

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**MÁRCIO GUILHERME BRAGA SILVA**

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DISPONÍVEIS DE ESCORAMENTO NO MERCADO  
NACIONAL PARA EDIFICAÇÕES.**

São Luís

2017

**MÁRCIO GUILHERME BRAGA SILVA**

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DISPONÍVEIS DE ESCORAMENTO NO MERCADO  
NACIONAL PARA EDIFICAÇÕES.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil à Coordenação da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como requisito para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador Prof. Esp. João Aureliano de Lima  
Filho

São Luís

2017

Silva, Marcio Guilherme Braga.

Estudo das soluções disponíveis de escoramento no mercado nacional para edificações / Marcio Guilherme Braga Silva. – São Luís, 2017.

66 p.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho.

1. Sistemas de escoramento. 2. Comparativo. 3. Objetivos de desempenho. 4. Escoramento metálico. I. Título.

CDU 624.014

**MÁRCIO GUILHERME BRAGA SILVA**

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DISPONÍVEIS DE ESCORAMENTO NO MERCADO  
NACIONAL PARA EDIFICAÇÕES.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil à Coordenação da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, como requisito para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovada em: 07 / 12 / 2017

BANCA EXAMINADORA



---

**Prof. Esp. João Aureliano de Lima Filho (Orientador)**  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Esp. Solon Tupinambá Leite**  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Dr. Rodrigo de Azevedo Neves**  
Universidade Estadual do Maranhão

A Deus, família, companheiros(as) de jornada,  
Cheddar José e amigos pelo incentivo e apoio  
nos momentos mais difíceis.

*“Ao infinito... e além”*

Buzz Lightyear

## **RESUMO**

A etapa de escoramento é parte fundamental do processo de construção da estrutura em concreto armado, com gastos que são bastante expressivos, além de que qualquer atraso em sua execução atrapalha todo o cronograma da obra, pois na maioria dos casos, essas estruturas fazem parte do caminho crítico. Com a aquisição da madeira cada vez mais difícil e onerosa, aliada à constante busca da construção civil em se melhorar os índices de produtividade para reduzir os custos aliado à qualidade e prazo de execução, é de grande valia um estudo detalhado dos sistemas de escoramentos, seu dimensionamento e a melhor escolha dos materiais, o que acabará refletindo na mão-de-obra e nos demais itens, mesmo aqueles não diretamente ligados à estrutura de concreto armado. Este trabalho trata dos materiais, métodos e procedimentos empregados para os tipos de escoramento existentes no mercado brasileiro com ênfase no comparativo entre eles no que diz respeito aos objetivos de desempenho, custos, tempo de execução e levantando os cuidados de como fazer a escolha adequada de um determinado sistema.

Palavras-chave: Sistemas de Escoramento. Comparativo. Objetivos de Desempenho.  
Escoramento metálico

## **ABSTRACT**

The shoring stage is key part of the structure building process in reinforced concrete, with expenditures that are very expressive, and that any delay in its execution disrupts the entire schedule of the work, because in most cases, these structures are part of the critical path. With the acquisition of wood increasingly difficult and costly, coupled with the constant pursuit of construction in improving productivity levels to reduce costs coupled with the quality and execution time, is of great value a detailed study of shoring systems, its design and the best choice of materials, which will be reflected in the hand labor and other items, even those not directly linked to the reinforced concrete structure. This work deals with the materials, methods and procedures employed for the types of shoring existing in the Brazilian market, with emphasis on the comparative among them with regard to performance objectives, costs, execution time and raising the care of how to make the proper choice of system.

**Keywords:** Shoring systems. Comparative. Performance objects. Metal shoring

## LISTA DE FIGURAS

|        |    |                                                                              |    |
|--------|----|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura | 1  | Composição de lajes                                                          | 18 |
| Figura | 2  | Laje pré fabricada treliçada                                                 | 19 |
| Figura | 3  | Laje mista com isopor                                                        | 19 |
| Figura | 4  | Laje maciça                                                                  | 20 |
| Figura | 5  | Laje nervurada                                                               | 20 |
| Figura | 6  | Torre metálica montada ou módulo                                             | 25 |
| Figura | 7  | Escoramento de laje com torre de um módulo                                   | 26 |
| Figura | 8  | Componentes do quadro                                                        | 26 |
| Figura | 9  | Imagem destacando a Diagonal em X                                            | 27 |
| Figura | 10 | Representação de escora metálica e seu componentes                           | 27 |
| Figura | 11 | Representação uma escora metálica com tripé instalado.                       | 28 |
| Figura | 12 | Representação de escoras com tripé em planta                                 | 29 |
| Figura | 13 | Cruzeta                                                                      | 29 |
| Figura | 14 | Representação da cruzeta em corte                                            | 30 |
| Figura | 15 | Travamento metálico                                                          | 30 |
| Figura | 16 | Imagem da base fixa                                                          | 31 |
| Figura | 17 | Base ajustável                                                               | 31 |
| Figura | 18 | Modulo montado com DTT em destaque                                           | 32 |
| Figura | 19 | Suportes duplo e simples                                                     | 32 |
| Figura | 20 | Cantoneira ligando quadros                                                   | 33 |
| Figura | 21 | Cantoneira                                                                   | 33 |
| Figura | 22 | Projeto de escoramento de laje maciça elaborado apenas com torres na laje    | 36 |
| Figura | 23 | Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres e escoras na laje | 37 |
| Figura | 24 | Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres metálicas         | 38 |
| Figura | 25 | Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres e escoras na laje | 39 |
| Figura | 26 | Imagens de escoramentos com lajes mistas                                     | 40 |

|        |    |                                                                                                 |    |
|--------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura | 27 | Projeto de escoramento de lajes mistas com torres metálicas<br>intercalados com escora metálica | 41 |
| Figura | 28 | Guias de cubeta                                                                                 | 42 |
| Figura | 29 | Projeto contemplando o escoramento e os pontos de reescoramento                                 | 42 |
| Figura | 30 | Vista de projeto de escoramento com mão francesa/barroteamento<br>em balaço                     | 44 |
| Figura | 31 | Imagem de escoramento de viga com escora utilizando garfo interno                               | 45 |
| Figura | 32 | Detalhe de projeto de garfo interno                                                             | 45 |
| Figura | 33 | Garfo de periferia                                                                              | 46 |
| Figura | 34 | Planta de projeto com vigas encostadas em muro.                                                 | 47 |
| Figura | 35 | Corte de projeto com vigas encostadas em muro                                                   | 48 |
| Figura | 36 | Utilização da viga intermediária como apoio                                                     | 48 |
| Figura | 37 | Imagem de escoramento em balanço                                                                | 49 |
| Figura | 38 | Corte de projeto contemplando escoramento em balanço                                            | 50 |
| Figura | 39 | Escoramento de escada feito de madeira                                                          | 51 |
| Figura | 40 | Vista de projeto de escoramento em rampa                                                        | 52 |
| Figura | 41 | Escoramento incorreto de laje inclinada                                                         | 52 |
| Figura | 42 | Planta de escoramento em laje com alvenaria estrutural                                          | 53 |
| Figura | 43 | Vista DECKLIGHT                                                                                 | 54 |
| Figura | 44 | Sequência de montagem DECKMILLS                                                                 | 54 |
| Figura | 45 | Reescoramento                                                                                   | 56 |

## LISTA DE QUADROS

|        |   |                                                                              |    |
|--------|---|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro | 1 | Prazos para desforma                                                         | 55 |
| Quadro | 2 | Resumo de análise de soluções de escoramentos para cada etapa de concretagem | 62 |

## SUMÁRIO

|            |                                                      |           |
|------------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                              | <b>12</b> |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVOS.....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Geral.....</b>                                    | <b>13</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Específico .....</b>                              | <b>13</b> |
| <b>3</b>   | <b>METODOLOGIA .....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>4</b>   | <b>JUSTIFICATIVA .....</b>                           | <b>15</b> |
| <b>5</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                      | <b>16</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Histórico.....</b>                                | <b>16</b> |
| <b>5.2</b> | <b>Definição de das peças estruturais.....</b>       | <b>17</b> |
| 5.2.1      | Laje .....                                           | 17        |
| 5.2.1.1    | Tipos de Laje.....                                   | 18        |
| <b>5.3</b> | <b>Definição de Escoramento .....</b>                | <b>21</b> |
| <b>5.4</b> | <b>Requisitos dos Sistemas de Escoramentos .....</b> | <b>21</b> |
| 5.4.1      | Resistência .....                                    | 22        |
| 5.4.2      | Rigidez e Estabilidade.....                          | 22        |
| 5.4.3      | Estanqueidade .....                                  | 22        |
| 5.4.4      | Durabilidade.....                                    | 22        |
| <b>5.5</b> | <b>Elementos do Escoramento .....</b>                | <b>24</b> |
| 5.5.1      | Suporte .....                                        | 24        |
| 5.5.1.1    | Torres metálicas .....                               | 25        |
| 5.5.1.1.1  | Componentes.....                                     | 26        |
| 5.5.1.2    | ESCORAS.....                                         | 27        |
| 5.5.1.3    | Acessórios .....                                     | 30        |
| 5.5.2      | Tramo .....                                          | 33        |
| <b>5.6</b> | <b>SISTEMATIZAÇÃO DO ESCORAMENTO .....</b>           | <b>34</b> |
| <b>6</b>   | <b>SOLUÇÕES DE ESCORAMENTO .....</b>                 | <b>36</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Escoramento de lajes .....</b>                    | <b>36</b> |
| 6.1.1      | Lajes maciças.....                                   | 36        |
| 6.1.2      | Lajes pré-moldadas e mistas .....                    | 40        |
| 6.1.3      | Laje nervurada .....                                 | 41        |

|             |                                                |           |
|-------------|------------------------------------------------|-----------|
| <b>6.2</b>  | <b>Escoramento de vigas .....</b>              | <b>43</b> |
| 6.2.1       | Escora com suporte T.....                      | 43        |
| 6.2.2       | Escoras com torres.....                        | 43        |
| 6.2.3       | Torres com escoras .....                       | 43        |
| 6.2.4       | Torres com mão francesa .....                  | 44        |
| 6.2.5       | Garfo interno.....                             | 44        |
| 6.2.6       | Garfo de periferia .....                       | 45        |
| 6.2.7       | VIGAS COLADAS EM MUROS.....                    | 46        |
| <b>7</b>    | <b>ESCORAMENTO ESPECIAIS.....</b>              | <b>49</b> |
| 7.1         | ESCORAMENTO EM BALANÇO .....                   | 49        |
| 7.2         | ESCORAMENTO DE ESCADAS .....                   | 50        |
| 7.3         | ESCORAMENTO DE RAMPAS E LAJES INCLINADAS ..... | 51        |
| 7.4         | ESCORAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....      | 53        |
| 7.5         | LAJE PLANA LISA .....                          | 54        |
| <b>8</b>    | <b>DESFORMA .....</b>                          | <b>55</b> |
| <b>9</b>    | <b>REESCORAMENTO .....</b>                     | <b>56</b> |
| <b>10</b>   | <b>OBJETIVOS DE DESEMPENHO.....</b>            | <b>58</b> |
| 10.1        | Qualidade .....                                | 58        |
| 10.2        | Rapidez .....                                  | 58        |
| 10.3        | Flexibilidade .....                            | 59        |
| 10.4        | Custo .....                                    | 59        |
| <b>11</b>   | <b>PROCESSO DE DECISÃO DO SISTEMA .....</b>    | <b>61</b> |
| <b>12</b>   | <b>CONCLUSÃO .....</b>                         | <b>62</b> |
| <b>12.1</b> | <b>Sugestão para trabalhos futuros.....</b>    | <b>64</b> |
|             | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                       | <b>65</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da construção civil houve uma grande evolução na forma de se construir. As grandes obras do passado utilizavam como principal material estrutural as pedras naturais e madeira, materiais que, apesar de duradouros ficaram ultrapassados com o surgimento de novas formas construtivas, principalmente com a utilização do concreto e do aço.

