

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE TECNOLOGIA EM MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**JOSÉ APARECIDO DO NASCIMENTO**

**UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO DE  
CASAS POPULARES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO CURSO**

**CAMPO MOURÃO**

**2014**

JOSÉ APARECIDO DO NASCIMENTO

## **UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Disciplina de Diplomação, do Curso de Tecnologia  
Em Materiais Para Construção Civil do  
Departamento de Construção Civil UTFPR –  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
como requisito parcial para obtenção do Título de  
Tecnólogo Em Materiais de Edificação.

Orientador Prof. Dr. Marcos Antônio Piza

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

### UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES

por

**José Aparecido do Nascimento**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19:30 min do dia 06 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de TECNÓLOGO EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Me. Marcelo Rodrigo Carreira**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Marcos Antônio Piza**  
(UTFPR)  
**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:  
**Prof. Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso*

Aos meus familiares

Aos meus amigos

A minha esposa

Meus filhos Allan e Luan

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar inspiração e fazer com que tudo desse certo ao final de tudo.

Sei que são muitos nomes ao qual devo meus agradecimentos ao fim deste curso, e peço desculpa por não citar todos os nomes dos professores que contribuíram para que eu chegasse ao termino desse curso, porém agradeço do fundo do meu coração. Agradeço especialmente ao professor Douglas Fukunaga Surco e o professor Dr. Marcos Antônio Piza meu orientador, que me incentivou e me apoiou para a realização desse trabalho. Ao professor Marcelo Guelbert, Coordenador do Curso ao Técnico de Laboratório Maiko Cristian Sedoski e ao professor Jorge Cândido pessoas que foram parceiro me ajudando em algumas tarefas, enfim agradeço a todos os professores e a equipe da UTFPR que de certa forma contribuíram e me ajudaram de alguma maneira para que eu concluísse esse curso obrigado.

## RESUMO

NASCIMENTO, J. A. **Utilização de fôrmas metálicas na construção de casas populares. 2014.** 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Materiais de Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Na construção civil são empregados vários tipos de materiais para a execução de fôrmas para concreto como: madeira, aço, mistas, papel e plásticos. Porém, não tem a preocupação necessária com estas estruturas provisórias. Quando essas fôrmas são bem executadas geram segurança, economia, rapidez na execução e melhor qualidade da obra. Embora a madeira seja o material mais utilizado na produção de fôrmas para concreto, esses materiais estão cada vez mais escassos. Portanto, a necessidade de estudar novas alternativas para executar essas estruturas provisórias que são muito importantes em uma edificação, pois elas que garantem o desempenho eficaz das etapas subsequentes em uma obra. Esse trabalho propõe a execução de fôrmas metálicas para substituição da fôrma de madeira para a construção de casas populares utilizando grapas, grampos, espaçadores de PVC e tensores especiais substituindo parafusos e porcas borboletas, utilizando um sistema simples e prático na montagem das mesmas sem a necessidade de ferramentas especiais.

**Palavras-chave:** fôrmas para concreto, fôrmas metálicas para concreto.

## ABSTRACT

NASCIMENTO, J. A. **Use of metallic molds in housing construction. 2014** 66 f. Completion of course work (undergraduate) - Course of Technology in Materials constructions. Federal Technological University - Paraná. Campo Mourão, 2014.

A large variety of materials are used in the industry of construction. The execution of formwork of concrete can be made by wood, steel, composite, paper and plastics. But do not have the necessary concern with these temporary structures. When these molds are well executed generate safety, economy, speed of execution and better quality of work. Although wood is the most common material used in the production of formwork for concrete, these materials are becoming increasingly scarce. Therefore, the need to consider new alternatives to perform these temporary structures which are very important in a building, as they ensure that the effective performance of subsequent steps in a work. This paper proposes the implementation of metallic molds for replacement of wooden formwork for the construction of affordable housing using staples, clips, spacers and special PVC tensioners replacing screws and wing nuts, using a simple and practical system of assembling the same without special tools.

**Keywords:** concrete formwork, metal formwork for concrete.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de fôrmas de madeira.....	21
Figura 2 – Esquema de fôrma mista .....	24
Figura 3 – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.....	28
Figura 4 – Planta de fôrmas do nível 0 .....	34
Figura 5 – planta de fôrmas nível 1 .....	35
Figura 6 – Comprimento das fôrmas e detalhes.....	36
Figura 7 – Vista frontal e superior das fôrmas montadas.....	38
Figura 8 – Detalhes “A” emendas com formato L para cantos.....	39
Figura 9 – Detalhes “B” emendas com formato T.....	40
Figura 10 – Detalhe “C” emendas.....	40
Figura 11 – Detalhes “PL” pilar para cantos de paredes.....	42
Figura 12 – Detalhes dos pilares “PT”, três paredes e “PC”, vãos de porta.....	43
Figura 13 – Paredes sem laje.....	44
Figura 14 – Paredes com laje .....	45
Figura 15 – Modelo de fôrma interna para receber lajes com ou sem beiral.....	46
Figura 16 – Protótipo da fôrma sendo confeccionado.....	49
Figura 17 – Protótipo pronto.....	50
Figura 18 – Protótipo do tensor .....	51
Figura 19 – Detalhamento do tensor .....	52
Figura 20 – Espaçadores feito de tubo 20 mm de PVC.....	53
Figura 21 – Grampo para ancoragem das fôrmas.....	54
Figura 22 – Grapas com seu pino e garra .....	55
Figura 23 – Passo a passo de montagem da emenda das fôrmas.....	56
Figura 24 – Fundo fixado por meio de grampos.....	57
Figura 25 – Passo a passo da montagem do fundo da fôrma .....	58
Figura 26 – Passo a passo para colocação do tensor .....	59
Figura 27 – Passo a passo para retirar o tensor.....	60
Figura 28 – Pré-montagem da fôrma sobre tijolos .....	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dimensões usuais das tábuas .....	22
Tabela 2– Classificação da consistência do concreto .....	28
Tabela 3 – Fôrmas da viga baldrame .....	37
Tabela 4 – custos dos materiais utilizados .....	61
Tabela 5 – Custo de uma hora trabalhada.....	62
Tabela 6 – Custo estimado do protótipo .....	62
Tabela 7 – Custo de um protótipo de madeira.....	63

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>1.2 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 FÔRMAS PARA CONCRETO.....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Sistema de fôrmas.....	15
2.1.2 Tipos de fôrmas.....	17
2.1.3 Confecção das fôrmas.....	18
2.1.4 Importância das fôrmas .....	19
2.1.5 A influência das fôrmas na qualidade das estruturas .....	19
2.1.6 Fôrmas de madeira .....	20
2.1.7 Escoramento das fôrmas.....	22
2.1.8 Fôrmas metálicas .....	23
2.1.9 Fôrmas mistas.....	23
2.1.10 Propriedade mecânica do aço.....	24
<b>2.2 CONCRETO EM ESTADO FRESCO .....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Conceito.....	26
2.2.2 Consistência do concreto .....	27
2.2.3 Trabalhabilidade.....	29
2.2.4 Lançamento .....	30
2.2.5 Exsudação.....	30
2.2.6 Peso específico do concreto .....	31
2.2.7 Empuxo do concreto sobre as fôrmas da viga .....	31
<b>2.3 DESMOLDANTE .....</b>	<b>32</b>
2.3.1 Limpeza.....	32
2.3.2 Aplicação.....	32

<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 PROJETO DE FÔRMAS METÁLICAS .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO DA FÔRMA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 TIPO DE AÇO A SER UTILIZADO.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4 ESPAÇADORES .....</b>	<b>38</b>
<b>3.5 EMENDAS DAS FÔRMAS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.6 FÔRMAS DOS PILARES .....</b>	<b>41</b>
<b>3.7 FÔRMA DA VIGA SUPERIOR .....</b>	<b>44</b>
<b>3.8 ACESSÓRIO PARA AS FÔRMAS METÁLICAS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.9 CUIDADOS COM AS FÔRMAS.....</b>	<b>48</b>
<b>3.10 PROTÓTIPO FABRICADO DA FÔRMA METÁLICA .....</b>	<b>48</b>
<b>3.11 ELEMENTOS DE FIXAÇÃO DAS FÔRMAS.....</b>	<b>50</b>
3.11.1 Desenvolvimento do tensor.....	51
3.11.2 Detalhamento do tensor.....	52
3.11.3 Função do espaçador .....	53
3.11.4 Confeção dos grampos .....	54
3.11.5 Emenda da fôrma.....	55
3.11.6 Utilização do tensor.....	58
<b>3.12 CUSTO FINAL DO PROTÓTIPO.....</b>	<b>61</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os insumos naturais estão cada vez mais escassos em nosso meio, e nessa cadeia de consumidores encontram-se as construtoras de obras civis, que por tradição são consumidoras de grande quantidade de madeira. Ao longo dos anos utilizaram madeiras nobres de florestas, o que causaram a extinção de algumas espécies.

A construção civil utiliza vários métodos construtivos, entre eles; bloco estrutural, pré-moldadas de concreto, metálica e construção mista.

E uma obra tradicional de construção civil, utiliza-se a estrutura mista com a utilização de blocos de vedação e concreto. Esta consome grandes quantidades de madeiras, pregos e outros materiais na confecção das fôrmas. Como consequência, as fôrmas de madeiras após serem desformadas, geram grande quantidade de resíduos depositados com pregos no próprio canteiro de obra, expondo os trabalhadores a acidentes no trabalho.

Observando os canteiros de obras surgiu a ideia de racionalizar desperdícios de madeiras confeccionando, de acordo com o projeto, fôrmas metálicas padronizadas de fácil montagem.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é propor técnicas de execução usando fôrmas metálicas para substituir fôrmas de madeiras em construções de casas populares.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- 1) Estudar modelos de fôrmas metálicas para a execução dos serviços de concreto armado em construção de casas populares,
- 2) Estudar sistemas de engates rápidos para a montagem das fôrmas;
- 3) Desenvolver um protótipo de fôrma metálica.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Esta longe de zerar o déficit de habitação no Brasil, precisa-se de quase oito milhões de moradias, para sanar o problema. Salatiel, (2012), (apud PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) 2009) enfatiza que segundo uma pesquisa da Fundação Getúlio Vargas, o Brasil está com déficit habitacional de 5,8 milhões de famílias, correspondente ao índice de 9,3% de famílias que estão sem moradias ou estão vivendo em condições precárias.

De acordo com Salatiel, (2012), “Em outro relatório, divulgado há um ano pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), foi apontado um déficit de 7,9 milhões de moradias no país, o que corresponde ao total de 14,9% dos domicílios”.

Com a falta de moradia há uma demanda de casas a serem construídas, portanto, há necessidade de implantar novas tecnologias para construção de casas populares. Dessa forma surgiu a ideia de implantar um sistema de fôrmas metálicas para concreto, para construção de casas populares.

O procedimento padrão para a construção de fôrmas para casas populares é feito com madeira. Nessa prática a madeira é utilizada poucas vezes, causando um desperdício de material; acúmulo de resíduos na obra o que causa perda de espaço útil para se trabalhar; uso elevado de pregos; riscos de acidentes com os colaboradores e ou visitantes da obra.

Ao fazer visitas em obras de construção civil na cidade de Campo Mourão, deparando-se com amontoados de madeiras em canteiro de obra, muitos pregos expostos nessas madeiras mal acondicionadas causando danos ambientais, poluindo e obstruindo o ambiente de trabalho, quando não são destinados corretamente pode causar acidentes perfurantes em trabalhadores a sua volta, elevando o custo da obra. Surge a questão: é viável substituir as fôrmas de madeira por fôrmas metálicas?

As fôrmas metálicas construídas de acordo com o projeto das casas populares aceleram a execução da obra, diminuindo o tempo de entrega, evitando a preparação das fôrmas no canteiro de obra, garantindo melhores acabamentos à superfície do concreto moldado, além do mais, elas seriam padronizadas e compatibilizadas racionalizando e melhorando o processo construtivo.

Utilizando processo simples de montagem e eficiente, as fôrmas feitas com chapas de aço carbono podem ser utilizadas por centenas de vezes se manuseadas corretamente (METAX, MANUAL DE ESPECIFICAÇÃO TÉCNICAS 2008).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 FÔRMAS PARA CONCRETO

As fôrmas são estruturas provisórias destinadas a dar sustentação ao concreto fresco até que este esteja totalmente curado para a maioria das aplicações, moldar a geometria desejada com certa tolerância dimensional não podendo causar qualquer danos nas etapas subseqüentes, suportar as cargas do concreto nas laterais e empuxos, resistir as vibrações devido ao adensamento do concreto, ser estanques para não perder nata de cimento, suportar seu próprio peso assim como dos operários e equipamentos (MARANHÃO 2000, SOUSA; MEKBEKIAN, 1996).

#### 2.1.1 Sistema de fôrmas

De acordo com Maranhão (2000), as fôrmas para concreto devem resistir e suportar os esforços provenientes de seu peso próprio, do peso e empuxo lateral do concreto, de adensamento, do trânsito de pessoas e equipamentos; rigidez suficiente para manter as dimensões e fôrmas previstas no projeto estrutural para os elementos de concreto. Sua estabilidade deve ser garantida utilizando-se suportes e contraventamentos.

Para Sousa; Mekbekian (1996), o sistema de fôrmas tem a função de condicionar a geometria acabada com tolerâncias dimensionais aceitáveis, não podendo causar danos ou interferência nas etapas seguintes da construção, como alvenaria, revestimento e outras. O sistema deve ter resistência e estabilidade e funcionar como um equipamento, oferecendo baixo custo de manutenção, operacional, oferecendo praticidade e durabilidade.

Conforme a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), as fôrmas devem adaptar-se ao formato e às dimensões das peças da estrutura projetada, respeitadas as



tolerâncias admissíveis, caso o plano da obra, em virtude de circunstâncias especiais, não as exija mais rigorosas.

A NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO... 2004), estabelece que as fôrmas devem ser suficientemente estanques, de modo a impedir a perda de pasta de cimento, admitindo-se como limite a surgência do agregado miúdo da superfície do concreto e aos efeitos dinâmicos acidentais causados pelo lançamento e adensamento do concreto, principalmente o efeito do adensamento sobre o empuxo do concreto nas fôrmas.

Para atingir os padrões exigidos nas normas, a confecção das fôrmas é de extrema importância. Para Araújo, (2003), anteriormente os encarregados e mestres de obras eram os principais responsáveis pela definição das fôrmas, acreditava-se que o critério de dimensionamento prático fosse satisfatório para assegurar a estabilidade da obra, sem se preocupar com os custos devido as estruturas superdimensionadas que elevam o custo quando utilizados materiais além do necessário ou sub dimensionadas utilizando menos materiais que o necessário diminuindo a resistência podendo causar até mesmo colapso na obra. Também é possível citar o posicionamento da armadura com cobrimento incorreto, menor do que os estabelecidos por normas que são extremamente prejudiciais a estrutura, causam patologias precoce como corrosão da armadura e desagregação do concreto, emendas mal executadas, etc.. Na atualidade, torna-se fundamental que o engenheiro dê a devida importância ao dimensionamento das fôrmas e dos escoramentos, considerando os planos de montagem e desmontagem, bem como seu reaproveitamento na obra, a fim de reduzir custos, perdas, além de reduzir prazos de entrega alcançar maior qualidade.

Os elementos estruturantes das fôrmas devem ser dispostos de modo a manter o formato e a posição da fôrma durante toda sua utilização.

Durante a concretagem de elementos estruturais de grande vão deve haver monitoramento e correção de deslocamentos do sistema de fôrmas não previstos nos projetos.

A NBR-15696 (ASSOCIAÇÃO..., 2009), define as fôrmas como estruturas provisórias destinadas a moldar o concreto fresco, resistindo todas as ações provenientes das ações variáveis resultantes da pressão do lançamento do concreto fresco, até que o concreto se torne autoportante. O objetivo principal das fôrmas é dar a concreto armado a geometria de projeto.

### 2.1.2 Tipos de fôrmas

De acordo com Araujo, (2003), geralmente as fôrmas, são classificadas de acordo com o material e o modo como são utilizadas, levando em conta o tipo de obra. Assim, sua classificação pode ser como fôrmas de madeira, metálica e mista. De acordo com o material a ser utilizado as fôrmas podem ser:

Fôrmas de madeira: são produzidas na obra, utilizando-se madeira para a sua confecção.

Fôrmas metálicas: confeccionada fora da obra e toda a estrutura é produzida em metal.

Fôrmas mistas: A estrutura é feita em metal e as faces são produzidas com chapas de madeiras e combinação de peças plásticas, papelão e pré-moldados.

E de acordo com a aplicação das mesmas, elas podem ser classificadas em:

- Convencional – feitas com utilização de madeira e indicadas para pequenas obras particulares e detalhes específicos;
- Moduladas – são feitas em madeira e mistas, indicadas para obras repetitivas e edifícios altos;
- Trepantes – madeira, metálicas e mistas, indicadas para torres, barragens e silos;
- Deslizantes verticais – madeira, metálicas e mistas, indicadas para torres e pilares altos de grande seção;
- Deslizantes horizontais – metálicas indicadas para barreiras, defensas e guias.

### 2.1.3 Confeção das fôrmas

Para Assahi (2010), o sistema de fôrma é o conjunto completo dos elementos que o compõem, incluindo-se: a própria fôrma, elementos de cimbramento, de escoramento remanescente, equipamentos de transporte, de apoio e de manutenção, etc.

