

Monografia

FÔRMAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS APLICAÇÕES

Autor: Carlyne Pomi Diniz Costa

Orientador: Prof(a).Sidnea Eliane Campos Ribeiro

2014

FÔRMAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS APLICAÇÕES

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil

da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof(a). Sidnea Eliane Campos Ribeiro

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2014

C837f Costa, Carlyne Pomj Diniz.
Fôrmas para construção civil e suas aplicações [manuscrito] / Carlyne Pomj Diniz Costa. – 2014.
96 f., enc.: il.

Orientador: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.

Monografia apresentada ao Curso Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: 94-96.

1. Materiais de construção. I. Ribeiro, Sidnea Eliane Campos.
II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.
III. Título.

CDU: 691

A minha família pelo apoio, carinho e dedicação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	21
3.1 <i>Definições Gerais Sobre Sistema de Fôrma</i>	21
3.2 <i>Características Básicas das Fôrmas</i>	22
3.2.1 Rigidez	23
3.2.2 Estaqueidade	23
3.2.3 Durabilidade.....	23
3.2.4 Resistência mecânica à ruptura.....	24
3.2.5 Reatividade química.....	24
3.2.6 Baixa aderência do concreto.....	25
3.2.7 Estabilidade	25

3.2.8	Baixa absorção de água	25
3.3	<i>Classificação dos Sistemas de Fôrma</i>	26
3.3.1	Sistema convencional de fôrma de madeira	26
3.3.1.1	Materiais utilizados no sistema de fôrma de madeira	27
3.3.1.2	Estudo sobre sistema de madeira.....	31
3.3.2	Sistema de fôrma metálica	36
3.3.2.1	Caracterização do sistema metálico	36
3.3.2.2	Vantagens e desvantagens do sistema metálico	37
3.3.2.3	Viabilidade do sistema metálico.....	38
3.3.2.4	Principais sistemas de fôrma metálica modulares para construção civil	40
3.3.2.4.1	Fôrma TOPEC SH	40
3.3.2.4.2	Fôrma Concreform SH	42
3.3.2.4.3	Fôrma Lumiform SH.....	44
3.3.2.4.4	Fôrma SL 2000 Mills	47
3.3.2.4.5	Fôrma Deck Light.....	49
3.3.2.4.6	Fôrma Easy- Set Mills	52

3.3.2.4.7 Fôrma RECUB - Ulma.....	55
3.3.3 Sistema fôrma mista	56
3.3.3.1 Cimbramentos.....	56
3.3.4 Sistema de fôrma tipo Mesa Voadora.....	58
3.3.4.1 Procedimento executivo.....	60
3.3.5 Sistema fôrmas Deslizantes.....	61
3.3.5.1 Procedimento executivo.....	64
3.3.6 Sistema de fôrmas Trepantes.....	65
3.3.6.1 Procedimento executivo.....	66
3.3.7 Sistema de fôrma híbrido	69
<i>3.4 Análise para Escolha do Sistema à Ser Empregado</i>	<i>69</i>
3.4.1 Projeto estrutural.....	69
3.4.2 Cronograma de obras	70
3.4.3 Porte do empreendimento	70
3.4.4 Acabamento superficial.....	70
3.4.5 Disponibilidade de materiais e equipamentos.....	71

4. ESTUDO DE CASO	72
4.1 Apresentação da Obra	72
4.2 Escolha do sistema Metálico.....	73
4.2.1 Atraso.....	74
4.2.2 Espaço reduzido no canteiro de obras.....	74
4.2.3 Contratação de funcionários qualificados	75
4.2.4 Descarga de material	75
4.2.5 Limpeza	75
4.2.6 Número de pavimentos	76
4.3 Estudo Orçamentário Sistema Metálico x Sistema de Fôrma de Madeira	76
4.3.1 Pavimentos do subsolo (lajes nervuradas)	77
4.3.2 Pavimentos tipo (lajes/paredes/pilares)	80
4.4 Processo Executivo.....	82
4.4.1 Desenvolvimento de projetos	82
4.4.2 Execução do teto do 4º subsolo.....	85
4.4.3 Execução do teto do 2º subsolo.....	89

5. CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Subsistemas e seus componentes.....	32
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico custo da estrutura de empreendimentos	24
Figura 2: Madeira Serrada	28
Figura 3: Folha de compensado resinado.....	29
Figura 4: Folha de compensado plastificado	30
Figura 5: Tipos de pregos	31
Figura 6: Subsistema de fôrma de laje	33
Figura 7: Subsistema de fôrma de pilar	34
Figura 8: Subsistema de fôrma de viga	35
Figura 9: Procedimento para montagem da fôrma TOPEC SH	41
Figura 10: Detalhe dos componentes principais do sistema Concreform	43
Figura 11: Utilização do sistema para paredes e pilares	44
Figura 12: Sistema Lumiform SH e seus componentes.....	46
Figura 13: Sistema Mills SL 2000 e seus componentes	49
Figura 14: Diferentes tipos de escoras utilizadas no sistema	50

Figura 15: Sistema Deck Light montado	51
Figura 16: Escora drophead armada(esq.) e desarmada (dir.)	52
Figura 17: Sistema Easy-Set	54
Figura 18: Montagem do sistema RECUB	56
Figura 19: Montagem de cimbramentos	57
Figura 20: Sistema de mesas voadoras.....	58
Figura 21: Procedimento executivo mesas voadoras	61
Figura 22: Execução de torres de água com sistema deslizante	63
Figura 23: Sistema de fôrma deslizante.....	65
Figura 24: Execução de torres com fôrmas trepantes	66
Figura 25: Procedimento executivo do sistema de fôrmas trepantes	68
Figura 26: Perspectiva do edifício ABC	73
Figura 27: Projeto de pilares	83
Figura 28: Projeto de paredes.....	84
Figura 29: Projeto das lajes dos subsolos	85
Figura 30: Armadura dos pilares(esq.) e Concreform(dir.).....	86
Figura 31: Detalhe posicionamento das escoras no sistema TOPEC SH	87

Figura 32: Laje e paredes do teto do 4º subsolo	88
Figura 33: Concretagem da laje do teto do 4º subsolo	88
Figura 34: Laje forrada (pé-direito duplo) vista de baixo.....	89
Figura 35: Montagem da laje do teto do 2º subsolo (pé-direito duplo).....	90
Figura 36: Colocação das cubetas plásticas da laje do teto 2º subsolo	91
Figura 37: Posicionamento das armaduras sobre as cubetas (2ºsubsolo)	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo financeiro entre fôrmas para pilares e paredes.....79

Tabela 2: Comparativo financeiro entre fôrmas para lajes.....80

Tabela 3: Comparativo financeiro entre fôrmas para pavimento tipo.....82

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

Cm = centímetro

Cm = centímetro quadrado

Km = quilômetro

kN= quilo Newton

Kg = quilograma

H = hora

hh = homem hora

m = metro

m² = metro quadrado

mm = milímetro

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

°C = Grau Celsius

DER-SP = Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo

EPUSP-58 = Escola politécnica da Universidade de São Paulo

FGV = Fundação Getúlio Vargas

LEED = Leadership in Energy and Environmental Design

NBR = Norma Brasileira

PIB = Produto Interno Bruto

TCPO = Tabela de Composição de Preços para Orçamentos

USGBC = United States Green Building Council

RESUMO

As fôrmas são de grande importância para construção civil, pois desempenham funções de moldagem das estruturas de concreto e são responsáveis por resistirem aos esforços do concreto fresco como peso próprio e sobrecargas acidentais, antes que o mesmo se torne autoportante. O trabalho desenvolvido tem como objetivo apresentar um estudo sobre sistemas de fôrmas e escoramentos metálicos para estruturas de concreto armado disponíveis no mercado nacional. Serão apresentados dados como materiais utilizados, procedimentos de execução, especificidades, finalidades e particularidades de cada tipo de sistema de fôrma existente, incluindo apresentação de um estudo de caso.

Palavras Chaves: Fôrmas reutilizáveis, tecnologia da construção, inovação em processos construtivos.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil, principalmente em Minas gerais, é muito tradicionalista, sendo difícil inserir nesse mercado novos produtos e processos. A tecnologia de fôrmas teve início na década de 60 e é amplamente utilizada até hoje, ou seja por mais de 50 anos. (ASSAHI)

O setor da construção busca inovações em seus produtos e processos, de forma a otimizar os custos para maximização dos lucros através da melhoria na produtividade, menor consumo de materiais e maior reaproveitamento dos mesmos. Um exemplo é a utilização de aço cortado e dobrado em uma central de forma a fim evitar, desperdício de ferragem, melhor aproveitamento do espaço no canteiro de obras, bem como menor utilização de mão de obra, visto que, no cenário atual, a mesma é uma parcela importante nos gastos mensais do construtor devido sua valorização com a ascensão do mercado construtivo. (MOREIRA, 2013)

Além de todas as exigências do mercado, está mais frequente a necessidade e incentivos de certificações ambientais, como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), um sistema internacional de certificação e orientações ambientais para as edificações com ao intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e posteriormente a operação, sempre com enfoque na

sustentabilidade. Possui benefícios econômicos, sociais e ambientais, como uso racional e redução dos recursos naturais, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental, e redução, tratamento e reuso de resíduos da construção e operação. (USGBC, 2013)

Devido a maior oferta de fôrmas metálicas no mercado brasileiro e necessidade de atender a nova tendência ambiental, com geração de menos resíduos, é interessante o estudo de fôrmas reutilizáveis, que são sistemas em que há um melhor aproveitamento dos materiais, pois são utilizadas combinações de materiais para atingir esse objetivo, como o sistema Topec, implantado pela empresa SH Fôrmas, o qual consiste em painéis modulares, produzidos com alumínio e compensado, o tornando mais resistente e de fácil manuseio se comparado o convencional de execução de painéis. O sistema, como pode-se observar na prática, gera economia de mão de obra, visto que a produtividade é muito superior do que o sistema convencional, maior aproveitamento dos espaços uma vez que não será necessário a confecções de painéis para as fôrmas, e estrategicamente viável para certificações ambientais, sendo o gasto com madeira e resíduos significativamente menor, devido a alta taxa de aproveitamento do produto. (SH Fôrmas, 2013)

É necessário um estudo mais completo para pesquisar as vantagens de utilização do sistema, visto que atualmente o processo convencional de produção de fôrmas é expressivamente utilizado, muitas vezes devido a falta de conhecimento dos construtores, que levam em conta somente o custo do produto e não de sua

produção global no empreendimento. Novas tecnologias devem ser estudadas a fim de modernizar o setor de construção civil, gerando melhor aproveitamento dos produtos, processos, menor gasto de mão de obra e tornando o setor responsável por 5% PIB brasileiro, ainda mais rentável e sustentável. (FGV, 2011)

2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os principais objetivos específicos da pesquisa desenvolvida neste trabalho são:

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é pesquisar sobre diferentes tipos de fôrmas e suas aplicações, demonstrando as vantagens e desvantagens de suas aplicações a fim de contribuir na escolha do processo a ser adotado.

2.2 Objetivos Específicos

Para se obter o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos:

- Realizar revisão bibliográfica dos tipos de fôrmas existentes junto com os fabricantes;
- Comparar os tipos de fôrmas existentes;
- Comparar o estudo orçamentário do sistema metálico x sistema de fôrma de madeira;

- Pesquisar impactos ambientais dos cenários propostos;
- Estudo de caso do empreendimento All Business Center.

3 REVISÃO DA LITERATURA

As fôrmas são muito utilizadas no setor de construção civil, para dar formato as estruturas de concreto e para suportar o peso próprio, das cargas acidentais e trabalho até que a mesma se torne autoportante. O sistema de fôrma de madeira é o mais antigo processo de confecção de fôrma na construção civil, e apesar das inovações no setor, ainda hoje, é o mais utilizado, principalmente por pequenos construtores. Porém, vários outros materiais e processos surgem no mercado de forma a melhor atender as necessidades das construtoras, cada vez mais em busca de menores prazos e custos, além da pressão por menor geração de resíduos.

3.1 Definições Gerais sobre Sistema de Fôrmas

A fôrmas para construção civil e seus subsistemas possui definição e requisitos especificados em normas. Os quais é preciso seguir a fim de evitar patologias futuras.

As fôrmas são “estruturas provisórias utilizadas para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco até que o concreto se torne autoportante”. (NBR15696:2009)

Escoramentos são “estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne autoportante”. (NBR15696:2009)

Cimbramento é o “conjunto de elementos-suporte que garantem o apoio consistente, indeformável, resistente às intemperes, às cargas de peso próprio do concreto e das fôrmas, inclusive às cargas decorrentes da movimentação operacional, de modo a garantir total segurança durante as operações de concretagem das unidades estruturais.” (DER-SP, 2013)

De acordo com Assahi, pode-se concluir que o sistema de fôrma é o conjunto completo dos elementos que a compõem incluindo a própria fôrma, elementos de cimbramento, escoramento remanescente, equipamentos de transporte, manutenção, etc.

3.2 Características Básicas das Fôrmas

Existem normas que definem as condições mínimas e os requisitos básicos para o desempenho adequado do sistema de fôrma. As normas NBR 14931:2004 e a NBR15696:2009 estabelecem alguns critérios que devem ser respeitados para projetar e executar as fôrmas e escoramento para estruturas de concreto, como:

3.2.1 Rigidez

As fôrmas devem possuir rigidez suficiente para suportar as tolerâncias especificadas em projeto para a estrutura, para que a integridade dos elementos estruturais não seja afetada. O formato, a função e a durabilidade das peças de concreto não devem ser alteradas.

