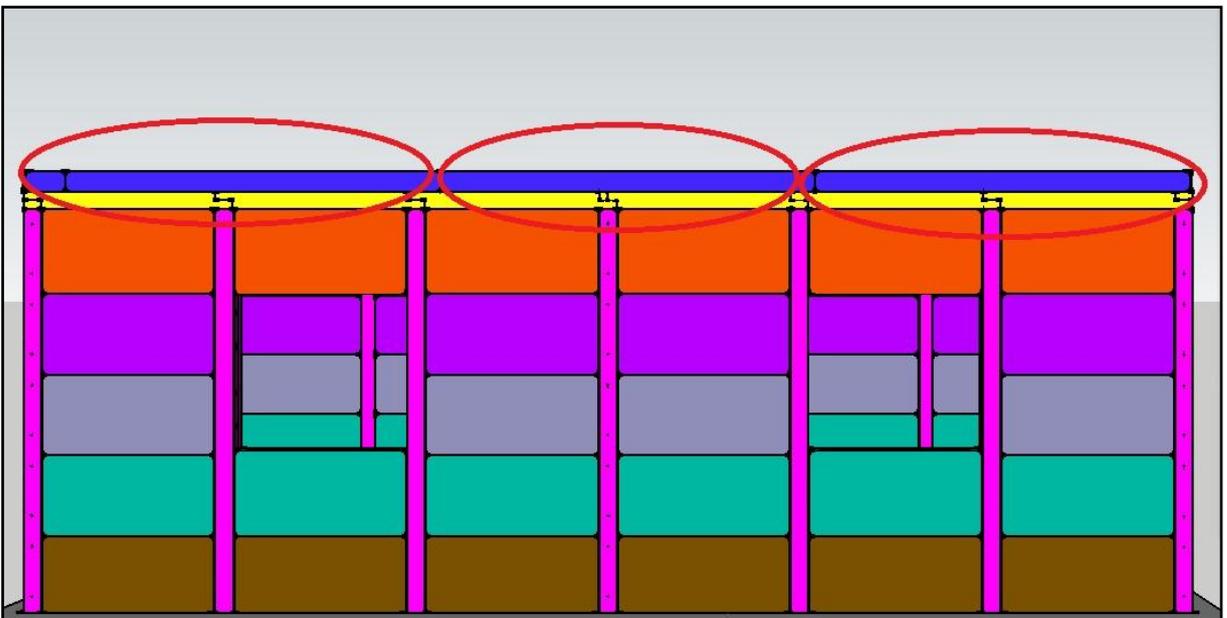
As Figuras 44 e 45 mostram como ficou o fechamento das tesouras metálicas com as placas cimentícias.

Figura 44 – Detalhe da placa cimentícia na casa pré-moldada (1)



Fonte: Elaboração própria.

Figura 45 – Detalhe da placa cimentícia na casa pré-moldada (2)



Fonte: Elaboração própria.

4.6 Retração

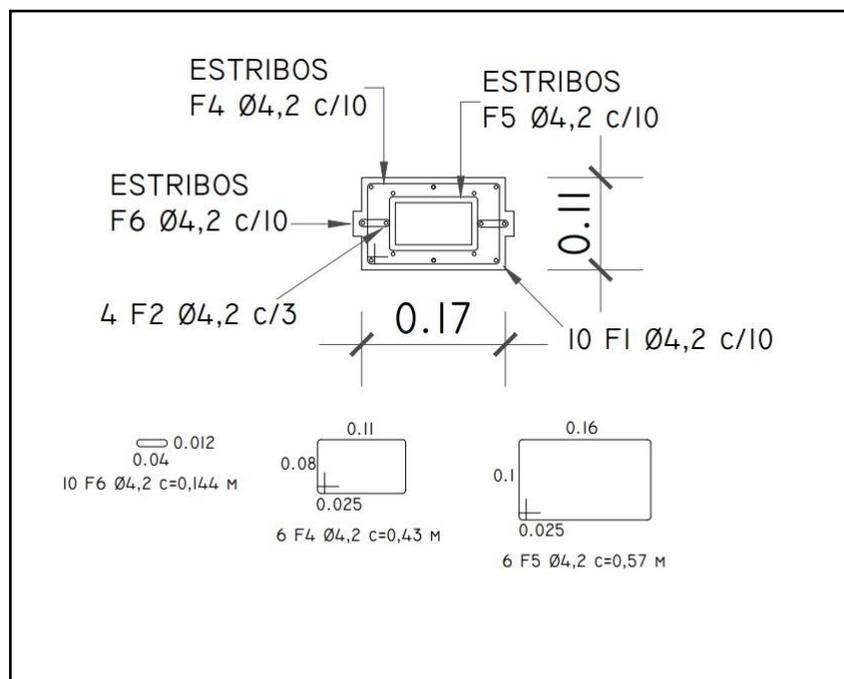
Como o dimensionamento das placas, pilares e vigas pré-moldadas foi para seções pequenas, a sua armadura possui uma característica essencialmente de evitar a retração do concreto.

Segundo Diniz, Fernandes e Kuperman (2011), a retração no concreto está associada a deformações em pastas de cimento (principalmente, devido a sua perda de água), argamassas e concretos, sem que haja qualquer tipo de carregamento, reações químicas deletérias expansivas ou variações térmicas.

4.7 Detalhamento das placas, vigas, cálices e pilares

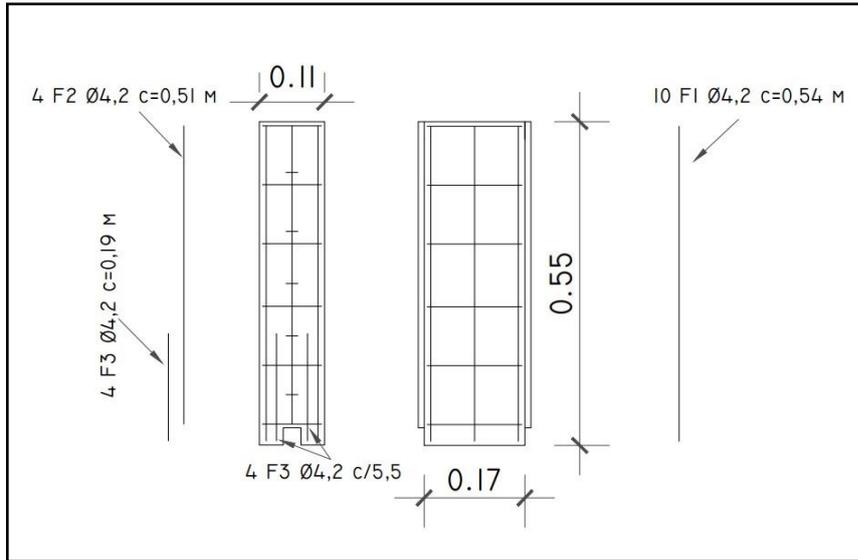
Com isso, o dimensionamento foi realizado pensando nessa condição em especial e para isso, as Figuras 46 a 63 mostram como as placas foram detalhadas para cada tipologia de placa que a habitação popular possui.

Figura 46 – Detalhamento da armadura da placa A (11x17x55) da quinta fiada



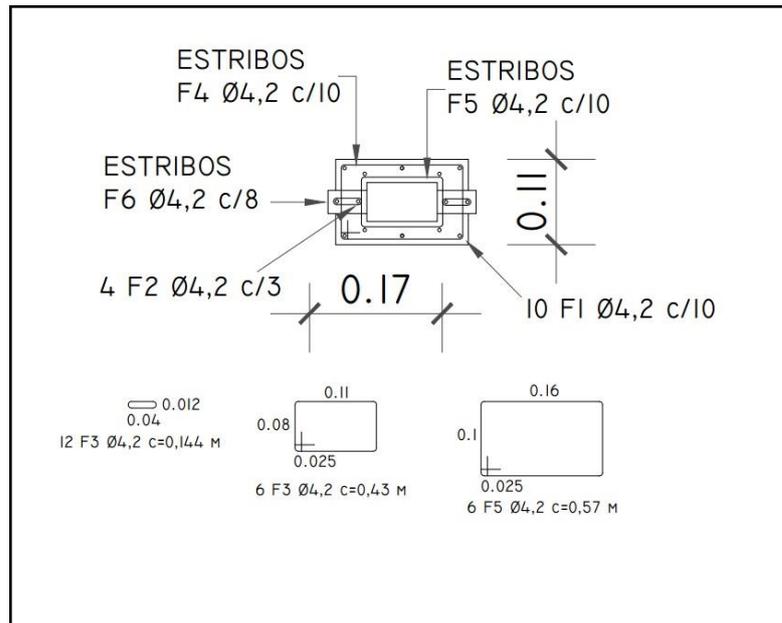
Fonte: Elaboração própria.

Figura 47 – Detalhamento da armadura da placa B (11x17x55) da quinta fiada



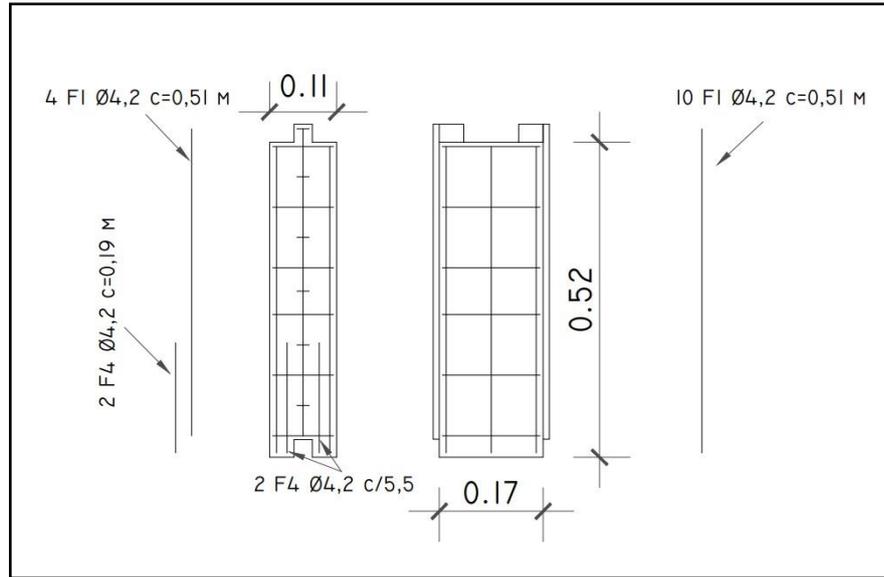
Fonte: Elaboração própria.