O surgimento do concreto deu a engenharia um grande avanço, prédios com alturas inimagináveis, pontes com vãos cada vez maiores, obras de magnitude e com particularidades começaram a surgir. Com o desenvolvimento do concreto, tecnologia dos métodos construtivos, conhecimento mais aprofundado dos materiais utilizados e os apelos econômico-financeiros, as estruturas passaram a ser projetadas com margens de segurança próximas ao limite e executadas da forma mais ágil e segura.

Vale ressaltar, que o mercado tem sido marcado pelo acirramento da concorrência entre empresas e aos índices de produtividade para reduzir os custos aliado à técnica e prazo de execução. A concretagem, que faz parte do caminho crítico de grande parte das obras de edificações está contando com métodos de cimbramentos cada vez menos artesanais.

Os cimbramentos (ou escoramentos) são todos os elementos que servem para sustentar o concreto e mantê-lo em sua posição até que atinja resistência, resistindo às cargas atuantes e transmitindo-as da estrutura do molde para algum ponto de suporte do solo ou na própria estrutura. (FAJERSZTAJN, 1992).

Atualmente existem diversos sistemas de escoramento que se empregam na execução de lajes planas moldadas “in loco” armadas, protendidas ou mistas. Onde cada sistema possui sua especificidade de aplicação com vantagens e desvantagens. As ferramentas de cálculo (programas) auxiliam no processo de análise e aceleram a produtividade no detalhamento dos projetos. No entanto, cabe ao engenheiro da obra escolher a opção mais adequada para uso, avaliando cronograma, necessidades e tipo de obra.

Os parâmetros para escolha do tipo de cimbramento a ser aplicado em uma estrutura de concreto armado possuem variáveis que vão desde a preferência, por parte do engenheiro de um sistema no qual ele possui conhecimento prático e/ou que já lhe rendeu resultados satisfatórios, até o cronograma da obra, produtividade, segurança, flexibilidade, custo, para que se possa decidir qual será o sistema que atenderá da melhor maneira possível.

A questão ambiental também é importante e vem sendo favorecida com a substituição do uso de madeira nos cimbramentos pelo uso de material metálico, auxiliando na diminuição

do desmatamento e dos resíduos provenientes da carpintaria.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Determinar os critérios de escolha entre tipos, materiais e soluções para escoramento em edificações.

### **2.2 Específicos**

- a) Determinar variáveis preponderantes na escolha de um tipo de escoramento;
- b) Apontar as soluções técnicas para diversas situações, mostrando vantagens e desvantagens;
- c) Mostrar problemas comuns e como evita-los em projetos e durante a execução do escoramento;
- d) Analisar objetivos de desempenho.

### **3 METODOLOGIA**

Como metodologia de trabalho, foi feita pesquisa bibliográfica através de livros, monografias, artigos, boletins, teses, sites, cases, revistas especializadas e normas vigentes.

#### **4 JUSTIFICATIVA**

Durante o curso, pouco, ou quase nada, se aborda sobre o tema, deixando os engenheiros recém-formados sem as devidas informações técnicas necessárias para a escolha correta do cimbramento na execução da obra. No quadro atual, onde a Construção Civil busca sempre melhorar os índices de produtividade para reduzir os custos aliado à qualidade e prazo de execução, um superdimensionamento ou retrabalho com o escoramento pode comprometer planejamento, orçamento e até mesmo a segurança da obra.

Tendo como objetivo facilitar a concepção de engenheiros, arquitetos e técnicos, este trabalho será elaborado com os dados os mais próximos possíveis da realidade sobre a aplicação de escoramento em edificações.

Cabe ressaltar que o mercado, principalmente após a introdução da ISO no Brasil, tem sido marcado pelo acirramento da concorrência entre empresas e a qualidade do trabalho das empresas garante a sua permanência e continuidade. No quadro atual a Construção Civil busca sempre melhorar os índices de produtividade para reduzir os custos aliado à qualidade e prazo de execução, torna-se necessário um estudo que vai desde a escolha do sistema até o planejamento de montagem e desmontagem do escoramento.

Serão apresentados aqui, os materiais disponíveis no mercado atual, para a obtenção de escoramento, suas vantagens e desvantagens, a finalidade desses e em quais situações são melhores empregados.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Histórico

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia permitiu que engenheiros e arquitetos desenvolvessem projetos sofisticados e de grande porte para atender a necessidade do homem em se expandir com a globalização. De acordo com dados publicados pelas Nações Unidas, em 2011, quase 50% da população do planeta vivia em cidades ou em torno delas no início do século XXI.

Essa migração teve seu início ainda no século XVIII com advento da revolução industrial. Esse movimento gerou a necessidade de abrigar muitas pessoas em espaços cada vez mais restritos, tornando as edificações cada vez mais complexas e verticalizadas.

No Brasil, esse fenômeno ocorreu um pouco mais tarde, mais precisamente a partir do início do século XX. A era de ouro da engenharia civil brasileira aconteceu na década de 70, período marcado pelo desenvolvimento econômico, chamado “milagre brasileiro”. Além das construções residenciais outras obras com características e portes notáveis surgiram rapidamente no país, como a Usina Hidrelétrica de Itaipú, Ponte Rio - Niterói, entre outras. Foi também a época onde a imponência e dificuldade construtiva imposta por alguns dos mais renomados arquitetos da história nacional, como Oscar Niemayer, puderam explorar toda sua criatividade.

O desenvolvimento tecnológico oriundo conhecimento de materiais e métodos de cálculos mais avançados, permitiram que as estruturas passassem a ser construídas com margens de segurança próximas ao limite, reduzindo custos e tempo de execução, resposta perfeita aos apelos socioeconômicos da época.

O escoramento não fica de fora dessa evolução, com o crescimento industrial e a necessidade de novas opções, foram desenvolvidos equipamentos e materiais que atendessem as mais diversas situações da construção civil.

A origem do nome escoramento provém do uso das escoras de madeira, que eram utilizadas nas construções das casas, edifícios, pontes silos ou outras estruturas. Com o passar do tempo e do uso das peças feitas de aço pela indústria metalúrgica, o que antes era chamado escoramento de madeira, passou a ser conhecido como escoramento metálico, terminologia esta utilizada pela engenharia.

Fundada em 2003, a ABRASFE - Associação Brasileira das empresas de Sistemas de

Fôrmas e Escoramentos, através de um Comitê Técnico formado pelos Gerentes e Diretores Técnicos dos Associados, desenvolveu um “Texto base da norma” para dar entrada na ABNT, pois não existia uma norma técnica brasileira para Escoramentos, cada empresa adotava conceitos e premissas que acreditava.

Após muitas reuniões com presença do Sinduscon, de consumidores, fornecedores, empresas e projetistas, a ABNT libera a NBR-15696 para consulta pública nacional em janeiro de 2008, contudo, apenas em maio de 2009 entraria em vigor.

## **5.2 Definição de das peças estruturais**

### **5.2.1 Laje**

A laje é um dos mais conhecidos elementos estruturais assim como a viga e o pilar. Ela está presente nas construções desde a antiguidade, mas vem sofrendo um grande processo evolutivo ao longo desse período (ANDRIOLO, 1984).

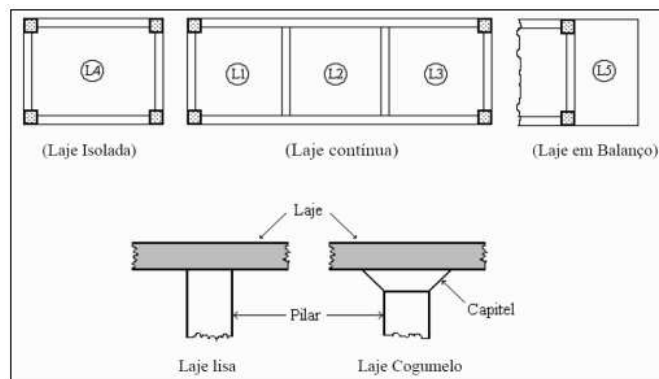
Segundo a ABNT NBR 6118:2014, item 14.4.2.1 as lajes ou placas são “elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes”. Segundo Di Pietro (2000, p.45):

[...] lajes ou placas são os elementos planos das edificações (horizontais ou inclinados), de estrutura monolítica e de altura relativamente pequena e que são caracterizadas por duas dimensões: sua largura e seu comprimento, predominantes em relação à sua altura e servem para separar os diversos pisos de um edifício.

Atualmente, arquitetos e engenheiros possuem um enorme leque de opções de lajes, que podem adaptar-se às mais variadas necessidades. Dos maiores aos menores vãos, das ortogonais às curvas, pré-moldadas ou fabricadas in loco, translúcidas ou maciças, plissadas ou nervuradas (SILVA, 1998).

Entende-se por definição projetual de uma laje a concepção do espaço, este definido por um plano de apoio – a laje – sobre o qual iremos construir e elaborar este espaço (DI PIETRO, 2000).

Figura 1 - Composição de lajes



FONTE: Silva(1998)

As lajes, na maioria das vezes, destinam-se a receber as cargas verticais que atuam nas estruturas de um modo geral, transmitindo-as para os respectivos apoios, que comumente são vigas localizadas em seus bordos, podendo ocorrer também a presença de apoios pontuais (pilares) (SILVA, 1998).

#### 5.2.1.1 Tipos de Lajes

Na prática, existem diferentes tipos de lajes que são empregadas nas obras de um modo geral, sendo que podem ser classificadas da seguinte forma segundo Silva (1998, p.12):

- Quanto a sua composição e forma (foco do estudo);
- Quanto ao tipo de apoio;
- Quanto ao esquema de cálculo.

a) Quanto a sua composição e forma, as lajes podem ser:

- Lajes mistas pré-fabricadas: são todas aquelas cujas partes constituintes são fabricadas em larga escala por indústrias. Existem diversos tipos, sendo as mais usadas as lajes com vigotas treliçadas e as com vigotas de concreto armado. Podem ainda ser classificadas como unidirecionais (nervuras principais em uma única direção), bidirecionais (nervuras em duas direções).

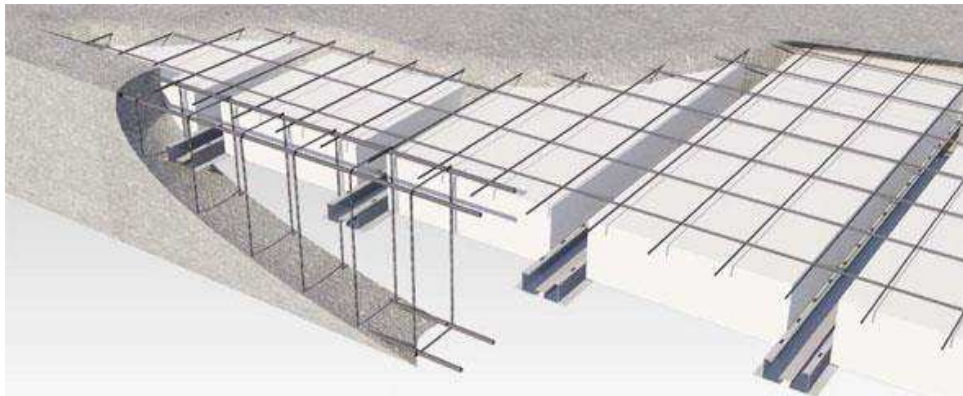
Figura 2 - Laje pré fabricada treliçada.