As fôrmas não devem sofrer deformações excessivas, de forma a garantir o nível, posição e dimensões dos elementos de concreto, para que a estrutura não seja afetada.

3.2.2 Estanqueidade

O sistema de fôrma deve ser estanque para garantir que a pasta de cimento existente no concreto não seja perdido durante a concretagem, o que pode gerar o surgimento de agregados miúdos na superfície do concreto. Essa propriedade tem como objetivo impedir a entrada de agentes externos que podem causar corrosão da armadura, diminuição da resistência estrutural e a durabilidade da estrutura, uma vez que o processo de calcinação será facilitado pelas condições da mesma.

3.2.3 Durabilidade

Segundo Nazar, 2007, o custo do sistema de fôrma e escoramento pode representar cerca de 46% (Figura 1) do orçamento de um edifício. Portanto é

interessante que o sistema seja durável e com alto índice de reaproveitamento, a fim de reduzir os custos do construtor pela agilidade na montagem e menor utilização de materiais.

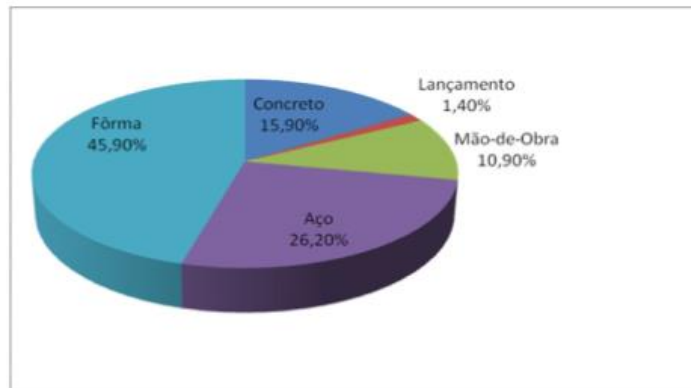


Figura 1: Gráfico custo da estrutura de empreendimentos
Fonte: Nazar, 2007

3.2.4 Resistência mecânica à ruptura

O sistema de fôrmas deve ser capaz de resistir as cargas que possam solicita-lo durante o processo de construção, como ações ambientais, sobrecarga acidental, peso próprio da estrutura, tráfego de pessoas e equipamentos.

3.2.5 Reatividade química

Os materiais utilizados para a confecção de fôrma e desmoldantes devem ser inertes, ou seja, não devem apresentar nenhuma reação química com o concreto, de modo a não afetar a durabilidade e resistência estrutural.

3.2.6 Baixa aderência ao concreto

Para que o processo de desfôrma ocorra sem imprevisto, as fôrmas devem possuir baixa aderência ao concreto, a fim a garantir a perfeição da superfície , que afeta diretamente na durabilidade da estrutura.

3.2.7 Estabilidade

O sistema de fôrmas deve possuir estabilidade devido a necessidade de garantir a segurança quanto ao processo de montagem das armaduras, lançamento e adensamento do concreto, cura e desforma. Essa propriedade tem como objetivo minimizar riscos, financeiros e quanto a segurança dos envolvidos no setor da construção civil.

3.2.8 Baixa absorção de água

É recomendável que os materiais que constituem as fôrmas apresentem baixa absorção de água, para que não haja comprometimento da hidratação do cimento, apesar de ser necessário que as fôrmas sejam saturadas antes do lançamento do concreto.

3.3 Classificação dos Sistemas de Fôrmas

Os sistemas de fôrma são classificados pelo tipo de material empregado em sua fabricação e são apresentados nos subitens abaixo.

3.3.1 Sistema convencional de fôrma de madeira

O sistema de fôrma de madeira é o mais utilizado no Brasil, pela cultura das empresas em empregar esse processo e por ser o mais acessível a empresas de pequeno e médio porte.

Nesse sistema não existe projeto específico da execução das fôrmas, sendo executada de acordo com a experiência do mestre de obras, o que gera uma falta de padrão no processo podendo onerar os custos uma vez que o consumo de material está diretamente ligado a execução. Em duas obras semelhantes, pode-se utilizar quantidade de materiais completamente diferentes se forem executadas por equipes diferentes. Essa despadronização pode gerar consumo de insumos em excesso, gerando prejuízos ao empreendimento.

O processo necessita de maior quantidade de mão de obra e maior especialização em relação aos demais sistemas. Também gera uma grande quantidade de resíduos devido ao baixo reaproveitamento das peças.

Esses fatores, em relação a atual conjuntura nacional, muitas vezes, inviabiliza o processo devido a escassez de mão de obra especializada e fiscalizações ambientais.

3.3.1.1 Materiais utilizados no sistema de fôrma de madeira

Madeira serrada

A madeira serrada (Figura 2) era muito utilizada para confecção dos moldes para as estruturas de concreto, antes do surgimento das chapas compensadas, as quais apresentam melhor desempenho. A madeira serrada geram maior quantidade de resíduos e baixa padronização das peças havendo maior necessidade de mão de obra para confecção das fôrmas.

Porém esse tipo de madeira ainda é muito utilizado na execução de escoramentos. As peças de madeira serrada no formato de pontaletes, sarrafos e tábuas não devem possuir defeitos em suas dimensões, formato, arqueamento, rachaduras, podridão, fendas, além dos limites de tolerância para cada classe, que são divididas em primeira qualidade industrial, segunda qualidade industrial e de terceira qualidade industrial. (YAZIGI, 2013)



Figura 2: Madeira Serrada
Fonte: Alpina Eucaliptos, 2013

Chapas de madeira compensada

As madeiras em forma de compensado apresentam uma distribuição das lâminas que a compões, no sentido vertical e horizontal, o que ocasiona uma distribuição das tensões quando o material é solicitado. (NAZAR, 2007)

As chapas de madeira compensada são fabricadas pela união de três ou mais lâminas, alternando-se as direções da fibras em ângulos retos, sob pressão, com auxílio de um adesivo, quase sempre em painéis com número ímpar de lâminas. O posicionamento cruzado das lâminas proporciona ao painel de compensado uma excelente resistência mecânica, tornando-o a prova de movimentações de contração e expansão. (NAZAR, 2007)

Quando comparada a madeira serrada, a chapa de compensado possuem maior resistência normal às fibras, menor propabilidade de surgimento de trincas e

possibilidade de fabricação de grandes peças, porém seu custo é mais elevado.
(NAZAR, 2007)

Pode-se encontrar compensados em duas formas:

- **Compensado resinado**

O compensado resinado (Figura 3) é fabricado com lâminas internas de pinus e externas em madeira dura (hardwood). As lâminas são sobrepostas em sentidos alternados, em número ímpar. Com as capas no mesmo sentido e então coladas entre si com resina fólica (100% a prova d'água), sob uma pressão de 15 Kg/cm² e submetidas a temperatura média de 135°C. (MADECAL MADEIRA, 2013)

Podem ser encontrados com dimensões de 2,50 m x 1,25 m ou 2,44 m x 1,22 m, com espessura variando de 6mm a 21 mm. (MADECAL MADEIRA, 2013)



Figura 3: Folha de compensado resinado
Fonte: Madlimoeiro, 2013

- **Compensado Plastificado:**

O compensado plastificado (Figura 4) é fabricado semelhante ao resinado. A diferença está no final do processo, em que os compensados são revestidos por um filme, uma resina de fenol-formaldeído modificada com desmoldante. Esta chapa de compensado, portanto, possui maior poder impermeabilizante, ou seja apresentam melhor rendimento para o uso em estruturas de concreto. Apesar de seu preço ser mais elevado que as chapas resinadas, são mais duráveis e resistem a maior número de reaproveitamentos. (FORMACOMP, 2008)

As dimensões encontradas são de 2,50m x 1,25m ou 2,44 m x 1,22 m com espessuras variando de 6mm a 21mm. (REVECOM, 2013)

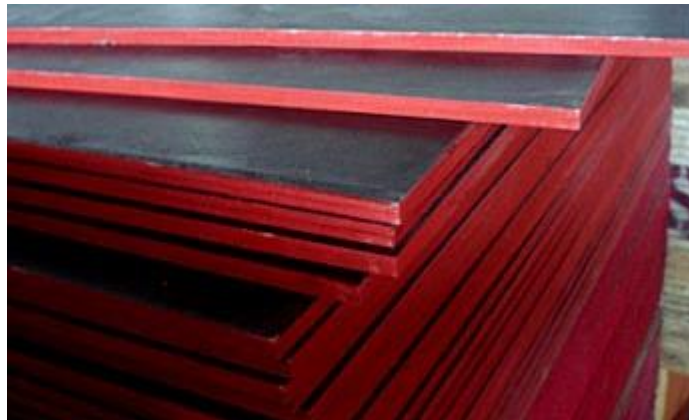


Figura 4: Folha de compensado plastificado
Fonte: Madlimoeiro, 2013

Pregos

No processo de fôrma de madeira os pregos são bastante utilizados. Existem em várias dimensões e são fabricados de diversos materiais. O mais utilizado é o

produzido com arame galvanizado, com uma cabeça, porém existe pregos com duas cabeças para facilitar sua retirada, de aço, sem cabeça, etc (Figura 5).



Figura 5: Tipos de pregos
Fonte: PINI, 2013

3.3.1.2 Estudo sobre o sistema de madeira

O sistema deve ser analisado após a divisão do processo em subsistema, elementos e componentes. (FAZERSZTAN,1992)

O subsistema de fôrma é o conjunto das fôrmas utilizadas para moldar determinadas partes da estrutura de concreto armado da edificação. Assim tem-se subsistema lajes, vigas, pilares e paredes, conforme a função que cada uma das partes desempenha na estrutura. (MAGALHÃES, 2000)

O elementos são conjuntos de peças que exercem função determinada dentro do subsistema de fôrmas. São classificados de acordo com a finalidade em molde, estrutura do molde, escoramento e acessórios. O molde é o elemento que entra

em contato direto com o concreto, definindo seu formato e textura. A estrutura do molde é o elemento destinado a enrijecer e suportar o molde, garantindo que não se deforme quando submetido aos esforços originados pelas operações de armação e concretagem.

Os componentes são as diferentes peças que compõe os elementos. Em nível de peça pronta se constituem na última decomposição das fôrmas. No quadro 1 mostra um resumo dos subsistemas e seus elementos e componentes. (MAGALHÃES, 2000)

Quadro 1: Subsistemas e componentes

SISTEMA DE FÔRMAS		
SUBSISTEMAS	ELEMENTOS	COMPONENTES
LAJES	MOLDE	PAINÉIS
	ESTRUTURA DO MOLDE	TRANSVERSINAS E LONGARINAS
	ESCORAMENTO	PONTALETES DE MADEIRA/ESCORAS DE METÁLICAS/TRAVAMENTOS/TORRES/CONTRAVENTAMENTOS/ETC.
	ACESSÓRIOS	PARA ESTRUTURAÇÃO E NIVELAMENTO
VIGAS	MOLDE	PAINÉIS DE FACE E FUNDO
	ESTRUTURA DO MOLDE	SARRAFOS
	ESCORAMENTO	GARFOS/PONTALETES DE MADEIRA/ESCORAS METÁLICAS/TORRES/ETC.
	ACESSÓRIOS	PARA ESTRUTURAÇÃO E NIVELAMENTO
PILARES	MOLDE	PAINÉIS LATERAIS
	ESTRUTURA DO MOLDE	GUIAS DE ARMAÇÃO /GRAVATAS
	ESCORAMENTO	APRUMADORES/MÃO FRANCESA/NIVELADORES
	ACESSÓRIOS	PARA ESTRUTURAÇÃO E NIVELAMENTO

Fonte: Magalhães, 2000

Subsistemade laje

Segundo Magalhães, o subsistema de fôrma para laje é composto por painéis de laje que são constituídos de chapas de compensado, apoiados sobre transversinas, que são vigas compostas de madeira maciça ou sobre vigas treliçadas de madeira. As transversinas, por sua vez, se apoiam nas longarinas,

que são compostas pelo mesmo material das transversinas e transferem os esforços para o escoramento conforme figura 6.

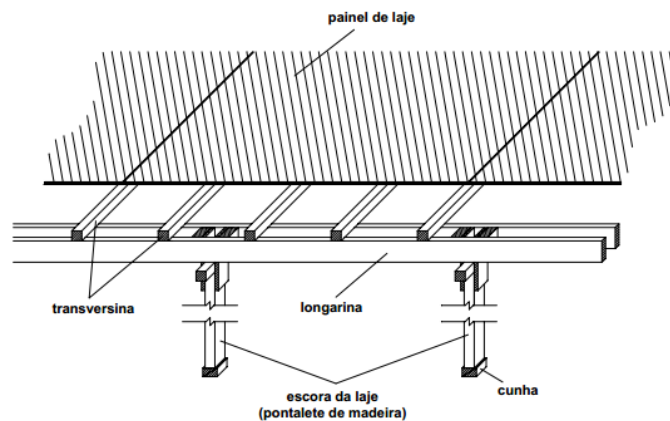


Figura 6: Subsistema de fôrmas de laje
Fonte: Magalhães, 2000.

Subsistemas de pilar

O subsistema de pilar possui como principais componentes os painéis, as gravatas, gualhos, os tensores ou tirantes e acessórios para nivelamento.