Assahi (2010), afirma que para produzi-los totalmente ou parte dele no canteiro de obra é preciso de um projeto específico de produção de fôrma. Além dos insumos básicos como a chapa compensada, madeiras serradas e pregos, como também, dos equipamentos e ferramentas de carpintaria tais como: serra circular de bancada, serra manual, furadeiras, bancada de carpintaria, etc.

Além do mais, é necessário espaço para instalação da carpintaria com no mínimo 50 m<sup>2</sup>, e outros 50 m<sup>2</sup> de área para estocagem dos insumos citados. A disponibilidade desses espaços torna-se uma das pré-condições para escolha desta opção.

Entre os mais variados sistemas de fôrma ofertados, a diferença está principalmente no material utilizado nas suas partes, tanto na fôrma como no cimbramento, além das particularidades que personalizam cada sistema quanto à adequabilidade, praticidade, durabilidade e principalmente, ao preço.

De acordo com Araújo, (2003), as estruturas mistas é um conjunto constituído pela combinação da madeira com peças metálicas, plásticos, papelão e pré-moldados.

Segundo Araújo, (2003), os elementos do sistema de fôrmas são constituídos dos seguintes elementos: molde, estrutura do molde, escoramentos e acessórios.

- Molde – caracteriza a forma da peça e é o elemento que entra em contato direto com o concreto. É constituído por painéis de laje, fundos e faces de vigas e faces de pilares.
- Estrutura do molde – é o que dá sustentação e travamento ao molde, enrijecendo-o. É constituído por gravatas, sarrafos acoplados aos painéis e travessões.
- Escoramento – é o que dá apoio à estrutura da fôrma, transmitindo os esforços da estrutura do molde para algum ponto de apoio ao solo ou na

própria estrutura de concreto. É constituído por guias, pontaletes e pés-direitos.

- Acessórios – são componentes utilizados para nivelar, dar prumo e locar peças, sendo constituídos por aprumadores, sarrafos de pé de pilar e cunhas.

#### 2.1.4 Importância das fôrmas

De acordo com Assahi (2010), as fôrmas é como subsistemas dos muitos que compõem o sistema construtivo, todos trabalhando a favor das necessidades do empreendimento. Todos estes múltiplos subsistemas interdependem-se e contribuem para o resultado do todo. A fôrma, contudo, tem uma particularidade única nesta circunstância: é o que inicia todo o procedimento, e por isso, passa a ser referência para as demais etapas subseqüentes, estabelecendo uniformidade e perfeição exigida para toda a obra.

#### 2.1.5 A influência das fôrmas na qualidade das estruturas

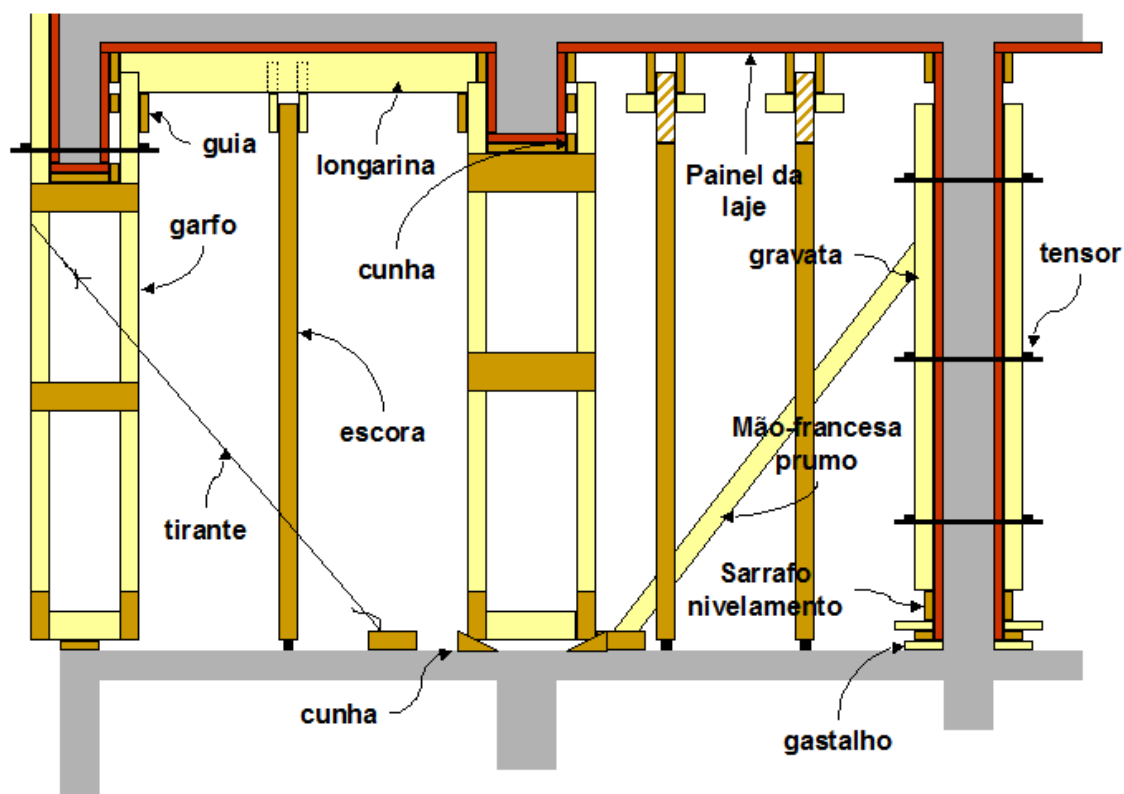
Assahi (2010), entende-se que para satisfazer aos clientes (interno e externo) é preciso qualidade, certamente a fôrma é de maior importância, além do mais, o desempenho dos subsistema dependerá diretamente do seu resultado. O prumo, nível, alinhamento e esquadro das peças estruturais, a correta utilização da fôrma, são pré-requisitos básicos necessários para todos os demais subsistemas.

Além do mais, a fôrma é a única responsável pela geometria dos elementos estruturais. No entanto, grande parte das patologias observadas em edifícios concluídos pode ser originada nas fôrmas. Como trincas na estrutura ou na vedação pode ser efeito da deformação ou mobilidade excessiva da estrutura causada pela má utilização do sistema de fôrma, como também, pelo excesso de sobrecarga devido aos revestimentos e enchimentos não previstos decorrentes da correção de estrutura mal moldada (ASSAHI, 2010).

### 2.1.6 Fôrmas de madeira

Para Araújo (2003), as fôrmas de madeira tem seu uso mais difundido na construção civil devido a alguns fatores como: utilização de mão-de-obra com treinamento relativamente fácil (carpinteiro); o uso de equipamentos e complementos pouco complexos e relativamente baratos (serras manuais e mecânicas, furadeiras, martelos etc.); boa resistência a impactos e ao manuseio (transporte e armazenagem); ser de material reciclável e possível de ser reutilizado e por apresentar características físicas e químicas condizentes com o uso (mínima variação dimensional devido à temperatura, não tóxica etc.). Porém, a algumas restrições ao uso de madeira como elemento de sustentação e de molde para concreto armado ao qual se referem ao tipo de obra e condições de uso, como por exemplo: pouca durabilidade; pouca resistência nas ligações e emendas; grandes deformações quando submetida a variações bruscas de umidade; ser inflamável; gera grande volume de resíduos; seu descarte é restrito e há poucos locais de recebimentos.

O sistema de fôrmas de madeira é composto de vários elementos como escoras, longarinas, mão francesa etc.. Em casos de vigas aéreas é preciso escorar com garfos feitos com dois caibros paralelos montados com sarrafos pregados na largura da fôrma para servir de sustentação das vigas e ao mesmo tempo suportar os empuxos do concreto nas laterais das fôrmas das vigas, sustentar as cargas solicitadas como transito de operários e equipamento. A fôrma do pilar é confeccionada com tábuas ou chapas de madeiras industrializadas reforçadas por gravatas feitas com sarrafos ou caibros, para garantir que a fôrma mantenha sua geometria desejada e todos os esforços solicitados são necessários colocar tensor com limitador entre as faces. A mão francesa é de fundamental importância para certificar que o pilar esteja devidamente aprumado, o gualho é a demarcação do pilar onde serão devidamente posicionados. Os painéis da laje são compostos por longarinas e escoras de sustentação. As escoras recebem as cargas e as transmitem em um ponto de apoio, cunhas servem para nivelar as fôrmas da laje deixando com a flecha desejada. O tirante tem a função de manter a escora no prumo. A Figura 1 mostra o aspecto de um sistema ilustrativo de fôrma de madeira.



**Figura 1 – Sistema de fôrmas de madeira.**  
**Fonte: Fôrmas Elementos de Concreto Armado**

De acordo com Borges (1996), os materiais empregados para a confecção das fôrmas são de aplicação provisória, visto que após a pega total do concreto o mesmo será desformado.

Utiliza-se na confecção das fôrmas o pinho de terceira qualidade. Por ser madeira imprópria para fins muito delicados como de carpintarias e marcenarias, essas madeiras são destinadas para madeiramento de fôrmas de concreto. Porém deverá recusar as madeiras com muitos nós, pois racham facilmente prejudicando o rendimento, além do mais, é utilizada somente uma vez gerando acúmulos de resíduos e obstruindo o local de trabalho onde poderia ser utilizado para estocar materiais. As madeiras fornecidas comercialmente mais comuns são conforme Tabela1 dimensões usuais das tábuas.

**Tabela 1– Dimensões usuais das tábuas**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Espessura (E) (cm)</b>	<b>Largura L (cm)</b>	<b>Comprimento C (metro)</b>
<b>2,5x10</b>		<b>10</b>	<b>Básico 4,20</b>
<b>2,5x15</b>		<b>15</b>	<b>Comercial 3,90</b>
<b>2,5x20</b>	<b>2,5</b>	<b>20</b>	<b>Comercial 3,60</b>
<b>2,5x30</b>		<b>30</b>	<b>Comercial 3,30</b>

Fonte: Autoria própria.

### 2.1.7 Escoramento das fôrmas

O escoramento, também muito utilizado o termo cimbramento, é a parte fundamental para um bom desempenho das estruturas provisórias, eles recebem as cargas atuantes das fôrmas transferindo-as para um ponto de apoio no solo ou nas estruturas inferiores, a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), estabelece que para projetar o escoramento das fôrmas deve ser previsto as seguintes ações: ação de seu próprio peso, do peso da estrutura, e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto, como deformações que possa prejudicar o formato da estrutura ou que causam esforços não previsto no concreto.

De acordo com a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO..., 2004), é de extrema importância considerar no projeto a deformação e a flambagem dos materiais e as vibrações que o escoramento estará sujeito, dessa forma, assegurar ótimo desempenho das estruturas provisórias.

### 2.1.8 Fôrmas metálicas

As fôrmas metálicas em geral, são confeccionadas de chapas metálicas com diversas espessuras dependendo das dimensões dos elementos a serem concretados e dos esforços que deverão resistir. Os painéis metálicos são mais indicados para a fabricação de elementos de concreto pré-moldados, com as fôrmas permanecendo fixas durante as fases de armação, lançamento, adensamento e cura. Geralmente possuem vibradores acoplados nas próprias fôrmas. Nas obras, os elementos metálicos mais usados são as escoras e travamentos. Embora exijam maiores investimentos, as vantagens do uso de fôrmas metálicas dizem respeito a sua durabilidade.

As fôrmas confeccionadas em aço quando usadas corretamente, podem ser reusadas por centenas de vezes mantendo a sua característica e assegurando elevado acabamento (METAX, MANUAL DE ESPECIFICAÇÃO TÉCNICAS 2008).

### 2.1.9 Fôrmas mistas

Em geral, as fôrmas são compostas por painéis de madeira com travamentos e escoramentos metálicos. As partes metálicas podem ser utilizadas por várias vezes quando utilizadas corretamente enquanto as peças de madeira tem sua durabilidade restrita a uma obra em particular ou com alguns aproveitamentos para outras obras.

Como nas fôrmas de madeira, as fôrmas mistas têm a mesma função, porém, as partes metálicas apresentam sistemas de encaixe, as escoras são feitas com pontaletes metálicos com regulagem rosqueável e telescópicas a cada 10 cm para ajuste de comprimento, sapatas metálicas, entre outros, que facilitam o trabalho de montagem das fôrmas. As longarinas de madeira são substituídas por vigas I ou treliças telescópicas metálicas, as escoras de madeira por pontaletes metálicos que dão apoio à estrutura da fôrma, transmitindo os esforços da estrutura do molde para algum ponto de apoio ao solo ou na própria estrutura de concreto conforme mostra a Figura 2 com esquema de fôrma mista.



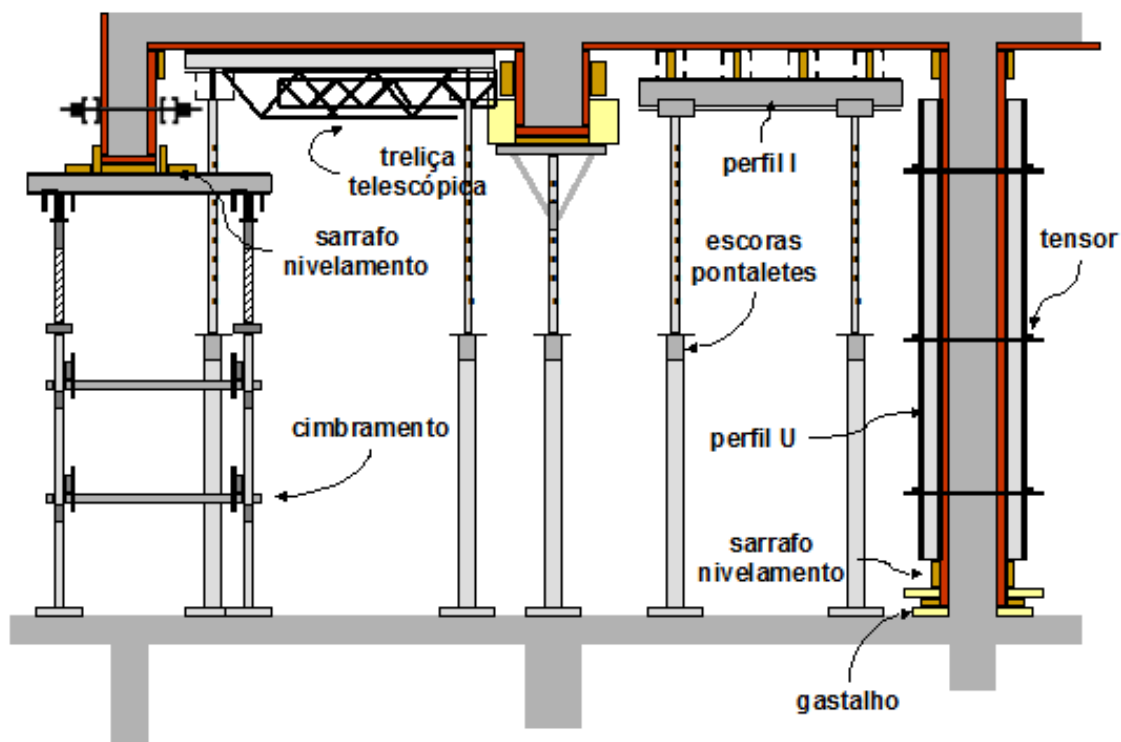


Figura 2 – Esquema de fôrma mista

Fonte: Fôrmas Elementos de Concreto Armado

#### 2.1.10 Propriedade mecânica do aço

De acordo com NBR 8800 (ASSOCIAÇÃO..., 2008), os aços para perfis, barras e chapas são com qualificação estrutural assegurada por Norma Brasileira ou norma específica estrangeira, desde que possuam resistência ao escoamento máxima de 450 MPa e relação entre resistência à ruptura ( $f_u$ ) e ao escoamento ( $f_y$ ) não inferior a 1.18.

Conforme Bellei (2010), para entender como se comporta a estruturas de aço, é extremamente importante que o calculista conheça as propriedades do aço como:

- **Elasticidade** é a propriedade do metal de retornar à forma original, após vários ciclos de carregamento ( carga e descarga).
- **A plasticidade** é a propriedade inversa à da elasticidade, ou seja, do material não voltar à sua forma inicial após a remoção da carga externa, obtendo-se deformações permanentes. A deformação plástica altera a estrutura de um metal, aumentando sua dureza. Este fenômeno é

denominado endurecimento pela deformação à frio ou encruamento. ( FERRAZ, 1995).

- **Fadiga** ocorre quando o metal é submetido a solicitações de tensões acima de sua capacidade limite, através de vários ciclos de carga e descarga. A ruptura por fadiga é sempre uma ruptura frágil, mesmo para materiais dúcteis.
- **Ductilidade** é a capacidade do material de se deformar sob a ação de cargas sem sofrer fratura na fase inelástica, o metal é submetido a uma carga de tração no seu limite elástico, em estado de tensão simples ocorre, no aço um exato limite de escoamento sob uma tensão levemente superior ao limite elástico.
- **Resiliência** é a capacidade de absorver energia mecânica em regime elástico, ou seja, a capacidade de restituir a energia mecânica absorvida.
- **Tenacidade** é a energia total, plástica ou elástica, que o material pode absorver até a ruptura. Assim, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil irá requerer maior energia para ser rompido, portanto é mais tenaz.
- **Dureza**, que é a resistência ao risco ou abrasão: a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza. Sua análise é de fundamental importância nas operações de estampagem de chapas de aços.