Figura 48 – Detalhamento da armadura da placa A (11x17x52)



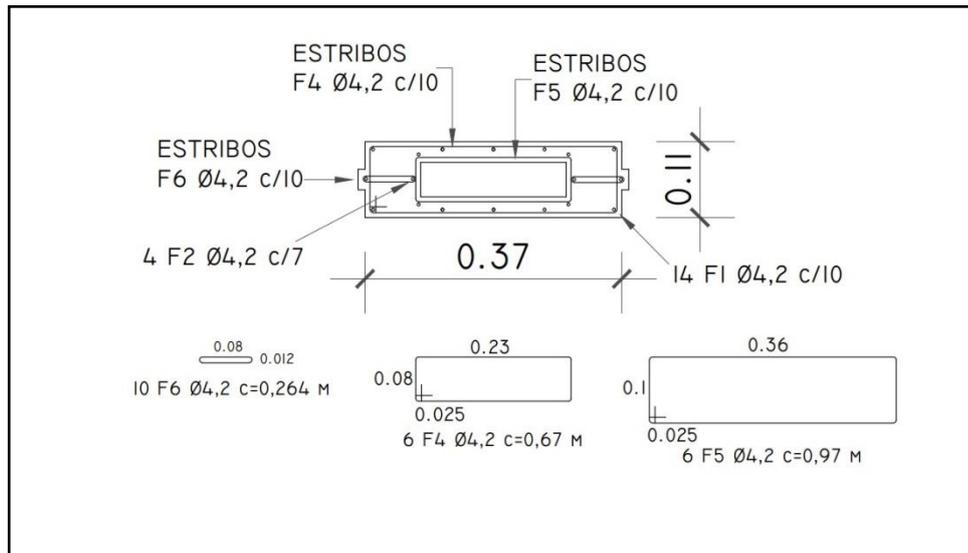
Fonte: Elaboração própria.

Figura 49 – Detalhamento da armadura da placa B (11x17x52)



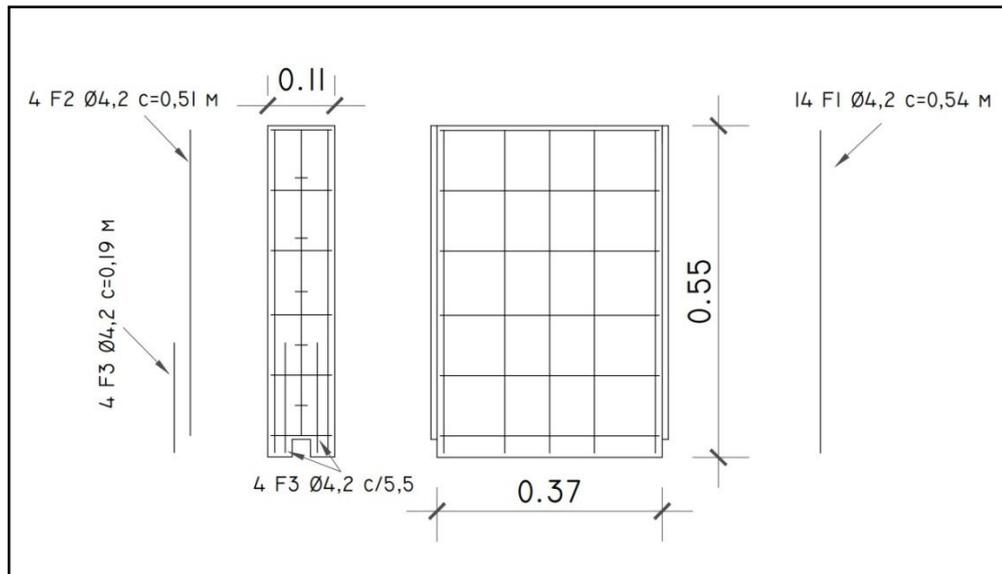
Fonte: Elaboração própria.

Figura 50 – Detalhamento da armadura da placa A (11x37x55) da quinta fiada



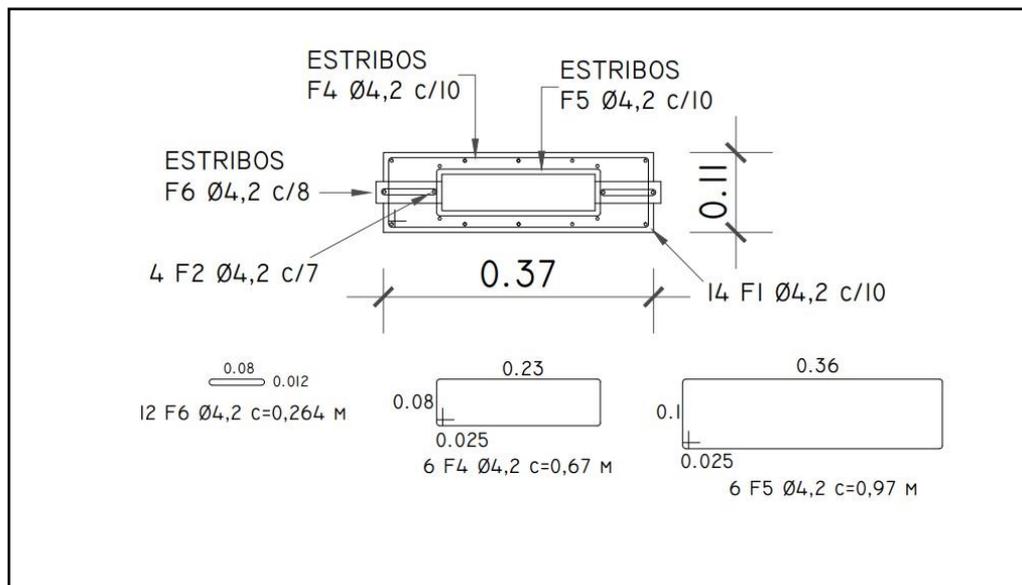
Fonte: Elaboração própria.

Figura 51 – Detalhamento da armadura da placa B (11x37x55) da quinta fiada



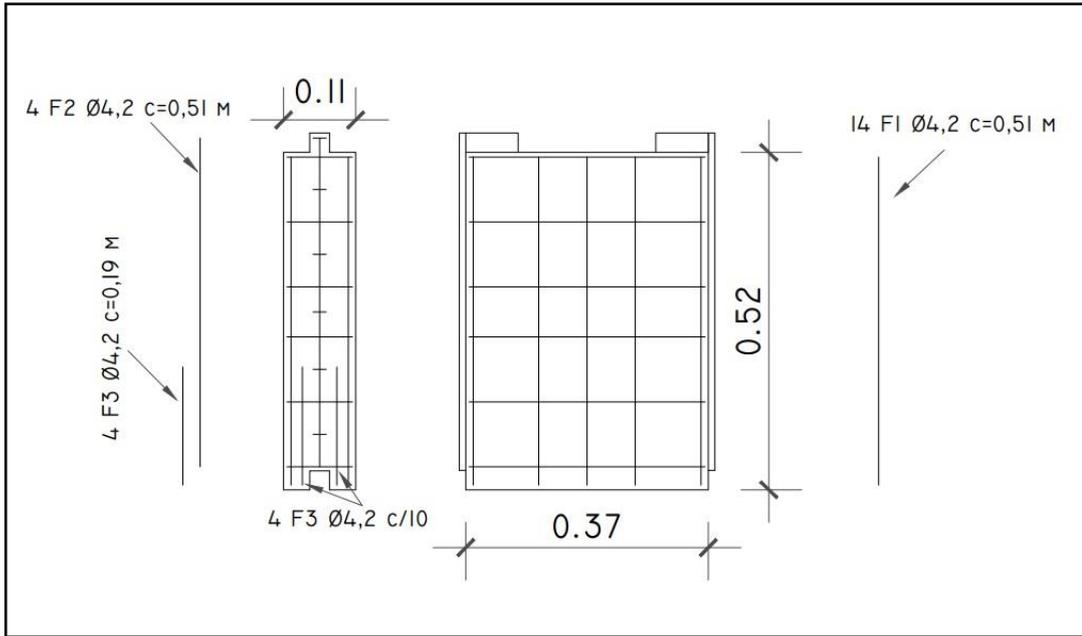
Fonte: Elaboração própria.

Figura 52 – Detalhamento da armadura da placa A (11x37x52)



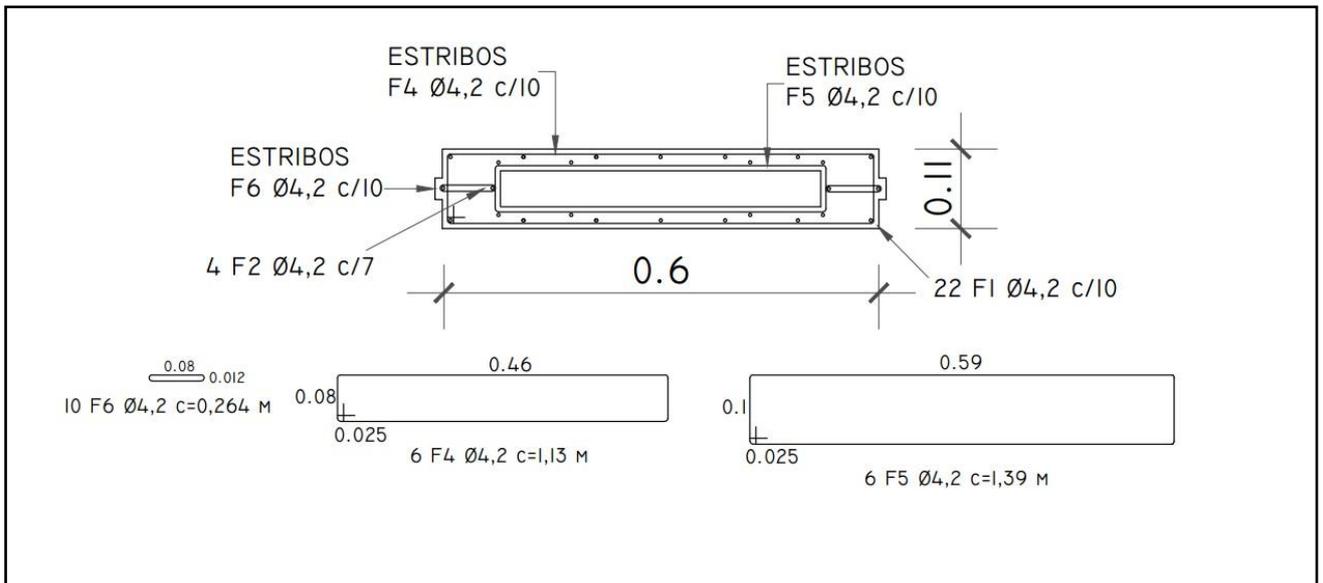
Fonte: Elaboração própria.