Os gualhos têm como principal função locar a fôrma, para o correto posicionamento do molde, e conter os empuxos na base do pilar. O molde é composto pelos painéis laterais e de fundo, confeccionados usualmente em madeira compensada. Os primeiros normalmente são maiores e servem como travamento para os seguintes. São utilizados sarrafos e pontaletes para estruturação do molde e o travamento é executado com a utilização das gravatas

ou dos tirantes. Os tirantes normalmente são as barras de ancoragem apertadas com porcas, conforme ilustrado na figura 7. (MAGALHÃES, 2000)

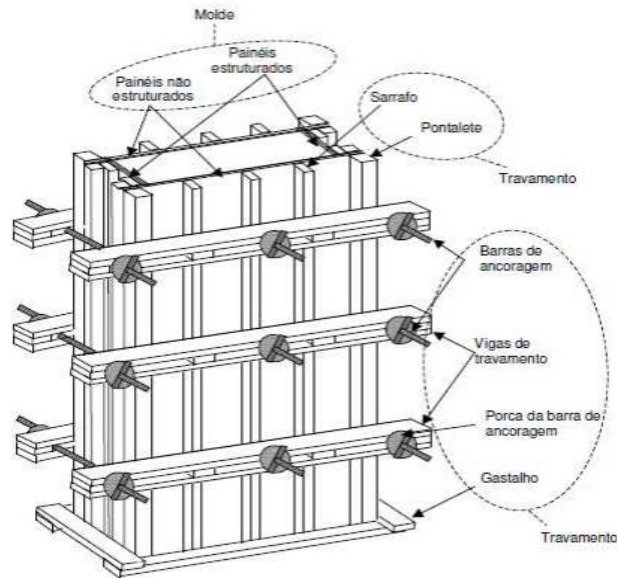


Figura 7: Subsistema de fôrma de pilares
Fonte: Magalhães, 2000.

Subsistema de viga

Conforme visto anteriormente, o subsistema de viga é composto basicamente por painéis de face e fundo da viga, sarrafos, garfos e acessórios para nivelamento. (MAGALHÃES, 2000)

Os painéis, tanto os de face quanto os de fundo, são confeccionados em chapas de madeira compensada. Os sarrafos servem como reforço para os painéis laterais resistirem aos esforços horizontais da concretagem e também como apoio do molde da viga nos garfos. Os mesmos trabalham como escora para os painéis de fundo de viga e como travamento para os laterais, evitando

deformações horizontais excessivas. Além disso, são eles que transmitem os esforços verticais do molde e da estrutura do molde para os pontos de apoio na superfície. (MAGALHÃES, 2000)

O principal acessório para nivelamento dos paines são chamados de cunhas de madeiras, colocadas entre a travessa inferior do garfo e a estrutura. Esse funcionamento pode ser melhor entendido na figura 8. (MAGALHÃES, 2000)

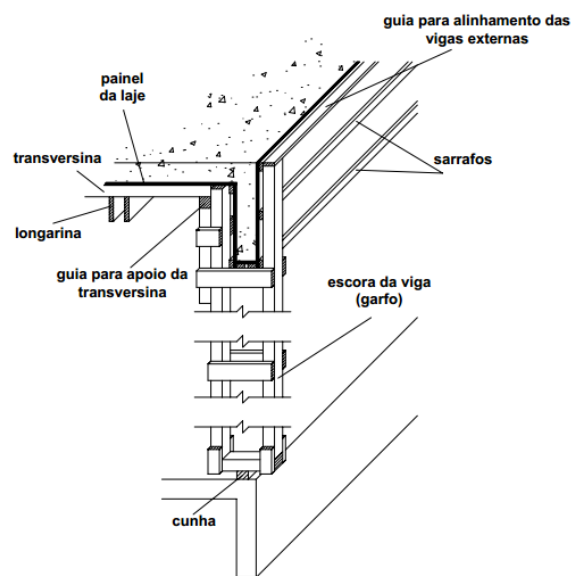


Figura 8: Subsistema de fôrmas de vigas
Fonte: Magalhães, 2000.

3.3.2 Sistema de Fôrmas metálicas

É um sistema no qual todos os elementos que o compõe são metálicos, podendo ser de aço ou alumínio. São empregadas em todos os tipos de elementos estruturais, pilares, vigas, lajes e cortinas. Nem sempre esse sistema é viável, pois alguns fatores interferem como padronização da estrutura, cronogramas e número de reutilizações. Esse processo requer maior grau de planejamento e maior detalhamento nos projetos para que as vantagens em sua utilização sejam maximizadas.

3.3.2.1 Caracterização do sistema metálico

Na década de 1960, o engenheiro Toshio Ueno (EPUSP-58) foi pioneiro no desenvolvimento da tecnologia do sistema de fôrmas, em busca de incorporar o conceito de racionalização, otimização e redução de custo no uso de fôrmas de madeira através da produtividade. Foi o precursor da maior industrialização, maior profissionalização, e do surgimento constante de novos produtos e soluções técnicas ocorridas recentemente.

Com a diminuição de mão de obra dos canteiros no Brasil e a imposição de prazos cada vez mais curtos, o sistema metálico surge como alternativa que traz maior agilidade, industrialização, racionalização e alta produtividade nas obras.

(MACHADO, 2013)

As fôrmas metálicas são moduláveis e reaproveitáveis. Compostas basicamente por um perfil metálico e acabamento em uma chapa de compensado, podem ser divididos em sistemas leves, com peso de até 35 Kg/m², e pesados, que pesam mais que 35Kg/m². São calculados por profissionais especializados, para suportar o peso do concreto fresco e as eventuais sobrecargas até que o mesmo se torne autoportante, devendo garantir propriedades do concreto lançado, assim como atender aos requisitos mínimos mencionados anteriormente .(ASSAHI)

O atual nível de desenvolvimento do sistema de fôrma metálicas e o constante investimento nesse setor que possibilita ao construtor a utilização desse sistema para as mais diversas fôrmas desejáveis, pois já existem diversos tipos de produtos no mercado. (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2013)

3.3.2.2 Vantagens e desvantagens do sistema metálico

Praticidade, rapidez e facilidade são alguns dos motivos que fazem com que mais empresas optem pela utilização do sistema. Empresas especializadas garantem que o sistema pode gerar até 50% de ganho de produtividade.

Segundo fabricantes, a montagem do sistema não requer funcionários experientes e pode ser executada por profissionais sem grande treinamento, tornando o sistema competitivo para o atual cenário da construção civil, cada vez com mais dificuldade de contratar mão de obra qualificada.

De acordo com a empresa SH Fôrmas, os escoramentos são calculados estrategicamente, de maneira que as escoras fiquem posicionadas com o máximo de espaçamento entre elas, garantindo que haja uma área suficiente para circulação dos operários, facilitando a limpeza do ambiente de trabalho e minimizando riscos de acidentes.

O sistema é modulável e com alta taxa de reaproveitamento, o que diminui a quantidade de madeira com necessidade de corte em obra, o que gera diminuição de risco de acidentes, devido a redução de uso de máquinas de corte. O sistema metálico também produz menor quantidade de resíduos, o que causa menos impacto ambiental que o sistema convencional de madeira, é o que garantem os fabricantes.

Devido ao maior rigor da legislação vigente juntamente com o aumento das fiscalizações ambientais no canteiro de obras quanto ao uso e correto descarte da madeira, visando atender as diretrizes especificadas pelo CONAMA pode gerar elevação dos preços do insumo, o que iria aumentar as vantagens econômicas no uso do sistema metálico, é o que especulam os fabricantes.

3.3.2.3 Viabilidade do sistema metálico

Para que a aquisição do sistema seja economicamente viável, no entanto, é necessário um grande número de reaproveitamentos. O custo de aquisição do material deve ser bem avaliado, pois é necessário que o volume de repetições

seja capaz de diluir seu custo. Isso pode ocorrer em obras horizontais ou verticais, com produção em larga escala, como as obras de conjuntos habitacionais e projetos voltados para o atual programa “Minha Casa, Minha Vida” do governo federal. É importante salientar que optando-se pela compra, será preciso arcar com custos de manutenção e estocagem do material.

Porém o construtor pode alugar os equipamentos. A cada dia o número de empresas especializadas que investem nessa tecnologia aumentam expressivamente. Dessa maneira, o processo ganha espaço no mercado sendo utilizado em diversos empreendimentos de vários tipos. Um fator importante que muitas vezes é negligenciado pelas construtoras é o correto planejamento e previsão, ainda na fase de projeto, da utilização do sistema metálico, para melhor aproveitamento do mesmo.

Existem inúmeros tipos de fôrmas e escoramentos metálicos disponíveis no mercado. Para seleção da opção que melhor atenda a demanda da construtora é necessário que o projeto estrutural seja bem elaborado, para que o projetista de fôrma e escoramento consiga especificar o sistema de forma econômica para a empresa. Fatores como logística interna do canteiro, quantidade de reuso de peças, peso a ser suportado pelas fôrma e escoramento, dimensões e formas das estruturas a serem moldadas, dentre outros, precisam ser levados em consideração para que se tenha uma correta equalização de propostas. (PORTAL DO CIMBRAMENTO, 2013)

3.3.2.4 Principais sistemas de fôrmas metálicas moduláveis para construção civil

A pesquisa pelos sistemas disponíveis no mercado foi baseada nas principais empresas fornecedoras desse tipo de serviço no setor da construção civil no Brasil, em especial para os sistemas indicados para execução de pilares, paredes e lajes.

3.3.2.4.1 Fôrma TOPEC SH

De acordo com o catálogo de equipamentos da SH Fôrmas, o sistema é para fôrmas de lajes em concreto armado, composta de painéis de alumínio forrados com compensado plastificado, que pode ser aplicada nos mais variados tipos de projetos, como lajes planas, protentidas, nervuradas e com pé direito duplo, sem a necessidade de cortes, pregos e emendas. Dispensa o uso de mão de obra especializada e revestimento de teto. (SH FÔRMAS, 2013)

O sistema TOPEC foi desenvolvido para ser utilizado na concretagem de lajes. Suporta qualquer tipo de concreto, e com cerca de três dias, já pode ser desformado, liberando o pavimento inferior e a reutilização do material para montagem da próxima laje. (SH FÔRMAS, 2013)

O principal artifício desse sistema é a utilização de escoras com “cabeças” especiais denominadas “dropheads”. Através de um dispositivo ao ser

movimentado desarma os “dropheads”, surgindo um espaço livre entre a face do Concreto e da fôrma, o que possibilita a movimentação da escora que seria utilizada no reescoramento. Esse mecanismo possibilita agilidade, o que aumenta a produtividade da obra. (SH FÔRMAS, 2013)

A fôrma TOPEC SH é bastante dinâmica e adaptável, podendo ser utilizada até para lajes com pés-direitos maiores. Podem ser utilizadas também em lajes nervuradas, porém as escoras “dropheads” perdem sua função uma vez que nem sempre o posicionamento das cumbucas coincidem com os painéis modulares. (SH FÔRMAS, 2013)

Os painéis do sistema possuem medidas fixas e, por esse motivo, na grande maioria dos casos, é necessário a execução de arremates. A primeira opção é que sejam utilizadas chapas de aço e perfis metálicos que são encaixados nos vãos entre as escoras “dropheads”, mas quando isso não for possível é necessário lançar mão do uso de madeira. Portanto, apesar de minimizar, o sistema não elimina o uso desse material. O procedimento de montagem pode ser observado na figura 9. (SH FÔRMAS, 2013)



Figura 9: Procedimento para montagem da fôrma TOPEC SH
Fonte: SH Fôrmas, 2013

Principais características do sistema TOPEC SH:

- Peso: aproximadamente 14 Kg/m²;
- Produtividade: 0,3 hh/m²;
- Dimensões dos painéis: 200x100/200x75/100x100/75x100/75x75 (cm). (SH FÔRMAS, 2013)

3.3.2.4.2 Fôrma Concreform SH

De acordo com o catálogo de equipamentos da SH Fôrmas, a fôrma consiste em chassis de aço galvanizado forrados em compensado plastificado, conectados com apenas três grampos que os unem e alinham simultaneamente, dispensando perfis extras. Leve e ao mesmo tempo rígido, pode ser movimentado manualmente ou com auxílio de grua. Extremamente fácil de manusear, o Concreform SH constitui a solução mais econômica na medida em que permite a redução de até 70% da mão de obra necessária para montagem e desmontagem da fôrma.

Esse sistema de fôrma é utilizado para pilares e paredes. Caso a parede seja muito alta é possível acoplar um andaime suspenso para que seja facilmente movimentada e acessível aos funcionários. Além dos painéis, o sistema é montado com auxílio de outros componentes, tais como grampos externos para garantir o esquadro da fôrma, grampos de alinhamento que garantem o

alinhamento das fôrmas, grampos ajustáveis que têm a função de ajuste de arremates de madeira, caso seja necessário (é possível o ajuste de arremates de madeira de até 15 cm entre os painéis para que atinjam as dimensões desejadas, caso isso não seja possível com a utilização apenas dos painéis metálicos) e por fim parafusos CF que garantem o travamento das fôrmas. (SH FÔRMA, 2013)

Os principais grampos componentes são apresentados na figura 10.



Figura 10: Detalhe dos componentes principais do sistema Concreform SH
Fonte: SH fôrmas, 2013

Principais características do sistema Concreform SH:

- Produtividade: 0,3 hh/m²;
- Carga admissível: 60 kN/m²;
- Altura: módulos de 1,20m ou 2,70m;
- Largura: módulos de 45 cm/60cm/75cm;
- Peso: variável em função do painel utilizado. (SH FÔRMAS, 2013)

A figura 11 ilustra a utilização do sistema Concreform SH em paredes e pilares.