## 2.2 CONCRETO EM ESTADO FRESCO

### 2.2.1 Conceito

O concreto pode ser compreendido como um material de construção civil constituído da mistura de aglomerante (cimento portland), mais agregados graúdos e miúdos (areia, brita) e água.

De acordo com o dicionário do concreto: concreto fresco é o concreto que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico, capaz de ser adensado por um método escolhido.

O concreto fresco possui as seguintes propriedades: a trabalhabilidade, a consistência, a textura, a integridade da massa (oposto de segregação), a massa específica e poder de reter água (oposto de exsudação).

Gardner et al. (1981) apud Cruz (1997), descrevem que o concreto fresco pode ser caracterizado como partículas de agregados inertes, as quais são suspensas numa matriz deformável de pasta de cimento e bolhas de ar. Dado o tempo e as condições próprias do ambiente, a pasta de cimento é convertida, através de um processo físico-químico entre os grãos de cimento e água, numa massa homogênea de partículas.

O concreto fresco, sendo um sistema composto de partículas fragilmente interligadas e submergidas em meio fluído, possui resistência cisalhante resultante do atrito entre as partículas que o constituem, bem como entre elas e as superfícies da fôrma e da armadura. Essas forças podem ser denominadas atrito interno e atrito superficial, respectivamente.

### 2.2.2 Consistência do concreto

Para Andolfato (2002), consistência pode ser definida pela relação água/cimento, ou teor de água e materiais seco. É um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto. Cabe ressaltar esse assunto, pois muito se confunde entre consistência e trabalhabilidade.

O termo consistência está relacionado a características inerentes ao próprio concreto e está mais relacionado com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes.

A consistência é usada como um simples índice da mobilidade ou da fluidez do concreto fresco e pode ser medida pelo ensaio de abatimento de tronco de cone ou pelo Aparelho Vebe. Sua perda é definida como a perda do abatimento do concreto fresco com o passar do tempo. (METHA; MONTEIRO, 2008).

Conforme o grau de umidade é modificado a consistência também modifica, alterando também suas características de plasticidade e permitimos a maior ou menor deformação do concreto perante aos esforços.

A dosagem do concreto deve considerar a consistência necessária para o tipo de obra. Peça fina e excessivamente armada necessita de uma mistura mais fluída, já para as peças com maiores dimensões e com menos armação o concreto pode ser menos fluidos.

Segundo a NBR NM 67 (ASSOCIAÇÃO...,1998), para determinar a consistência do concreto fresco, o método mais utilizado é o ensaio de abatimento do concreto pelo tronco cone, também conhecido como *slump test*.

O ensaio é dividido em três etapas, coloca-se uma camada de massa de concreto dentro de uma fôrma tronco-cônica, adensa com 25 golpes, depois de abatido repete o procedimento nas próximas camadas. Retira-se o molde lentamente, levantando-o verticalmente sem movimentar o molde para os lados e posicionar o cone ao lado do concreto, e com uma régua medir a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto depois de assentada conforme mostra a Figura 3 determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.



**Figura 3 - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**  
**Fonte PINI**

O ensaio é realizado com objetivo verificar a uniformidade do abatimento entre uma remessa e outra do concreto. Este ensaio aplica-se aos concretos cuja consistência seja plástica, com abatimento igual ou superior a 10 mm a Tabela 2 mostra os valores da consistência do concreto.

**Tabela 2– Classificação da consistência do concreto**

Consistência	Abatimento (cm)
Seca	0 a 2
Firme	0 a 5
Media	5 a 12
Mole	12 a 18
Fluída	18 a 25

**Fonte: Controle Tecnológico Básico do Concreto – NEPAE** Núcleo de ensino e pesquisa da alvenaria estrutural – **UNESP** – Universidade Estadual Paulista.

### 2.2.3 Trabalhabilidade

Para Giamusso, (1992). A trabalhabilidade é a característica principal para que o concreto seja bem adensado, ou seja, a adequação da consistência ao processo de lançamento e adensamento.

Conforme Petrucci, (1998), a trabalhabilidade compreende em ser a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor capacidade de ser aplicado com determinada facilidade sem perda de sua homogeneidade.

De acordo com Alves, (1993), é importante destacar como trabalhabilidade do concreto, a propriedade de ser misturado, transportado, lançado e vibrado sem alteração de homogeneidade.

Os principais fatores que afetam a trabalhabilidade são:

#### 1) *Fatores internos:*

- Consistência que pode ser identificada pela relação água/cimento ou teor de água/materiais secos;
- Traço, definida pela proporção entre cimento e agregado;
- Granulometria do concreto, que corresponde a proporção entre agregado graúdo e miúdo;
- Forma dos grãos dos agregados, em geral dependendo do modo de obtenção (agregado em estado natural ou obtido através de britagem);
- Aditivos, com finalidade de influir na trabalhabilidade, normalmente denominado plastificantes.

#### 2) *Fatores externos:*

- Tipo de mistura se é manual ou mecânica;
- Tipo de transporte se é realizado no sentido vertical ou horizontal, ou transportado por guinchos, vagonetes, calhas ou bombas;
- Tipo de lançamento, que pode ser manual, vibratório, vácuo, centrifugação, etc.;
- Dimensões e armadura de peça a executar.

#### 2.2.4 Lançamento

As fôrmas devem ser preenchidas em camadas de altura inferior a 3/4 do comprimento da agulha do vibrador mecânico. Ao vibrar a camada, a agulha do vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior.

Conforme a NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO..., 2003), o lançamento do concreto não deve ser superior a altura de 2 metros. Então, no caso de pilares ou paredes, o concreto das primeiras 4 camadas deve ser lançado através de um tubo de 100 ou 150 mm (ex.: PVC para esgoto) ou por meio de abertura de janelas intermediárias para que esse não perca argamassa no caminho (ao se chocar com a armadura) e não se desagregue pelo impacto no fundo.

#### 2.2.5 Exsudação

De acordo com Almeida, (2002), a exsudação acontece devido a tendência da água de amassamento expelir à superfície do concreto recém-lançado. Em consequência, a parte superior do concreto torna-se eminentemente, um concreto poroso e menos resistente.

A água, ao subir à superfície, pode carregar partículas finas de cimento, formando uma pasta, que impede a ligação de novas camadas de material e deve ser removida cuidadosamente (ALMEIDA, 2002).

Conforme Almeida (2002), para controlar a exsudação e deixar o concreto trabalhável é necessário adicionar água proporcional a quantidades de aglomerantes (cimento). As vezes para corrigir a exsudação adiciona-se mais aglomerantes para compensar a deficiência dos agregados.

### 2.2.6 Peso específico do concreto

Diversos fatores podem interferir no peso específico do concreto endurecido, principalmente a natureza dos agregados, a sua granulometria e o método de compactação empregado será tanto maior, quanto maior for o peso específico dos agregados usados e tanto maior quanto mais quantidade de agregado gráudo contiver (ALMEIDA, 2002).

Para Almeida (2002), a variação do peso específico, contudo, é pequena, podendo-se tomar para o concreto simples um valor de 23 KN/m<sup>3</sup> e para o concreto armado de 25 KN/m<sup>3</sup>.

Para determinação do peso próprio do concreto armado, a NBR- 6118:2003 e a NBR 15696 (ASSOCIAÇÃO..., 2009), estabelecem que seu peso específico é igual a 25 KN/m<sup>3</sup>.

### 2.2.7 Empuxo do concreto sobre as fôrmas da viga

Para o dimensionamento de qualquer tipo de fôrma o principal esforço a ser considerado é o empuxo do concreto que está diretamente relacionado à altura e velocidade de concretagem.

$v$  [m/h] = velocidade de concretagem (metros por horas);

e [tf/m<sup>2</sup>] = empuxo máximo (toneladas força por metro quadrado).

De acordo com Moliterno (1989), o concreto não constitui um líquido perfeito, é praticamente irrealizável determinar a pressão exercida nas laterais e fundos das fôrmas. Dessa forma para calcular o peso do concreto plástico, considerando-se a massa específica aparente do concreto armado 25 KN/m<sup>3</sup> acrescida de 10% pelas ações das vibrações (27,5 KN/m<sup>3</sup>). Assim será garantida uma avaliação satisfatória tratando-se de ação gravitacional reagindo diretamente sobre o fundo da fôrma.



## 2.3 DESMOLDANTE

Para que as fôrmas metálicas tenham um bom desempenho é importante ter alguns cuidados como, por exemplo, aplicar uma leve camada de desmoldante, isto facilita a limpeza e desmontagem das fôrmas sem agredir o concreto moldado.

Para a aplicação do desmoldante é necessário a preparação das fôrmas

### 2.3.1 Limpeza

Limpar os painéis para retirada de poeira e elementos soltos.

### 2.3.2 Aplicação

O desmoldante é diluído em água na proporção selecionada em função do estado das fôrmas de acordo com o fabricante.

Sua aplicação é feita com o auxílio de rolo, brocha, pincel ou pulverizador de baixa pressão uma demão farta, porém sem deixar empoçamentos ou excessos.

Antes de iniciar a concretagem, aguardar a completa secagem do produto por 2 horas, conforme condições climáticas.

De modo geral a maioria das casas populares no Brasil são construídas de maneira convencional, após a concretagem da viga baldrame as paredes são erguidas e posteriormente são montadas as fôrmas de pilares e viga para concreto.

As fôrmas são construídas com madeira de baixa qualidade, utilizada uma vez e depois de desformadas geralmente são descartadas, gerando acúmulos de resíduos no canteiro de obra. No entanto, para amenizar esse problema, é preciso a implantação de outras alternativas para substituição de fôrmas de madeira, a qual pode adequar perfeitamente a fôrmas metálicas para a construção de casas populares em série.

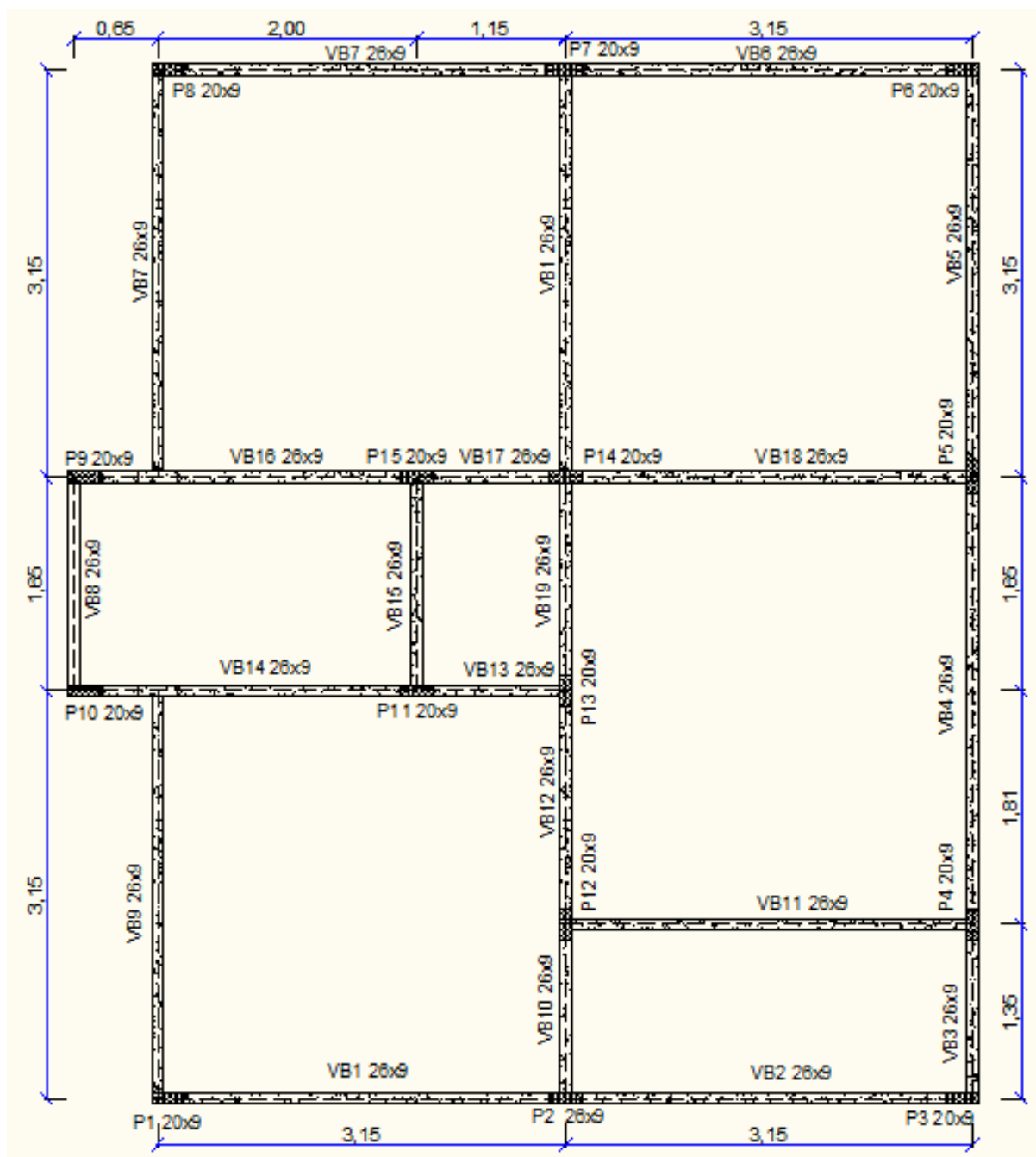
### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi executado em três etapas. A primeira delas consistiu em fazer um projeto de fôrmas metálicas através de uma planta baixa arquitetônica. A segunda etapa consistiu em fazer os acessórios para ser utilizado na montagem das fôrmas como engates, grampos e tensor que substituirão parafusos e porcas. A terceira etapa correspondeu em fazer um protótipo da fôrma para visualizar o funcionamento das peças utilizadas na montagem das mesmas.

#### **3.1 PROJETO DE FÔRMAS METÁLICAS**

O projeto foi desenvolvido a partir de uma planta baixa arquitetônica com intuito de facilitar a criação das fôrmas metálicas. Ela serviu de suporte necessário para execução das fôrmas metálicas e análise da melhor maneira de execução e montagem das mesmas na obra. A planta (Anexo 1) contém um perímetro de 57,58 m e uma área de 53,26 m<sup>2</sup>.

As fôrmas metálicas serão identificadas com a letra (VB) seguidas de um número para viga baldrame, dessa forma serve também para indicar sua localização no projeto. As fôrmas dos pilares são identificadas com a letra (P) seguidas de um número. As fôrmas devem ser feitas de acordo com o projeto. É de fundamental importância ter a medida do tijolo a ser utilizado para a definição das mesmas. Essas medidas servem para definir as emendas tornando-as compatíveis com todo o sistema. Para facilitar a montagem das fôrmas, as emendas e pilares tem a mesma geometria, alterando apenas o tipo de emenda e pilares, que pode ser pilar L para cantos de parede ou pilar T que unem três paredes, A Figura 4 mostra planta de fôrmas nível 0



**Figura 4 – Planta de fôrmas do nível 0**  
**Fonte: Autoria própria.**

As fôrmas da viga superior também foram realizadas com a mesma geometria das vigas baldrame, podendo ser para dois casos, de casas executadas com ou sem laje. As vigas superiores de concreto são indicada com a letra (VL) seguida de um número para casa com laje como mostra a Figura 5 planta de fôrmas do nível 1.