Figura 53 – Detalhamento da armadura da placa B (11x37x52)



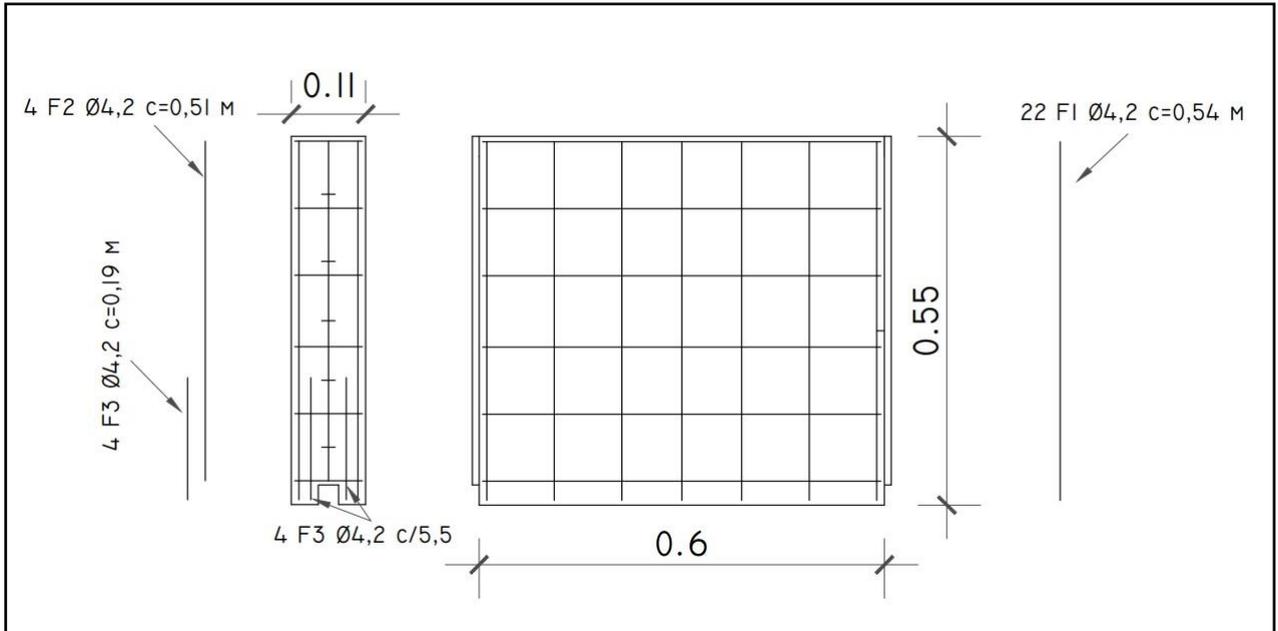
Fonte: Elaboração própria.

Figura 54 – Detalhamento da armadura da placa A (11x60x55) da quinta fiada



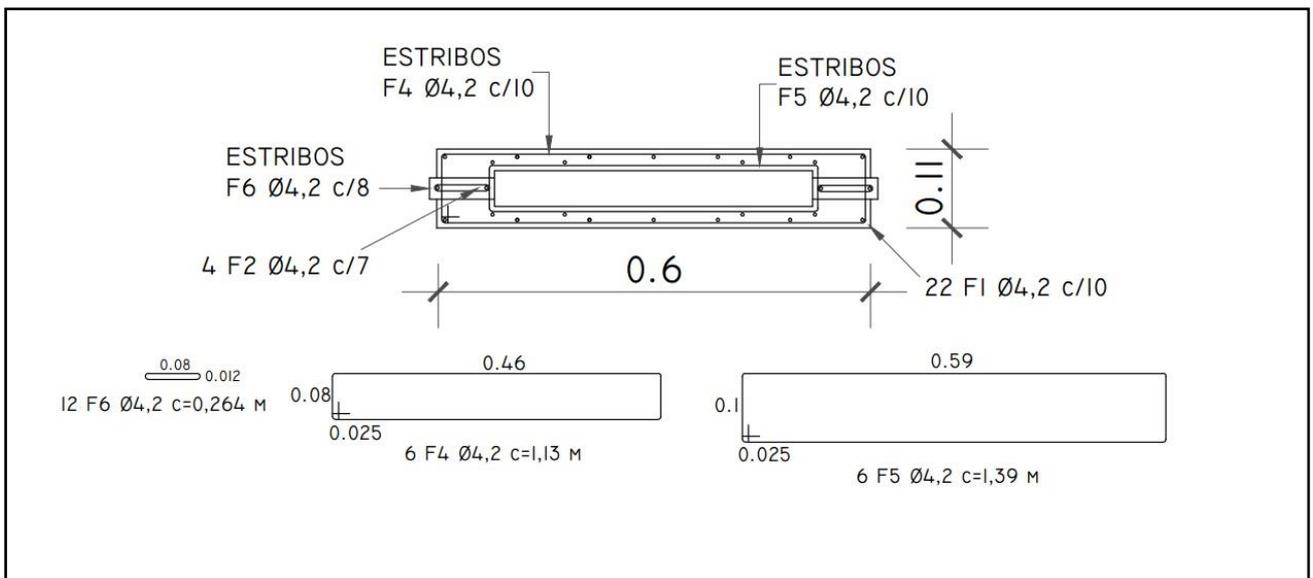
Fonte: Elaboração própria.

Figura 55 – Detalhamento da armadura da placa B (11x60x55) da quinta fiada



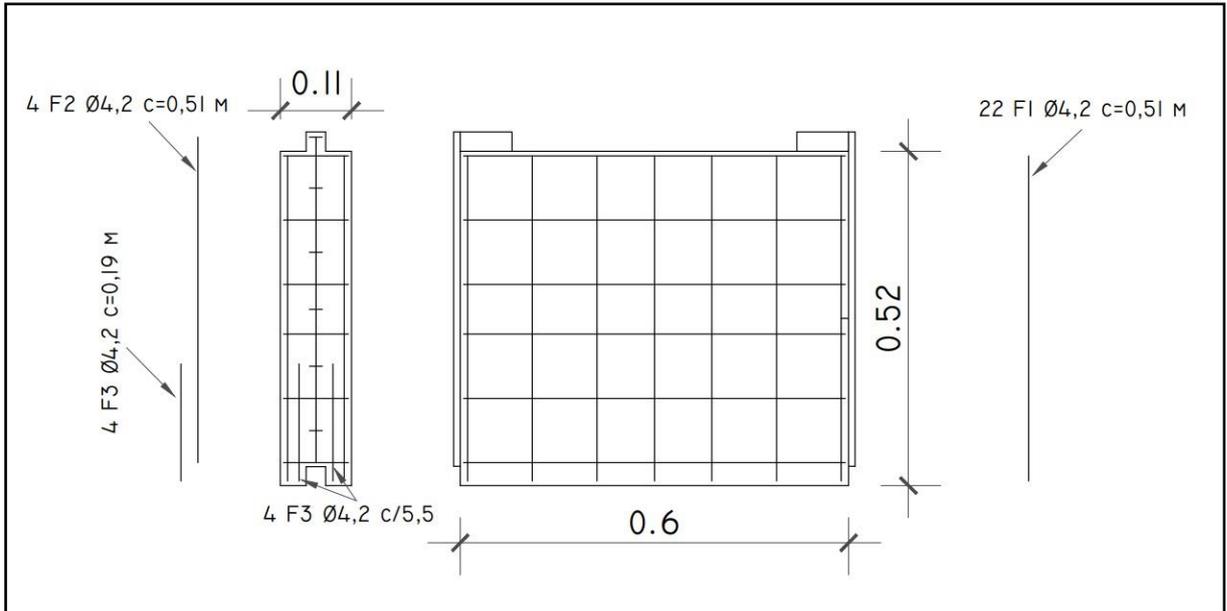
Fonte: Elaboração própria.

Figura 56 – Detalhamento da armadura da placa A (11x60x52)



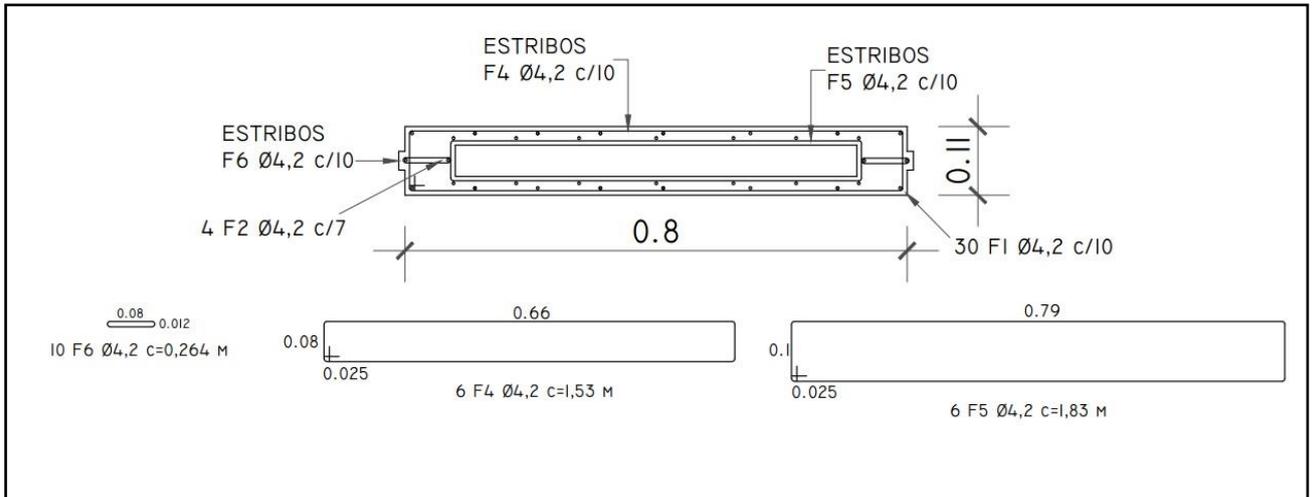
Fonte: Elaboração própria.