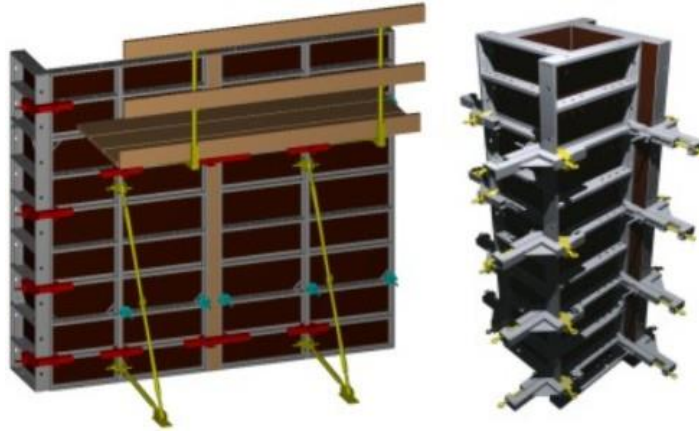


Figura 11: Utilização do sistema para paredes e pilares
Fonte:SH fôrmas, 2013

3.3.2.4.3 Fôrma Lumiform SH

Segundo o catálogo de equipamentos da SH Fôrmas, o sistema é composto por painéis fabricados com perfis especiais de alumínio e forrados com placas de alumínio. Além de leves e duráveis, os painéis não possuem rebites, emendas ou marcas na face que faz contato com o concreto, o que garante um acabamento perfeito. Os painéis apresentam furação apenas nas laterais, onde é encaixado o espaçador que, além de espaçar as fôrmas, suporta as cargas atuantes do empuxo. Pode ser aplicado nos mais variados tipos de projetos. (SH FÔRMAS, 2013)

O sistema de fôrma Lumiform SH foi desenvolvido visando atender a grande demanda de unidades habitacionais populares. O sistema busca uma maior industrialização que possibilita uma padronização e em consequência maior controle da qualidade. (SH FÔRMAS, 20013)

Ao substituir a parede convencional em alvenaria, elimina etapas como chapisco e reboco, aumentando significativamente a velocidade de execução da obra, além de não necessitar de mão de obra especializada para a realização da montagem do sistema. (SH FÔRMAS, 20013)

Outros componentes necessários para a montagem do sistema são:

- Espaçadores: definem a espessura da parede. Fabricados em aço, possuem 4,76mm de espessura e 38,1mm de largura. São fixados com auxílio de pinos e cunhas e podem ser reutilizados desde que envoltos em sacos plásticos ou espuma antes da concretagem.
- Alinhadores: garante o alinhamento da fôrma. Devem ser posicionados nas partes interna e externa.
- Capas de fechamento: São personalizadas e fabricadas com espessura de 3/8" para atender o fechamento dos vãos em geral (portas e janelas).

Principais características do sistema Lumiform SH:

- Peso: 17,75 Kg/m²;
- Movimentação manual;

- Carga admissível: 40 kN/m²;
- Produtividade: 0,15hh/m²;
- Largura: em módulos de 5cm até 90cm ou conforme projeto do cliente;
- Altura: de acordo com projeto. (SH FÔRMAS, 2013)

O sistema montado, juntamente com todos os seus componentes são mostrados na figura 12.

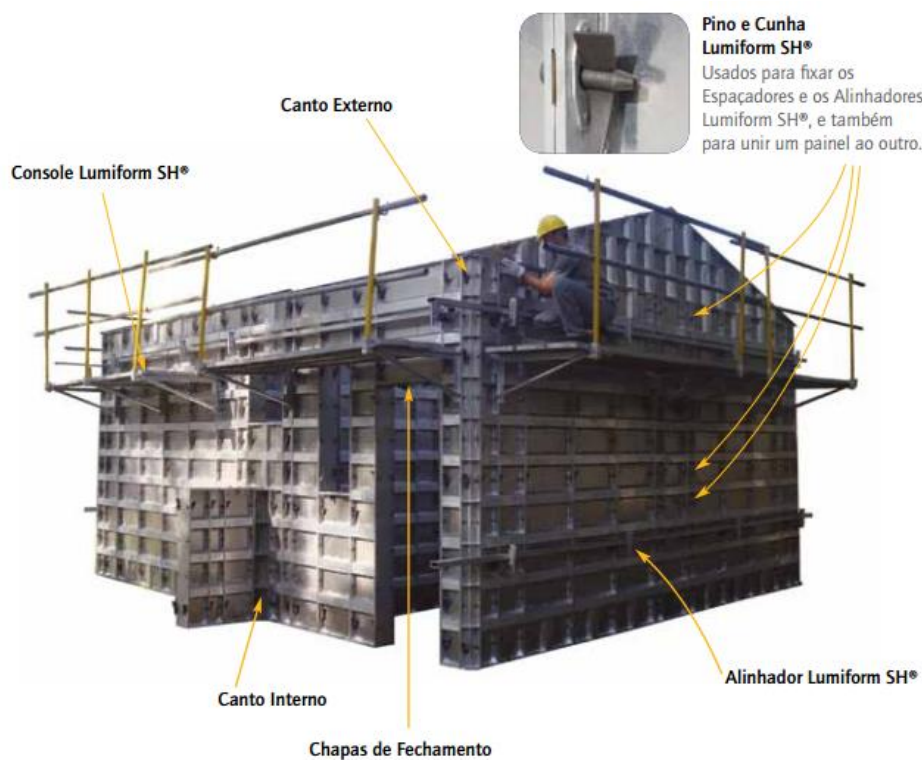


Figura 12: Sistema Lumiform SH e seus componentes
Fonte: SH fôrmas, 2013

3.3.2.4.4 Fôrma SL 2000 Mills

Segundo o catálogo da empresa Mills, o SL 2000 é um sistema de fôrma leve, projetado para transporte e montagem manual (sistema pesa aproximadamente 33 Kg/m²) de maneira fácil e rápida (dispensando o uso de grua), e com possibilidade de formar as mais diversas geometrias desde as poligonais até as circulares, em qualquer situação ou terreno.

Os painéis possuem estrutura de aço USI-SAC 300 e são forrados por compensado, que são fixados nos painéis através de rebites, diferente dos sistemas anteriores. O SL 2000 apresenta flexibilidade a ponto de poder ser utilizado também para geometrias com ângulos diferentes de 90°, por meio da colocação de dobradiças. Apesar de seu principal componente serem os painéis, existem outros acessórios que poderão variar a produtividade do sistema em função da quantidade necessária, tais como:

- Dobradiças: utilizadas quando o encontro das fôrmas é diferente de 90°.
- Canto interno e cantoneira externa: utilizados para garantir o encontro das fôrmas em ângulo de 90°, onde determinado pelo projeto.
- Pino trava: permite a união de painéis adjacentes.

- Tirantes: são posicionados em furações pré-existentes e apertados por porcas borboletas, para suportar a pressão do concreto e garantir o travamento da estrutura.

- Parafuso de ligação: são utilizados no travamento dos painéis.

- Escoras de aprumo: servem para aprumar a estrutura.

Além de todos esses acessórios a fôrma ainda é pensada, caso a construtora deseje, aclopar guarda-corpos e plataformas de trabalho para os funcionários.

Principais características do sistema SL 2000 Mills:

- Peso: 33 Kg/m²;

- Carga admissível: 40 kN/m² ou 55kN/m², dependendo da largura do painel;

- Produtividade: 0,37hh/m²;

- Largura: módulos de 20cm/25cm/30cm/40cm/50cm/75cm/80cm;

- Altura: módulos de 75cm ou 1,50m. (MILLS, 2013)

A figura 13 representa, à esquerda o sistema Mills SL 2000 com seus componentes principais, e à direita uma representação tridimensional da utilização do sistema em um pilar.

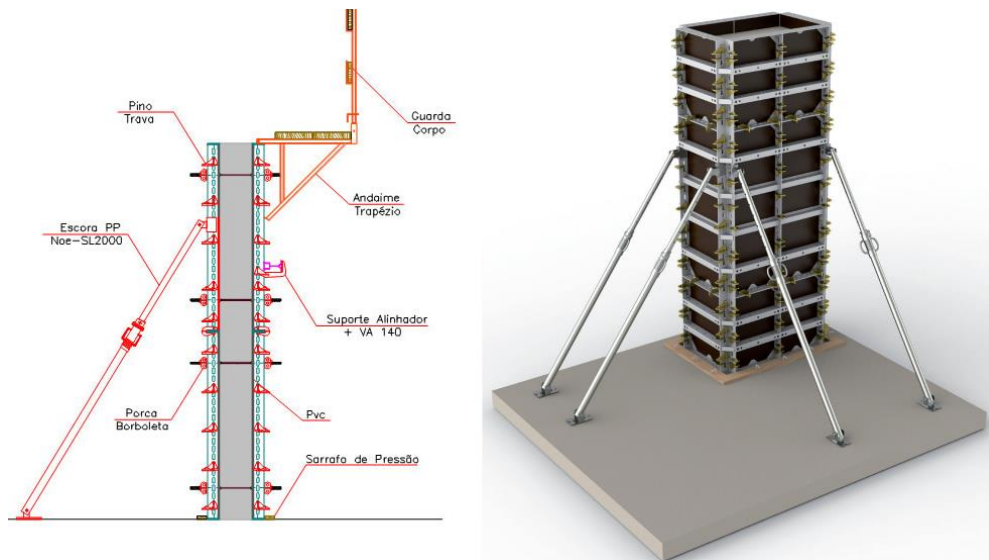


Figura 13: Sistema Mills SL2000 e seus componentes
 Fonte: Mills, 2013

3.3.2.4.5 Fôrma Deck Light

De acordo com o catálogo da empresa, o sistema Mills Deck Light é composto de painéis modulares estruturados em alumínio e revestidos com chapa compensada plastificada. Os painéis são sustentados por escoras com “cabeças” especiais “dropheads” que permitem a desforma dos painéis mantendo a laje escorada. Tal mecanismo possibilita, então a retirada e o reaproveitamento de toda a fôrma da laje apenas um dia após a sua execução, proporcionando rapidez nos ciclos de concretagem e economia de um jogo de fôrma na obra.

O sistema Deck Light é utilizado para concretagem de lajes e em virtude de suas limitações dimensionais, por vezes se faz necessária a utilização de complementos de madeira. São utilizadas três tipos de suportes para os painéis em sua montagem, representados na figura 14 e descritos abaixo: (MILLS, 2013)

- Drophead: utilizado na linha de escoramento fixo que permite a retirada do painel sem que a escora seja retirada.
- Fixo: utilizado na faixa de desforma.
- Fixo intermediário: utilizados em situações onde não é possível manter os painéis alinhados, deixando-os descasados e impossibilitando a utilização de “drophead”. Também utilizado na linha de periferia.

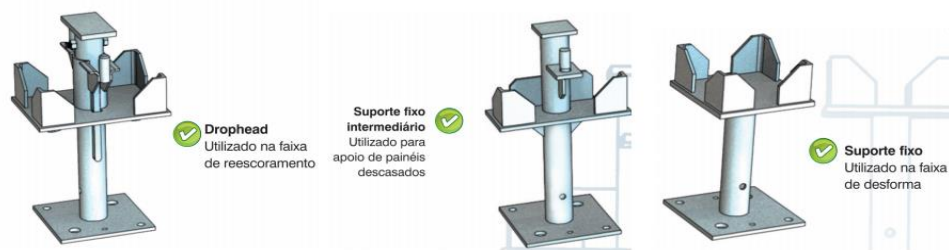


Figura 14: Diferentes tipos de escoras utilizadas no sistema
 Fonte: Mills, 2013

Existe ainda outros acessórios como a viga guia de reescoramento, que auxilia na vedação entre painéis posicionados na faixa de suporte drophead, e o perfil de periferia que serve de apoio para os possíveis arremates. (MILLS, 2013)

O sistema fôrmas Deck Light se assemelha significativamente ao sistema TOPEC SH, anteriormente mencionado, devido a sua metodologia executiva de montagem e conceitos semelhantes.

Principais características do sistema Deck Light:

- Carga admissível: 1500 kgf/m²;
- Produtividade média: 0,45hh/m²;
- Largura: módulos de 60cm ou 90cm;
- Altura: módulos de 1m ou 2m. (MILLS, 2013)

Na figura 15 é possível observar a montagem do sistema e na figura 16 há um detalhe de mecanismo da escora “drophead”.