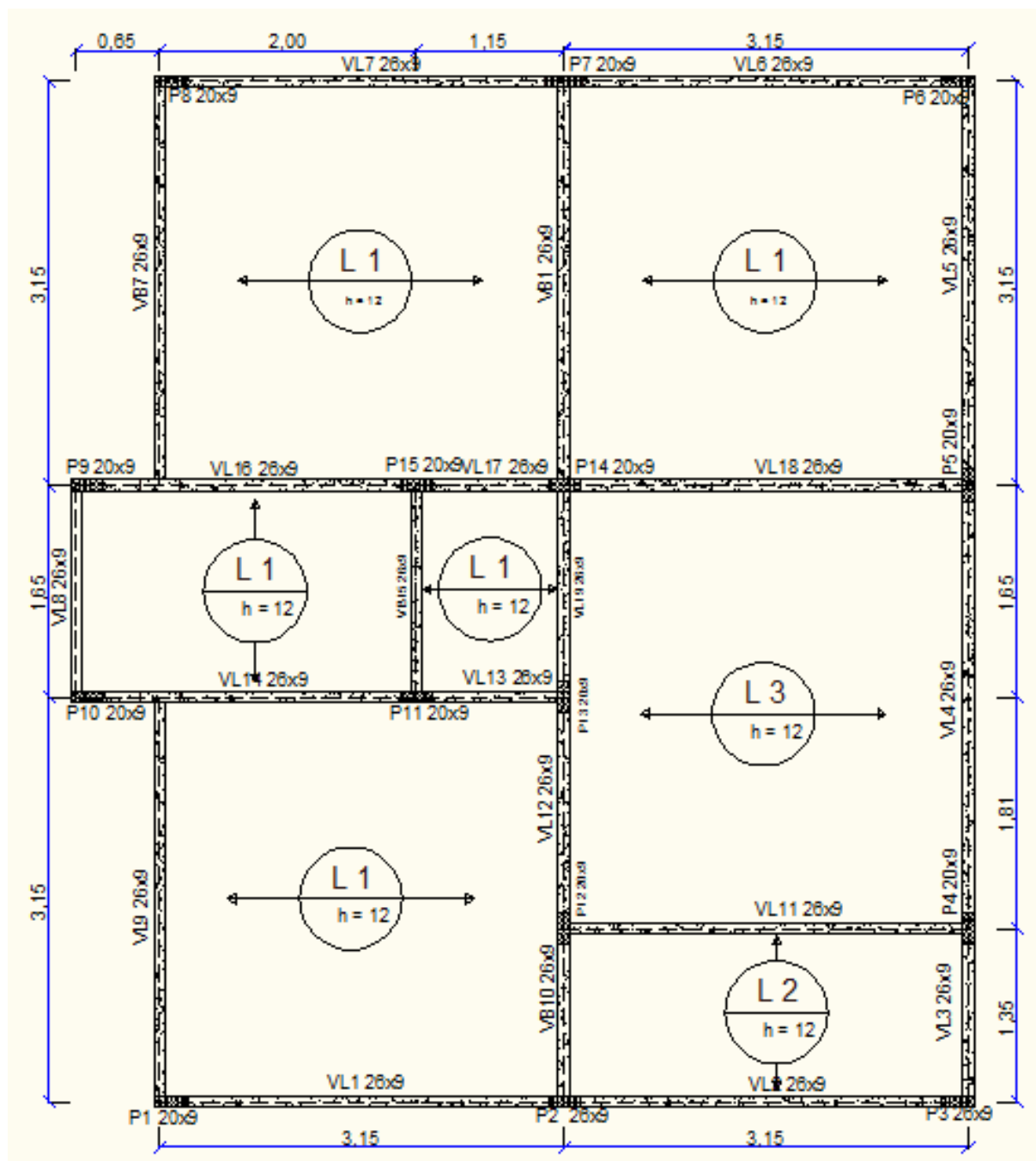


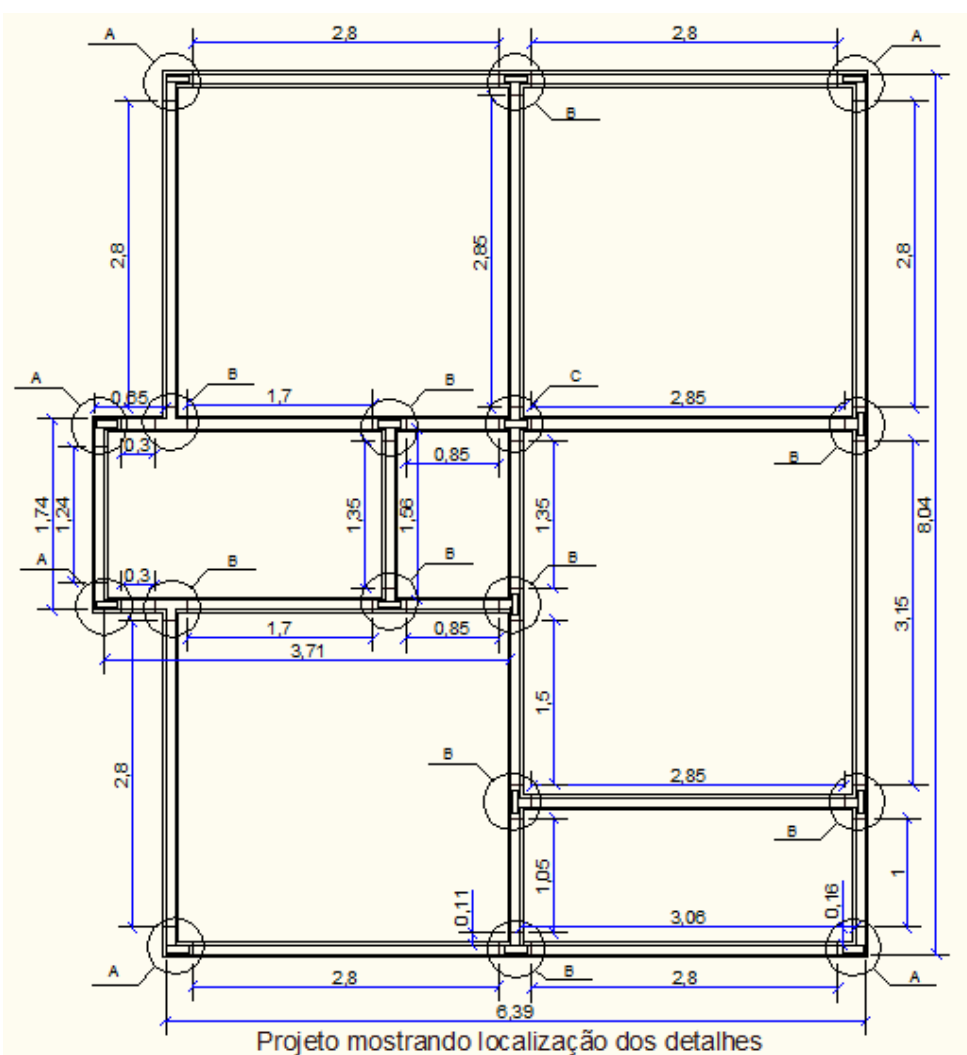
Figura 5 – Planta de fôrmas nível 1  
 Fonte: Autoria própria

### 3.2 DEFINIÇÃO DO COMPRIMENTO DA FÔRMA

As fôrmas foram definidas de maneira que possam ter o maior número de repetição em seu comprimento dessa forma facilita a confecção das mesmas tornando padronizada. A montagem também é facilitada, pois, com maior número de

fôrmas iguais menos erro ocorre para montá-las. As emendas têm o mesmo formato dos pilares, onde se destacam três tipos de pilares e três tipos de emendas: Os tipos de pilares e emendas são: encontro de duas paredes (L); encontro de três paredes (T); encontro de quatro paredes (+).

A função dos pilares em uma casa de pequeno porte é receber as cargas solicitadas transferindo para as fundações e unir as paredes de vedação. O projeto consiste em dois tipos de pilares, para cantos onde se encontra de duas paredes representadas pelos detalhes (A), também para encontro de três paredes detalhes (B) no projeto e um pilar onde passa uma porta e cruza quatro paredes detalhes (C). As emendas foram definidas com o mesmo formato dos pilares para seguir o padrão de geometria facilitando a montagem das peças. A Figura 6 mostra o comprimento das fôrmas e detalhes.



**Figura 6 – Comprimento das fôrmas e detalhes**  
Fonte própria.

O projeto apresenta várias fôrmas da viga baldrame repetidas, assim facilita as confecções das mesmas e compatibilizando com as demais. As repetições e comprimento das fôrmas estão detalhados na Tabela 3 fôrmas da viga baldrame.

**Tabela 3 – Fôrmas da viga baldrame**

Quantidade fôrmas	Largura da fôrma em (m)	Comprimento das fôrmas em metros
07		2,80
03		2,85
02		1,70
02		1,35
02		0,30
02	0,30	0,85
01		1,24
01		3,15
01		1,00
01		1,05
01		1,50

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 TIPO DE AÇO A SER UTILIZADO

As fôrmas serão confeccionadas com materiais que deve atender a NBR 8800 (ASSOCIAÇÃO..., 2008), aços para perfis, barras e chapas com qualidade estrutural garantida por Norma Brasileira ou específica, que possuam resistência ao escoamento máxima de 450 MPa. Portanto, para a execução das fôrmas o material indicado é o aço carbono estrutural ASTM A36, são os mais amplamente utilizados dentre todos os aços estruturais. Estes aços dependem do teor de Carbono para desenvolver sua resistência, e tem limite de escoamento entre 170 e 275 MPa. O ASTM A36 é um aço típico deste grupo e limite de resistência mecânica entre 400 e 450 MPa (PANNONI, 2010 ).

### 3.4 ESPAÇADORES

Os espaçadores têm como função manter as dimensões do projeto e servir de proteção para os tensores na montagem das fôrmas a fim de evitar o contato direto com o concreto e retirá-lo com facilidade na desforma para serem reutilizados.

Os espaçadores podem ser feitos em tubo de PVC (policloreto de vinil ou cloreto de vinila) de 20 mm, cortados na largura dimensionada para a fôrma.

As gravatas são reforços da fôrma feitos com perfil U dobrados com chapa de aço carbono ASTM A36 n° 14 equivale a 1,9 mm com 50 mm de largura por 25 mm de abas. Essas gravatas são mais espessas devido ao esforço concentrado nos furos para passar o tensor com os devidos espaçadores na montagem das fôrmas.

As faces das fôrmas serão feitas com chapas de aço carbono n° 16 equivale a 1.5 mm de espessura cortada com 300 mm de largura e soldada estrutura de cantoneiras laminadas de 1" x 1/8" de polegada em volta. As gravatas podem variar a distância entre elas dependendo do comprimento da mesma. A Figura 7 mostra a vista frontal e superior das fôrmas montadas.

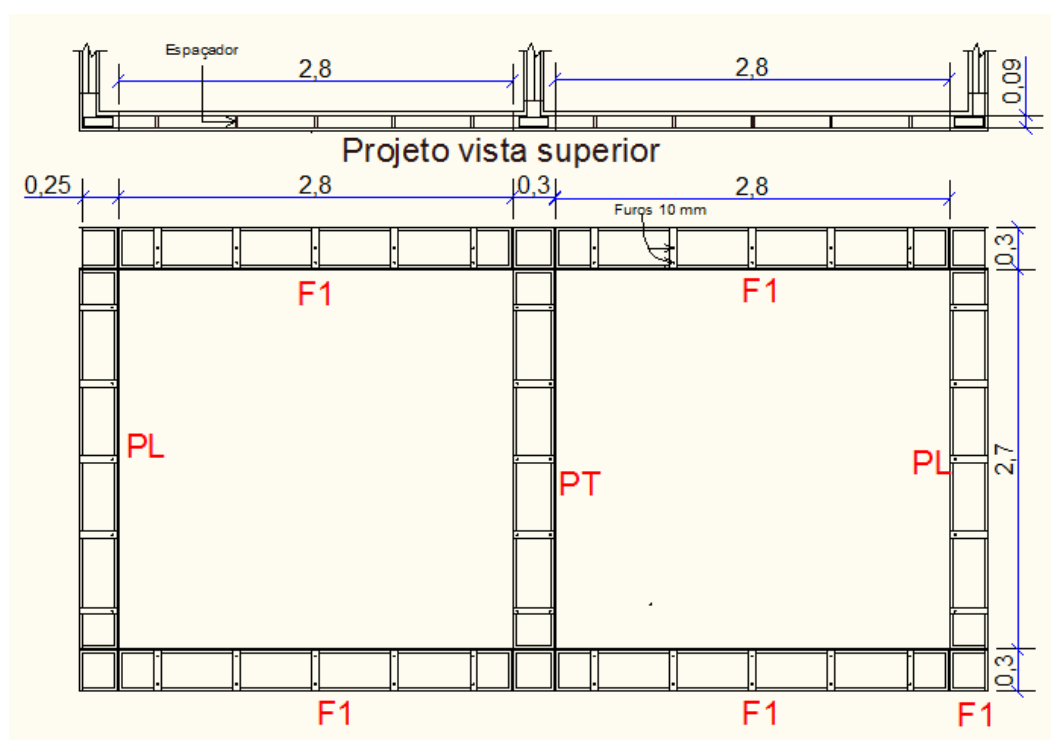
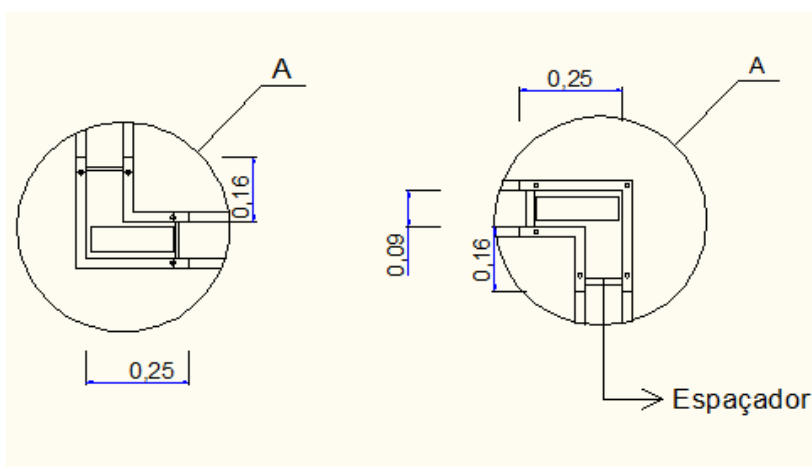


Figura 7 – Vista frontal e superior das fôrmas montadas.  
Fonte: Autoria própria

### 3.5 EMENDAS DAS FÔRMAS

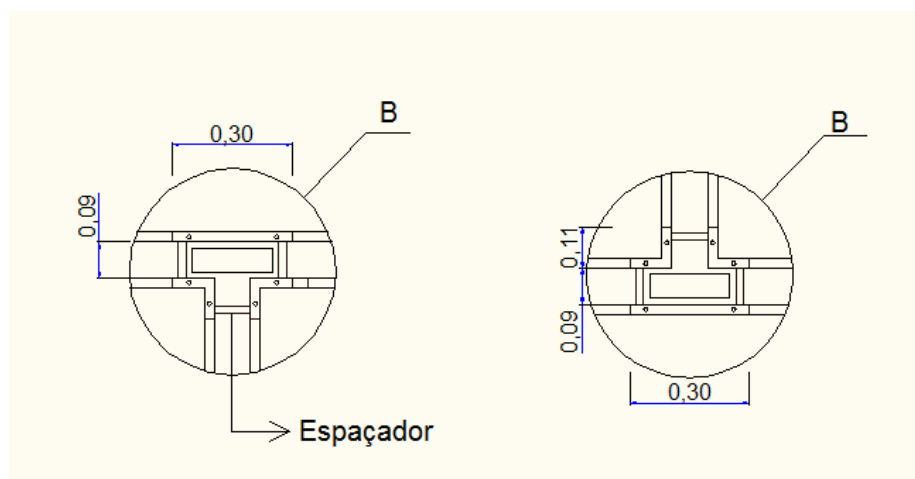
As emendas (representadas pelos detalhes A,B e C) e os pilares seguem a mesma geometria. As emendas são executadas com chapas de aço carbono ASTM A36 n°. 16 dobradas, com estrutura de cantoneiras laminadas de 1/8" por 1" polegada soldada em sua volta para aumentar a resistência, a deformação e ao cisalhamentos nos furos feitos nas cantoneiras para união, dessa forma aumenta a durabilidade das mesmas. A medida de um tijolo baiano de 6 furos é 9 x 14 x 19 cm. Essas emendas foram projetadas para paredes de 09 cm de largura. Todas as emendas e pilares serão padronizados conforme modelo obedecendo às dimensões conforme mostra a Figura 8 detalhes "A" emendas com formato L para cantos de paredes.



**Figura 8 – Detalhes "A" emendas com formato L para cantos.**  
**Fonte: Autoria própria.**

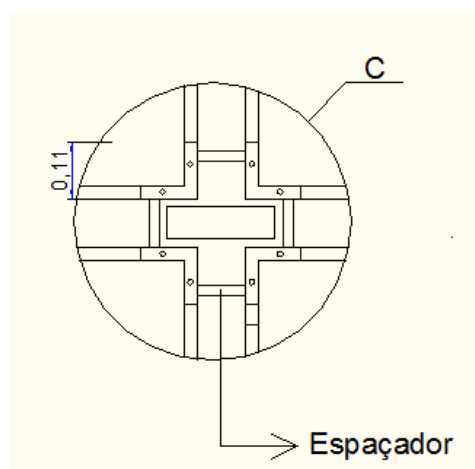


Como visto no projeto as emendas para locais com três paredes foram projetadas com o formato “T” respeitando as mesmas dimensões, elas foram padronizada com as mesmas medidas para ser encaixada em qualquer local com o mesmo formato sem a preocupação com identificação das mesmas como mostra a Figura 9 detalhes “B” emendas com formato T.



**Figura 9 – Detalhes “B” emendas com formato T.**  
Fonte: Autoria própria

O projeto também apresentou casos onde houve o cruzamento de quatro paredes, porém, o pilar será com formato “T” sendo necessário adequar as emenda ao pilar como mostra a figura 10 detalhe “C” emendas para quatro paredes.