Figura 57 – Detalhamento da armadura da placa B (11x60x52)



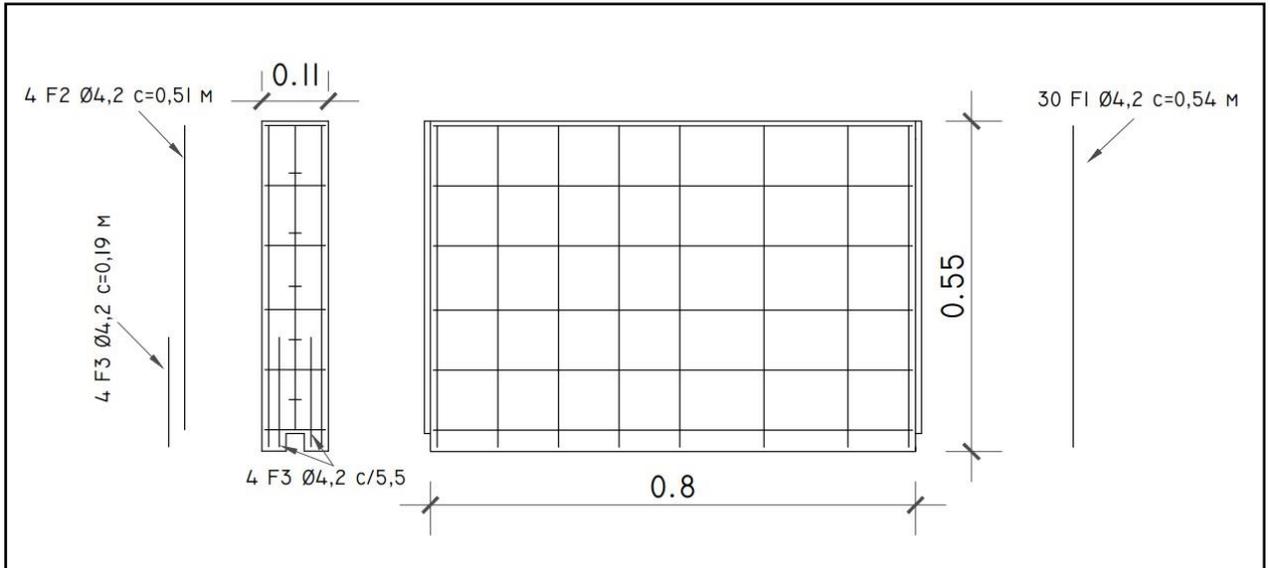
Fonte: Elaboração própria.

Figura 58 – Detalhamento da armadura placa A (11x80x55) da quinta fiada



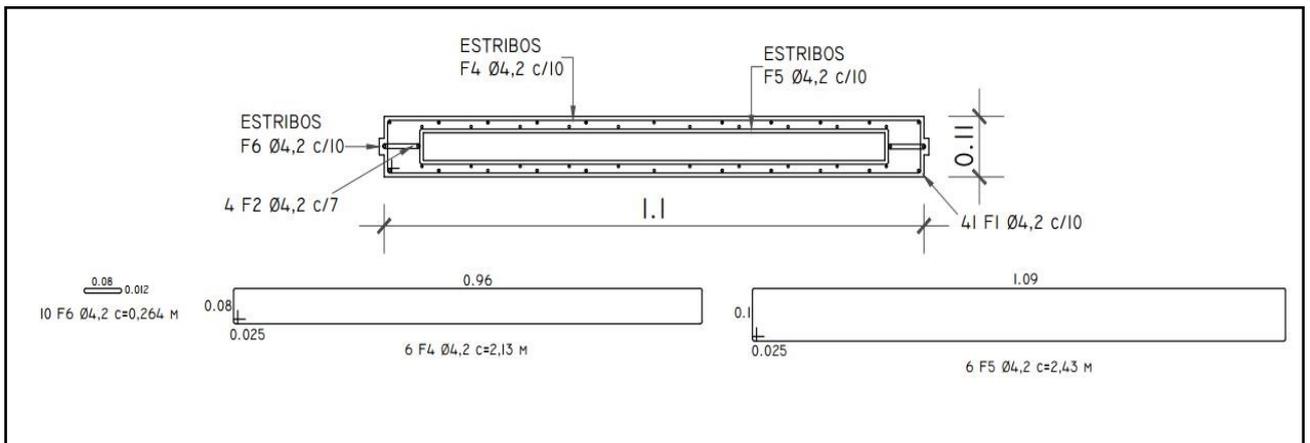
Fonte: Elaboração própria.

Figura 59 – Detalhamento da armadura placa B (11x80x55) da quinta fiada



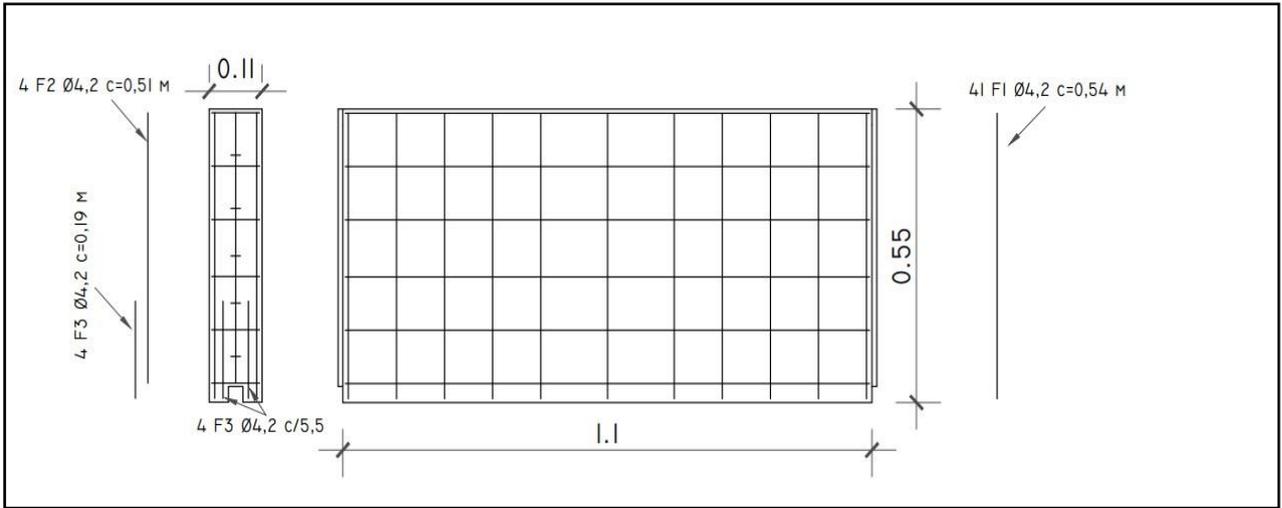
Fonte: Elaboração própria.

Figura 60 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x55) da quinta fiada



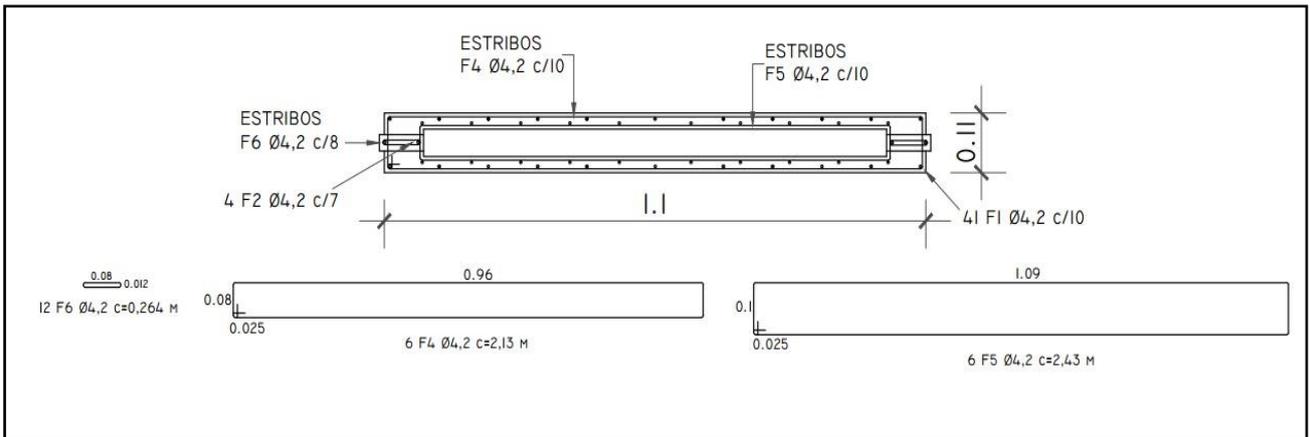
Fonte: Elaboração própria.

Figura 61 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x55) da quinta fiada



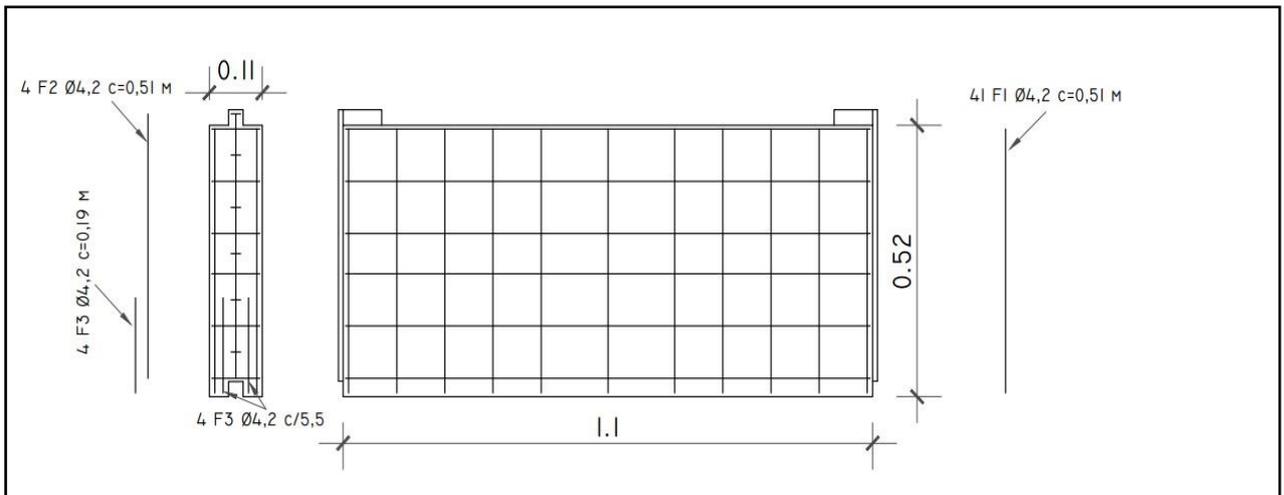
Fonte: Elaboração própria.

Figura 62 – Detalhamento da armadura da placa A (11x101x52)



Fonte: Elaboração própria.