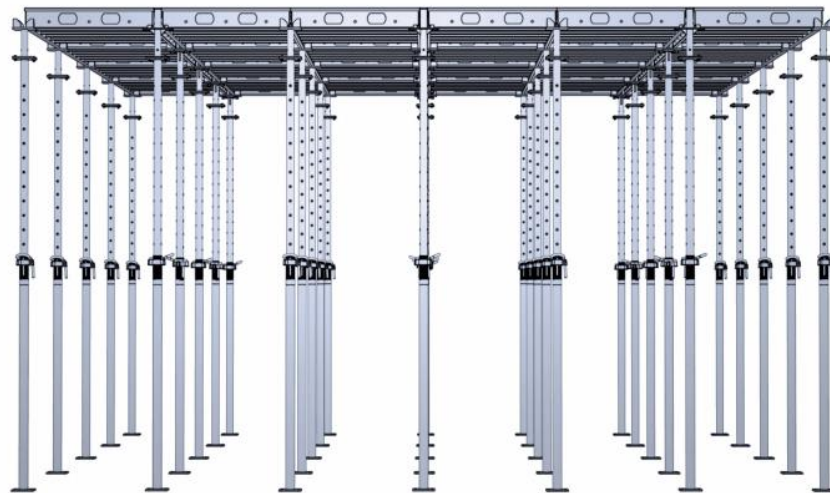


Figura 15: Sistema Deck Light montado
Fonte: Mills, 2013

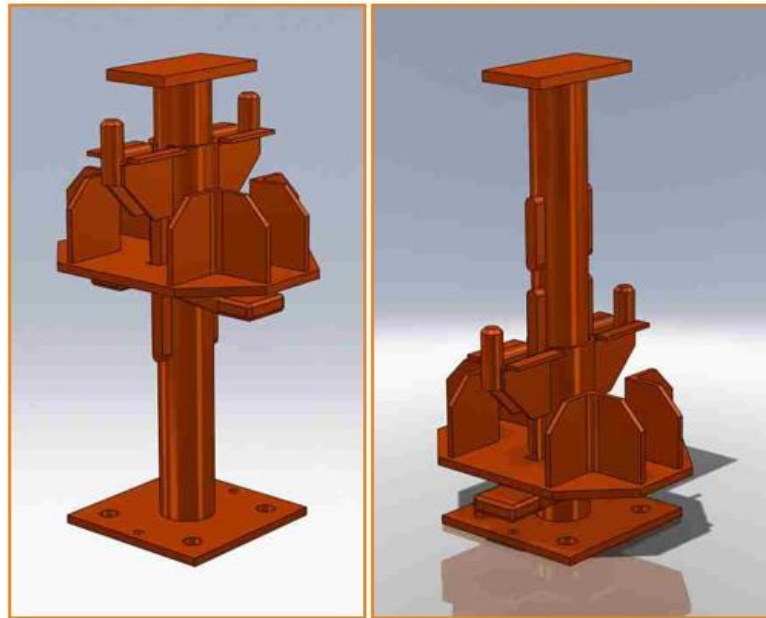


Figura 16: Escora drophead armada (esq.) e desarmada (dir.)
Fonte: Mills, 2013

3.3.2.4.6 Fôrma Easy-Set Mills

A fôrma Easy-Set Mills é um moderno sistema construtivo em fôrmas especiais de alumínio para agilizar construções populares nas tecnologias de paredes de concreto maciças moldadas in loco. É um sistema de fôrma leve e modular, desenvolvido especialmente para a construção de paredes de concreto, tanto para casas, como para edifícios de múltiplos andares.

O sistema não possui nenhuma restrição ao tipo de concreto a ser utilizado e de acordo com o fabricante aceita ciclos de até mil repetições, desde que sejam tomados os cuidados com armazenamento, aplicação de desmoldantes e limpeza frequente após cada concretagem.

Os principais componentes do sistema são:

- Painéis de alumínio: São fabricados em liga de alumínio 6160 T6, formados por perfis extrudados e unidos mecanicamente entre si, dispensando o uso de soldas estruturais. São três tipos de painéis no sistema, o primeiro destinado as paredes, outro as lajes e um terceiro para os cantos.
- Chapas de fechamento: painéis especiais que definem o vão de portas e janelas.
- Espaçadores reutilizáveis.
- Alinhadores e aprumadores: garantem o alinhamento e prumo da estruturas.
- Pinos e cunhas em aço galvanizado: São de aço galvanizado e recebem uma bucha de silicone para absorver as vibrações e garantir o aperto das cunhas. São utilizados para unir os diversos módulos adjacentes.
- Gravatas metálicas: reponsáveis pelo travamento do sistema, mantendo a espessura especificada para paredes. São envoltos por uma camisa plástica para garantir sua retirada após a desforma.

O procedimento executivo do sistema começa com a realização do radier, colocação de espaçadores de piso, colocação des telas soldadas e por fim o posicionamento e instalação das tubulações elétricas e hidráulicas. A montagem de fôrmas pode ser iniciada pela parte interna dos cômodos, a partir de um canto. A peça de canto interna é posionada e liga-se a ela dois painéis, formando um

“L”. Utilizam-se pinos e cunhas para fixar os painéis entre si. Uma vez montado o canto, pode-se proceder à montagem do restante dos painéis. Após a montagem das fôrmas das paredes, são instaladas os alinhadores e aprumadores. Para a montagem das fôrmas de laje, posicionam-se os painéis de quina, elementos que ligam as fôrmas de laje e parede. Em situações com vãos pequenos, que não possuem escoras, o processo é feito posicionando-se os painéis em sequência. Em cômodos grandes, recomenda-se a instalação de painéis de apoio, que possuem escoras em seu vãos e servem de apoio para os demais painéis de laje. A montagem das lajes é feita pelo processo convencional. Os guarda-corpos de proteção perimetral são instalados após a montagem da lajes. (SILVA, 2010).

A figura 17 abaixo ilustra a utilização do sistema tanto em casas quanto em edifícios multipavimentos.



Figura 17: Sistema Easy-set
Fonte: Mills, 2013

Principais características do sistema Easy- Set Mills:

- Carga admissível: 18 a 20 Kg/m²;

- Peso: 18 a 20 Kg/m²;
- Produtividade: 0,3hh/m²;
- Largura: 10cm, 15cm, 20cm, 30cm, 45cm e 60cm.(MILLS, 2013)

3.3.2.4.7 Fôrma RECUB- Ulma

A fôrma recuperável RECUB é especialmente indicada para executar lajes nervuradas bidirecionais utilizando cubetas (peças plásticas utilizadas no sistema de laje nervurada) recuperáveis, com um alinhamento perfeito das estruturas.

Fabricado em aço de alta resistência e acabamento feito em pintura epóxi. Composto basicamente pelo cabeçal recuperável, as cubetas e/ou compensados, travessas, e as longarinas. É um sistema reticulado, que permite a realização de grandes vãos entre pilares, suportam maiores cargas e pode ser dividido em zonas nervuradas e maciças (capiteis).

A principal vantagem do sistema é que ele pode ter sua parte autoportante (longarinas e escoramentos) montada previamente e posteriormente o material recuperável é posicionado. As cubetas são encaixadas sem a necessidade de pregá-las e nos locais dos capiteis os compensados são pregados sem maiores complicações. A flexibilidade do sistema permite utilizá-lo para lajes nervuradas com diferentes geometrias. A figura 18 representa a montagem e utilização do sistema RECUB. (ULMA, 2013)



Figura 18: Montagem do sistema RECUB
Fonte: Ulma, 2013

3.3.3 Sistema de fôrma mista

Esse sistema é caracterizado pela utilização de vários materiais na fabricação dos elementos constituintes. É muito comum a utilização em que nos moldes são utilizadas madeiras e o cimbramento é executado em material metálico.

3.3.3.1 Cimbramentos

É uma solução mista, ou seja, com a presença de peças de diferentes materiais, indicada para lajes que possuam muitos recortes. O sistema é composto por perfis que podem ser utilizados como vigas secundárias ou primárias, posicionando sobre torres de carga e escoramentos. Os perfis podem ser metálicos, alumínio ou em vigas de madeira SH20, de alturas e resistências variáveis. Cada material possui suas propriedades mecânicas, e por isso é

recomendado um estudo detalhado para a escolha da melhor solução, a fim de evitar possíveis transtornos futuros. (CEHOP)

Sobre os perfis são instaladas as chapas de madeira compensada que servirão de forro para as lajes. O sistema traz maior produtividade na montagem da fôrma de lajes e /ou vigas e por isso é um dos mais utilizados em edifícios multipavimentos, como pode ser observado na figura 19.



Figura 19: Montagem de cimbramentos
Fonte: SH Fôrmas, 2013

3.3.4 Sistema de fôrma tipo mesa voadora

O sistema de mesas voadoras é caracterizado pelo transporte vertical ou horizontal de estruturas denominadas mesas, compostas pelos elementos de escoramento e vigamento ligados à fôrma que dá o molde desejado à laje. O conjunto formado permite a desforma e a movimentação das mesas com o auxílio de guias para a próxima etapa de concretagem. (SH FÔRMAS, 2013)

A utilização do sistema já vem sendo feita no país desde a década de 1980, em algumas obras de shoppings e edifícios comerciais, porém está se tornando mais difundida com a diminuição da mão de obra disponível no setor de construção civil nos últimos anos, pois possibilita um aumento da produtividade entre os ciclos de concretagem, por não existir as etapas de montagem e desmontagem de escoramentos, aliados a uma redução da equipe necessária para sua execução. A figura 20, mostra o sistema de mesas voadoras em utilização.



Figura 20: Sistema de mesas voadoras
Fonte: Mills, 2013

Sua viabilidade, no entanto, requer a verificação de uma série de condicionantes para que suas vantagens se convertam em benefícios reais para a obra. Do ponto de vista estrutural, o sistema é preferencialmente aplicável em projetos que prevêm a execução de grandes lajes planas maciças, nervuradas ou protendidas. Outro fator importante é avaliar as interferências de vigas internas e vigas de borda, pois em alguns casos há limitação de altura das mesas voadoras, o que pode facilitar ou dificultar sua movimentação e retirada do pavimento. É importante prever repetitividade mínima de 10 a 15 usos para cada mesa, pois, invariavelmente, sua montagem exige um tempo relativamente extenso antes do primeiro uso. (CICNHINELLI, 2011)

O sistema apresenta pontos críticos que devem ser previamente estudados, sob o risco de inviabilizar a solução. O principal deles é a velocidade do vento na região, pois a transposição das mesas não pode ser feita sob ventos com velocidade maior que 42Km/h. Outro aspecto relevante é a necessidade de guias com capacidade mínima de 2 toneladas e de concretos especiais com cura mais rápida para a execução, que pode representar um aumento de preço significativo. Um terceiro ponto a ser observado é a necessidade de escoramento de 100% da laje seguinte antes que a mesa “suba” assim como no mínimo 50% das duas lajes inferiores. A ausência de mão de obra qualificada para operar o sistema no mercado requer uma atenção com o treinamento prévio da equipe que será responsável pela execução, caso não seja especializada. (SH FÔRMAS, 2013)

3.3.4.1 Procedimento Executivo

A execução das fôrmas do tipo mesa voadora é composta basicamente pelas etapas de montagem, movimentação e desforma.

Assim que os elementos constituintes das mesas voadoras chegam à obra, as fôrmas começam a serem montadas para sua primeira utilização, sua montagem segue especificações do projeto elaborado exclusivamente para esse fim. As dimensões, esquadro e nível devem ser feitos com precisão, pois as mesas serão utilizadas para todas as lajes da obra (dependendo do número de repetições em relação a vida útil da mesa).

O planejamento da movimentação das mesas, com a sequência da retirada até o reposicionamento na laje seguinte deve ser pensado previamente, para que todos os envolvidos estejam informados dos procedimentos, minimizando os riscos e transtornos gerados.

A movimentação para o pavimento superior tem início com as mesas da periferia, pois o alcance das guias é limitado a elas. O içamento é feito com o auxílio de um garfo de translação que se prende ao cabo de aço da guisa e o vigeamento horizontal é feito com o uso de um equipamento hidráulico com roletes denominado “charriot de translação” ou “carro de movimentação”.

O reposicionamento das mesas no pavimento superior deve ser executado conforme indicado no projeto de montagem. Para que essa etapa seja bem

sucedida é necessária atenção especial quanto ao nivelamento e alinhamento da fôrma. Nos locais onde não há mesas é executado arremates dos assoalhos.

Finalizado todo o posicionamento e arremate dos assoalhos inicia-se a concretagem. O processo se repete da mesma maneira até o último pavimento. Apenas após a última concretagem a mesa voadora é desmontada. (CICNHINELLI, 2011)

Todo o procedimento executivo é representado de maneira ilustrativa na figura 21.

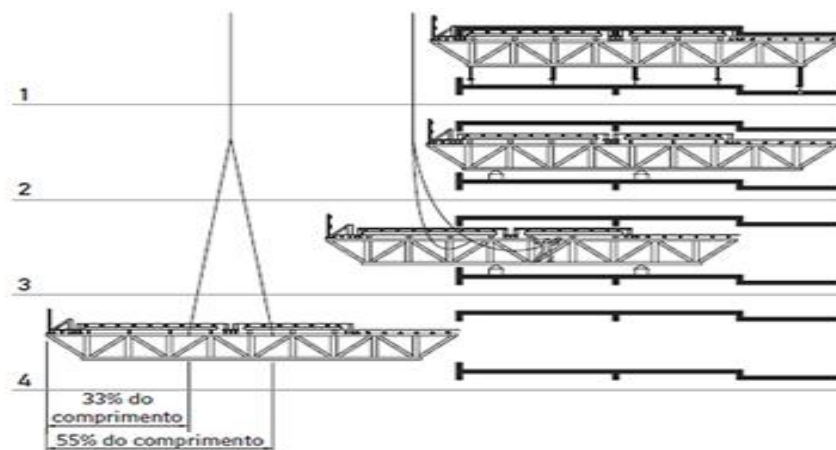


Figura 21: Procedimento executivo de mesas voadoras
Fonte: Cichinelli, 2011

3.3.5 Sistema de fôrmas deslizantes

As fôrmas deslizantes foram desenvolvidas com intuito de dar maior agilidade na execução de grandes estruturas verticais ou horizontais de seção variável ou constante, por um meio de um sistema de concretagem ininterruptas.

O sistema é composto basicamente por painéis metálicos ou de madeira, cavaletes metálicos que fixam a fôrma interna e externa, equipamentos de içamento (normalmente macacos hidráulicos) e andaimes para pedreiro e armadores que se prendem aos cavaletes e são levantados junto com a fôrma, como representado na figura 22.