Fonte: Acervo Leroy Merlin

- Lajes mistas moldadas na obra: são montadas sobre um tablado, e além das armaduras recebem também peças de um elemento inerte, chamado de caixão perdido (geralmente de material cerâmico ou poliestireno expandido - EPS).

Figura 3 - Laje mista com isopor



Fonte: Acervo Portal Metálica

- Lajes maciças: São constituídas integralmente de concreto armado, a partir do lançamento do concreto sobre as barras de aço posicionadas sobre um tablado. Elas podem ser armadas em uma só direção com a armação resistente disposta, sempre que possível, na direção do vão menor da laje, ou armadas em cruz, isto é, nas duas direções, e apoiadas em todo o perímetro.

Figura 4 - Laje maciça



Fonte: Site Atex(2017)

- Lajes nervuradas: o sistema de laje nervurada tem sua origem em 1854, quando William Boutland Wilkinson patenteou um sistema em concreto armado de pequenas vigas regularmente espaçadas, onde os vazios entre as nervuras foram obtidos pela colocação de moldes de gesso, sendo uma fina capa de concreto executada como plano de piso.

As lajes nervuradas também são moldadas no local da obra. A estrutura é constituída de nervuras interligadas por uma capa ou mesa de compressão. Essa laje elimina o concreto desnecessário da região de tração.

Com altura maior que a laje maciça, o uso de ferragem é minimizado, criando uma estrutura mais leve, que proporciona custos reduzidos na estrutura e fundações, permitindo vencer grandes vãos com menor consumo de materiais.

Figura 5 - Laje nervurada



Fonte: Site Atex

### **5.3 Definição de Escoramento**

Os cimbramentos (ou escoramentos) são todos os elementos que servem para sustentar o concreto e mantê-lo em sua posição até que atinja resistência, resistindo às cargas atuantes e transmitindo-as da estrutura do molde para algum ponto de suporte do solo ou na própria estrutura. (FAJERSZTAJN, 1992).

Estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento 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 (NBR 15696:2009)

A ABCP define escoramento como uma estrutura provisória composta por um conjunto de elementos que apóiam as fôrmas de lajes e vigas, suportando as cargas atuantes (peso próprio do concreto, movimentação de operários e equipamentos, etc) transmitindo para a estrutura anterior ou para o piso, até que essa estrutura se torne autoportante, podendo ser metálico ou de madeira,

Com o grande problema de desperdício de uma construção, que vai desde a mão de obra desqualificada, a pouca otimização dos projetos e a aplicação do material inadequado para os serviços executados, um escoramento bem projetado e uma escolha adequada de equipamentos, fazem com que tenhamos menos desperdícios, uma obra mais limpa, racionalização e agilidade na produção, tudo isso gerando um menor custo no fim da construção e muitas vantagens técnicas.

Com a implantação de novas tecnologias, as quais o escoramento metálico pode ser citado como uma, há uma grande necessidade de garantir a boa execução do serviço. As empresas especializadas nessa atividade, além de elaborar projeto, têm que dispor de profissionais qualificados para a boa execução da montagem, além de garantir a responsabilidade técnica da atividade a ser exercida (PINTO, 2011).

### **5.4 Requisitos dos Sistemas de Escoramentos**

Para que um sistema de escoramento atinja seu objetivo, deverá seguir todas as prescrições normativas que, no caso brasileiro, são determinadas pela NBR 15696, além de

atender aos requisitos satisfatoriamente de acordo com as funções para qual foram idealizadas, tais como:

#### 5.4.1 Resistência

A resistência se refere à função estrutural do sistema de fôrmas de servir de suporte ao concreto fresco, necessitando de resistência suficiente para suportar os esforços provenientes do seu peso próprio, do empuxo do concreto, do adensamento e do tráfego de pessoas e equipamentos. (SEARBY, 1986).

#### 5.4.2 Rigidez e Estabilidade

A rigidez significa apresentar resistência à deformação suficiente para manter as dimensões e formas previstas no projeto, ou seja, apresentar deformação adequada e controlada sem deslocamentos, apresentando assim geometria compatível com as especificações do projeto. De acordo com Barros e Melhado (1998):

“[...] observa-se que a redução de até 10% na altura de uma viga interfere muito mais na resistência mecânica do elemento estrutural que uma variação de 10% na resistência do concreto. Da rigidez das peças componentes da fôrma dependerão o nivelamento da laje e planicidade das superfícies dos elementos estruturais. A estabilidade é desejável também em decorrência da necessidade de segurança quando das operações de montagem até o momento da desforma”.

#### 5.4.3 Estanqueidade

Durante a concretagem de uma estrutura, poderá ocorrer o vazamento da nata de cimento caso a montagem dos painéis da fôrma não esteja garantindo o perfeito fechamento das juntas. A estanqueidade significa evitar a perda de água e de finos de cimento durante a concretagem, que causam “bicheiras” que comprometem a qualidade do concreto tanto no que diz respeito ao acabamento superficial quanto à resistência. (SOUZA, 1995).

#### 5.4.4 Durabilidade

Considerando-se a elevada participação do sistema de escoramento no orçamento das obras, reaproveitar o maior número de vezes os elementos do sistema para desonerar o máximo possível à execução da estrutura, reduzir o espaço destinado a canteiro de obra e minimizar custos pela agilidade das instalações do sistema.

## **5.5 Elementos do Escoramento**

O escoramento (ou cimbramento) é uma estrutura de suporte provisória composta por um conjunto de elementos que apoiam as fôrmas horizontais (vigas e lajes), suportando as cargas atuantes (peso próprio do concreto, movimentação de operários e equipamentos, etc.) e transmitindo-as ao piso ou ao pavimento inferior. Estes elementos normalmente dividem-se em:

- Suporte;
- Tramo;
- Fôrma;
- Acessórios

### **5.5.1 Suporte**

É a parte responsável por transmitir a carga recebidas pelas vigas, para o solo. O método e material a serem empregados dependem de vários fatores, que serão vistos posteriormente. Pode ser dividida entre torres metálicas e escoras (metálicas ou de madeira):

#### **5.5.1.1 Torres Metálicas**

O sistema de torres metálicas é uma composição de estruturas metálicas formadas pelo encaixe dos quadros tubulares contraventados por diagonais em “X”. O conjunto formado por dois quadros e duas diagonais (DX) é chamado módulo. Seus vários modelos, medidas e acessórios oferecem alternativas de montagem que atendem a diversos tipos de obras, principalmente onde é necessária uma estrutura de suporte como forma de acesso a determinada altura.

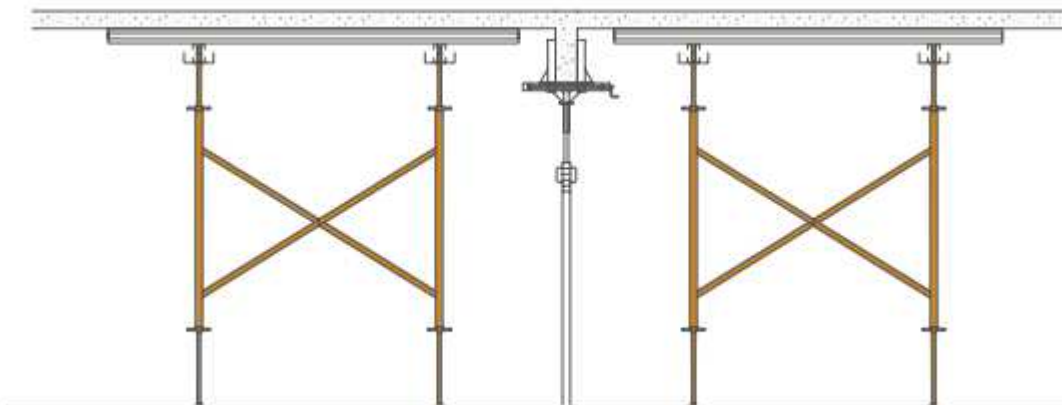
Por ser prático, seguro e de fácil montagem, não requer mão de obra especializada. Por isso seu sistema faz parte do cotidiano de inúmeros operários e mestres de obra. Como torres de cargas em escoramento de vigas e lajes.

Figura 6 - Torre metálica montada ou módulo



Fonte: Site FortEquip(2017)

Figura 7 - Escoramento de laje com torre de um módulo

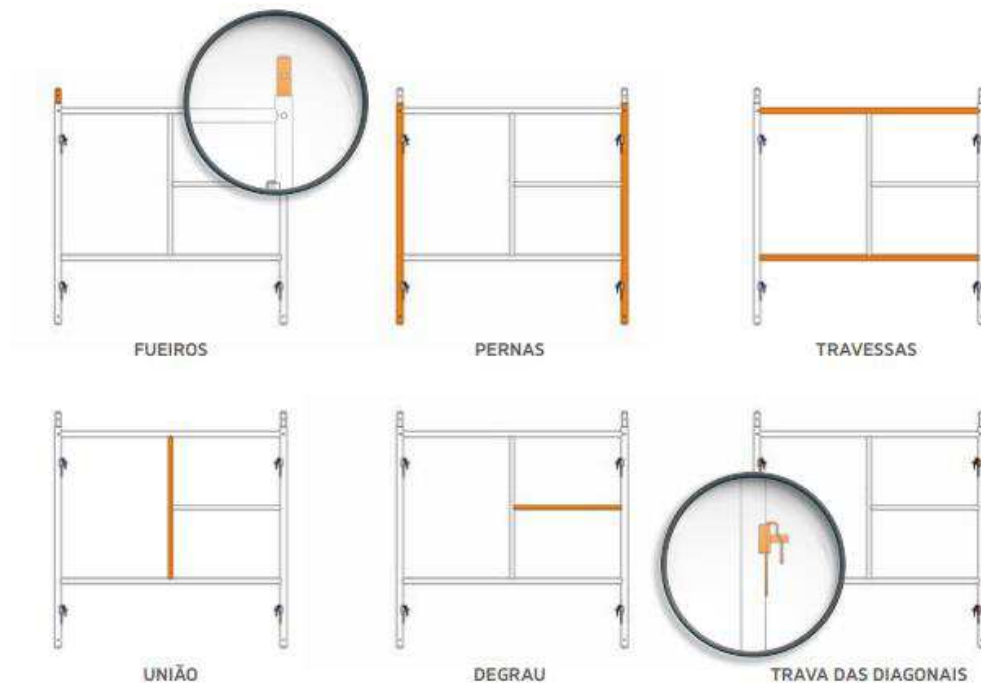


Fonte: Site SH(2017)

#### 5.5.1.1.1. Componentes:

##### a) Quadros

Figura 8 - Componentes do quadro

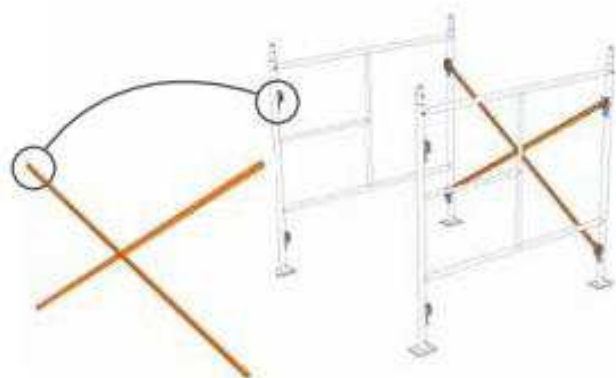


Fonte: Acervo MILLS

##### b) Diagonais em 'X'

Elemento responsável pelo contraventamento (ligação) dos quadros.