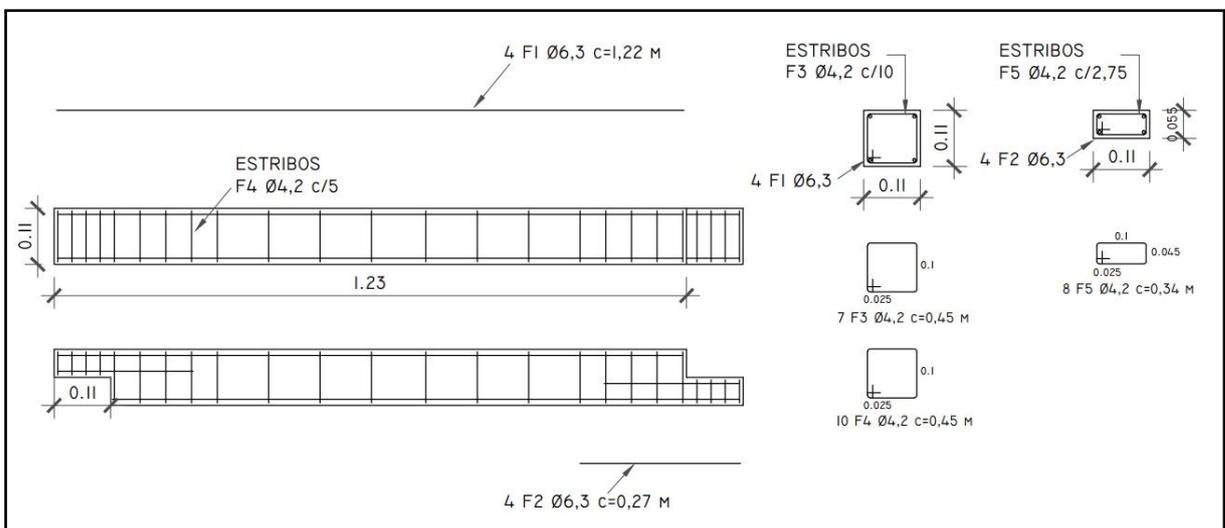
Figura 63 – Detalhamento da armadura da placa B (11x101x52)



Fonte: Elaboração própria.

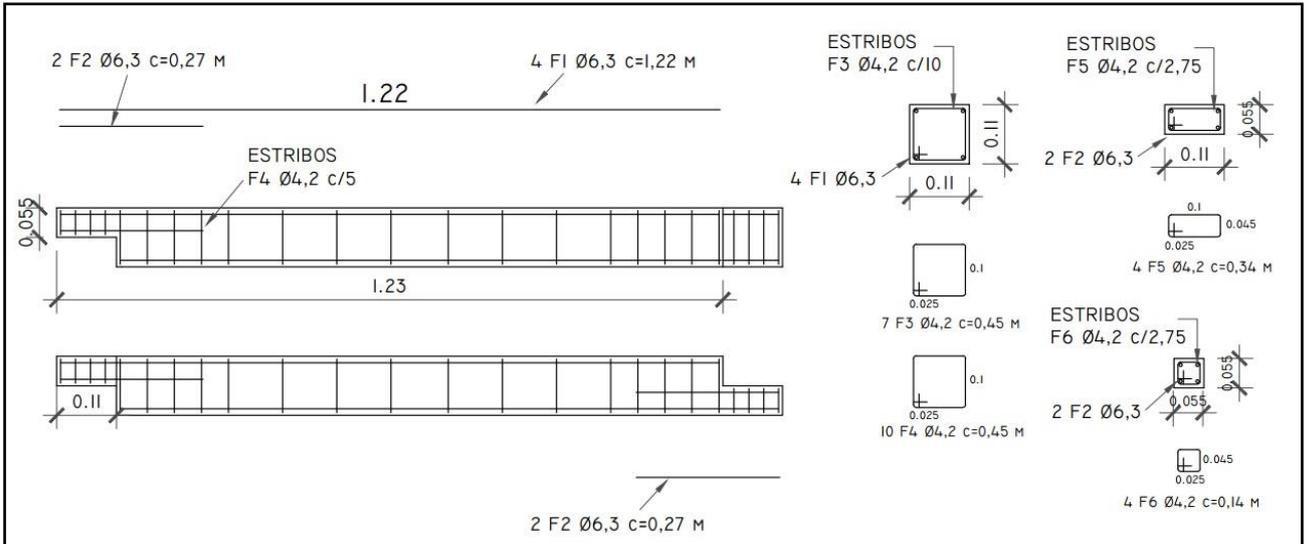
Já para o dimensionamento das vigas pré-moldadas, foram necessárias vários modelos, pois as ligações em três direções exigiram seções especiais. As Figuras 64 a 71 mostram como ficou os detalhamentos de todas as vigas pré-moldadas da habitação popular.

Figura 64 – Detalhamento da armadura da viga A (11x134x11)



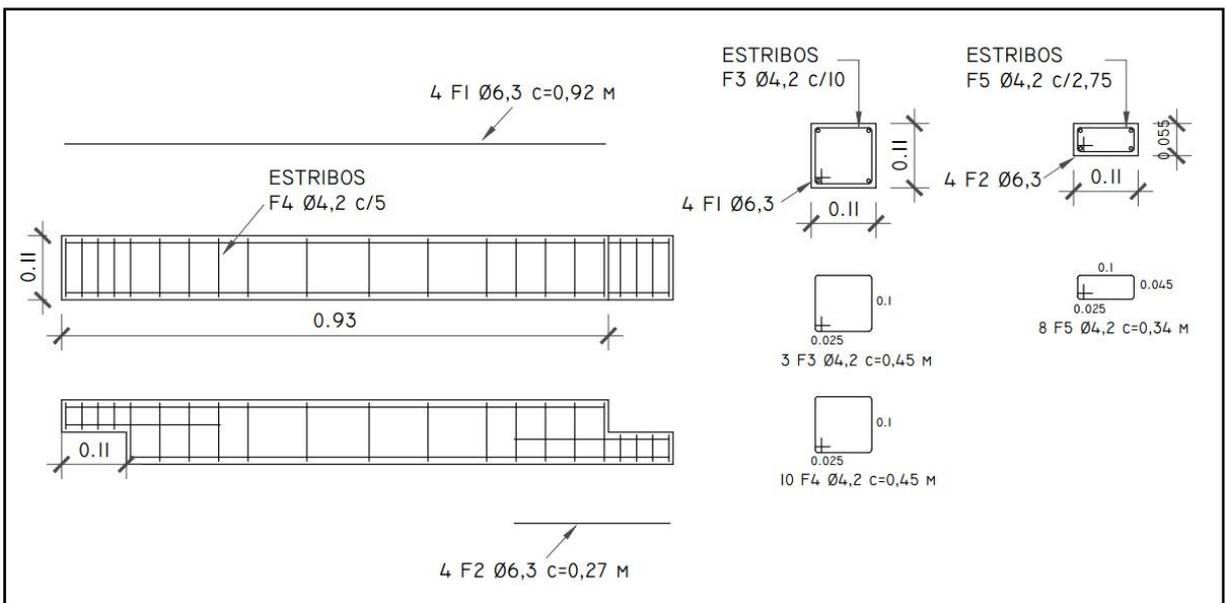
Fonte: Elaboração própria.

Figura 65 – Detalhamento da armadura da viga B (11x134x11)



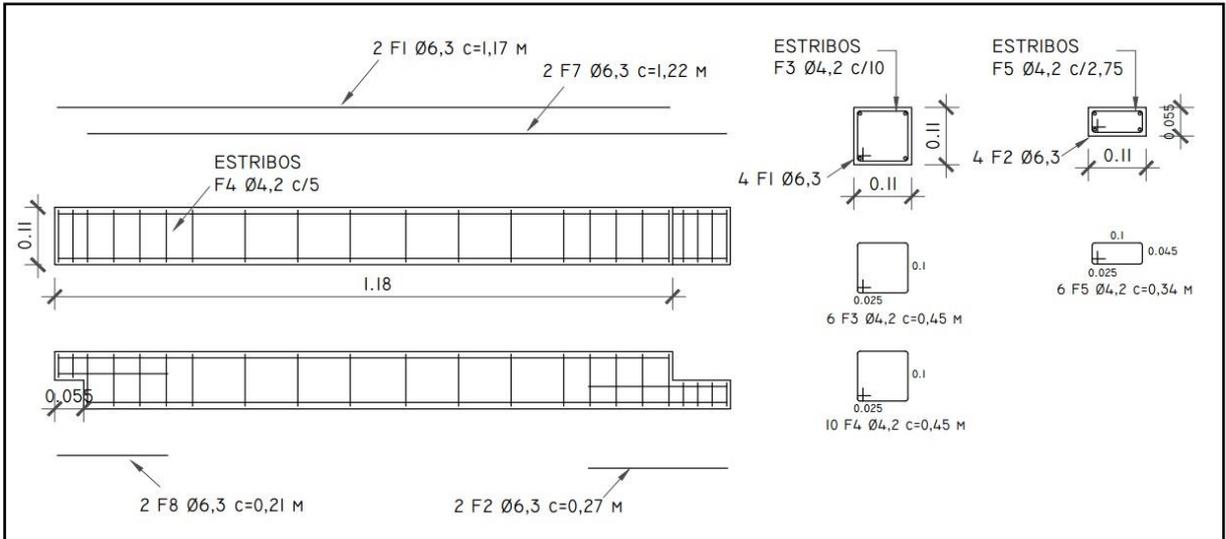
Fonte: Elaboração própria.

Figura 66 – Detalhamento da armadura da viga (11x104x11)



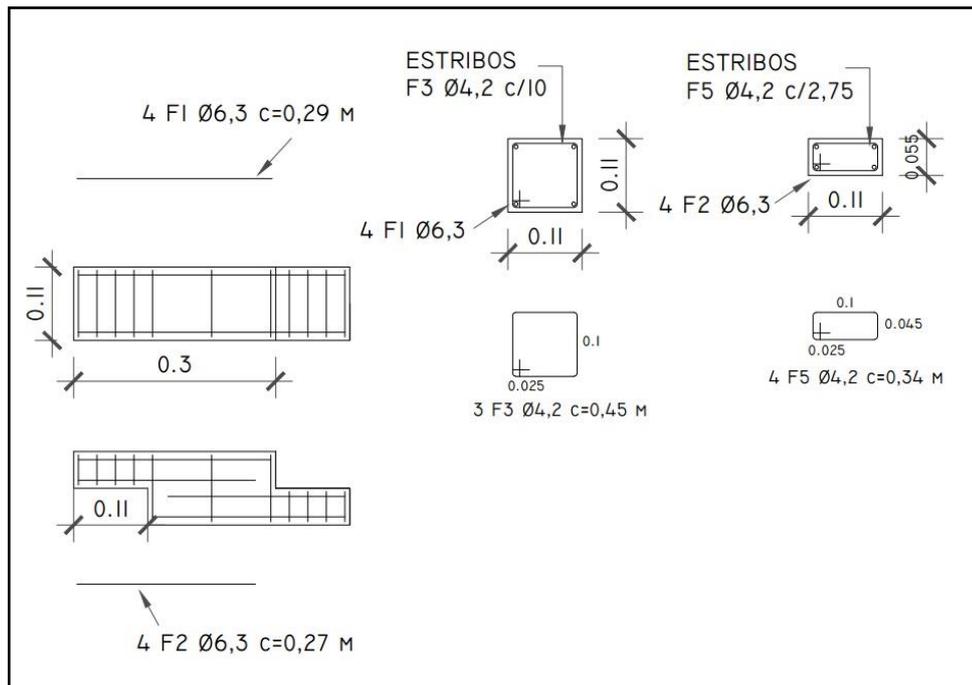
Fonte: Elaboração própria.