O deslizamento das fôrmas é contínuo e regulável entre 3 a 8 metros a cada 24 horas. Essa característica possibilita concretagens sem interrupção, acelerando o ritmo de execução das estruturas de concreto e eliminando juntas frias, o que evita patologias futuras como vazamentos e infiltrações. Além disso, ao contrário do sistema trepante, a desforma não depende da cura do concreto. Ela pode ser executada assim que tenha início o tempo de pega do concreto, podendo a partir desse momento subir a fôrma mais 20 ou 30 cm para uma nova concretagem. A ausência de desformas propicia uma melhor limpeza no canteiro de obras e menos geração de resíduos. (ALBUQUERQUE, Ricardo. Fôrmas deslizantes. Infraestrutura urbana. Entrevista concedida a Juliana Nakamura)



Figura 22: Execução de torres de água com sistema deslizante
Fonte: Buzolin Torres D'água

Em comparação a outras soluções para fôrmas existentes, o sistema de fôrmas deslizantes gera economias em alguns aspectos e pode ocasionar maiores gastos em outros. Normalmente esse sistema exige maior consumo de concreto com alguns aditivos como acelerador de pega, o que tende a encarecer a solução. Em contrapartida, por não utilizar andaimes nem escoramentos nas paredes, podem gerar grande economia. “Só nesse ponto, em comparação com as fôrmas tradicionais, temos uma redução de mão de obra e tempo de execução em torno de 80%”, estima Albuquerque.

3.3.5.1 Procedimento executivo

Para que a execução do sistema deslizante tenha início é necessário que a estrutura a ser concretada esteja completamente armada. Após colocação da armadura, os painéis de fôrma internos são posicionados e unidos para depois serem instalados os cavaletes que garantirão o distanciamento necessário entre elas. Nas travessas superiores dos cavaletes são então fixados os macacos hidráulicos e por fim são colocados os painéis de fôrmas externos. Assim que finalizada a montagem, a concretagem poderá ter início.

A concretagem da estrutura deve ser feita em camadas de 20 cm, convenientemente vibradas, e assim que a pega da primeira camada tiver início, a fôrma deverá ser levantada pra abrir espaço para o lançamento da outra camada de 20 cm. O içamento ocorre através do bombeamento do óleo sob alta pressão para os macacos, que transmitem os esforços ao barrões, que elevarão todo o sistema. Esses barrões possuem diâmetro de 25mm, atravessam os macacos hidráulicos e se fixam a estrutura. O procedimento se repete até que seja atingida a cota limite de altura, definida em projeto.

É necessária atenção redobrada aos nivelamentos. O deslizamento contínuo aliado a fatores externos como vento, lançamento de concreto, etc, podem movimentar as fôrmas e influenciar na verticalidade das paredes. Por esse motivo, o monitoramento dos níveis deve ser realizado constantemente a cada deslizamento de fôrma.

Ao atingir a cota final da estrutura, o concreto é então nivelado e a fôrma continuará sendo levantada para que se garanta o descolamento do concreto da estrutura. A partir desse instante é iniciado o processo de desmontagem do sistema, que é desmembrado em seus diversos componentes. O procedimento é finalizado ao preencher com nata de cimento e areia os vazios deixados pelos barrões. O sistema completo é ilustrado na figura 23.

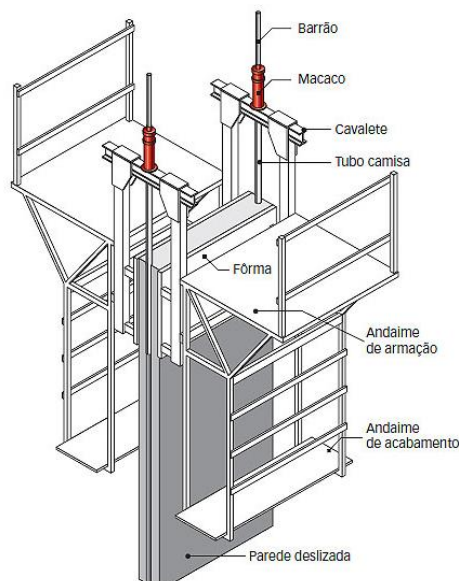


Figura 23: Sistema de fôrmas deslizantes
Fonte: Corsini

3.3.6 Sistema de fôrmas trepantes

O sistema de fôrmas trepantes é indicado para a construção de estruturas de concreto de alturas elevadas, em que a instalação de andaimes para a execução da obra é inviável ou onerosa demais. Usualmente são utilizadas em obras de

infraestrutura, como reservatórios de concreto armado, barragens para hidrelétricas, mastros de pontes e viadutos, caixas de escada ou elevadores, pilares e paredes maciças de concreto muito elevadas, estádios e obras especiais de geometria arrojada. (CORSINI, Rodnei)

Na figura 24 é possível visualizar a utilização do sistema na construção de torres.



Figura 24: Execução de torres com fôrmas trepantes
Fonte: Ulma, 2013

O sistema de fôrmas trepantes foi desenvolvido como uma alternativa ao sistema de fôrmas deslizantes, mantendo as principais vantagens do mesmo, mas suprimindo suas limitações. Foram mantidas as características como velocidade de execução, pequena quantidade de material de fôrma e baixa necessidade de mão de obra. O sistema não necessita de concretagens ininterruptas, em ciclos de 24

horas, o que reduz os custos com pessoal. Por outro lado, não é possível que a execução ocorra sem a existência de juntas, que são pontos críticos e que requerem maior atenção para evitar falhas e possíveis pontos de infiltração. Apesar de nem todos os sistemas serem flexíveis a ponto de permitirem concretagens em faces inclinadas, sejam elas positivas ou negativas, já existe no mercado alguns sistemas trepantes com essa versatilidade.

Os sistemas de fôrmas trepantes podem ser de madeira ou metálico. São formados basicamente por três partes: o sistema trepante em si, composto pela mísula, por escoras, por montantes verticais, por um conjunto de cones e por barras de ancoragem; a fôrma e os andaimes de trabalho dos operários.

3.3.6.1 Procedimento executivo

Existem dois tipos de procedimento possíveis, dependendo do sistema dotado pela obra:

- O sistema utiliza-se de dois conjuntos de fôrmas metálicas, leves, que permitam o manuseio sem a necessidade de equipamento mecânico. O primeiro conjunto é montado e posicionado envolvendo a armadura de arranque da estrutura, sendo criteriosamente nivelado. Efetuada a concretagem da primeira etapa, o segundo conjunto de fôrma é posicionado sobre o primeiro já nivelado, tendo esse como base para apoio. Posteriormente a concretagem passa-se ao terceiro lance. Nesse momento é feita a desforma e limpeza do primeiro conjunto de fôrma, a

qual é reposicionada sobre o segundo e assim se sucederá até atingir a altura desejada.

- Inicialmente é posicionada a armadura de arranque da estrutura que será concretada. Antes do início da montagem das fôrmas metálicas trepantes, deve-se deixar embutido dentro do concreto o cone de espera, que servirá de apoio para montagem do console ou mísula. Em seguida são colocados os painéis de fôrma e por fim é feita a concretagem. Na etapa seguinte, respeitando-se a cura de concreto, é feita a desforma e o sistema fôrma é reposicionado. A mísula se apoia no cone que foi deixado embutido no concreto na etapa anterior. O cone inferior pode ser retirado e reutilizado na próxima etapa. A figura 25 ilustra esse processo.

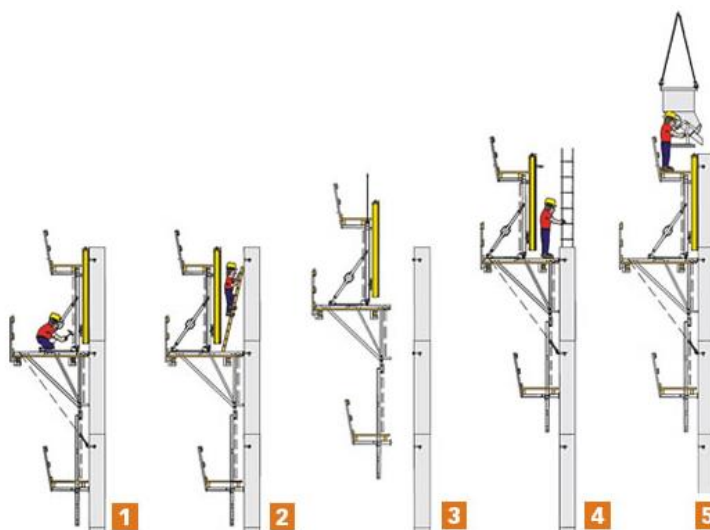


Figura 25: Procedimento executivo do sistema de fôrmas trepantes
Fonte: Corsini

3.3.7 Sistemas de fôrmas híbridos

O sistema de fôrma híbrido não é muito utilizado no cenário nacional. É composto por subsistemas de diferentes materiais. Podem ser metálicos, de madeira fibra de vidro, borracha, plástico, entre outros.

3.4 *Análise para Escolha do Sistema a ser Empregado*

Basicamente a escolha do sistema é ser empregado basea-se em fatores econômicos como prazo e custo. Porém outros fatores devem ser observados, levando em consideração a estratégia da empresa. Outras variáveis são:

3.4.1 Projeto estrutural

O projeto estrutural afeta diretamente o tipo de sistema a ser empregado. Um projeto no qual há uma maior padronização dos elementos estruturais, maior repetitividade, permite que qualquer sistema citado seja empregado. No entanto, caso a projeto tenha fôrmas irregulares, como pouca repetição, torna, por exemplo, o sistema metálico inviável. Muitas empresas antes mesmo da concepção do projeto estrutural, determinam o sistema que desejam empregar, portanto o projeto é elaborado para atender as especificações e particularidades do sistema de fôrma escolhido.

3.4.2 Cronograma de obras

Em um projeto, o prazo de execução da estrutura é de extrema relevância, pois as demais atividades estão diretamente ligadas a conclusão dessa etapa, como alvenaria, fachada, revestimentos, esquadrias, etc.

Quando o projeto possui um pequeno prazo para execução da estrutura é necessário o emprego de maior quantidade de material, enquanto quando o prazo é mais flexível, pode-se utilizar menos material, pois é possível aumentar o número de reutilizações.

Várias vezes ocorrem algumas intercorrências durante a execução da obra, o que faz necessário a mudança do sistema empregado para que os prazos estabelecidos sejam cumpridos.

3.4.3 Porte do empreendimento

O porte econômico do empreendimento pode viabilizar a utilização de sistemas com custo mais elevado, devido a maior possibilidade de diluição do mesmo.

3.4.4 Acabamento superficial

A qualidade superficial se diferencia nos sistemas e fôrmas, sendo orientado pelas especificações de projeto. Em casos em que o acabamento seja concreto

aparente é necessário maior qualidade na execução das estruturas, diminuindo os custos com regularizações posteriores.

3.4.5 Disponibilidade de materiais e equipamentos

A disponibilidade de material é condicionante para a escolha do sistema. As regiões em que há uma abundância na oferta de madeira e pouca disponibilidade de materiais metálicos, bem como a necessidade de guindastes e guias para determinadas peças metálicas, o que torna inviável a utilização desse sistema caso a obra não tenha estrutura para a estocagem e movimentação do material.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentação da Obra

No estudo de caso será apresentada uma obra de construção civil da Construtora Caparaó, situada em Belo Horizonte. O empreendimento é um edifício comercial de alto luxo, com área construída de aproximadamente 1.260m², distribuída em 23 pavimentos tipo, 4 subsolos e 5 elevadores. A localização dentro de uma região central da cidade, com elevado tráfego de veículos, alta visibilidade do canteiro, elevada fiscalização, dentre outros fatores, contribuem para a complexidade da sua execução.

A fundação da obra foi executada em estacas com fluido estabilizante, também chamadas de estacões. Ao todo foram perfuradas 59 estacas. Sobre elas são apoiados 20 blocos de coroamento.

A estrutura é toda executada em concreto armado. Os subsolos são em laje nervurada, com a presença de paredes no núcleo central, onde estarão posicionados os elevadores, que fará o contraventamento de toda a estrutura. Os pavimentos tipo, por sua vez, serão executados em lajes maciças, pilares, paredes e vigas.

A figura 26 ilustra a perspectiva do futuro edifício quando finalizado.



Figura 26: Perspectiva do edifício ABC
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

4.2 Escolha do Sistema Metálico

Inicialmente a obra foi planejada para ser executada utilizando um sistema de fôrmas mistas, com as fôrmas em madeira e escoramentos metálicos. No entanto a obra enfrentou uma série de imprevistos devido à alta complexidade do

empreendimento. Por esse motivo foi realizado um replanejamento e optou-se pelo sistema de fôrmas metálico.

4.2.1 Atraso

A fase inicial da obra foi bastante conturbada, nas etapas de contenção, retirada de terra e fundação, devido à uma série de obstáculos encontrados. A obra encontrava-se com um atraso de aproximadamente 6 meses no momento de início da execução da estrutura. Foi necessário a busca por um sistema que possibilitasse uma redução no tempo inicialmente programado para a execução da estrutura. O Processo escolhido pela obra foi o sistema TOPEC SH.

4.2.2 Espaço reduzido no canteiro de obras

O canteiro de obras possui dimensões bastante reduzidas em relação ao demais empreendimentos da construtora. Para execução de quatro subsolos, foi necessário a construção de uma rampa provisória para que fosse possível fazer a retirada de terra. Essa necessidade diminuiu ainda mais o espaço disponível para armazenamento de material.

4.2.3 Contratação de funcionários qualificados

A construtora encontrou dificuldade na contratação de funcionários capacitados para a execução do sistema de fôrmas de madeira convencional. A alta demanda por esse tipo de profissional no mercado inviabilizou a contratação do número de funcionários necessários para que o cronograma da obra não fosse afetado, mantendo o sistema de fôrma inicial.