**Figura 10 – Detalhe “C” emendas para quatro paredes.**  
Fonte: Autoria própria

### 3.6 FÔRMAS DOS PILARES

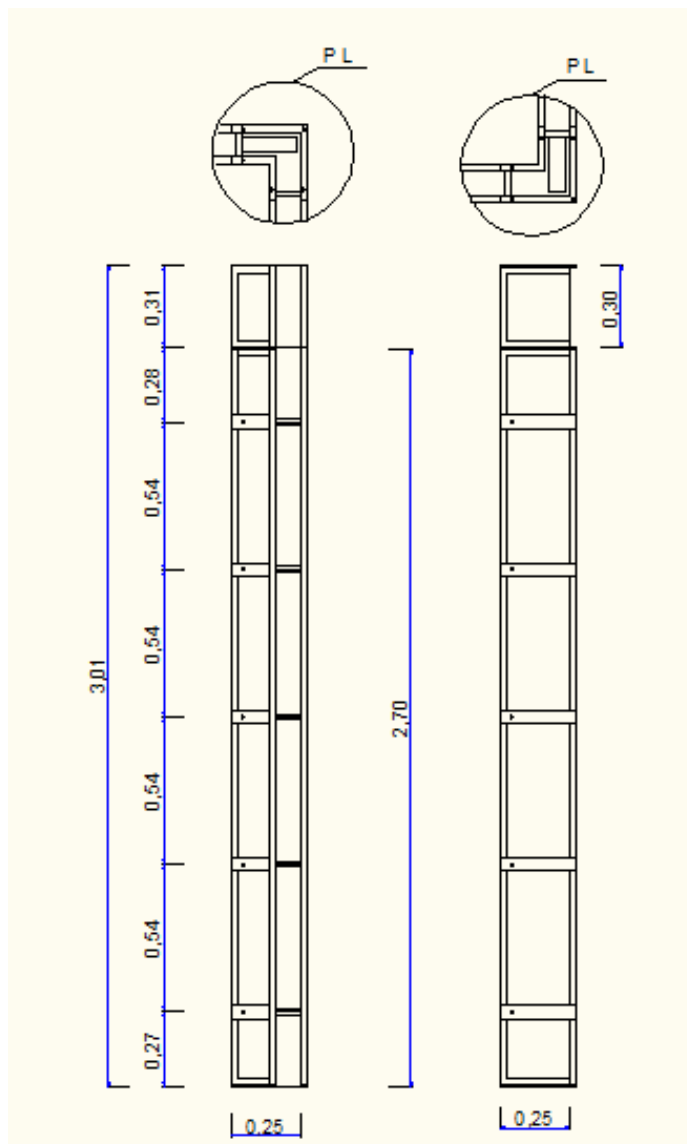
Os pilares como as emendas foram projetados com mesmo formato para melhor adequar as etapas subseqüentes e serão definidas conforme detalhe (A) pilar L e detalhe (B) pilar T como visto na pagina 36 Figura 6 – comprimento das fôrmas e detalhes.

Os pilares serão identificado apenas por modelo “PL” pilar de canto para união entre duas paredes e “PT” pilar para três paredes. Para facilitar a execução dos pilares, serão usados as mesmas dimensões e comprimentos iguais.

Para confecção dos pilares L de canto serão feitos com chapas de aço carbono 1.5 mm com dobras de 90° graus, em formato de perfil L 250 mm x 250 mm e soldadas estrutura de cantoneiras laminadas de 1/8” por 1” polegada em sua volta para enrijecimento do perfil, com os devidos furos para as emendas com grapas ou grampos e furos para passar o tensor para fixação nas paredes, as gravatas será de perfil U 25 x 50 mm.

A parte interna do pilar será de chapa n. 16 equivalente a 1,5mm de espessura dobrada, perfil L 160 mm x 160 mm para paredes internas e estrutura de cantoneira laminadas para enrijecer a fôrma, com as devidas gravatas.

As gravatas são de perfil U chapa n° 14 equivalente a 2 mm de espessura serão soldadas a entre 400 mm e 500 mm de distância todas com os devidos furos para servir de passante para os tensores. Como mostra a Figura 11 detalhes “PL” pilar para cantos de paredes.



**Figura 11 – Detalhes “PL” pilar para cantos de paredes.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para o caso (pilar tipo T), serão utilizado duas chapas 1.5 mm com formato de perfil L 110 mm x 110 mm com estrutura de cantoneiras laminadas de 1/8 x 1” soldadas em sua extremidades para a parte interior das paredes e uma chapa de 300 mm de largura por 2.700 mm de comprimento com estruturas de cantoneira laminada soldadas em suas extremidades e as devidas gravatas com furações compatíveis com o tipo de de tensor.

Para o (pilar tipo T) as fôrmas serão todas com o mesma padronização para facilitar a montagem na obra, dessa forma não precisa se preocupar com modelos

na montagem, pois a visualização do modelo já indica se é necessário a fôrma para canto ou para pilar com três paredes.

Para local onde tem portas é necessário deixar os vãos para serem assentadas, nesse caso é preciso que o pilar seja com 2,15 m para colocar uma verga pré-moldada e posteriormente assentar os tijolos. A Figura 12 mostra o detalhes dos pilares “PT” para três paredes e “PC” para vãos de porta.

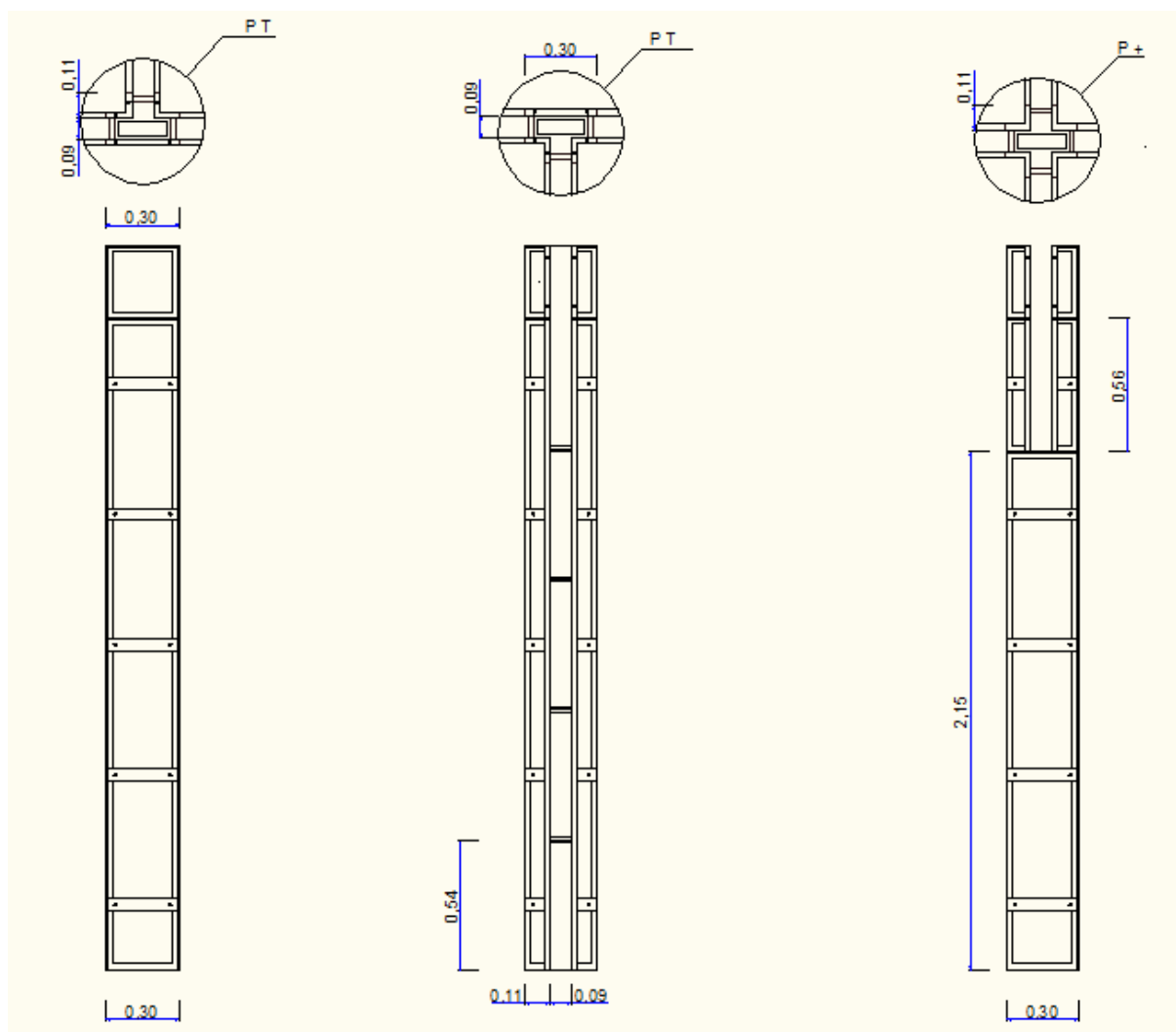


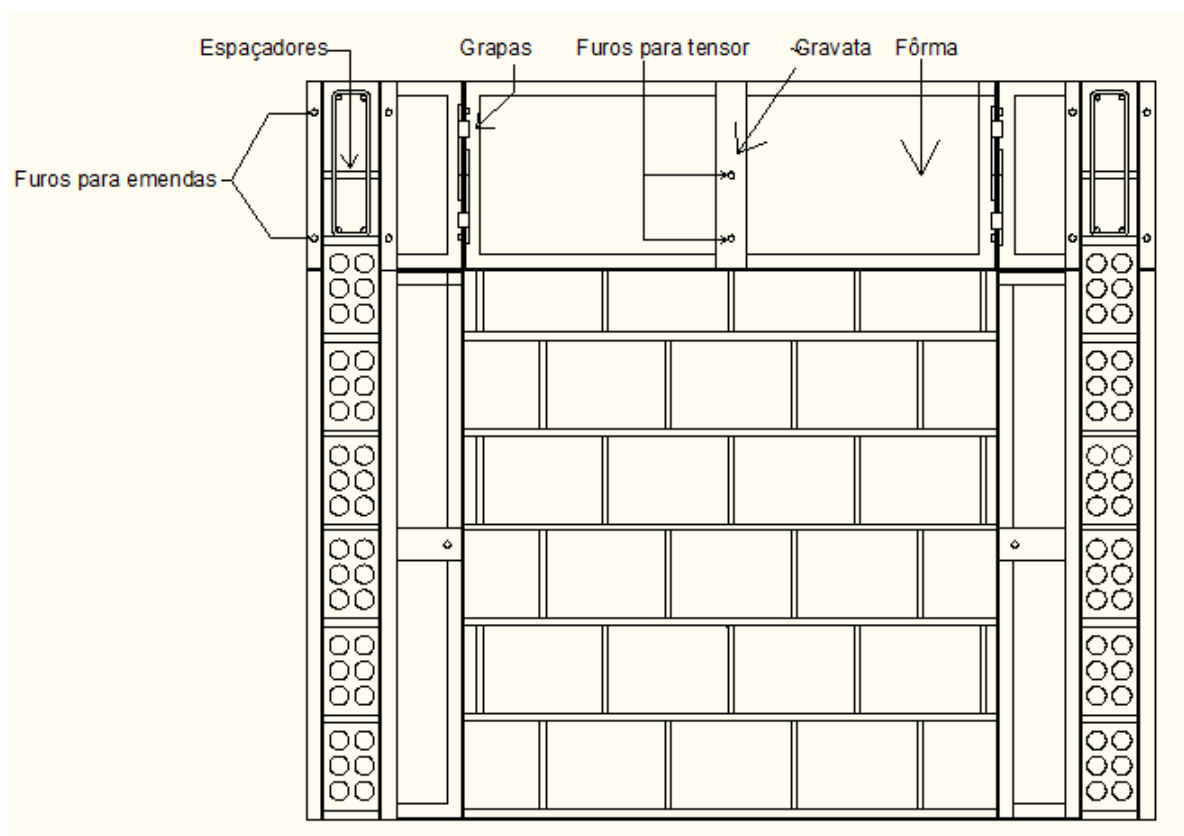
Figura 12 – Detalhes dos pilares “PT”, três paredes e “PC”, vãos de porta.  
 Fonte: Autoria própria

### 3.7 FÔRMA DA VIGA SUPERIOR

As fôrmas da viga superior de uma casa podem ser previstas para quatro casos: viga para casa sem laje, vigas para casa com laje sem beiral, vigas para casas com laje e beiral e também vigas aéreas.

Para o caso de viga superior onde só tem as paredes, as fôrmas são com o mesmo formato e furações idênticas para serem montadas tanto para a direita como para a esquerda sem a necessidade de escolha.

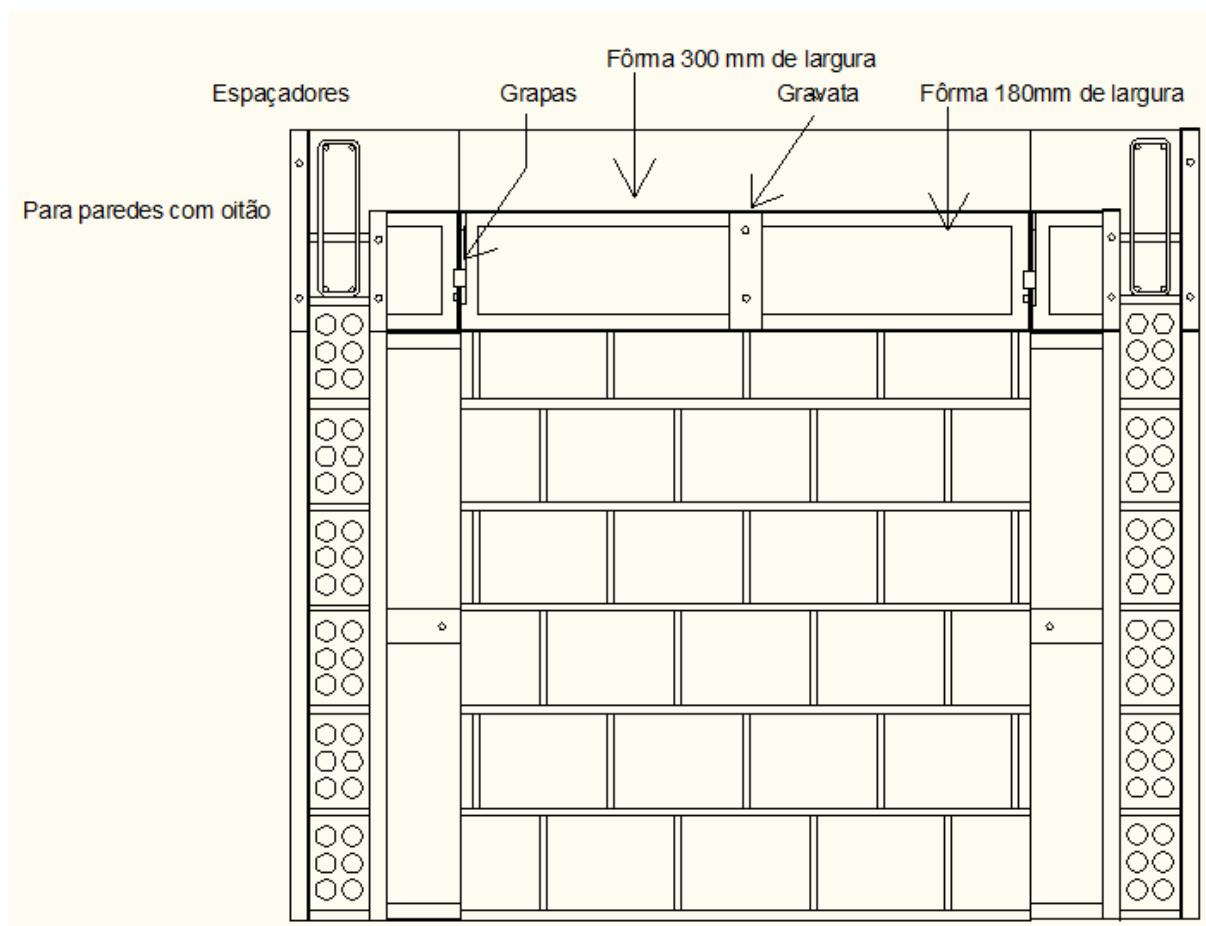
Para a montagem das fôrmas serão utilizados grapas, espaçadores e tensores para uni-las. Como mostra a Figura 13 parede sem laje



**Figura 13 – Paredes sem laje.**  
Fonte: Autoria própria

Para as casas executadas com laje sem beiral, utiliza-se a fôrma externa normal de 30 cm de largura e a fôrma interna com 18 cm para que os trilhos da laje

apoie na fôrma e posteriormente ser concretadas. Para caso de paredes internas ou com beiral, os dois lados da fôrma são rebaixadas deixando-as em nível, conforme a Figura 14 para casa com laje sem beiral.