Figura 67 – Detalhamento da armadura da viga (11x128x11)



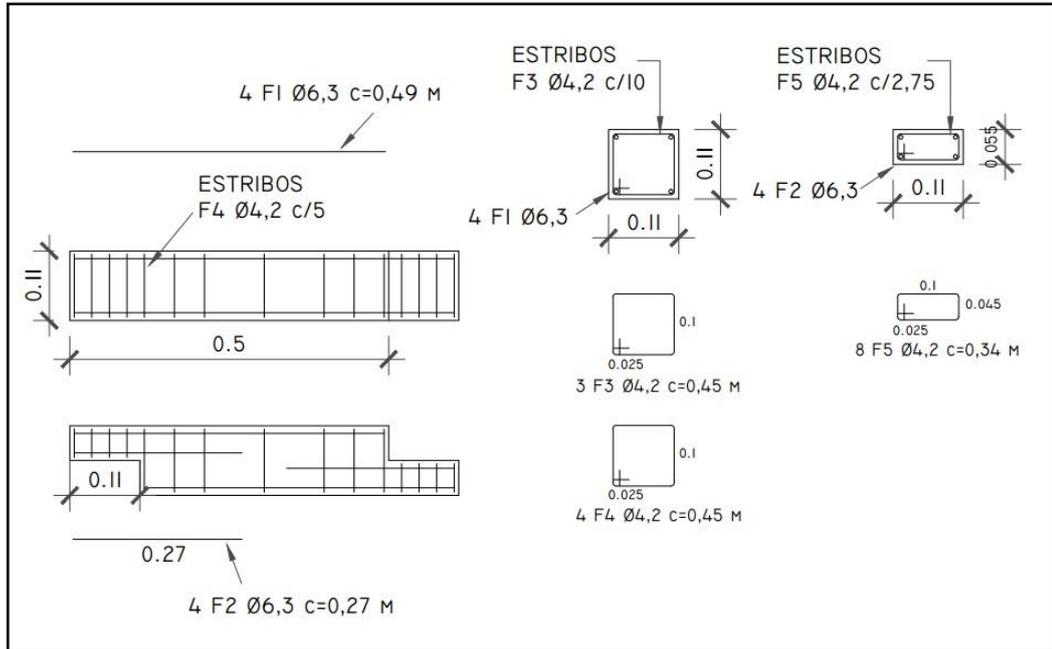
Fonte: Elaboração própria.

Figura 68 – Detalhamento da armadura da viga (11x41x11)



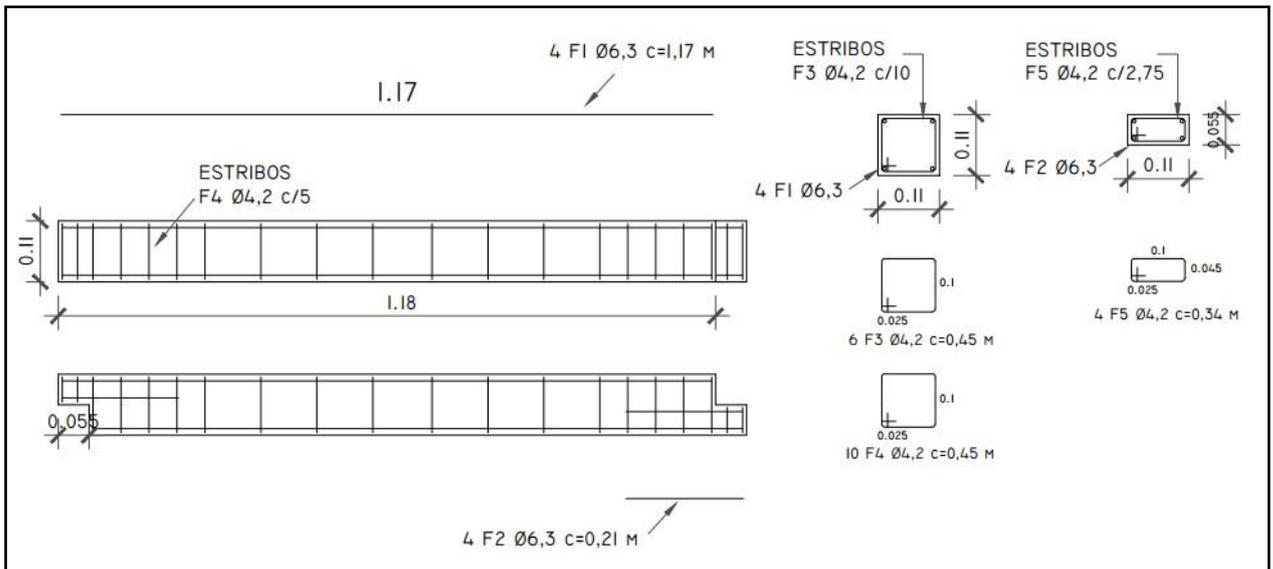
Fonte: Elaboração própria.

Figura 69 – Detalhamento da armadura da viga (11x61x11)



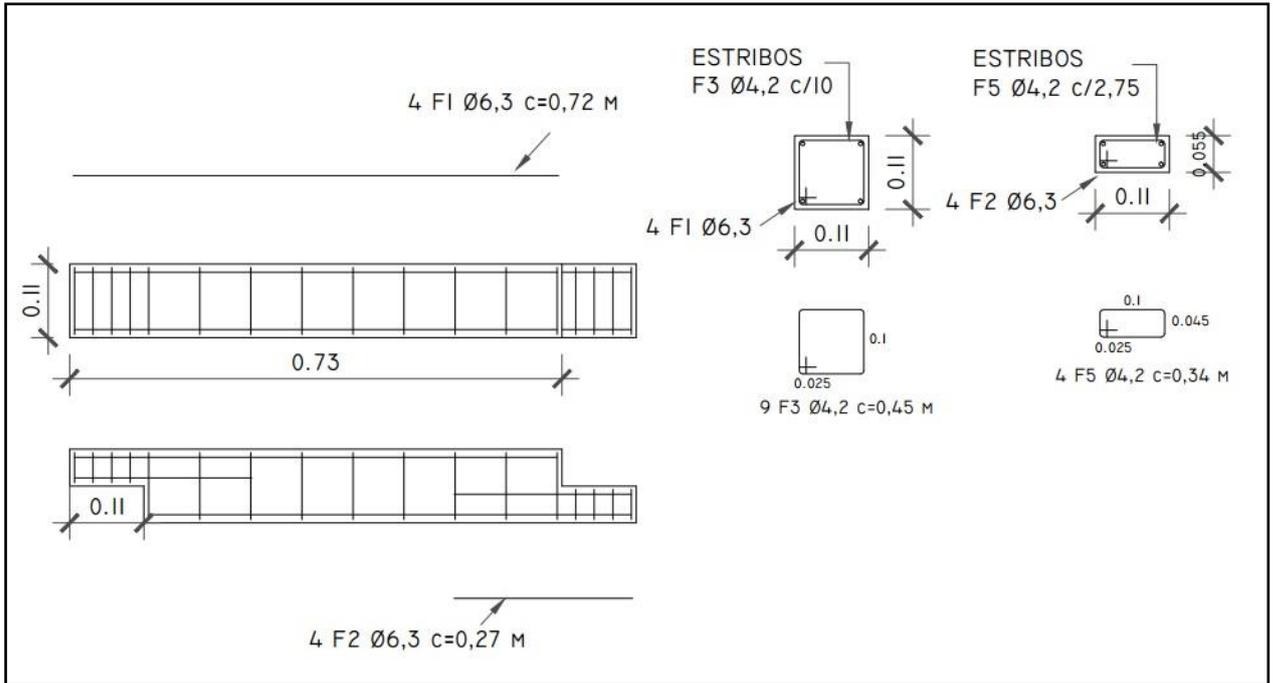
Fonte: Elaboração própria.

Figura 70 – Detalhamento da armadura da viga (11x123x11)



Fonte: Elaboração própria.

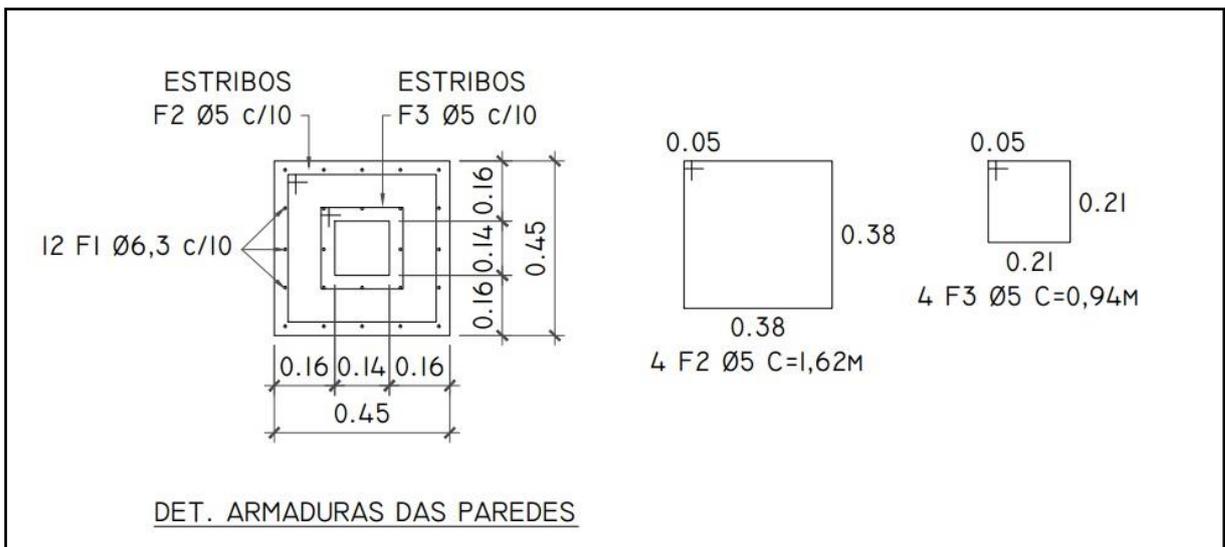
Figura 71 – Detalhamento da armadura da viga (11x41x11)



Fonte: Elaboração própria.