4.2.4 Descarga de material

A cota do nível da rua era de aproximadamente 12 metros acima da cota inferior do terreno, por causa dos subsolos. Aliada à dificuldade para o trânsito de caminhões na região, a descarga de material era bastante complexa e demandava uma alta quantidade de recursos.

4.2.5 Limpeza

O fato do canteiro de obras ter pouco espaço disponível e a obra ser bastante complexa, a quantidade de resíduos gerado no corte da madeira para confecção das fôrmas também foi um fator determinante para escolha do sistema TOPEC SH. Seria necessário um espaço destinado à separação dos resíduos

provenientes dessa operação, para seu correto descarte seguindo as normas ambientais vigentes, caso a obra utilizasse o sistema convencional em fôrma madeira.

4.2.6 Número de pavimentos

O edifício em estudo conta com 16 pavimentos tipo, cuja geometria se mantêm. A grande quantidade de repetições tende a viabilizar o uso do sistema metálico. Esse fator é mais um que foi levado em consideração no momento de decisão pelo sistema metálico.

4.3 Estudo Orçamentário Sistema Metálico x Sistema de Fôrmas de Madeira

O estudo financeiro da substituição do sistema de fôrmas convencional de madeira com escoramentos metálicos pelo sistema metálico foi feito separadamente para os diferentes subsistemas de fôrmas. Em todos os casos a única opção viável foi a de aluguel dos materiais, pois o número de reutilizações não justificava a opção de compra.

4.3.1 Pavimentos do Subsolo (Lajes nervuradas)

Os sistemas escolhidos para a execução da obra foram a Concreform SH, para pilares e paredes e a TOPEC SH, para as lajes.

A comparação de custos de fôrma para os pavimentos do subsolo foi feita à parte, separada do estudo para os pavimentos tipo. O alto grau de incerteza existente na execução das lajes dos subsolos, em virtude de vários fatores como profundidade em relação ao nível da rua, necessidade de movimentação de terra, a ausência de índices de produtividade da empresa para obras semelhantes e o fato de as lajes serem nervuradas possibilitaram o estudo sem a consideração do efeito da repetitividade das lajes.

Em uma laje lisa, as escoras do tipo drophead, estrategicamente posicionadas, dispensam a movimentação das escoras para reescoramento durante a retirada dos painéis. No entanto, a presença das cubetas plásticas sobre os painéis TOPEC SH nas lajes nervuradas, requerem essa movimentação pois não é possível garantir que todas as escoras estejam posicionadas de maneira a permitir a retirada dos painéis e das cubetas, garantindo simultaneamente o reescoramento da laje recém-concretada. (SH FÔRMAS, 2013)

O estudo financeiro foi feito separadamente para os diferentes subsistemas. Para o comparativo de custos da fôrma de pilares e paredes desses pavimentos foi utilizada como base a composição de preços unitários propostas pelo TCPO 14

para o serviço de fôrmas de madeira convencional, modificando-se apenas o preço dos materiais e o salário dos funcionários de acordo com os valores praticados na empresa.

A opção a ser comparada foi a de utilização do sistema de fôrmas metálicas Concreform SH, anteriormente explicitada no item 3.3.2.4.2 .O preço pago pelo aluguel teve como base a proposta enviada pela empresa contratada, de acordo com o somatório do preço de locação unitário de todos os componentes detalhados em projeto. A fim de não se considerar o efeito de repetitividade, devido aos motivos apresentados anteriormente, foi considerada a locação mensal para a execução do serviço e a consequente devolução de todo o material ao fim do período de um mês. Esse comparativo é ilustrado na tabela 1.

Tabela 1: Comparativo financeiro entre fôrmas para pilares e paredes

Forma para PILARES e PAREDES em chapa compensada 18mm (m2)	Quantidade	Unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	370,01				
Chapa compensada plastificada 18mm		m2	0,27	23,00	2.297,76
Prego 17 x 21 com cabeça		kg	0,04	4,30	63,64
Prego 17 x 27 com cabeça dupla		kg	0,2	4,30	318,21
Arame galvanizado		kg	0,18	4,28	285,06
Pontalete 3"x3"		m	1,24	2,71	1.243,38
Sarrafo 1" x 3"		m	1,64	1,30	788,86
Desmoldante		l	0,02	1,20	8,88
TOTAL MATERIAL=>					5.005,79
Ajudante de carpinteiro		h	0,2	12,10	895,42
Carpinteiro		h	0,8	16,48	4.878,21
TOTAL MÃO DE OBRA=>					5.773,64
TOTAL=>					10.779,43
Forma metálicas para PILARES e PAREDES (m2)	Quantidade	Unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	370,01				
Aluguel peças metálicas		mês	1	15.091,89	15.091,89
Desmoldante		l	0,02	1,20	8,88
TOTAL MATERIAL=>					15.100,77
Carpinteiro		h	0,5	16,48	3.048,88
TOTAL MÃO DE OBRA=>					3.048,88
TOTAL=>					18.149,65

Fonte: Construtora Caparaó, 2013

Para a comparação financeira entre o subsistema de lajes, também foi considerado como base a composição de preços unitários propostas pelo TCPO 14 para o serviço de fôrmas convencional de madeira para laje, com as mesmas modificações praticadas para as paredes e pilares.

Nesse caso, a opção a ser comparada foi a de utilização do sistema de fôrmas metálicas TOPEC SH, anteriormente explicitada no item 3.3.2.4.1. O preço do aluguel teve como base a proposta enviada pela empresa contratada, de R\$ 0,70 m²/dia. Esse comparativo pode ser visualizado na tabela 2 .

Tabela 2: Comparativo financeiro entre fôrmas para lajes

Forma para LAJES em chapa compensada 18mm (m2)	Quantidade	unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	1033,2				
Chapa compensada plastificada 18mm		m2	0,416	23,00	9.885,66
Prego 15 x 15 com cabeça		kg	0,05	4,30	222,14
Pontaletes 3"x3"		m	0,866	2,71	2.424,78
Tábua 25cm		m	0,433	9,93	4.442,44
Desmoldante		l	0,02	1,20	24,80
TOTAL MATERIAL=>					16.999,81
Ajudante de carpinteiro		h	0,206	12,10	2.575,35
Carpinteiro		h	0,824	16,48	14.030,36
TOTAL MÃO DE OBRA=>					16.605,71
TOTAL=>					33.605,52
Forma metálicas para LAJES (m2)	Quantidade	Unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	1033,2				
Aluguel peças metálicas		m ² /mês	1	21,00	21.697,20
Desmoldante		l	0,02	1,20	24,80
Arremates madeira		m ²	0,2	23,00	4.752,72
TOTAL MATERIAL=>					26.474,72
Carpinteiro		h	0,3	16,48	5.108,14
TOTAL MÃO DE OBRA=>					5.108,14
TOTAL=>					31.582,86

Fonte: Construtora Caparaó, 2013

4.3.2 Pavimento tipo (lajes/paredes/pilares)

Para que o estudo do sistema metálico fosse mais realista, foi realizado um comparativo das lajes tipo, que é mais representativo na obra pois é possível usufruir dos benefícios da repetição de geometria. Foram utilizados sistemas metálicos do tipo TOPEC SH (para as lajes) e Concreform SH (para pilares e paredes), da mesma maneira que no item anterior.

Diferentemente da desforma de pilares e paredes, que é feita um dia após terminada a concretagem, o início da desforma das lajes deve respeitar o prazo mínimo recomendado de 3 dias. Considerando esses aspectos, para que a comparação financeira fosse mais efetiva, foi considerado que a obra deveria possuir dois conjuntos de sistema TOPEC, para que, enquanto um aguardava o prazo para que pudesse ser retirado, o outro era utilizado no pavimento seguinte. Para o sistema Concreform SH, um conjunto foi suficiente.

O edifício conta ao todo com 16 pavimentos tipo e para efeito de estudo foi considerado um ciclo de concretagem entre lajes de 8 dias. Os valores praticados no comparativo foram o mesmo preço/m²/dia utilizados no item anterior, para ambos os sistemas. No caso dos pilares e paredes, o preço foi obtido pela divisão entre o valor total da locação mensal pela metragem quadrada. O comparativo é apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Comparativo financeiro entre fôrmas para o pavimento tipo

Sistema Convencional					
Descrição	Unidade	Quantidade	Índice	R\$ Unit	R\$ Total
1 - Forma para LAJES em chapa compensada 18mm	m ²	3.567,04	1,00	32,53	116.035,81
2 - Forma para PILARES e PAREDES em chapa compensada 18mm (m2)	m ²	5.874,08	1,00	47,00	276.081,76
TOTAL=>					392.117,57
Sistema Metálico					
1 - Forma metálicas para LAJES (m2)	Quantidade	Unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	3567,04				
1.1 - Aluguel de 2 conjuntos peças metálicas (ciclos de 8 dias)		m ² /dia	8	1,40	39.950,85
1.2 - Desmoldante		l	0,02	1,20	85,61
1.3 - Arremates madeira		m ²	0,2	23,00	16.408,38
TOTAL MATERIAL=>					56.444,84
1.4 - Carpinteiro		h	0,3	16,48	17.635,45
TOTAL MÃO DE OBRA=>					17.635,45
TOTAL=>					74.080,29
2 - Forma metálicas para PILARES e PAREDES (m2)	Quantidade	Unidade	Índice	R\$ Unit.	R\$ Total
	5874,08				
2.1 - Aluguel peças metálicas		m ² /dia	8	1,36	63.909,99
2.2 - Desmoldante		l	0,02	1,20	140,98
TOTAL MATERIAL=>					64.050,97
2.3 - Carpinteiro		h	0,5	16,48	48.402,42
TOTAL MÃO DE OBRA=>					48.402,42
TOTAL=>					112.453,39
TOTAL GERAL=>					186.533,67

Fonte: Construtora Caparaó, 2013

4.4 Processo Executivo

4.4.1 Desenvolvimento de projetos

O primeiro passo para a execução das fôrmas metálicas é a elaboração dos projetos que serão utilizados na montagem das fôrmas. A empresa contratada para o fornecimento do material é responsável também pelos projetos. A

construtora fornece a ela os projetos de fôrma elaborados pelo projetista estrutural e baseado neles é feito o estudo sobre o posicionamento das peças constituintes da maneira mais eficiente possível. Abaixo são apresentados os projetos de pilares (Figura 27), paredes (Figura 28) e lajes (Figura 29) dos subsolos. (SH FÔRMAS, 2013)

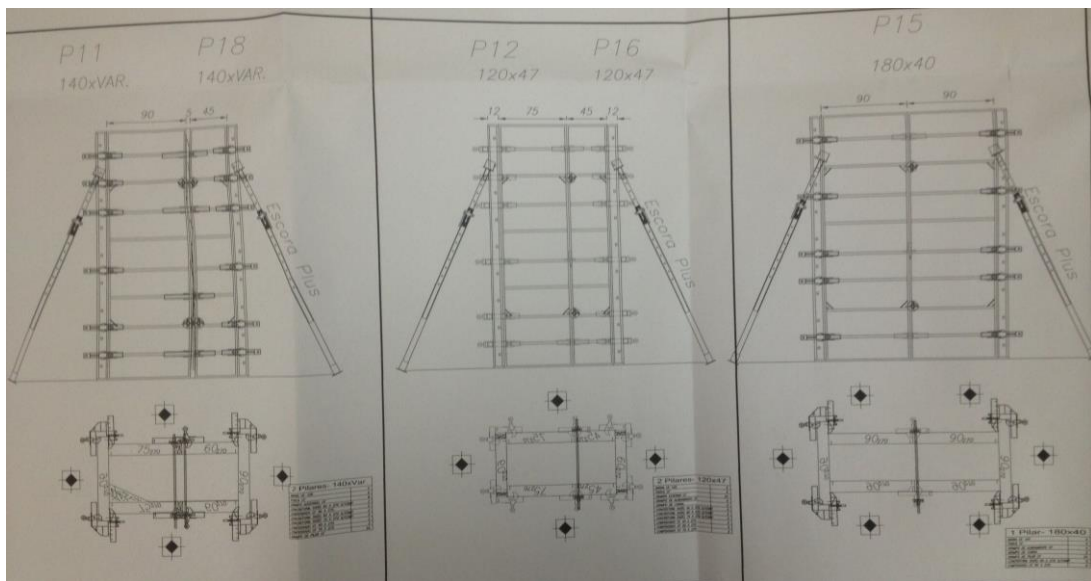


Figura 27: Projeto de pilares
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

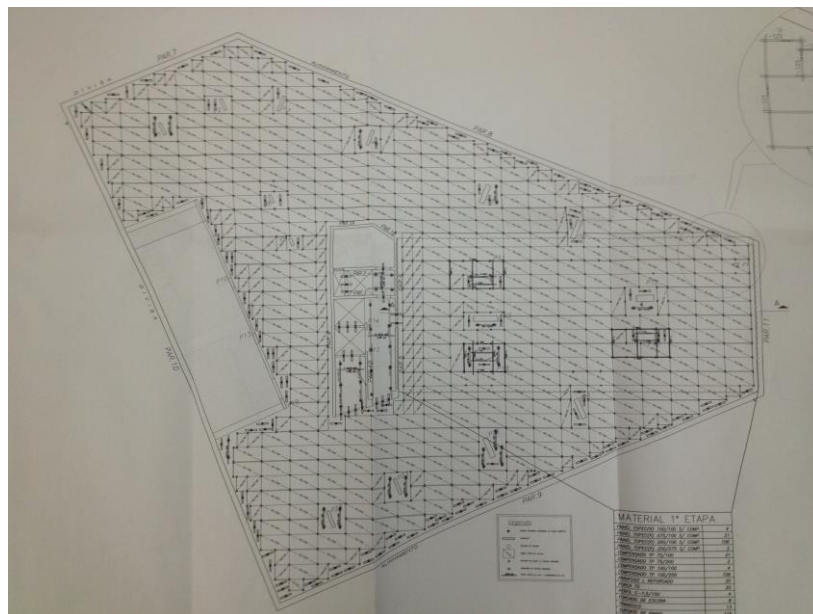


Figura 29: Projeto das lajes dos subsolos
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

4.4.2 Execução do Teto do 4º Subsolo

O teto do 4º subsolo é a primeira laje a ser executada. Devido à complexidade e a dificuldade em movimentar a terra simultaneamente à execução da laje, à uma profundidade de 12 metros abaixo do nível da rua, optou-se executar apenas a parte da laje que estava dentro da projeção do edifício, deixando o restante para um momento futuro.