Figura 9 - Imagem destacando a Diagonal em X



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

### 5.5.1.2 ESCORAS

Segundo Batista e Mascia, são peças de fácil montagem, com formada a partir de dois tubos que deslizam um dentro do outro, tendo o tubo inferior com diâmetro maior do que o tubo superior, que é conhecido por “flauta”, já que possui furos a cada 10 cm para ajuste através de um pino. No topo da peça superior existe uma luva metálica, com rosca e duas alças para o ajuste milimétrico.

Figura 10 - Representação de escora metálica e seus componentes



Fonte: Manual Escorção Mecan

#### a) Tripé

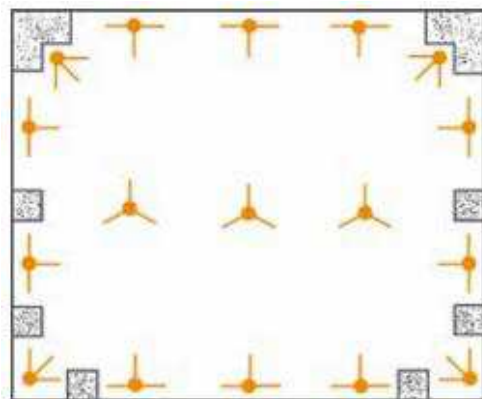
São acessórios utilizados para posicionar as escoras no momento da montagem dos escoramentos de lajes ou vigas. Eles permitem giros para melhor adaptação em caso de lajes com interferências.

Figura 11 - Representação uma escora metálica com tripé instalado.



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

Figura 12 - Representação de escoras com tripé em planta



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

b) Suporte T ou cruzeta;

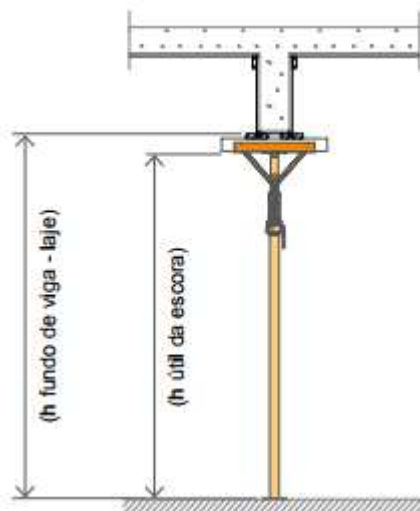
Acessório para Escoras que serve para apoiar o fundo de vigas.

Figura 13 - Cruzeta



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

Figura 14 - Representação da cruzeta em corte

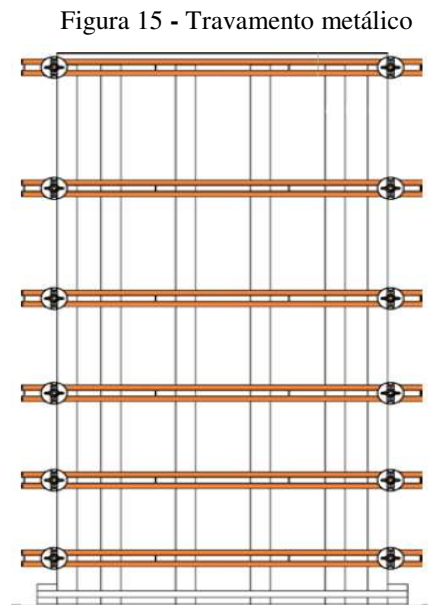


Fonte: Manual TS MILLS(2017)

### 5.5.1.3 Acessórios

#### a) Travamento metálico

Funciona como uma grade para suportar as chapas de madeira compensadas, recebendo as cargas atuantes (peso próprio e sobrecarga conforme NBR 15696) e distribuindo para os elementos verticais (escoras de aprumo)



Fonte: Manual TS Mills (2014)

#### b) Bases para torres metálicas

As bases são utilizadas como apoio dos andaimes, transmitindo as cargas dos postes para o solo ou pavimento inferior. Existem 2 tipos:

- Base FIXA

Elemento utilizado como apoio das torres, distribuindo as cargas do poste (do quadro TS) para pisos planos.

Figura 16 - Imagem da base fixa



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

- Base AJUSTAVEL

A sapata ajustável é ideal para terrenos desnivelados, ou seja, com necessidade de ajuste. Proporciona excelente estabilidade e é indicada em situações de solos menos consistentes

Figura 17 - Base ajustável

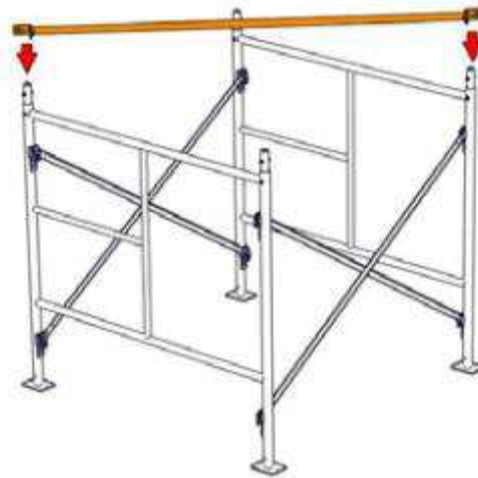


Fonte: Manual TS MILLS(2017)

c) DTT

É usada para contraventar a torre no sentido horizontal, sendo elemento fundamental para a montagem da torre em esquadro, eliminando o momento e torção da mesma

Figura 18 - Modulo montado com DTT em destaque



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

#### d) Suportes

Elemento utilizado como suporte para apoiar o vigamento e transmitir as cargas oriundas deste para os postes do quadro metálico. Pode ser simples ou duplo (para transpasse de vigas)

Figura 19 - Suportes duplo e simples



Fonte: Manual SH(2017)

#### e) Cantoneiras de ligação

Elemento utilizado para ligar quadros em situações especiais de projeto. Para

resolver o problema de estruturas com grande concentração de cargas e pode-se posicionar várias torres próximas e interligadas, podendo absorver grande concentração de carga.

Figura 20 - Cantoneira ligando quadros



Figura 21 - Cantoneira de ligação



Fonte: Manual TS(2017)

-

### 5.5.2 Tramo

- Vigotas principais (conhecidas também como longarinas) e vigotas secundárias (conhecidas também como barrotes).
  - a) As vigas secundárias, conhecidas também como viga de barroteamento, são colocadas abaixo do compensado. Serve de apoio ao compensado e apresentando a função principal de evitar deformações exageradas que possam influenciar nas características geométricas da peça a ser concretada (FERREIRA E MENEZES, 2012).
  - b) As vigas principais são responsáveis por receber o peso do concreto junto com o peso das vigas secundárias e do compensado. Por isso o motivo de serem mais espessas e maiores. São localizadas perpendicularmente abaixo das vigas de barroteamento servindo de apoio para as mesmas (FERREIRA E MENEZES,

2012).

## **5.6. SISTEMATIZAÇÃO DO ESCORAMENTO**

Antes da escolha por um sistema de escoramento é necessário levar em consideração vários aspectos. A ABCP fez a análise de alguns pontos para a escolha de um bom sistema de escoramento:

- Projeto de fôrmas: é importante a escolha de uma fôrma adequada para cada tipo de construção, pois além de ela influenciar na qualidade final, ela é determinante para a escolha ideal do escoramento.

- Projeto estrutural: é fundamental que tenhamos o projeto estrutural em mãos e até o acompanhamento do projetista estrutural na obra, pois com ele determinamos as dimensões dos elementos estruturais a serem escorados e ainda a escolha do equipamento ideal.

- Planejamento: planejar cada etapa da obra e o reaproveitamento do equipamento, é de suma importância para avaliar a escolha do equipamento, se esse equipamento deve ser alugado ou comprado e também pra avaliar a mão de obra que será empregada para montagem.

- Custo: deve ser levado em conta, além dos custos diretos, os custos indiretos para escolha do escoramento, tais como frete, reposição, indenizações por perdas ou danos ao equipamento (no caso de metálicos), manutenção, etc.

- Durabilidade: quando o equipamento é comprado, devemos nos certificar se a vida útil dele é compatível com o número de utilização desejada para ele, já quando falamos em locação, devemos nos certificar de que os equipamentos são adequados para o uso, evitando assim que haja interrupções para troca de peças.

- Movimentação: determinar se a obra possuirá um elevador de carga ou uma grua, pode significar a escolha de um equipamento mais pesado ou até paletizado, quando o transporte for manual, deverá se optar por elementos mais leves.

- **Produtividade:** alguns sistemas permitem uma montagem inicial parcial, pra realizar e adiantar o processo de fôrmas e também, uma desmontagem parcial para a reutilização, ainda sim, é importante ter uma equipe de montagem qualificada, com conhecimento no equipamento, para gerar maior produtividade.
- **Segurança:** parte essencial é a segurança, por isso o equipamento deve conter peças específicas, como plataformas de trabalho, guarda – corpos, etc.
- **Flexibilidade:** como em muitas construções temos elementos a serem concretados com formas geométricas variáveis, o sistema de escoramento escolhido deve se adaptar a essas situações.
- **Facilidade de Ajustes:** é fundamental para a execução de uma boa estrutura de concreto armado que o escoramento tenha ajustes precisos, para evitar desnivelamentos indesejados.
- **Estabilidade:** devido à segurança e qualidade, o escoramento deve ser estável no seu apoio e também proporcionar estabilidade para as fôrmas e para os operários que irão trabalhar sobre ele.
- **Pé-direito:** em geral, os sistemas mais leves só podem ser utilizados em construções com pé – direito baixo (até 4,50 m), os sistemas que atendem pé – direito alto são pesados, um bom sistema deve vencer a altura do projeto sem ser muito pesado.
- **Quantidade de elementos:** Quanto mais elementos um escoramento, maior a probabilidade de perda e maior a dificuldade de montagem e desmontagem.

## 6 SOLUÇÕES DE ESCORAMENTO

### 6.1.Escoramento de lajes

#### 6.1.1 lajes maciças

Para escoramento de lajes maciças com pé direito simples, quando temos o escoramento das vigas com escoras, o escoramento composto por torres intercaladas por escoras, na maioria dos casos, gera um layout mais econômico. Devemos estar sempre atentos para essa opção e compará-la com a opção de layout somente com torres.