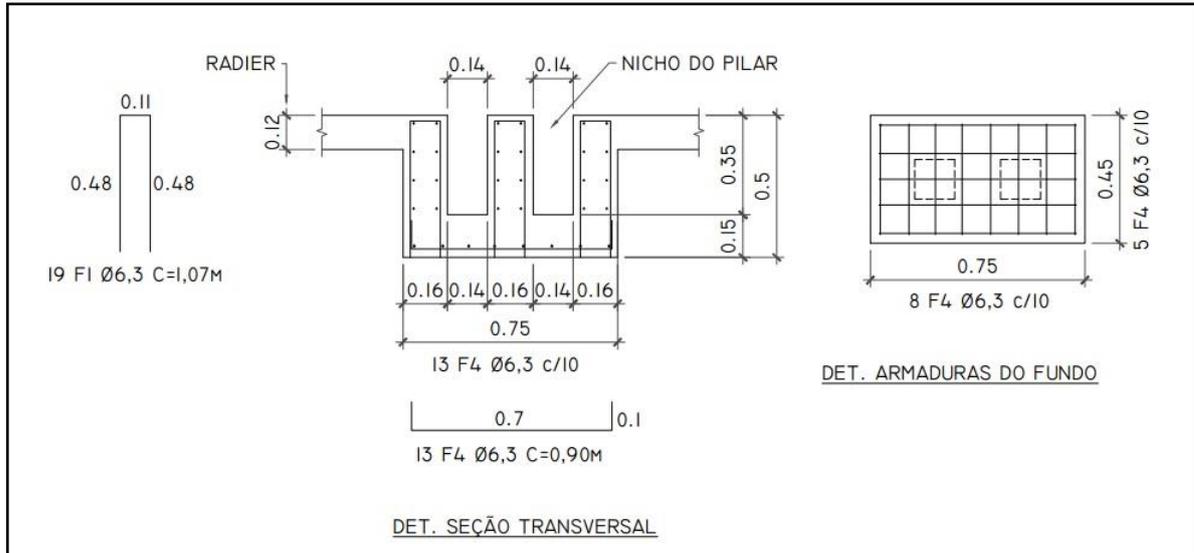
As Figuras 72 a 77 mostram como ficaram os detalhamentos dos cálices da fundação em radier.

Figura 72 – Detalhamento da armadura do bloco A (45x45x50)



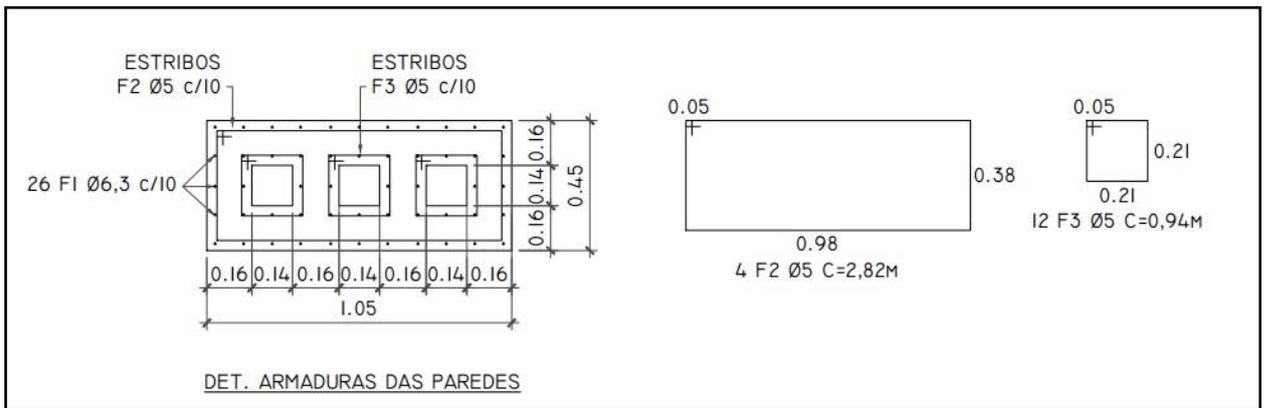
Fonte: Elaboração própria.

Figura 75 – Detalhamento da armadura do bloco B (45x75x50)



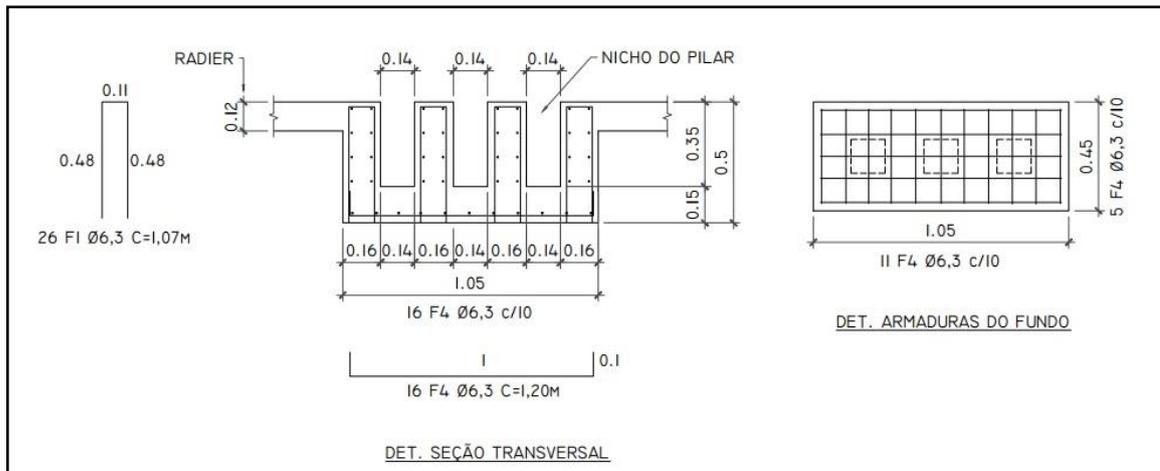
Fonte: Elaboração própria.

Figura 76 – Detalhamento da armadura do bloco A (45x105x50)



Fonte: Elaboração própria.

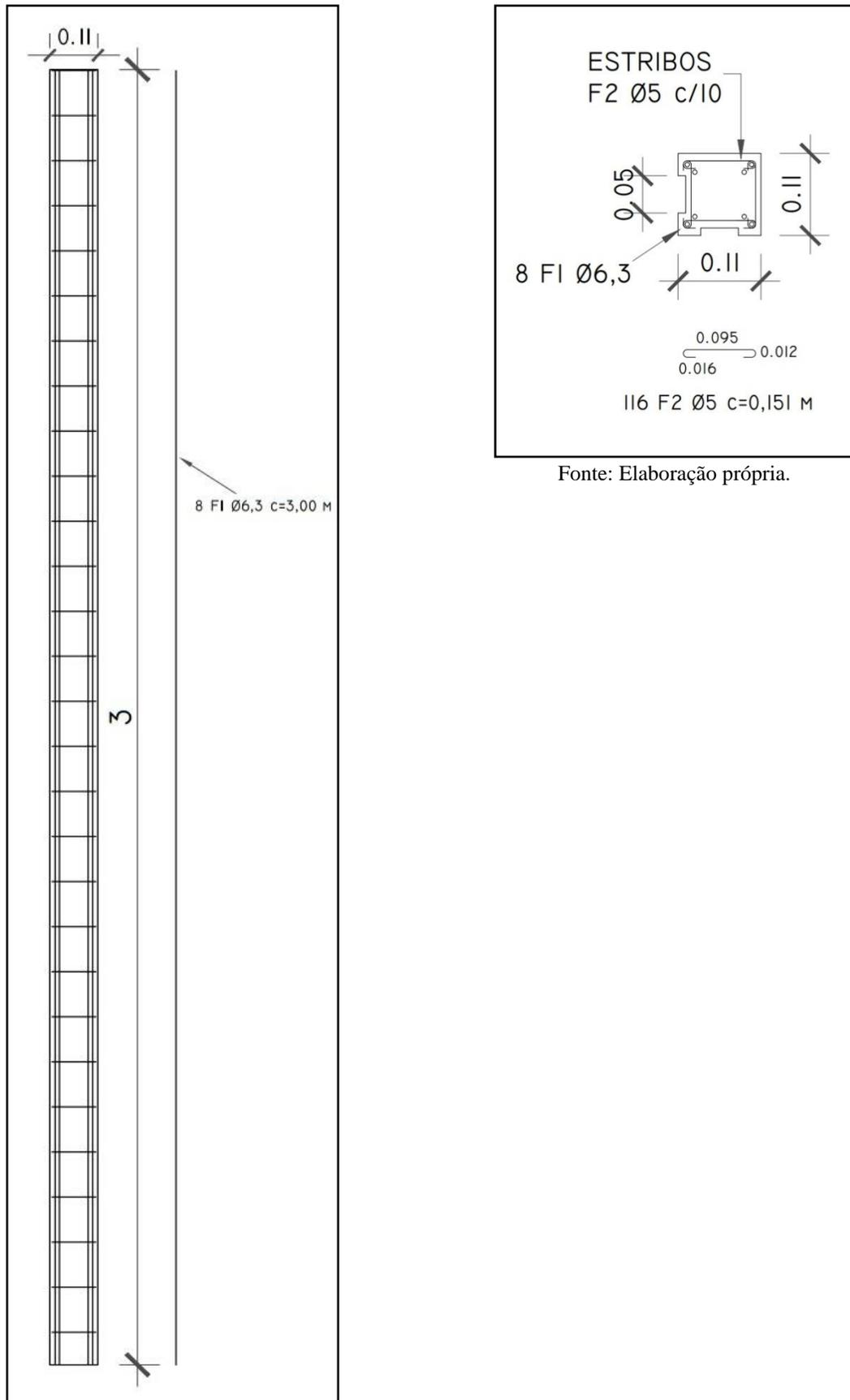
Figura 77 – Detalhamento da armadura do bloco B (45x105x50)



Fonte: Elaboração própria.

Para os pilares, as Figuras 78 a 83 mostram como ficou o detalhamento de cada um dos três modelos de pilares existentes na habitação popular. Foi pensando em um modo, de poder otimizar os três tipos, a fim de tornar-se mais simples o seu processo de montagem.