**Figura 14 – Paredes com laje**  
**Fonte: Autoria própria**

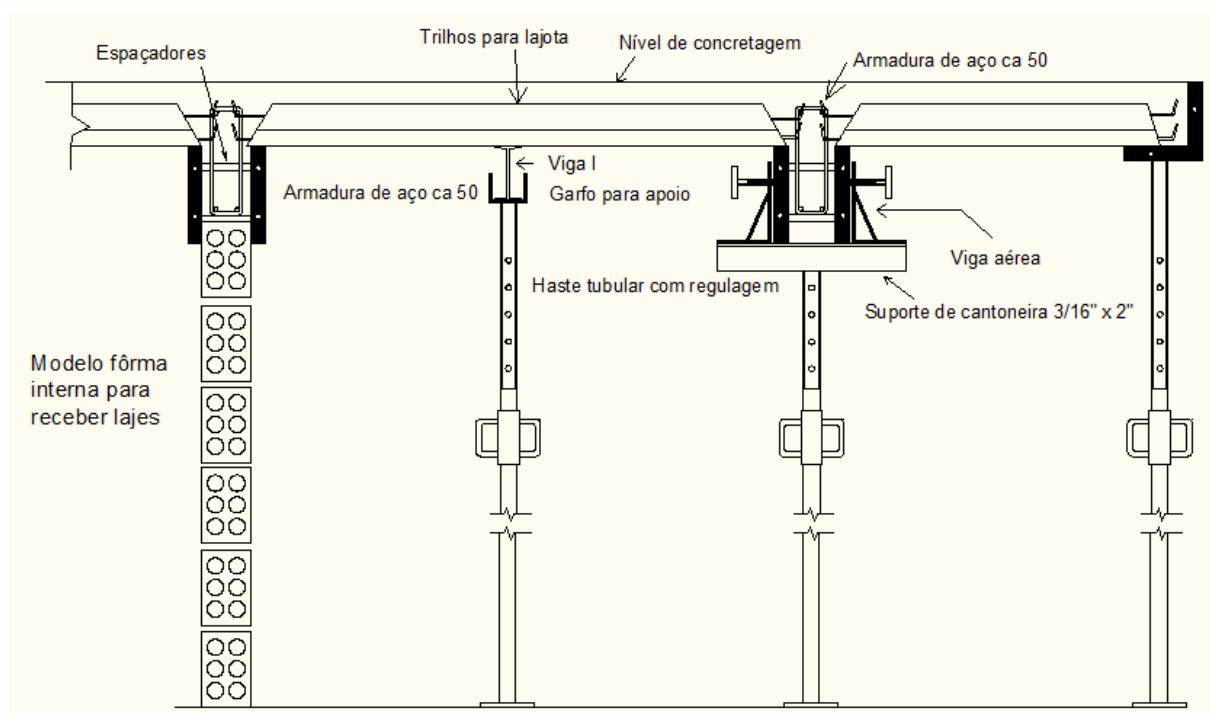
Para a construção de casas com laje e beiral, as fôrmas metálicas são rebaixadas 12 cm, serão executada com chapa de 18 cm de largura em aço carbono, e soldadas estruturas de cantoneiras laminadas de 1" x 1/8" em sua extremidade para enrijecer as fôrmas. Essa estrutura de cantoneira devem ser furadas para fazer as devidas uniões da fôrma com grapas ou grampos. O rebaixo tem a função de acomodar os trilhos da laje compensando ao nível de concretagem das vigas.

A gravata de reforço será de perfil U com chapa de 2 mm de espessura e 50 mm de largura x 20 mm de abas. As gravatas serão posicionadas em média de 500 a 600 mm ao longo da fôrma dependendo do comprimento total da mesma.

A fôrma da extremidade do beiral será executada com chapas metálica dobradas de 1,5 mm de espessura com as abas de 12 cm também com as devidas gravatas para reforços e cantoneira de laminadas 1" por 1/8".

O fechamento do fundo de vigas aéreas será através de uma chapa plana com furos na lateral e fixado por meios de grampos dobrados, passam através dos furos e com uma manobra de 90° fixa o fundo com processo rápido e simples.

Para casos de vigas aéreas, um fundo de chapas de aço será colocado sob a fôrma através de grampos dobrados e escorado com garfos metálico com parafusos de ajuste nas laterais para manter a fôrma fixa garantindo a dimensão e prumo da fôrma. A Figura 15 modelo de fôrma interna para receber lajes com ou sem beiral mostra bem o sistema.



**Figura 15 – Modelo de fôrma interna para receber lajes com ou sem beiral.**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.8 ACESSÓRIO PARA AS FÔRMAS METÁLICAS

Para um bom funcionamento do sistema de fôrmas é necessário vários elementos que o compõem, é preciso de escoras, grampos, grapas, espaçadores, tensores, garfos e suportes etc.. Foram desenvolvidos alguns desses elementos para melhorar a produtividade no canteiro de obra.

A função das escoras é dar sustentação para as fôrmas, equipamento e trânsito de pessoas e peso do concreto fresco e transmiti-la a um ponto de apoio, solo ou a própria estrutura até a cura total do concreto, podem ser de madeira ou metálico. Para peças feita em aço pode ter um sistema regulável ao qual dispensa o uso de cunhas para ajustes de flecha em uma laje ou vigas.

A função dos grampos é substituir parafusos e porcas e fazer a união de fundos das fôrmas e emendas lineares das mesmas de forma simples e rápida agilizando o processo construtivo.

Assim como os grampos as grapas tem a mesma função de substituir os parafusos nas emendas das fôrmas de forma simples e prática.

Os espaçadores funcionam como um limitador de distância entre uma face e outra de uma viga e proteger o tensor de entrar em contato com o concreto para retira-lo com facilidade para reuso.

A função do tensor é fixar e tencionar a fôrma entre os tijolos ou espaçadores fazendo uma espécie de sanduíche e suportar os esforços causados pelo empuxo do concreto fresco e adensamento mantendo a dimensão do projeto.

Os garfos tem a função de suportar as longarinas que apoia e sustentar os trilhos da laje, elas podem ser feitas de madeira ou metálicas.

O suporte de cantoneira 1.1/2" por 3/16" têm como função fixar mão francesa com parafuso ajustáveis a dimensão da fôrma e dar sustentação e estabilidade para a viga aérea mantendo estáveis durante a concretagem.

O suporte para a fôrma da extremidade do beiral feita com ferro chato de 1/4" x 1.1/2" dobrado para encaixar na fôrma e dar sustentação para suportar o adensamento do concreto fresco.



### **3.9 CUIDADOS COM AS FÔRMAS**

Ao começar a montagem das fôrmas devem passar uma leve camada de desmoldante para evitar a aderência do concreto nas fôrmas. Deve-se aguardar a secagem do desmoldante por 2 horas antes da concretagem, ou conforme orientação do fabricante.

O adensamento do concreto deve ser com hastes ou vibrador evitando batidas na fôrma metálica com martelo afim evitar deformação nas chapas comprometendo o acabamento final e a descaracterização da mesma.

Na desmontagem elas devem ser manuseadas corretamente, retirando-as com cuidado para não amassarem, garantindo dessa forma vários reuso sem que perca sua característica.

Ao desmontar, as formas devem ser limpas e empilhadas de modo a facilitar a próxima montagem colocando-as de forma que não fiquem em falso ou propício a causar acidentes.

### **3.10 PROTÓTIPO FABRICADO DA FÔRMA METÁLICA**

Para melhor entender as peças que compõem as fôrmas metálicas, foi desenvolvido um pequeno protótipo para a visualização dos elementos de união das mesmas, como tensores, grampos, grapas e espaçadores.

O protótipo construído com 700 mm de comprimento e 300 mm de largura. Foi desenvolvido com chapas número 16, dobradas, que equivalem a 1,52 mm de espessura em aço ASTM A-36 a qual atende a NBR 8800 (ASSOCIAÇÃO..., 2008). Foram soldadas duas cantoneiras laminadas em sua extremidade com dois furos de diâmetros 10 mm. Estes furos permitem a união da peças, por meio de grapas ou grampos e com isto aumentar o tamanho das fôrmas. O detalhe da cantoneira pode ser visto na Figura 16.

Para adquirir maior resistência e maior durabilidade à confecção das fôrmas do projeto não serão com dobras, e sim com estrutura de cantoneiras laminadas de 1" por 1/8" soldadas em sua volta, as gravatas são feitas com perfil U de chapa aço

carbono 2 mm de espessura por 50 mm de largura e 25 mm de abas para aumentar a resistência. Na Figura 16 é possível observar o protótipo da fôrma sendo confeccionada.



**Figura 16 – Protótipo da fôrma sendo confeccionado.**  
**Fonte: Autoria própria**

O protótipo foi executado com chapas de aço carbono com dobras para enrijecer. Porém, visando melhor desempenho e maior resistência das fôrmas elas será executada com chapas dobradas e sim confeccionadas com estrutura de cantoneira laminadas de 1/8" x 1" equivalem a espessura de 3 mm por 25,4 mm de largura soldadas em volta das chapas (faces). As gravatas de reforço, no protótipo, foi utilizada cantoneira laminada, ela será substituída por perfil U 50 mm por 25 mm em chapa ASTM A36 com 2 mm de espessura para eliminar o calço que mantem o suporte do tensor em mesmo plano. O fundo da chapa confeccionado com chapa lisa, com quatro furos de 5,5 mm de diâmetro compatíveis com os furos das faces da fôrma para fixa-los com grampos 4,2 mm de diâmetro. O fundo e utilizado para vigas aéreas. A Figura 17 mostra como ficou o protótipo da fôrma pronto.

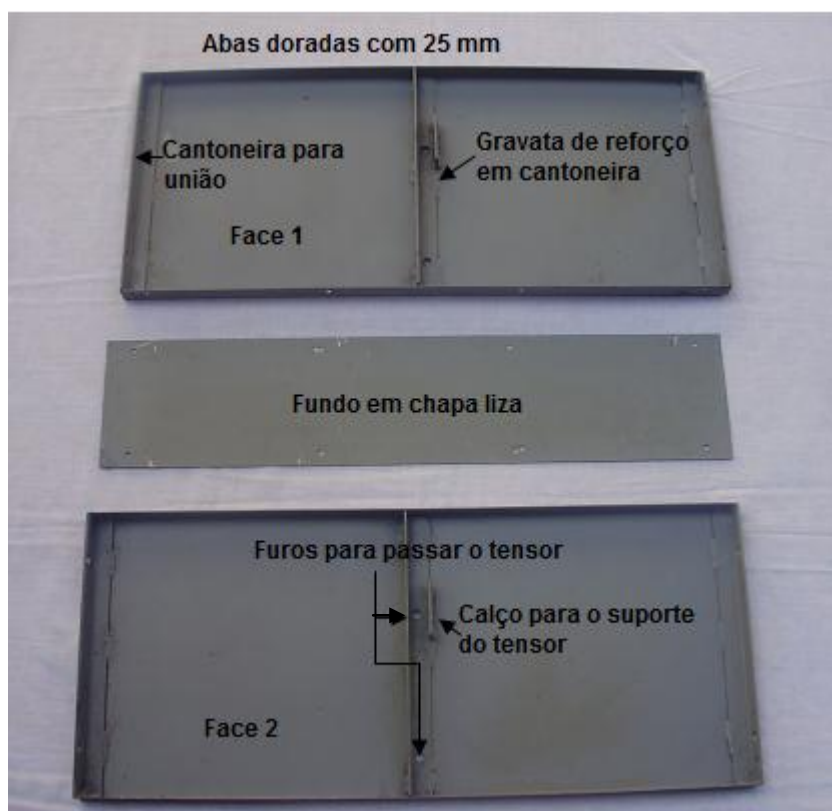


Figura 17 – Protótipo pronto.  
Fonte: autoria própria.

### 3.11 ELEMENTOS DE FIXAÇÃO DAS FÔRMAS

A fôrma foi desenvolvida com intuito de facilitar a montagem e desmontagem, dispensando parafusos para as uniões das mesmas. No entanto, houve a necessidade de desenvolver peças que encaixam perfeitamente nas fôrmas. Foi desenvolvido então, tensores, grapas e grampos para a fixação das mesmas.

Através de um aplicador de silicone foi desenvolvido um tensor especial para o fechamento das fôrmas, a fim de evitar a utilização de tensores rosqueáveis, arames ou ferro CA 60 4,2 mm dobrados para a montagem das mesmas em forma de sanduíche. Ou seja, o espaçador fica entre as faces da fôrma em mesma direção dos furos, o tensor atravessa os mesmos e mais uma chapa de reforço. Na ponta da haste é inserido um grampo R para que as fôrma seja tencionada, comprimindo as entre o espaçador e os tijolos. Dessa forma o espaçador fica preso em meio ao concreto permitindo a retirada do tensor pós concretagem. Pois, com esse modelo

torna-se a execução do serviço de montagem mais rápido e prático para o fechamento das fôrmas.

### 3.11.1 Desenvolvimento do tensor

O aplicador de silicone trabalha comprimindo o tubo para que o silicone seja expelido para fora. Para o tensor, seu funcionamento é inverso, ou seja, o tensor traciona as duas fôrmas e comprime as entre um espaçador feito de tubo de PVC e a paredes de tijolos. Com isto, as dimensões desejadas são mantidas.

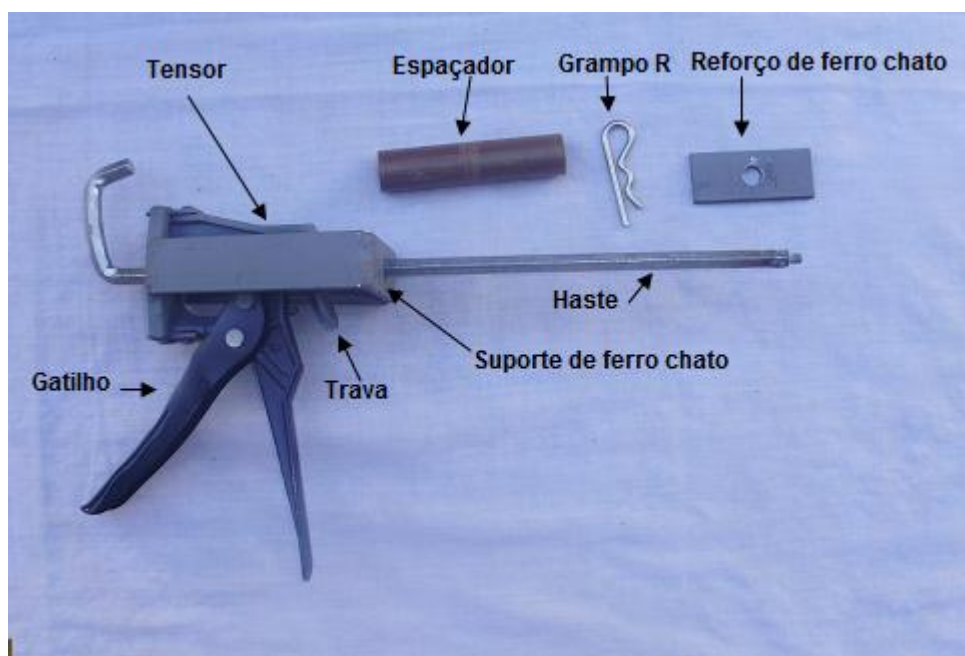
O tensor foi produzido a partir da adaptação de um aplicador de silicone. O mesmo foi cortado e então foi soldado um suporte feito com ferro chato de aço carbono ASTM A36 de 1" polegada por 3/16" para pressionar a fôrma entre os espaçadores e tijolos. A Figura 18 mostra como ficou o protótipo do tensor.



**Figura 18 – Protótipo do tensor**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.11.2 Detalhamento do tensor

A pistola de silicone transformada em um tensor, foi adaptado um suporte de ferro chato ASTM A36, 3/16" x 1" equivale a espessura de 4,75 mm e 25,4 mm de largura a chapa de reforço também foi confeccionada com o mesmo material. O espaçador feito com tubo de PVC tem a função de limitar a largura da fôrma e proteger a haste do tensor do contato direto com o concreto, facilitando a retirada pós concretagem das fôrmas. O reforço de ferro chato serve para distribuir os esforços em uma área maior sobre as gravatas não ficando em um ponto localizado próximo ao furo. O grampo R substitui a porca, na ponta da haste permitindo um trabalho mais rápido de execução. O gatilho faz com que o tensor traciona as faces das fôrmas comprimindo-as entre o espaçador e os tijolos, a trava faz com que ao apertar o gatilho do tensor mantem o esforço sem retornar, para que o esforço seja liberado, puxa a trava facilitando a retirada do grampo a Figura 19 detalhamento do tensor.



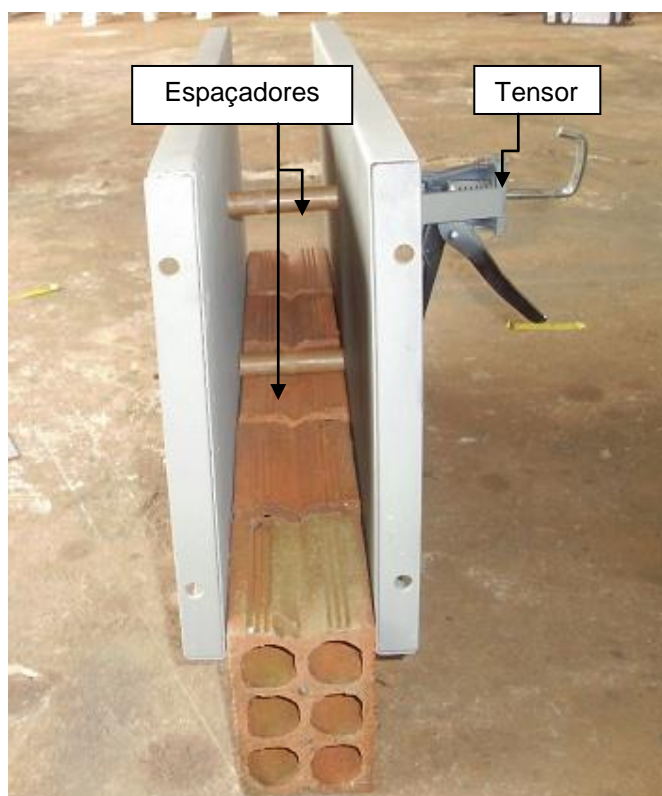
**Figura 19 – Detalhamento do tensor**  
Fonte: Autoria própria

### 3.11.3 Função do espaçador

Os tensores são peças reutilizáveis, podendo ser usados por várias vezes. Portanto, há necessidade de utilizar espaçadores o qual depois de feita a concretagem fica preso em meio ao concreto deixando os tensores livres para serem retirados. Os espaçadores são feitos de tubo de PVC de 20 mm, são cortados com 9cm de comprimento, sendo a largura do tijolo de 6 furos assentado em pé. O tensor atravessa as fôrmas passando pelo espaçador e na ponta da haste e colocado um ferro de reforço em sequencias e inserido um grampo R.