A montagem das fôrmas das paredes e pilares, localizadas no núcleo do edifício, onde estarão localizados os elevadores, são executadas primeiro. Inicialmente são posicionadas as armaduras dessas estruturas. Para os pilares e paredes o sistema metálico utilizado foi o Concreform SH. O posicionamento dos painéis

ocorre após a execução dos gualhos, conforme o projeto de fôrmas. Com o auxílio dos componentes do sistema, conforme mencionados no item 3.3.2.4.2, é feito o aprumo, nivelamento e alinhamento, como visto na figura 30.

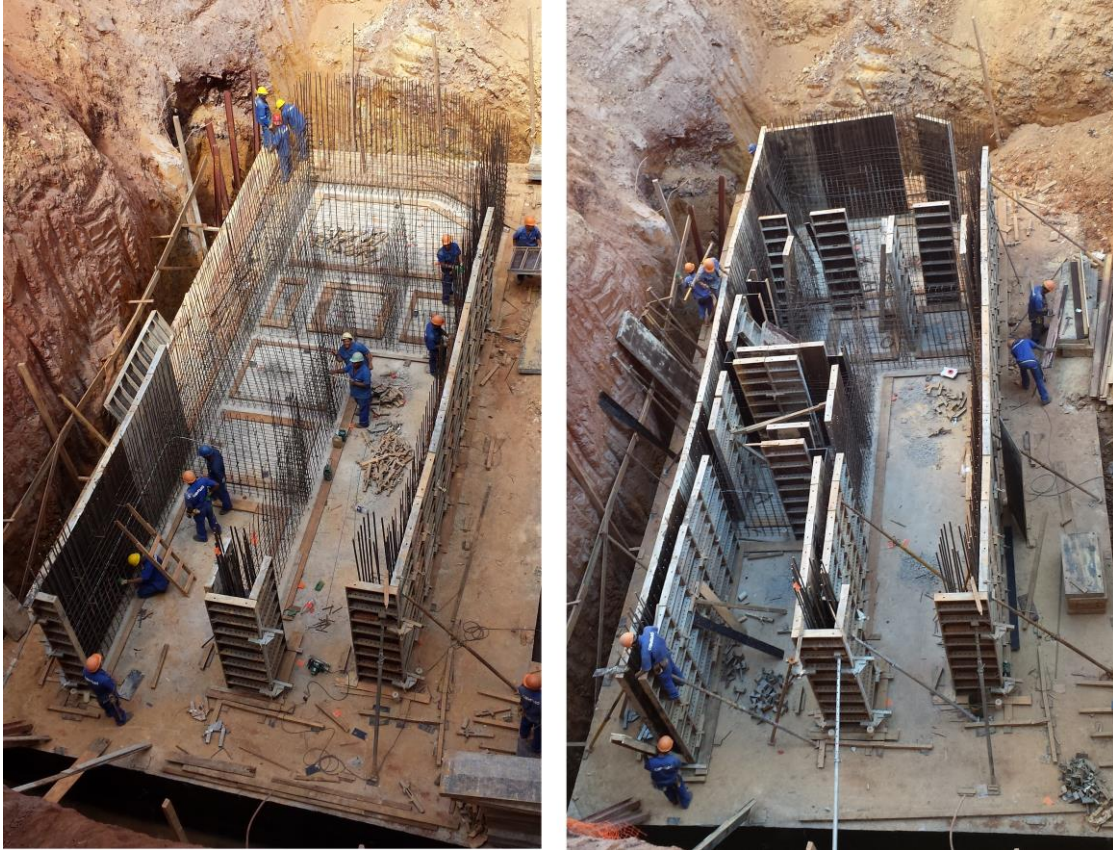


Figura 30: Armadura dos pilares (esq.) e Concreform (dir.)
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

Por fim é executada a concretagem até a cota inferior da laje nervurada seguinte.

A montagem das fôrmas da laje tem início assim que finalizada a concretagem das paredes e pilares. No estudo de caso em questão, as lajes que foram

acompanhadas são nervuradas e por esse motivo possuem também formas plásticas, que dão o molde necessário à estrutura.

O sistema utilizado foi o TOPEC SH. Apesar de existirem sistemas indicados especialmente para lajes nervuradas, conforme mencionado anteriormente nesse trabalho, a fôrma TOPEC também atende à esse tipo de laje. Além disso, na obra em estudo apenas as lajes do subsolo possuem nervuras, sendo todas as outras maciças, o que não justificava a substituição do sistema. A figura 31 mostra o detalhamento da montagem do sistema TOPEC.



Figura 31: Detalhe do posicionamento das escoras no sistema TOPEC SH
Fonte: Construtora Caparáó, 2013

Primeiramente toda a área de laje a ser executada é forrada utilizando o sistema TOPEC, sendo o nivelamento realizado simultaneamente. O segundo passo para a execução das lajes foi o posicionamento das fôrmas plásticas, também chamadas de cubetas, seguindo as dimensões, recomendações e quantidades indicadas em projeto. Em seguinte as armaduras são posicionadas e por fim é

realizada a concretagem de toda a estrutura. A laje pronta para ser concretada pode ser observada na figura 32 e a figura 33 ilustra a concretagem sendo executada.



Figura 32: Laje e paredes do teto do 4º subsolo
Fonte: Construtora Caparaó, 2013



Figura 33: Concretagem da laje do teto do 4º subsolo
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

4.4.3 Execução do Teto do 2º Subsolo

A segunda laje a ser executada foi o teto do 2º subsolo. Devido ao atraso ainda existente na obra, foi tomada a decisão de saltar a laje do teto do 3º subsolo, deixando para executá-la num momento posterior, já que a mesma deixaria de ser um caminho crítico para o planejamento da obra. Essa decisão só foi possível graças à flexibilidade proporcionada pelo sistema TOPEC SH, que permite a execução de lajes com pé-direito duplo, como pode ser observado na figura 34.



Figura 34: Laje forrada (pé-direito duplo) vista de baixo
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

As paredes e pilares foram executadas normalmente, sem a necessidade de saltar um pavimento, sendo concretadas em duas etapas e deixando as esperas para a armadura da laje do teto do 3º subsolo para quando fossem executadas.

A montagem das fôrmas da laje foi feita da mesma maneira que no pavimento anterior, conforme demonstrado na figura 35.



Figura 35: Montagem da laje do teto do 2º subsolo (pé-direito duplo)
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

Após a montagem da laje é feita a distribuição das cubetas (Figura 36). Posteriormente são posicionadas as armaduras (Figura 37) para receber a concretagem.



Figura 36: Colocação das cubetas plásticas da laje do teto do 2º subsolo
Fonte: Construtora Caparaó, 2013



Figura 37: Posicionamento das armaduras sobre as cubetas (2º subsolo)
Fonte: Construtora Caparaó, 2013

Em comparação com o tempo gasto na execução da laje anterior, houve um ganho de cinco dias no cronograma caso a laje não houvesse sido saltada.

5 CONCLUSÃO

No cenário em que a construção civil está buscando soluções para suprir a maior dificuldade em encontrar funcionários capacitados para a execução de serviços especializados, o sistema de fôrmas metálicas surge como uma boa alternativa ao sistema de fôrmas convencionais de madeira.

A maior produtividade adquirida, o fácil manuseio, a pequena geração de resíduos e conseqüente limpeza do canteiro são fatores que foram percebidos no estudo de caso e que se somam aos benefícios proporcionados. Em conversas com os funcionários da empresa, nenhum deles manifestou interesse em retornar às práticas convencionais, com o uso da madeira como material principal, devido aos diversos motivos citados anteriormente inclusive com a redução de acidentes com cortes, gerando um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. O que concede maior credibilidade ao sistema.

No aspecto econômico, em comparação com o sistema de madeira convencional, o sistema metálico possui um custo mais elevado com a aquisição do material, sendo compensado pelo menor gasto com a mão de obra necessária para a execução do serviço. Quanto maior a área e o número de repetições de fôrma, mais vantajoso o sistema metálico se torna, sendo mais fácil diluir o seu custo na obra.

Para as empresas que encontram dificuldades na contratação de funcionários, a utilização desse sistema é recomendada, pois apesar de possuir um custo levemente maior representa um montante muito pequeno comparado ao valor total de uma obra. No entanto, existem empresas que possuem diversos funcionários capacitados, e que não querem disponibilizá-los no mercado de trabalho, mesmo que enfrentem um momento de ociosidade. Para essas, o sistema de fôrma convencional continua sendo de grande valia. Uma equipe qualificada e bem treinada é capaz de apresentar produtividade elevada na execução do serviço e garante um alto nível de competitividade.

REFERÊNCIAS

- ASSAHI, Paulo Nobuyoshi - Sistema de Fôrma para estrutura de concreto. Boletim Técnico, São Paulo: s.n.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos: NBR 15696:2009.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Execução de estruturas de concreto - Procedimento: NBR 14931:2004

- CICHINELLI, Gisele. Dois em um. **Revista Técnica**, São Paulo, ed 176, nov. 2011.

- COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS. Disponível em < <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00318.pdf>>. Acesso em 15 de dezembro 2013.

- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2013.

- CONSTRUTORA CAPARAÓ S.A. Disponível em:< <http://www.caparao.com.br/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

- CORSINI, Rodnei. Fôrmas Trepantes. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo. Disponível em: <<http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/1/artigo192204-1.asp>>. Acesso em: 19 de outubro 2013.

- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Cimbramento das Estruturas de Concreto. São Paulo, 2007.

- DIÁRIO, COMÉRCIO INDÚSTRIA E SERVIÇOS. Disponível em:<<http://www.dci.com.br/industria/construcao-74-das-empresas-do-setor->

sofrem-com-falta-de-mao-de-obra-qualificada-id371901.html> . Acesso em: 08 de dezembro 2013.

- FAJERSZTAN, Hermes; LANDI, Francisco Romeu - Fôrmas para Concreto Armado - Aplicação para o Caso do Edifício. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1992.

- MADECAL MADEIRAS. Disponível em: <<http://www.madecalmadeiras.com.br/produto/compensado-resinado-fenolico/>>. Acesso em: 11 de dezembro 2013.

- MARANHÃO, George Magalhães - Formas para Concreto: Subsídios para a Otimização do Projeto Segundo a NBR7190/97. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2000.

- MARTINS, Juliana - Planejamento: Pregos para madeira. 51 ed. São Paulo:Pini, 2012. Disponível em :< <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/51/pregos-para-madeira-o-prego-certo-proporciona-fixacao-adequada-265489-1.aspx>>. Acesso em: 10 de dezembro 2013.

- MILLS. Produtos e Serviços. Fôrmas para Concreto. Disponível em: <<http://www.mills.com.br/>>. Acesso em: 18 outubro 2013.

- NAKAMURA, Juliana. Fôrmas Deslizantes. **Revista Infraestrutura Urbana**, São Paulo. Disponível em: <<http://www.infraestruturaurbana.com.br/solucoes-tecnicas/8/formas-deslizantes-muito-utilizada-quando-o-cronograma-da-obra-239367-1.asp>> Acesso em: 19 de outubro 2013.

- NAZAR, Nilton – Fôrmas e Escoramentos para Edifício: critérios para dimensionamento e escolha do sistema 1. ed. São Paulo: Pini, 2007.

-PALMASOLA. Disponível em: <<http://www.palmasola.com.br/produtos/construcao-civil-compensado-plastificado.aspx>>. Acesso em : 10 de novembro 2013.

- PORTAL DO CIMBRAMENTO. Disponível em: < <http://cimbramento.no.comunidades.net/index.php?pagina=1992809107>>. Acesso em: 15 de dezembro 2013.

- REVECOM. Disponível em :<<http://revecom.com.br/compensado-plastificado/>>. Acesso em 20 de dezembro 2013.

- SH FÔRMAS. Catálogo de Equipamentos 2013-2014. Disponível em: <<http://www.sh.com.br/site/>> Acesso em: 18 outubro 2013

- SILVA, Fernando Benigno. Fôrmas de alumínio para moldagem de paredes estruturais no local. **Revista Técnica**, São Paulo, ed 160, jul. 2010.

- TCPO 14 – Tabela de Composições de Preços para Orçamentos. 14 ed. São Paulo: Pini.

- ULMA CONSTRUCCION. Disponível em: <<http://www.ulmaconstruction.com.br/2/Produtos/9/F%C3%94RMASHORIZONTALS/87/Escoramento-com-de-Vigas-BTM.aspx>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2013.

- YAZIGI, Walid. A técnica de edificar 12. ed. São Paulo: Pini, 2013.