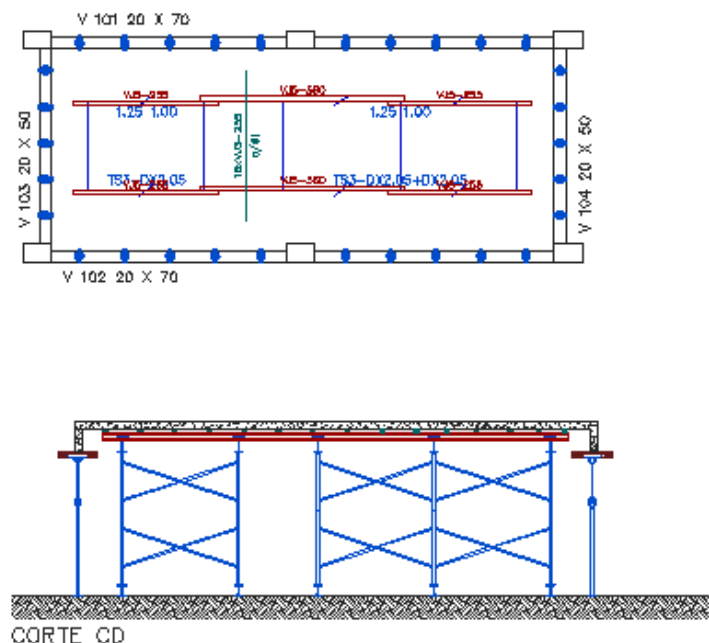
O escoramento de lajes somente com escoras deve ser adotado somente em pequenos panos de laje, pois é uma estrutura muito instável

- SITUAÇÃO 1
- a) APENAS TORRES

Figura 22 - Projeto de escoramento de laje maciça elaborado apenas com torres na laje

| LISTA DE MATERIAIS     | QUANT. |
|------------------------|--------|
| TS-36 C/F              | 5      |
| TS-30 S/F              | 5      |
| DX-2,080               | 12     |
| SAPATA AJUSTÁVEL-TS    | 10     |
| SUPORTE AJ. SIMPLES-TS | 5      |
| SUPORTE AJ. DUPLO-TS   | 5      |
| VJ3" 2,55              | 16     |
| VJ5" 2,55              | 4      |
| VJ5" 3,60              | 2      |
| PESO TOTAL: 820,48 Kg  |        |

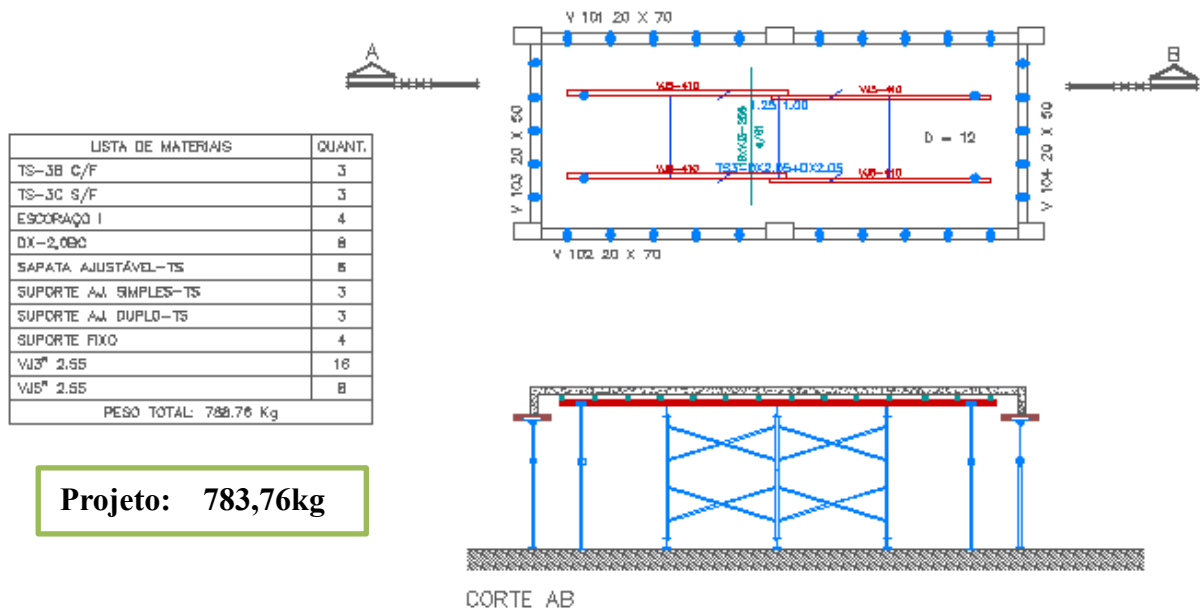
**Projeto: 820,48kg**



Fonte: Elaboração do autor(2017)

## b) TORRES E ESCORAS

Figura 23 - Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres e escoras na laje

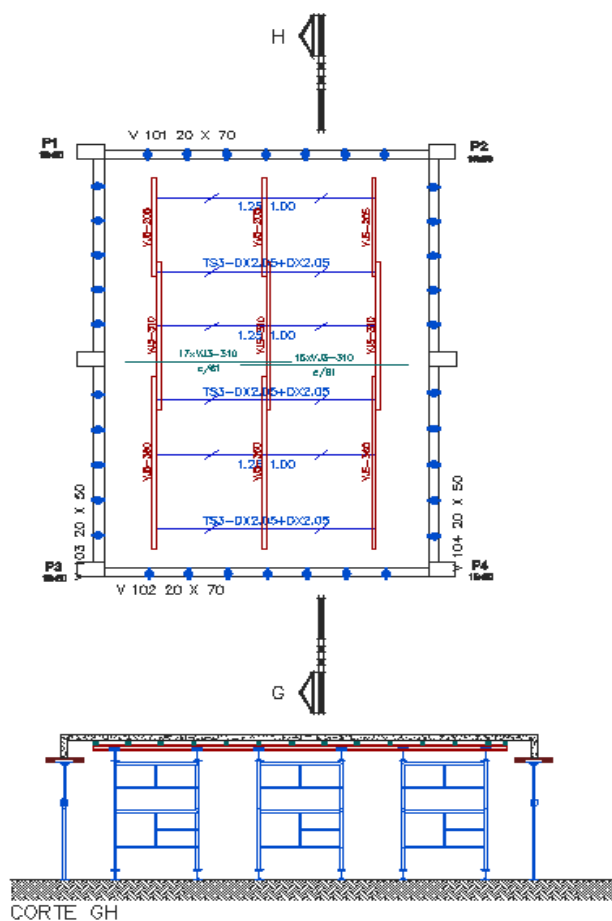


Fonte: Elaboração do autor(2017)

- SITUAÇÃO 2
- a) APENAS TORRES

Figura 24 - Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres metálicas

| LISTA DE MATERIAIS     | QUANT. |
|------------------------|--------|
| TS-3B C/F              | 8      |
| TS-3C S/F              | 8      |
| DX-2,0BC               | 24     |
| SAPATA AJUSTÁVEL-TS    | 18     |
| SUPORTE AJ. SIMPLES-TS | 9      |
| SUPORTE AJ. DUPLO-TS   | 9      |
| VJ3" 3,10              | 32     |
| VJ5" 2,05              | 3      |
| VJ5" 3,10              | 3      |
| VJ5" 3,60              | 3      |
| PESO TOTAL: 1653,19 Kg |        |



Projeto:

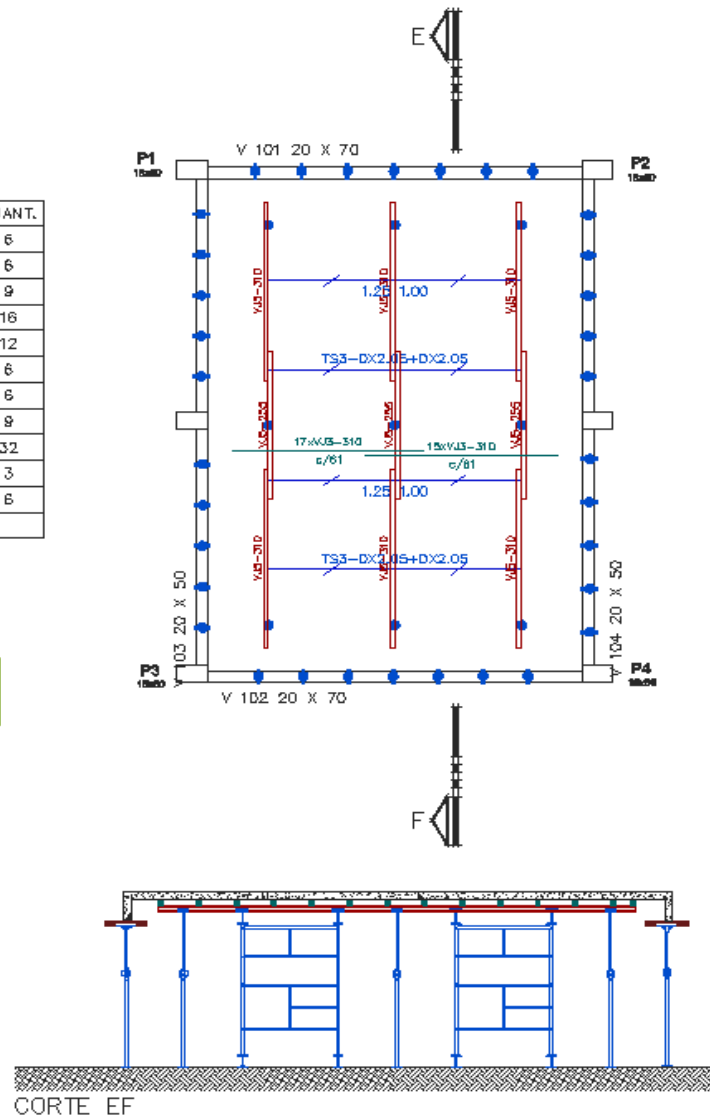
Fonte: Elaboração do autor(2017)

## b) TORRES INTERCALADAS COM ESCORAS

Figura 25 - Projeto de escoramento de laje maciça elaborado com torres e escoras na laje

| LISTA DE MATERIAIS     | QUANT. |
|------------------------|--------|
| TS-3B C/F              | 6      |
| TS-3C S/F              | 6      |
| ESCORAÇO I             | 9      |
| DX-2,0BC               | 16     |
| SAPATA AJUSTÁVEL-TS    | 12     |
| SUPORTE AJ. SIMPLES-TS | 6      |
| SUPORTE AJ. DUPLO-TS   | 6      |
| SUPORTE FIXO           | 9      |
| VJ3" 3.10              | 32     |
| VJ5" 2.55              | 3      |
| VJ5" 3.10              | 6      |
| PESO TOTAL: 1588.79 Kg |        |

**Projeto: 1588,79kg**



Fonte: Elaboração do autor(2017)

OBS: Considerações para uso da escora:

- NÃO UTILIZAR CALÇOS DE MADEIRA
- NÃO USAR SAPATAS OU SUPORTES AJUSTÁVEIS
- NÃO USAR ESCORAS SOBREPOSTAS (SALVO EQUIPAMENTOS ESPECIAIS)
- NÃO USAR VERGALHOES NO LUGAR DO PINO

#### 6.1.2. Lajes pré-moldadas e mistas

As lajes pré moldadas mais comuns, são compostas por vigotas treliçadas, intercaladas por lajotas cerâmicas e preenchidas por uma capa de concreto. Essas lajes exigem um escoramento apenas com guias, dispensando a utilização do barroteamento.