O espaçador limita a largura do vão de concretagem das fôrmas padronizando a geometria das vigas ou pilares aumentando a qualidade, sendo bem mínima a variação de medidas. Além do mais, permite a retirada do tensor com facilidade pós endurecimento do concreto.

A Figura 19 espaçador feito de tubo 20 mm de PVC mostra como fica dentro da fôrma.

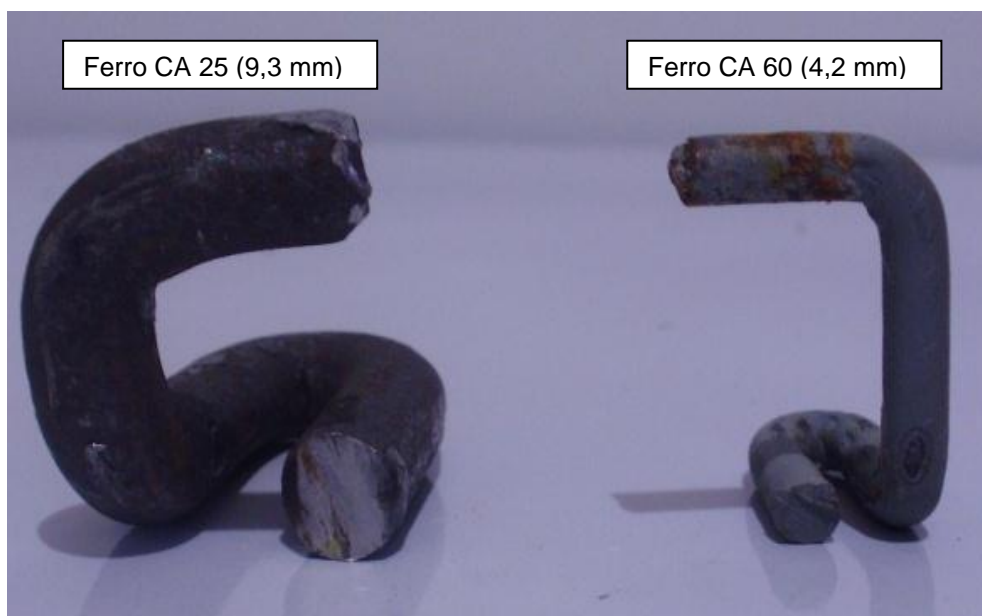


**Figura 20 – Espaçadores feito de tubo 20 mm de PVC**  
Fonte: Aatoria própria

### 3.11.4 Confeção dos grampos

O grampo tem a função de substituir parafuso e porcas na montagem das fôrmas, são utilizados nas emendadas das mesmas ou para a fixação do fundo para vigas aéreas. Esses elementos de fixação agilizam a montagem das fôrmas e desforma devido a simplicidade de manusear, sem a necessidade de ferramentas especiais. São encaixados nos furos e com as garras prendem as cantoneiras ou chapas em U.

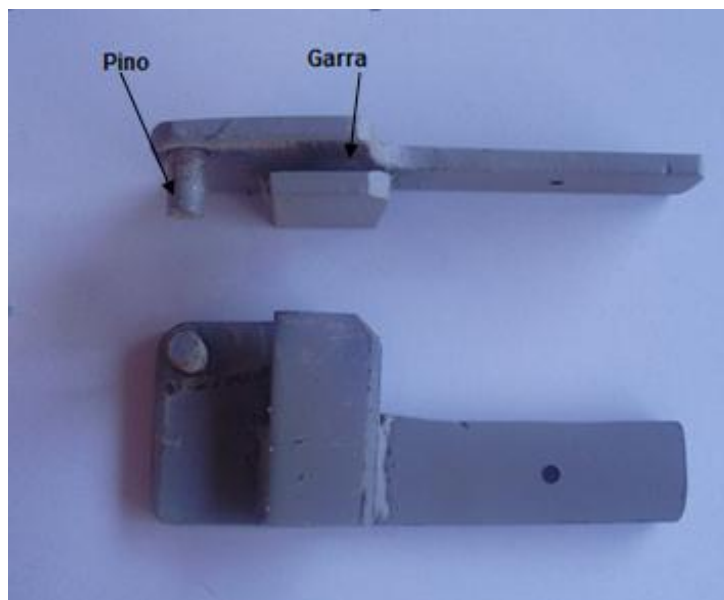
Para confeccionar os grampos foram utilizados 110 mm de ferro CA 25 com (3/8") equivale a 9,3 mm de diâmetro, foi executado duas dobras de 90° graus uma perpendicular a outra e uma com 180° formando um U para ancorar as cantoneiras da extremidade da fôrma. Para os grampos de 4,2 mm, foram utilizado 9 cm de ferro CA 60, os mesmos será utilizado para a fixação do fundo da fôrma. A figura 21 mostra os grampos confeccionado.



**Figura 21 – Grampo para ancoragem das fôrmas.  
Fonte: Autoria própria**

As grapas são outro dispositivo desenvolvido para fazer a junção das fôrmas. Elas podem ser utilizadas na substituição dos parafusos. As grapas apresentam um

pino perpendicular em sua extremidade e uma garra perpendicular ao pino, soldada em uma chapa de aço de ASTM A-36, 6.35 mm de espessura. A grapa faz a união das fôrmas, através dos furos feito nas cantoneiras soldadas nas extremidades. A Figura 22 mostra grapas com seus pinos e garras.

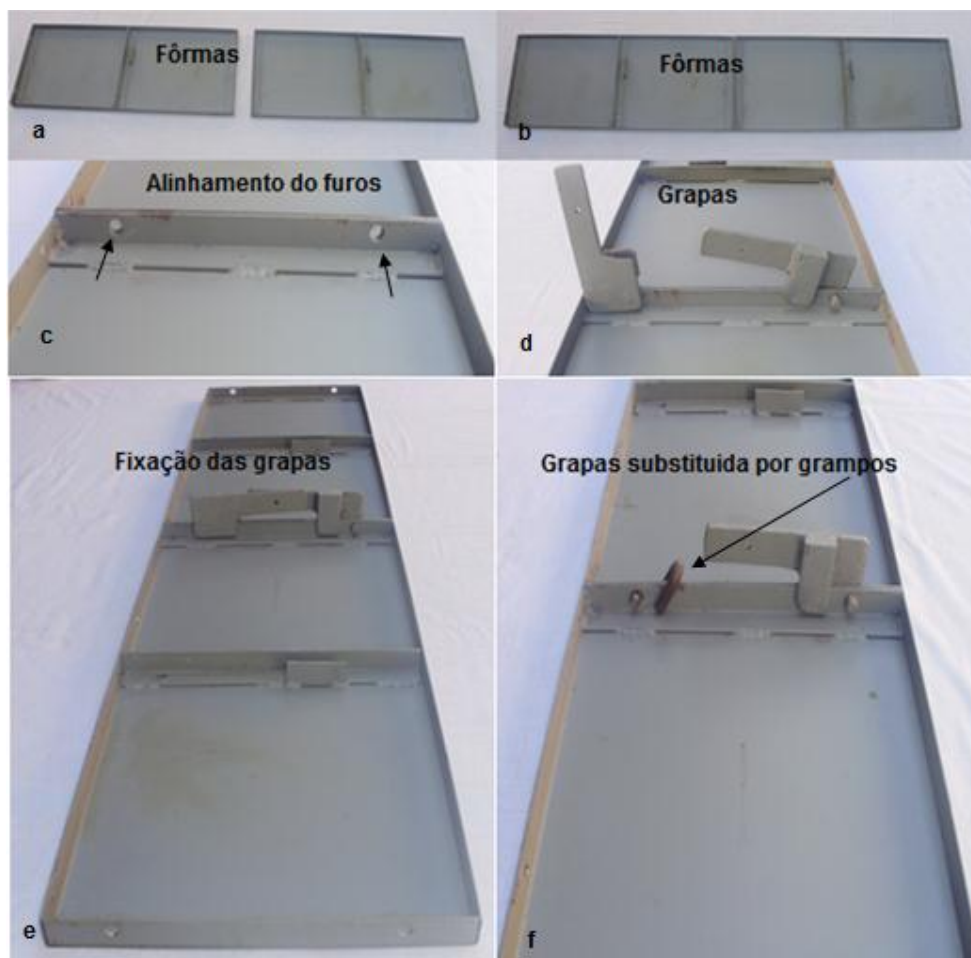


**Figura 22 – Grapas com seu pino e garra**  
**Fonte: Aatoria própria**

### 3.11.5 Emenda da fôrma

As cantoneiras soldadas nas extremidades das Fôrmas metálicas, além de reforçar, servem para fazer as emendas com grampos ou grapas das mesmas. O passo a passo da montagem é explicado a seguir. Deve-se aproximar uma fôrma da outra como mostra a Figura 23a. Posteriormente, encosta-se uma face da cantoneira na outra (Figura 23b) e faz-se o alinhamento perfeito dos furos de duas cantoneiras (Figura 23c). Em sequencia insere o pino da grapa nos furos das cantoneiras mostrado na Figura 23d, Após as mesmas inseridas, são pressionadas em sentido das cantoneiras e as garras das grapas à comprimem fixando as emendadas das fôrmas como pode ser observado na Figura 21e. As fôrmas podem ser fixadas por grampos ou por grapas (Figura 23f). A Figura 23 mostra o passo a passo de montagem da emenda das fôrmas.





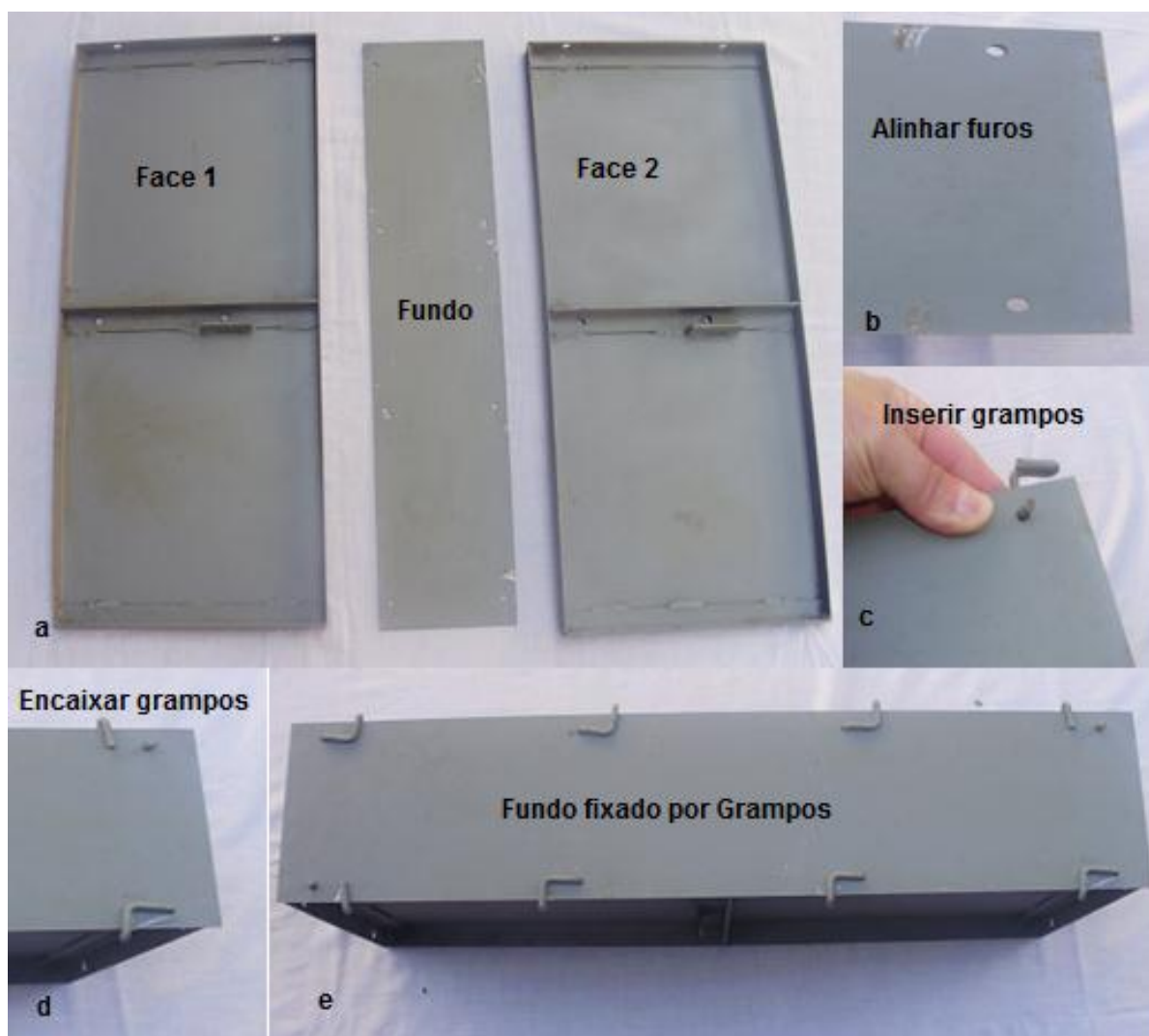
**Figura 23 – Passo a passo de montagem da emenda das fôrmas**  
**Fonte: Autoria própria**

Para caso de vigas aéreas foi feito um fundo de chapa lisa com furos compatíveis com os das abas laterais das fôrmas para ser fixados. Essas uniões são feitas por meio de grampas adequados a esse sistema eliminando parafusos. Os grampos passa pelos furos do fundo e da aba da fôrma, e com uma simples manobra a garra do grampo prendem o fundo com as laterais da como mostra a Figura 22 como fundo fixado por meios de grampos.



**Figura 24 – Fundo fixado por meio de grampos**  
**Fonte: Autoria própria**

Para melhor entender o funcionamento do protótipo, foi realizado um passo a passo do processo de montagem. As etapas de montagem para o fundo de forma são mostradas na Figura 25. O protótipo possui três peças fundamentais em sua composição, as laterais, face 1 e face 2 e a chapa do fundo como pode ser vista na Figura 25a. As bordas das fôrmas e o fundo possuem furos para encaixe dos grampos. Coloca-se o fundo com os furos alinhados como mostra a Figura 25b. Depois de feito isso, insere-se o pino do gancho aos furos como pode ser observado na Figura 25c. Posteriormente fazer um movimento em ângulo de 90° com o U do gancho em direção as bordas da fôrma (Figura 25d). Repete-se a operação sucessivamente em todos os furos. Depois que todos os grampos foram encaixados na fôrma, com um auxílio de um martelo de uma leve martelada nos mesmos para certificar de que estão realmente fixos (Figura 25e). Para desmontar basta fazer a operação inversa.



**Figura 25 – Passo a passo da montagem do fundo da fôrma**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.11.6 Utilização do tensor

O tensor é utilizado para fixar as fôrmas e resistir o esforço de empuxo do concreto, trabalha em conjunto com o espaçador, principal responsável por manter a largura do vão de concretagem das fôrmas.

Para melhor entender o funcionamento do protótipo do tensor, foi realizado um passo a passo de como utiliza-lo para o fechamento da fôrma. Ao montar a fôrma coloca-se o espaçador em direção aos furos como mostra a Figura 26a. O tensor é colocado no furo da fôrma juntamente com o espaçador como apresentado na Figura 26b. A haste atravessa as faces da fôrma conforme a Figura 26c. Depois

de colocado a haste do tensor passado pelas as duas laterais das fôrmas, em seguida passa um ferro chato de reforço como visto na Figura 26d. Posteriormente o grampo R é inserido no furo na ponta da haste como mostrado na Figura 26e. Depois de todo o procedimento realizado, aperta o gatilho até que as faces da forma estejam totalmente tencionadas, ou seja, encostadas no espaçador como a figura 26f. A Figura 26 mostra o passo a passo para a colocação do tensor e o procedimento para a montagem.



**Figura 26 – Passo a passo para colocação do tensor**  
Fonte: Autoria própria

Para soltar o tensor, puxa-se a trava e com um leve aperto no gatilho empurra-se a haste para frente para liberar o grampo R, puxa-se o grampo para fora do furo e o tensor estará pronto para ser retirado como mostra a Figura 27.



**Figura 27 – Passo a passo para retirar o tensor**  
**Fonte: Autoria própria**

Depois que todos os componentes das fôrmas foram confeccionados, houve a necessidade de realizar uma pré-montagem da mesma para visualizar o protótipo final e a união e encaixe de todas as peças. Esta pré-montagem pode ser visualizada na Figura 28.

Aparentemente a fôrma apresentou bom desempenho não apresentando dificuldade na montagem e bem juntas aos tijolos, não deixando frestas para saída de finos prejudiciais para o concreto. O protótipo ficou com quatro centímetros para baixo dos tijolos isso garante a estanqueidade das fôrmas não permitindo a saída de água de amassamento e finos conforme NBR 14931 (ASSOCIAÇÃO..., 2004). Dessa forma apresentará um bom desempenho das fôrmas.



**Figura 28 – Pré-montagem da fôrma sobre tijolos**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.12 CUSTO FINAL DO PROTÓTIPO

Para produzir o protótipo e alguns dos elementos de fixação dos mesmos, foram gastos os seguintes materiais: chapas de aço carbono nº 16, cantoneiras laminadas 1/8" x 1", ferro chato de 1/4" x 2" ferro redondo 3/8" ferro 4,2 CA 60 pistola de aplicar silicone e miscelânea: (eletrodos, discos de policorte e tintas) conforme mostra a Tabela 4 custos dos materiais utilizados.