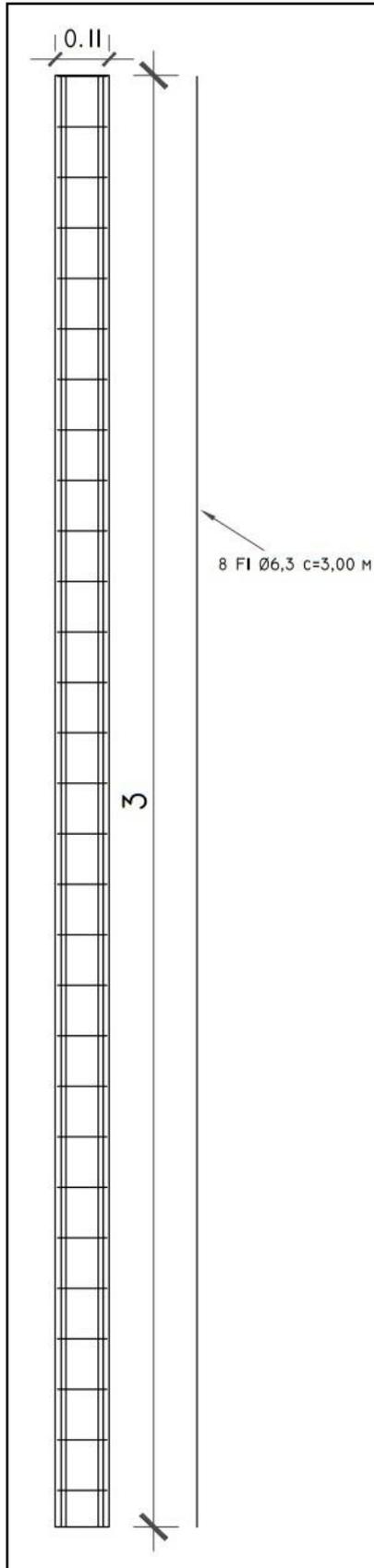
Figuras 78 – Detalhamento da armadura do Pilar A (11x11x300)



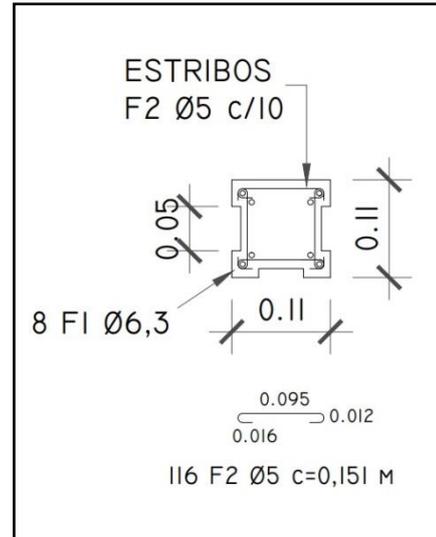
Fonte: Elaboração própria.

Fonte: Elaboração própria.

Figuras 79 – Detalhamento da armadura do Pilar B (11x11x300)

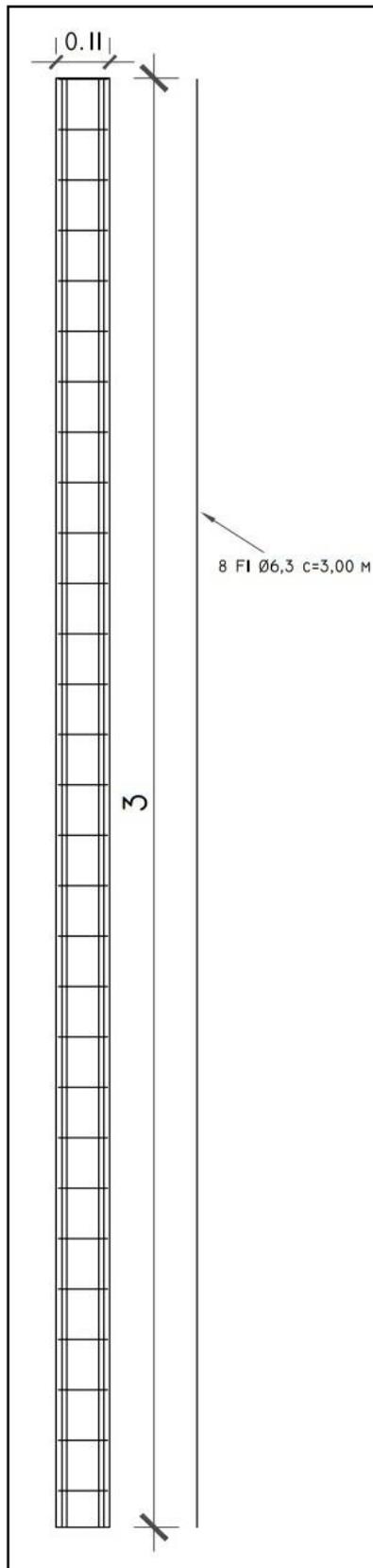


Fonte: Elaboração própria.

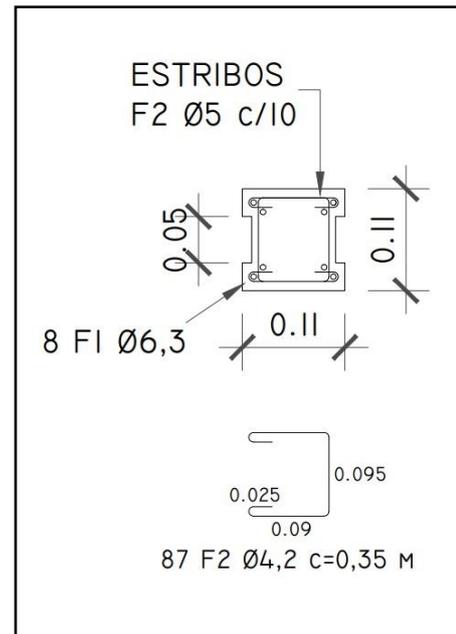


Fonte: Elaboração própria.

Figuras 80 – Detalhamento da armadura do Pilar C (11x11x300)



Fonte: Elaboração própria.



Fonte: Elaboração própria.

5 CONCLUSÃO

Através do presente trabalho, realizado com o objetivo de propor uma alternativa para elaboração de projetos de habitações populares usando elementos pré-moldados leves, observou-se que, com os parâmetros estabelecidos no decorrer do estudo, esta proposição poderia resultar em ganhos para os interessados no projeto, a partir do seu desenvolvimento mais eficiente e rápido. Destaca-se que, para que esse processo seja realizado com sucesso, é necessário o elevado controle do processo construtivo a fim de permitir o perfeito encaixe entre as peças e adequado desempenho da residência como um todo.

Por meio da execução adequada de cada etapa da construção da habitação em pré-moldado, além dos cuidados mais significativos na etapa da fundação em radier e na impermeabilização com o selante, o empreendimento torna-se viável de ser desenvolvido, transformando-se em uma alternativa interessante para a produção de moradias populares.

Um dos pontos no estudo que necessitou de maior avaliação foi o fato de que o peso das peças pré-moldadas não poderia superar os 60 kg. A solução proposta foi diminuir a seção das peças o suficiente para que o seu peso pudesse ser transportado por duas pessoas de maneira manual.

Definidas as seções, foram verificados os carregamentos. Todos de pequena magnitude, o que acabou por resultar em armaduras necessárias para garantir o formato e montagem da peça, ou combater a retração (no caso das placas).

O desenvolvimento do projeto iniciou-se pela adaptação e modulação do projeto de habitação popular proposto pela Caixa Econômica Federal. A modulação partiu da colocação de pilares nos encontros entre paredes e ao longo das faces de maneira a limitar o comprimento das placas.

Definida a modulação, buscou-se detalhar o radier de fundação de maneira a permitir o perfeito encaixe e apoio das placas, além da fácil montagem dos pilares. O desenvolvimento do projeto do radier levou em conta a passagem das tubulações de esgoto, água e elétrica.

Cada um dos elementos: placas, pilares e vigas foram detalhados e tiveram uma proposta de armação realizada.

Em termos projetuais entende-se como viável o projeto realizado, uma próxima etapa seria a construção de um modelo reduzido a fim de verificar os encaixes das peças.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas questões não foram contempladas neste estudo e necessitam de pesquisas adicionais. As avaliações estruturais, do desempenho térmico e de vedação das placas são de fundamental importância.

Como sugestão para futuras pesquisas cita-se:

- Testes para a verificação da estanqueidade das placas pré-moldadas;
- Análise do desempenho térmico das placas pré-moldadas.
- Produção de modelos para verificar o desempenho entre as ligações dos elementos.

REFERÊNCIAS

ANTONIO, G. B. **Materiais e técnicas construtivas para um melhor isolamento acústico.** Trabalho de conclusão de curso. Blumenau. Universidade Regional de Blumenau – FURB, 2011.

ANA, C. de F; IVAN, da C; YONE, X. F. **Manual Prático para Elaboração de Monografias/ Trabalhos de Conclusão de Curso, Dissertações e Teses.** São Paulo: Ed. Vozes, 2007.

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 6118: Projeto de Estrutura de Concreto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 15498: Placa plana cimentícia sem amianto – Requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR18 – Condições e meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. **D.O.U.**, 2007.

DINIZ, J.Z.F.; FERNANDES, J.F.; KUPERMAN, S.C. **Retração e Fluência.** IN: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo: Editora Ibracon, 2011. V1. Cap. 19, p. 673-703.

DIONI, O.B. **Uso de Pré-moldados - Estudo e Viabilidade.** Trabalho de conclusão de curso. Vitória. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

DONIAK, Í. L. O. **Manual de Montagem de Pré-Moldados ABCIC/NETPre.** Texto base inicial apresentado em reunião do comitê de Pré-fabricados IBRACON. 2007.

DÓRIA, L. E. S. **Projeto de Estrutura de Fundação em Concreto do Tipo Radier.** Trabalho de conclusão de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Alagoas, 2007. Disponível em:

<<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp042817.pdf>>. Acesso em: 23/02/2013.

EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: Projeto REENGE. EESC – USP, 2000.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher Ltda, 2005.

MARANGONI, A. P. **Comparação do sistema Pré-fabricado com o sistema moldado in loco em um edifício residencial de quatro pavimentos**. Trabalho de conclusão de curso. Joinville. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2006.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de Concreto/ Munte Construções Industrializadas**. São Paulo: Ed. PINI, 2007.

ORDÓNEZ, D. F.; DONIAK, Í. L.O. **Revista Concreto & Construções, Pré-moldados de concreto: soluções sustentáveis e competitivas para obras habitacionais esportivas e de infraestrutura**. São Paulo: Ipsis Gráfica e Editora, 2010.

PAULO, F. P. J. **Comparação dos custos envolvidos na construção de Pavilhões com estruturas Pré-Moldadas e Moldadas *In Loco***. Trabalho de conclusão de curso. Ijuí. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.

SARTOR, E.; DA SILVA, M. **Pré-Moldados de Concreto**. Trabalho de conclusão de curso. Tubarão. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2008.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. São Carlos: 1ª Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, 2005.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

ZAMIN, C. A. **Comparação de custos entre sistema construtivo de casa popular executado em Concreto Pré-moldado e o sistema Convencional de Construção**. Trabalho de conclusão de curso. Ijuí. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.