As guias devem ser posicionadas perpendicularmente às vigotas e geralmente com distância máxima de aproximadamente 130 cm entre si, conforme mostrado as figuras abaixo:

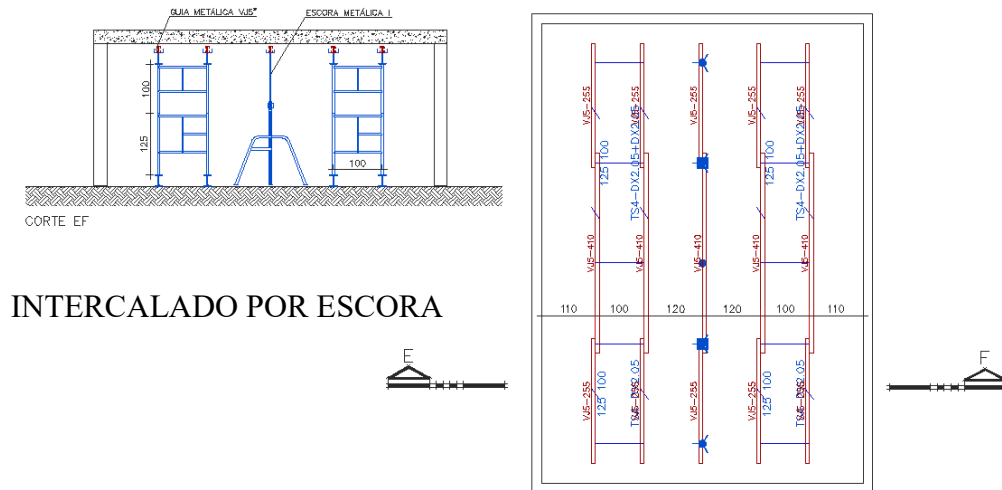
Figura 26 – Imagens de escoramentos com lajes mistas



Fonte: Do autor(2017)

- EXEMPLO DE PROJETO

Figura 27 – Projeto de escoramento de lajes mistas com torres metálicas intercalados com escora metálica



Fonte: Elaborado pelo autor(2017)

### 6.1.3 laje nervurada

Em lajes nervradas executadas com forma tipo Cubeta, temos a opção de utilizar as Guias de Cubeta, que são posicionadas perpendicularmente aos barrotes. As guias de cubeta possuem 7,5 cm de largura, portanto para sua utilização, as cubetas utilizadas devem ter essa diferença entre seus lados.

Por exemplo:

Uma cubeta de 80 cm deve medir 80 x 72,5 cm para que seja viável a utilização das guias.

O sistema proporciona alinhamento e maior facilidade no posicionamento e travamento das cubetas, impedindo que as mesmas se movimentem no decorrer da montagem, proporcionando uma grande segurança a todo o processo.

Para a faixa de reescoramento, utilizamos um segundo tipo de guia que será intercalado pelo suporte de cubeta onde será encaixada as escoras de reescoramento.

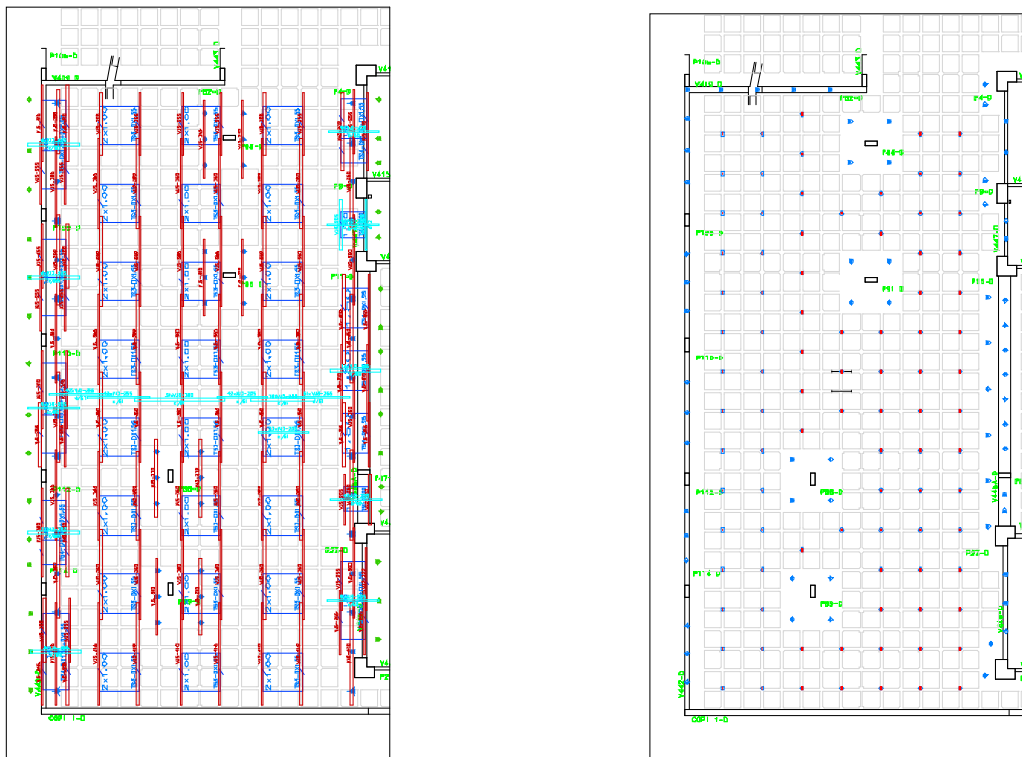
Após a cura do concreto o escoramento é retirado, bem como todas as guias e as próprias cubetas, ficando somente o suporte de cubeta sobre as escoras do reescoramento.

Figura 28 - Foto mostrando as guias de cubeta(cor laranja)



Fonte: Do autor(2017)

Figura 29 - Projeto contemplando o escoramento e os pontos de reescoramento



Fonte: Acervo MILLS(2017)

## **6.2. Escoramento de vigas**

### **6.2.1. Escora com suporte T**

O escoramento das vigas utilizando Escoras e Suporte T é o mais simples e fácil de se montar, mas devem ser observadas algumas limitações de largura, altura e comprimento das vigas.

Vigas com largura menor que 30 cm, altura menor que 70 cm e comprimento menor que 6,00 m, podemos executar o escoramento apenas com escoras com suporte T, desde que o pé direito permita.

Altura mínima sob a viga : 1,80 m

Altura máxima sob a viga : 4,50 m

Para o espaçamento entre Escoras no fundo das vigas, devemos adotar no máximo 80 cm, a não ser em casos de formas especiais ou solicitação do Engenheiro da obra.

### **6.2.2. Escoras com torres**

Para essas mesmas dimensões de vigas, mas com comprimento igual ou maior que 6,00 m e até 10,00 m, deveremos prever uma torre no meio do vão, intercalada entre as escoras.

Esse procedimento visa facilitar a montagem e a estabilidade do conjunto.

### **6.2.3. Torres com escoras**

Vigas com largura igual ou maior que 30 cm ou altura igual ou maior que 70 cm ou comprimento acima dos 10,00 m, devemos utilizar torres.

As torres poderão, dependendo do pé direito, ser intercaladas por escoras, para a “quebra” do momento na guia. Dessa maneira será mais fácil o posicionamento e alinhamento

da forma.

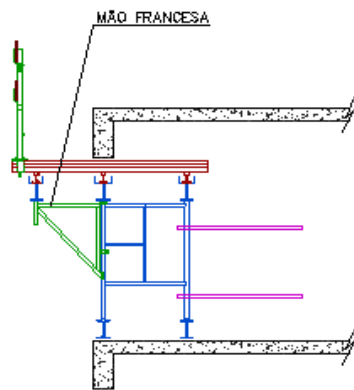
#### 6.2.4. Torres com mão francesa

Para escoramento de vigas periféricas altas, aquelas com altura igual ou maior que 70 cm, por apresentarem um maior risco de deformação e rotação, devemos prever no seu escoramento uma plataforma de dimensão suficiente para o apoio da mão francesa em madeira à 45° (pelo menos uma largura igual à altura da viga que está sendo escorada, para o lado externo da estrutura)

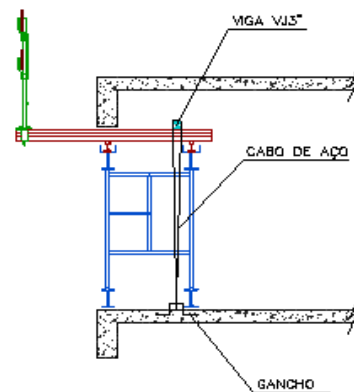
Esse procedimento gera um bom alinhamento e aprumo das formas, isto exige a utilização de torres com Mão Francesa ou torres com barroteamento em balanço desde que devidamente amarrado (estaiado na laje).

Figura 30 – Vista de projeto de escoramento com mão francesa/barroteamento em balanço

##### TORRE COM MÃO FRANCESA



##### TORRE COM BARROTEAMENTO EM BALANÇO



Fonte: Do autor(2017)

#### 6.2.5. Garfo interno

Em vigas internas com até 28 cm de largura e 70 cm de altura, com pé direito (sob a viga) entre 1,70 á 4,50 m, temos a opção de utilizar o Garfo Interno.

O Garfo interno é um acessório que utilizado sobre as Escoras I e II, escora o fundo da viga e trava sua lateral.

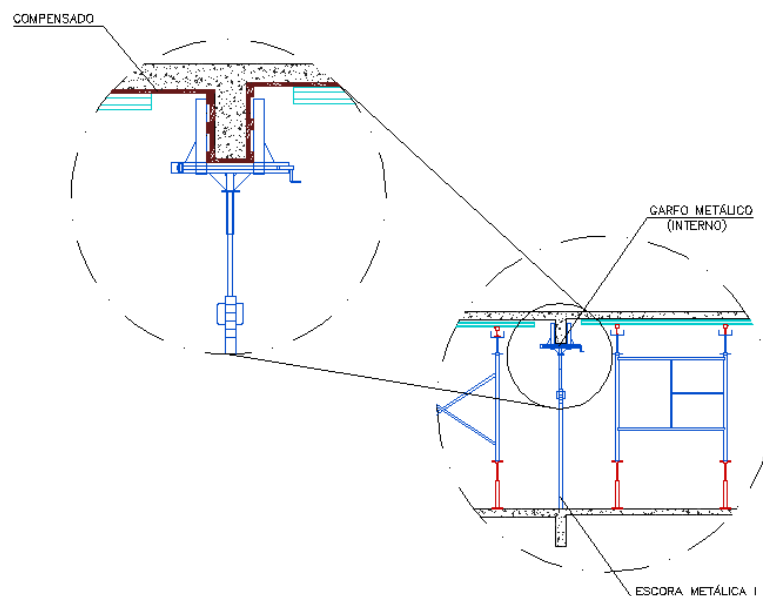
Seu espaçamento e dimensionamento seria semelhante ao da Escora com suporte T.

Figura 31 – Imagem de escoramento de viga com escora utilizando garfo interno



Fonte: Do autor(2017)

Figura 32 – Detalhe de projeto de garfo interno.



#### 6.2.6. Garfo de periferia

Em vigas periféricas com até 28 cm de largura, 70 cm de altura e pé direito (sob a viga) entre 2,00 e 2,60 m, temos a opção de utilizar o Garfo Metálico de periferia.

O garfo além de escorar o fundo e travar a lateral da viga, possui um poste interno com

a finalidade de escorar a laje, com altura livre variando de 2,60 a 2,90 m.

Observação: Não deve-se utilizar nenhum tipo de prolongamento na altura do garfo.

Figura 33 – Garfo de periferia.