**Tabela 4 – custos dos materiais utilizados**

Materiais	Preços
Chapa preta nº 16 700 x 700 mm	R\$ 60,00
Cantoneira laminada 1"x 1/8" 1200 mm	R\$ 6,00
Ferro chato 1/4" x 2" 500 mm	R\$ 4,00
Ferro redondo 3/8" 200 mm	R\$ 3,00
Ferro 4,2 CA 60 600 mm	R\$ 1,00
Pistola aplicador de silicone	R\$ 20,00
Miscelânea eletrodo, disco, tinta	R\$ 20,00
<b>Total de materiais</b>	<b>R\$ 114,00</b>

**Fonte: Autoria própria**

Realizado um estudo preliminar do valor da mão-de-obra, baseado no salário mensal, onde foram gastos 08 horas trabalhadas. Foram somados todos os valores como Salário bruto, décimo terceiro, férias, vale alimentação.

Onde:

Salário bruto

Vale alimentação

13° salário = (salário/12)

1/3 sobre férias = (salário / 3 / 12meses)

Valor de uma hora trabalhada = salário bruto + 13° salário + férias + vale alimentação ÷ 220 horas mês

O custo da hora de mão de obra para a confecção do protótipo e de R\$ 14,07 conforme mostra a tabela 5 custo de uma hora trabalhada.

**Tabela 5 – Custo de uma hora trabalhada**

Descrição	Valor bruto	1/3 sobre Férias	Quantidade de mês	Horas/mês	Valor/hora
Salário bruto	R\$ 2.560,00				R\$2.560,00
1/3 sobre Férias	R\$ 2.560,00	3	12		R\$ 71,11
Décimo terceiro salário	R\$ 2.560,00			220	R\$ 213,33
Vale alimentação	R\$ 250,00				R\$ 250,00
Total do valor mensal					R\$ 3.094,44
Custo unitário de 1 hora					R\$ 14,07

**Fonte: Autoria própria**

Para produzir o protótipo e os elementos para a montagem obteve um custo de R\$ 226,56, porém esse custo é estimado e não sendo o custo real. A tabela 6 mostra custo estimado do protótipo.

**Tabela 6 – Custo estimado do protótipo**

Descrição	custo da hora	total
Horas de trabalho 8	R\$ 14,07	R\$ 112,56
Custos dos materiais		R\$ 114,00
Custo total do protótipo		R\$ 226,56

**Fonte: Autoria própria**

Para a confecção de um protótipo com as mesmas dimensões utilizando pinho de terceira qualidade, a tábua de 30 cm por 2,5 cm custa R\$ 8,00 os metros além das tábuas são necessários outros materiais como pregos, ripas, arames ou ferro CA 60 4,2 dobrados para montar a Tabela 7 mostra o custo de um protótipo de madeira.

**Tabela 7 – Custo de um protótipo de madeira**

CUSTO DO PROTÓTIPO DE MADEIRA					
Descrição	Quantidade	Custo Unitário		Valor	
Tábua de pinho de 3ª de 30 x 25 cm	2	R\$	8,00	R\$	16,00
Ripa de 5 x 2.5 cm	2	R\$	1,40	R\$	2,80
Miscelâneas: arames, pregos, ferro 4,2		R\$	6,00	R\$	6,00
Mão-de-obra Carpinteiro	2	R\$	7,95	R\$	15,90
Custo total do protótipo				R\$	40,07

**Fonte: Aatoria própria**

Considerando o custo do protótipo de fôrma metálica e o custo de um protótipo do mesmo tamanho feito com madeira, para a construção de uma única casa, não é viável. Porém, para as construções de casas em série as fôrmas metálicas são viáveis, pois a mesma dá um acabamento a superfície do concreto com melhor qualidade. Além do mais, a montagem e desmontagem ganha tempo o que favorece para um rendimento maior do processo construtivo. Outra vantagem da fôrma metálica é que pode ser reutilizadas por muitas vezes sem perder suas características quando usada corretamente.

A comparação realizada foi através dos custos dos materiais utilizados e uma pesquisa preliminar do preço da madeira realizada em duas lojas de materiais de construção, na cidade de Campo Mourão – PR, as quais passaram o mesmo custo da madeira. Porém, não é um estudo aprofundado somente para ter atributos comparativos para viabilidade das fôrmas metálicas substituindo fôrmas de madeira para construção de casas em série.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planta baixa é de extrema importância, através dela que se obtêm as informações necessárias para que possa executar o projeto, compatibilizando todos os elementos, furação das peças e peças a ser utilizadas, facilitando o processo de montagem na obra. Através da planta que é possível definir o comprimento das fôrmas, o tipo de emendas, pilares, a localização das fôrmas e os demais projetos.

A madeira está ficando cada vez mais escassa no país, embora muito utilizadas em obras, tem seu uso restrito a uma ou duas vezes e posteriormente são descartadas. As construtoras consomem grande parte dessa madeira, como consequência geram muitos resíduos nos canteiros de obras, além do mais, são inflamáveis, deforma com variação brusca de umidade, pouca resistência nas emendas, seu descarte é restrito pois poucos lugares recebem madeiras provenientes das obras. A madeira tem seu uso mais difundido devido a baixa complexidade da mão-de-obra, fácil treinamento, as ferramentas de fácil operação, e as fôrmas são ajustável na obra.

As casas populares geralmente são executadas com a mesma geometria e tamanho, as fôrmas metálicas de acordo com o projeto, podem substituir perfeitamente a madeira eliminando os resíduos no canteiro de obra, deixando mais espaço onde pode ser utilizado para estoque de materiais. Além do mais, elimina riscos eminentes de perfuração por pregos no trabalho.

As fôrmas metálicas para concreto, feitas de acordo com o projeto, são fáceis de montar, pois elas são fabricadas de acordo com o comprimento da parede e com as cantoneiras furadas em suas extremidades, as emendas são compatíveis com as fôrmas dos pilares e vigas nível zero e nível um. Pois as fôrmas serão unidas com sistema simples de montagem por meio de grapas ou ganchos que são inseridos nos furos e com uma manobra perpendicular as garras abraçam as cantoneiras unindo-as e deixando sem a necessidade de utilizar parafusos e borboletas tornando o serviço rápido e eficaz.

A montagem e desmontagem são simples e rápida utilizando sistema de engate simples com auxílio de um martelo agilizando o processo construtivo, pode ser utilizado por diversas vezes sem perder sua característica se manuseada

corretamente. Melhor acabamento da superfície do concreto utilizando desmoldante corretamente. Com as fôrmas padronizadas, as casas serão executadas com mesma geometria obedecendo mesmo padrão das fôrmas gerando mais qualidade e economia no acabamento.

Apesar das fôrmas metálicas terem várias vantagens elas têm algumas restrições quanto ao seu uso. As paredes devem ser bem aprumadas e as dimensões de projeto respeitadas, pois, é inviável fazer ajustes das fôrmas metálicas na obra.

Outra desvantagem das fôrmas metálicas é o adensamento do concreto; na madeira o pedreiro quando não se dispõe de vibrador utiliza o martelo para dar pancadas nas fôrmas para vibrá-las e o concreto adensar. As marteladas na fôrma metálica para adensar o concreto, deformam a fôrma comprometendo-a para usos posteriores.

As grapas e grampos substituem parafusos e porcas e pregos. Funcionam como engate rápido sua simplicidade de manuseio agiliza a montagem das fôrmas. Não necessita de ferramentas especiais; um simples martelo serve como auxílio para montagem das mesmas. Facilita a desforma e pode reutilizar todo o conjunto da fôrma por muitas vezes.

O tensor desenvolvido através de um aplicador de silicone pode ser um avanço na tecnologia da construção civil em casas populares, devido ao fato que os tensores mais comuns para esses fins são feitos com arames recozidos e retorcidos, ferro CA60 4,2mm dobrados e tencionados dificultando a realização do trabalho. Porém, esse sistema nem sempre são bem sucedidos na aplicação podendo abrir na concretagem devido ao esforço de empuxo do concreto, barras de ancoragem e borboletas rosqueáveis esses são mais eficientes muito utilizados em obra de grande porte.

O novo tensor, é de fácil operação, pode ser reutilizado por várias vezes se usado corretamente, basta passar pelo orifício feito na gravata e separado por espaçador para proteger a haste do tensor e pressionar o gatilho até estar completamente presas entre os tijolos e espaçadores.

Com o bom desempenho dos tensores desenvolvidos, eliminam arames recozidos retorcidos e ferros CA 60 com diâmetro 4,2 mm, os tensores propostos para fechamento das fôrmas. Também pode ser utilizado em fôrmas de madeiras. Além do mais, os tensores são reutilizáveis, podendo ser utilizados por várias vezes

se usado corretamente, utilizando espaçadores para deixar livres para serem retirados.

O espaçador é confeccionado através de tubo de PVC cortados com o comprimento na largura do tijolo para esse caso 9 cm, com a função de proteger o tensor do concreto para ser retirado com facilidade e manter a geometria uniforme da fôrma.

É possível fabricar fôrmas metálicas para construção de casas populares quando as mesmas seguem a igualdade na geometria. Além do mais, as fôrmas empregadas agilizam a execução diminuindo o tempo gasto pela mão-de-obra e prazo de entrega da obra.

Com a utilização das fôrmas metálicas na construção de casa populares em série, a obra será limpa sem resíduo de madeiras descartados, livrando mão de obra para limpeza, frete e custos com local apropriado para descarte.

Como foi mostrado neste trabalho o uso de fôrmas metálicas em construções em série é mais ágil, com bastante reuso, economizando o tempo na execução de fôrmas e desformas, e a conservação da geometria da estrutura evitando espessuras grossas no acabamento da parede.

Sugestões para trabalhos futuros:

Analisar o protótipo do tensor em de laboratório para saber quanto de tensão ele suportaria e também quantos uso ele é capaz de suportar sem perder suas características.

Estudo mais aprofundado quanto ao custo das fôrmas e a viabilidade para execução de casas em série.

## BIBLIOGRAFIA

ALVES, José D. **Manual de tecnologia do concreto**. 3. ed. rev. Goiânia: Editora da UFG, 1993.

ALMEIDA, Luiz Carlos, **Notas de Aula, Estruturas IV- concreto armado**. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas. 2002.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle Tecnológico Básico do Concreto**. Universidade estadual Paulista. Ilha Solteira. 2002. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas>>. Acesso em 25 fev. 2014, 17:30.

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi; **Sistema De Formas Para Estrutura De Concreto**. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736\\_construcao%20](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20)>. Acesso em 13 out. 2013, 23:48.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**: elaboração: Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR-14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento**: Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR-14931: Execução de estruturas de concreto-Procedimento**: Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR-15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR-8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro. 2008.

ARAÚJO, Tereza Denyse P. de; **Notas de Aula, construção de Edifícios I Concreto Armado**. Universidade Federal do Ceara, Departamento de Engenharia. 2003.

BARROS, Mercia Maria S.; Bottura e Melhado, Silvio Burrattino. **Recomendações Para A Produção De Estruturas De Concreto Armado Em Edifícios**. São Paulo 1998, disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00004.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf)>. Acesso em: 06 nov.2012, 00:36.

BELLEI, Ildony Heli, **Edifícios industriais em aço projeto e calculo**. 6ª edição. Ed. PINI, 2010.

FERRAZ, Henrique. O Aço na Construção Civil, **Revista Eletronica de Ciência**, São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, 1995. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_22/aco.html](http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_22/aco.html)>. Acesso em: 27 de fev. 2014.

METAX, **Manual de especificação técnica**, Formas Metálicas. Disponível em: <<http://www.logismarket.ind.br/ip/metax-formas-metalicas-manuais-especificacoes-tecnicas-546464.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. 2014.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais** – São Paulo: IBRACON, 2008.

MOLITERNO, Antonio. **Escoramentos, cimbramentos, fôrmas para concreto e travessias em estrutura de madeira**. São Paulo: E. Blucher, 1989.

Notas de aula. **Fôrmas Elementos de Concreto Armado**, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Disponível em: <<http://www.uepg.br/denge/aulas/formas/Formas.doc>>. Acesso em: 28 de Nov. 2013.

PANNONI, Fabio Domingos; **Aços Estruturais**. Disponível em: <<https://www.gerdau.com.br/arquivos-tecnicos/12.brasil.es-ES.force.axd>>. Acesso em: 13 de mar. 2014.

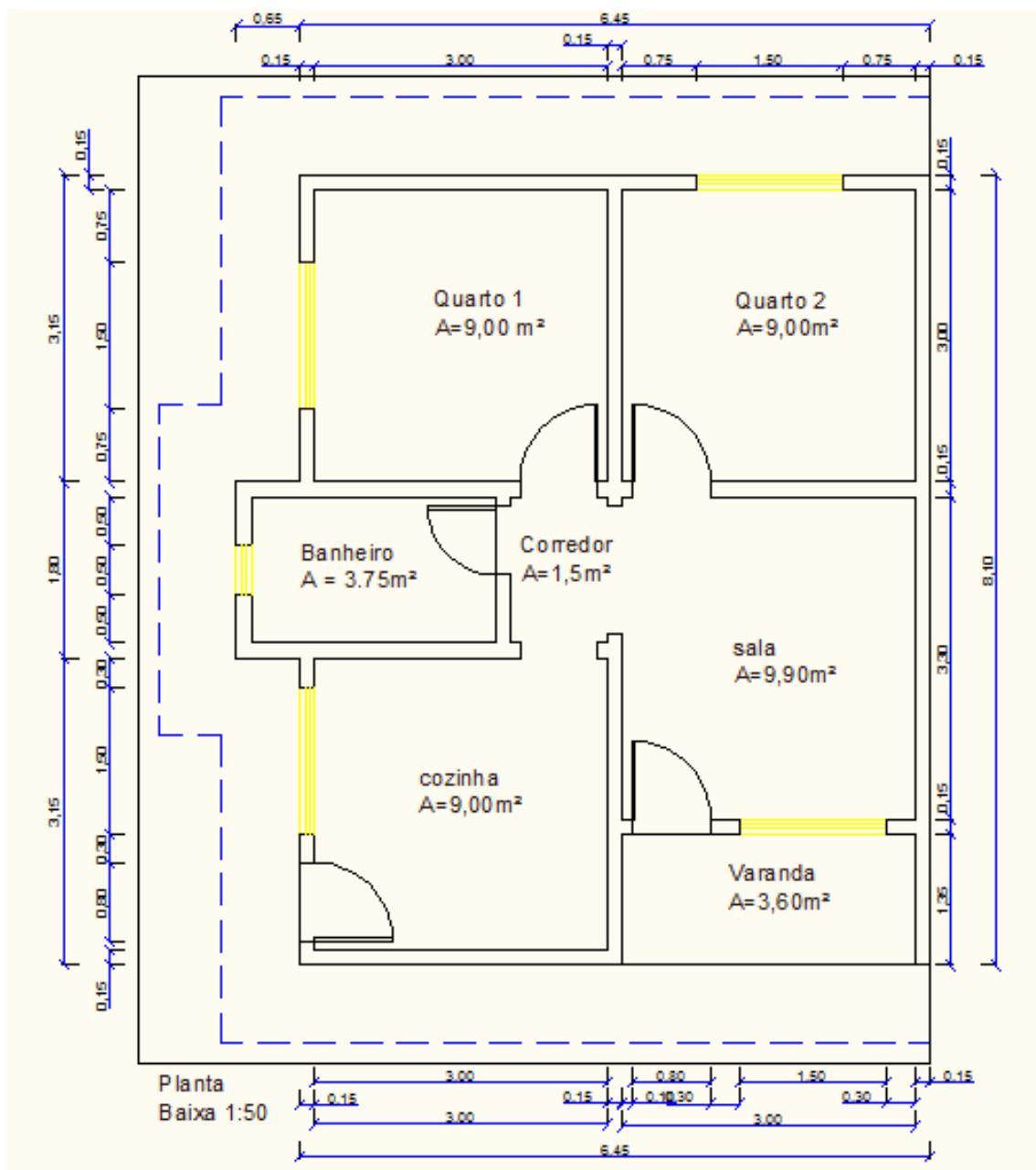
PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 13 edição, Editora Globo, São Pulo,1998.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de Construção**. 11 ed. São Paulo: Globo, 1998.

Santos, Genivaldo; **Desmoldante MPK-1000 Ficha técnica**. Disponível em: <[http://www.queveks.com.br/?link=produto\\_detalhes&id=22](http://www.queveks.com.br/?link=produto_detalhes&id=22)>. Acesso em 25 de jun. 2014.

SALATIEL, José Renato. **Déficit Habitacional: Brasil precisa de quase 8 milhões de moradias**. Publicado em 14/09/2012. Disponível em: <<http://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/deficit-habitacional-brasil>>. Acesso em: 12 de mar. 2014.

### Anexo 1 Planta baixa arquitetônica para referência das fôrmas.



#### Planta Baixa Arquitetônica

Fonte: Autoria própria

Anexo 1 Planta Baixa Arquitetônica

Calculo do perímetro:

Fórmula

$P = n \text{ seguimento}$

$$P = (3 \times 8,04) + (8 \times 3,06) + (2 \times 3,71) + 1,56$$

$$P = 24,12 + 24,48 + 7,42 + 1,56$$

$$P = 57,58$$

O projeto arquitetônico contém 53,26 m<sup>2</sup> de área e 57, 58m de perímetro.