Fonte: Do autor(2016)

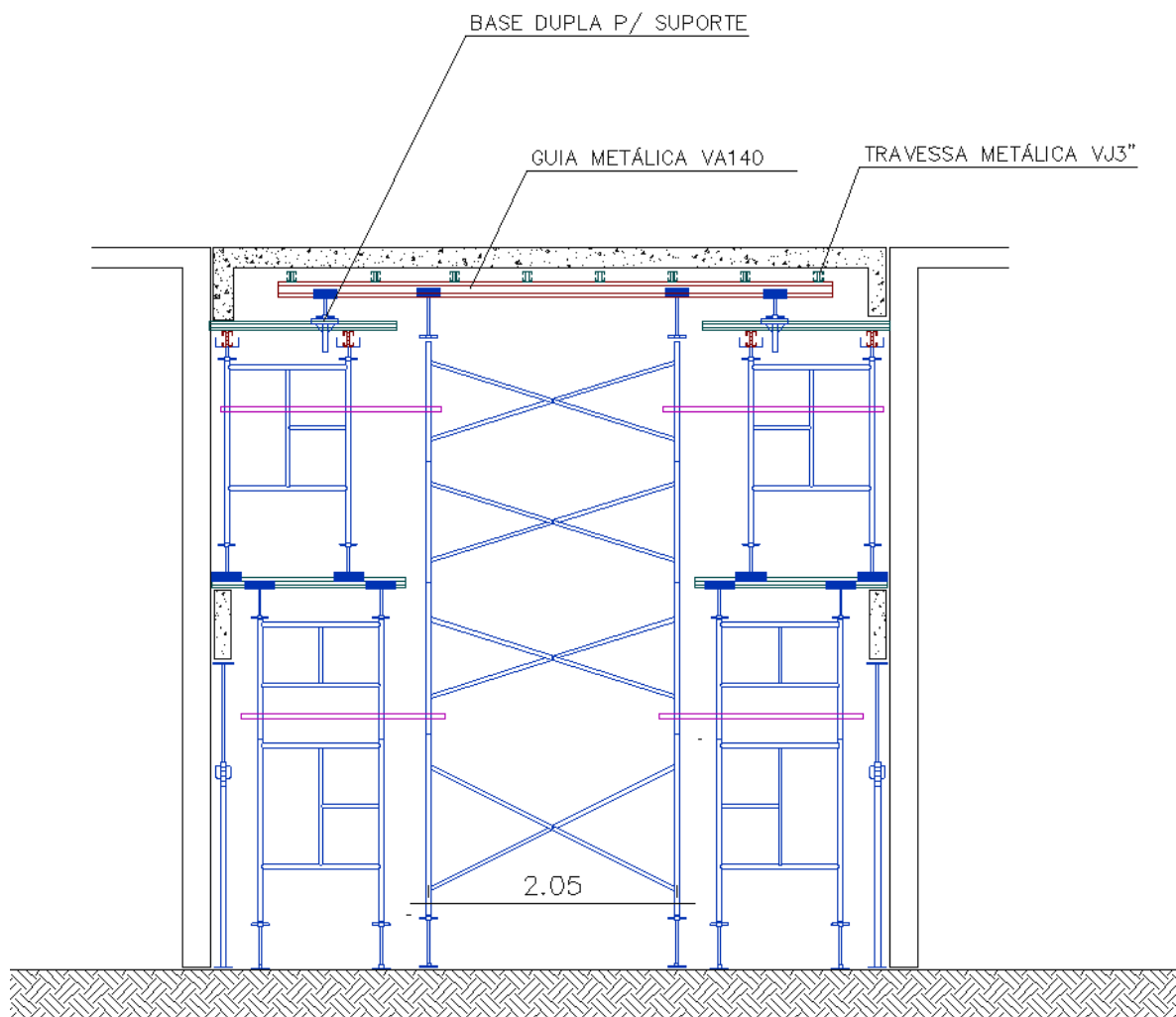
#### 6.2.7 VIGAS PRÓXIMAS A MUROS

Nos casos de vigas coladas em muros de arrimo, cortinas ou paredes, ao utilizarmos Escoras, estas deverão ser coroadas com Suporte U em substituição ao Suporte T, para que a escora possa ficar sob o eixo da viga.



No caso de escoramento onde existem vigas intermediárias, deveremos prever um apoio sobre essas vigas, conforme abaixo:

Figura 36 – Corte de projeto de viga encostada em muro, utilização da viga intermediária como apoio.



Fonte: Acervo MILLS(2017)

## 7 ESCORAMENTO ESPECIALS

### 7.1 ESCORAMENTO EM BALANÇO

Fonte: Acervo MILLS(2017)

Figura 37 – Imagem de escoramento em balanço



Fonte: Acervo MILLS(2017)

As estruturas de concreto em balanço são aquelas em que uma ou mais extremidades ficam suspensas no ar, sem o apoio de pilares. Existem várias maneiras de se executar Escoramento em balanço, quando a fôrma do pavimento superior ultrapassa a projeção do pavimento inferior.

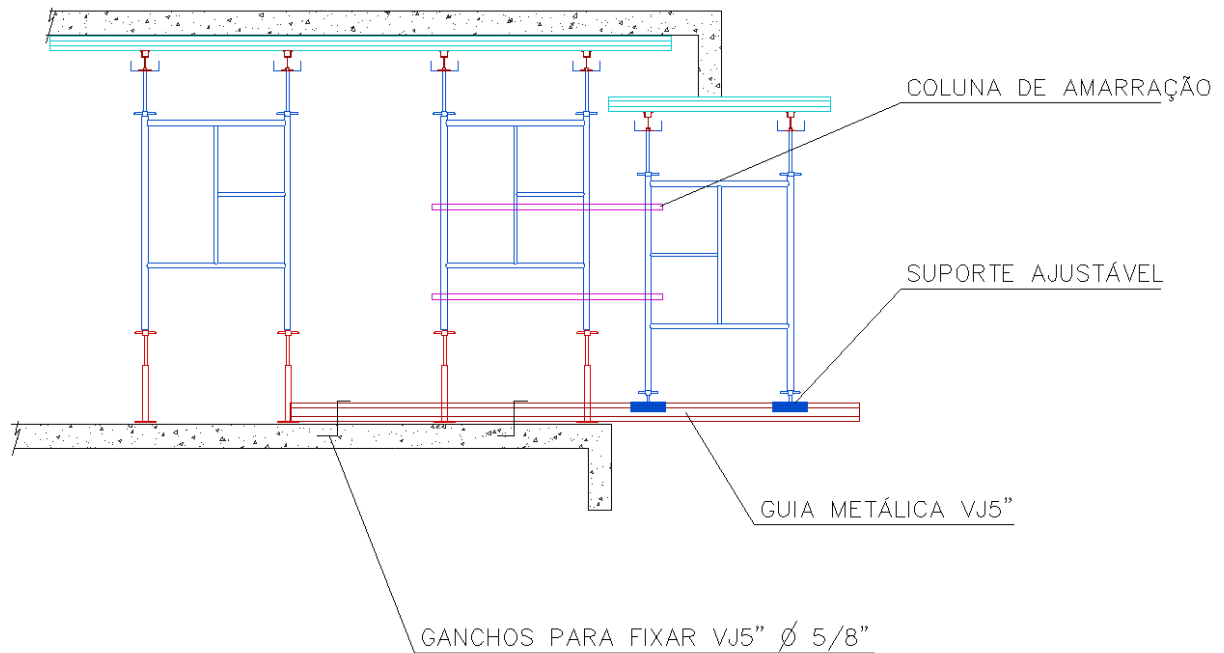
Sacadas e varandas por serem estruturas em balanço devem ser executadas com torres, pois este procedimento auxilia a sua montagem e fornece maior segurança aos operários.

Devemos ter o cuidado especial com o balanço e a fixação do barroteamento, pois esta é uma situação de risco e devemos tornar a montagem a mais segura possível.

Devem-se prever a colocação de vigas metálicas em balanço no pavimento inferior, essas vigas deverão ser convenientemente dimensionadas para suportar as cargas a que estão

submetidas e serem devidamente fixadas na laje inferior, por meio de ganchos ou estroncadas com torres ou escoras. Ver exemplo.

Figura 38 – Corte de projeto contemplando escoramento em balanço



Fonte: Acervo MILLS(2017)

## 7.2. ESCORAMENTO DE ESCADAS

Na grande maioria das obras as escadas são executadas juntamente com a estrutura e escoradas com madeira, pois sua execução com equipamento metálico exige muitas adaptações, e sua montagem pode ser mais demorada e complicada do que a execução em madeira.

Figura 39 – Escoramento de escada feito de madeira

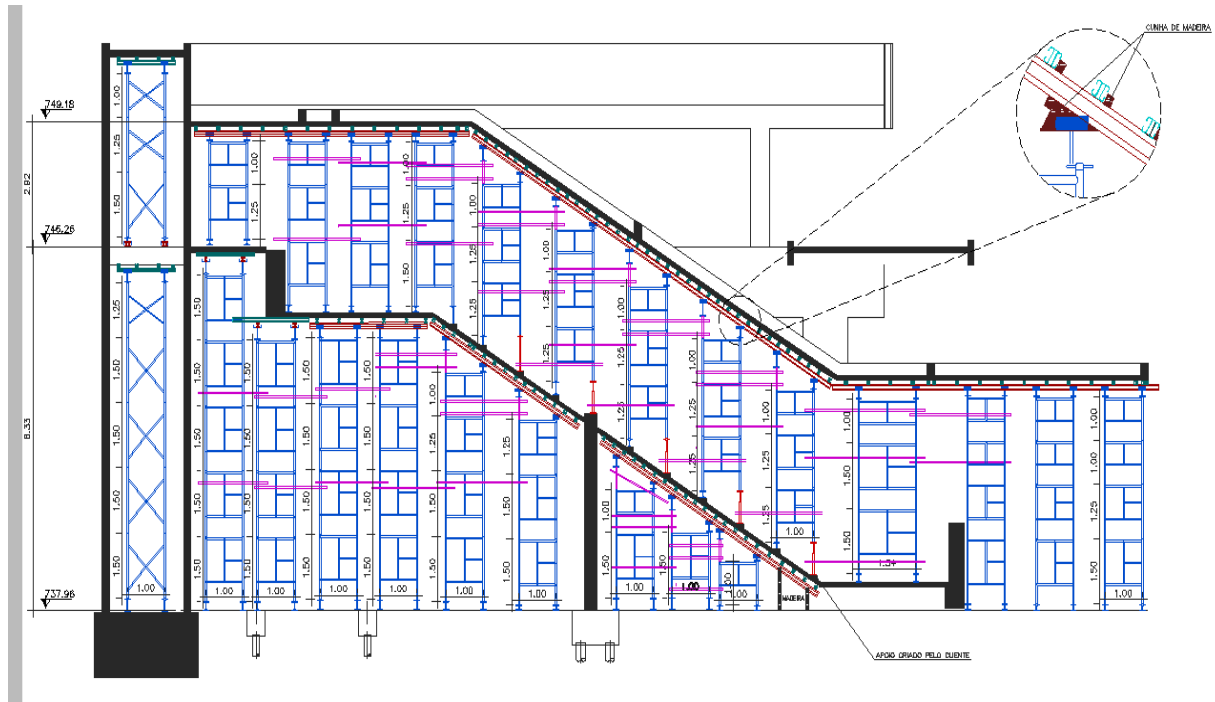


Fonte: Acervo MILLS(2017)

### 7.3. ESCORAMENTO DE RAMPAS E LAJES INCLINADAS

O escoramento em rampas devem sempre ser executado com torres rigorosamente no prumo, devidamente amarradas entre si e cunhadas com madeira tanto nas sapatas quanto nos suportes.

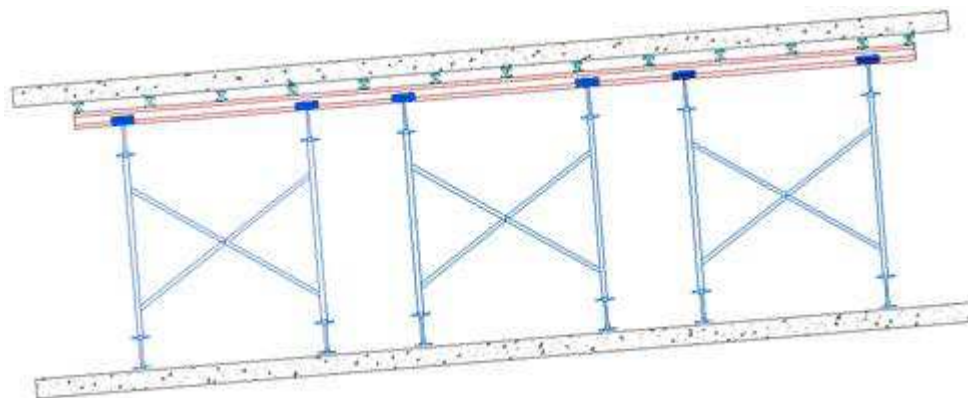
Figura 40 – Vista de projeto de escoramento em rampa



Fonte: Acervo MILLS(2017)

As torres jamais poderão ser montadas perpendicularmente a inclinação da rampa.

Figura 41 – Escoramento incorreto de laje inclinada

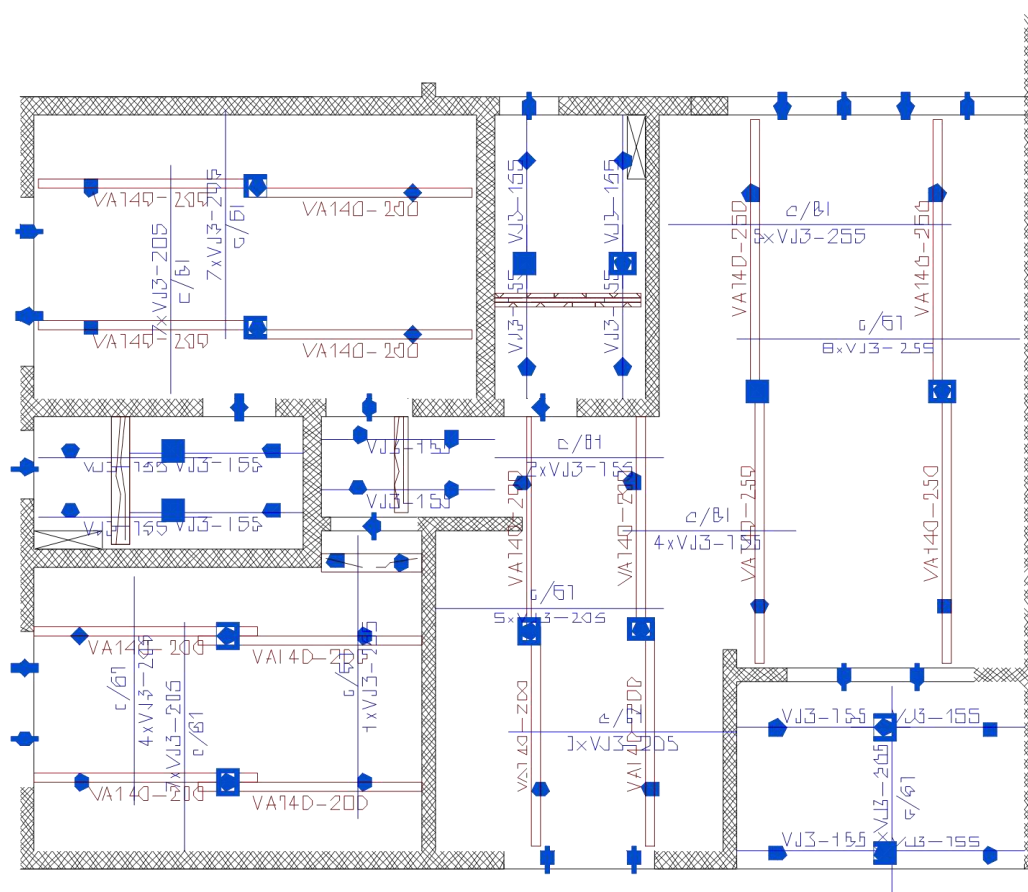


Fonte: Acervo MILLS(2017)

#### 7.4. ESCORAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Para o escoramento de laje onde existe alvenaria estrutural, deve-se ter o cuidado de posicionar, tanto as guias como as travessas, praticamente encostadas nas alvenarias, para que o compensado não fique em balanço, pois não existe apoio, o compensado apenas encosta na alvenaria. As distâncias das guias e travessas em relação às alvenarias não devem ultrapassar os 5 cm.

Figura 42 – Planta de escoramento em laje com alvenaria estrutural

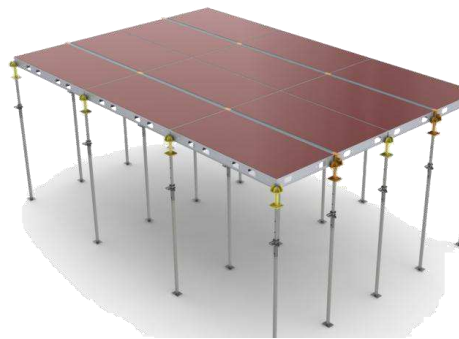


Fonte: Acervo MILLS(2017)

### 7.5. LAJE PLANA LISA

É o sistema estrutural no qual a laje geralmente de maior espessura esta diretamente apoiada sobre os pilares, com ou sem capitéis e sem a existência de vigas, ou no máximo vigas de borda. O ideal para o escoramento desse tipo de laje é o sistema de escoramento com painéis modulares.

Figura 43 – Vista DECKLIGHT



Fonte: Manual TS MILLS(2017)

É um dos sistemas mais modernos para execução de lajes planas. Utilizam painéis modulares e estruturados em alumínio, com a superfície de contato com o concreto em compensado apoiado sob escoras metálicas.

Os painéis são sustentados por Escoras com cabeças especiais Drop-head que permitem a desforma dos painéis mantendo-se a laje escorada. Tal mecanismo permite a retirada total da forma da laje, mantendo-se as escoras de reescoramento, logo após as execução, dando maior rapidez nos ciclos de concretagem.

Figura 44 – Sequência de montagem DECKMILLS



Fonte: Do autor(2017)

## 8 DESFORMA

A retirada das fôrmas e do escoramento somente poderá ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir aos esforços que nele atuarem. Um plano prévio de desforma pode reduzir custos, prazos e melhorar a qualidade. A desforma deve ser progressiva a fim de impedir o aparecimento de fissuras e trincas. Também é indicada a utilização de pessoal capacitado para executar a desforma.

Sugere-se atribuir o encargo da desforma a, no mínimo, um auxiliar de carpintaria, sob a supervisão de um carpinteiro experiente ou um oficial pedreiro. Evitar utilizar ferramentas que danifiquem as formas ou mesmo a superfície do concreto e não se deve deixar cair livremente seções de formas. As mesmas devem ser antes escoradas e atracadas para que possam ser abaixadas com segurança. Não se deve permitir em nenhum caso, desformas prematuras.

Recomenda-se, por norma, retirar o escoramento do meio do vão para a extremidade nas lajes bi apoiadas e a partir da extremidade para o apoio nos balanços.

Na tabela abaixo, fornecida pela empresa Mekan Industria e Locação de Equipamentos para Construção Ltda., estão especificados os prazos de desforma definidos pela norma, tanto para concretos com cimento Portland comum e cura úmida como para concretos aditivados (com cimento de alta resistência inicial):

Quadro 01 – Prazos para desforma

| Tipos de fôrmas                                                                           | Concreto comum | Concreto aditivado |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|
| Paredes, pilares e faces laterais de vigas                                                | 03 dias        | 02 dias            |
| Lajes até 10 cm de espessura                                                              | 07 dias        | 03 dias            |
| Faces inferiores de vigas com reescoramento                                               | 14 dias        | 07 dias            |
| Lajes com mais de 10 cm de espessura e faces inferiores de vigas com menos de 10 m de vão | 21 dias        | 07 dias            |
| Arcos e faces inferiores de vigas com mais de 10 m de vão                                 | 28 dias        | 10 dias            |

Fonte: Adaptada do acervo MECAN(2017)

## 9 REESCORAMENTO

Figura 45– Reescoramento



Fonte: Site MILLS

Logo após a concretagem da estrutura, dá se início ao processo de cura do concreto, onde as peças atingem sua condição de serem autoportantes. Até o concreto chegar à resistência a qual ele foi projetado, costuma – se utilizar um sistema de reescoramento, a fim de retirar o máximo de equipamentos possíveis da área recém concretado, para que possa se

ter um reaproveitamento do equipamento e até uma disponibilização de área para armazenar materiais ou até para executar outros serviços, como alvenaria de fechamento por exemplo.

Segundo Guilherme (2004), o reescoramento tem também como finalidade o reaproveitamento de fôrmas de lajes e vigas para próximas etapas da obra, visando assim economia, tanto no escoramento, quanto nas fôrmas. Também é necessário o reescoramento, quando a estrutura mesmo após a cura total de 28 dias e a resistência do concreto ter sido atingida, exista a necessidade de se movimentar equipamentos sobre a estrutura com pesos maiores do que a sobrecarga de projeto.

#### **Reescoramento deve visar:**

- a) Absorver cargas que excedem a resistência do apoio;
- b) Evitar deformações (flechas) excessivas;
- c) Garantir qualidade do concreto, evitando fissuras e minimizando deformações lentas.

No escoramento convencional, o ideal é que as escoras do reescoramento já estejam colocadas antes da retirada da forma, através de tiras estreitas de compensado (faixas de reescoramento), que ficarão presas na concretagem, protegendo melhor o concreto em cura. Caso contrário, poderão correr o risco de trabalhar após uma certa deformação da laje (Lei de Hooke).

#### **OBS: CUIDADOS E PRECAUÇÕES**

Além de estarem no prumo, os escoramentos precisam estar assentados sobre base firme. A colocação de chapas de madeira sobre apoios das torres e escoras ajuda a redistribuir a carga no solo. Mas se este for frágil ou fofo, sem resistência adequada, pode ser necessária a execução de uma base em concreto magro. "Em solos assim, a quantidade de escoras e torres também pode ser aumentada para que haja melhor distribuição da carga, o que deve ser feito

sob supervisão de um consultor de solos", acrescenta o engenheiro.

Outro ponto importante é a verificação de esforços horizontais na estrutura que desfavorecem a capacidade de carga. Para isso, devemos analisar as normas pertinentes ao material que está sendo utilizado na estrutura provisória, exemplo: aço 8800, madeira 7190, etc., assim como a NBR15696, que determina critérios para a execução de escoramento e fôrmas.

## **10 OBJETIVOS DE DESEMPENHO**

Na Construção Civil, assim como nos demais setores industriais, o mercado consumidor seleciona as melhores práticas e os melhores produtos, e a produção deve ser orientada para as necessidades dos usuários. De acordo com Corrêa e Corrêa (2007), empresas que conseguem colocar no mercado produtos melhores e de forma mais rápida do que a concorrência, atendendo ou superando as expectativas dos clientes, conseguem alavancar sua condição de competitividade.

Segundo Barros Neto, Formoso e Fensterseifer (2002), “[...] os objetivos de desempenho mais utilizados são qualidade, rapidez, flexibilidade e custo”.

### **10.1 Qualidade**

Slack, Chambers e Johnston (2000) argumenta que:

“[...] a qualidade é ‘fazer certas as coisas’, porém essas ‘coisas’ variam com o tipo de negócio. Qualidade é um objetivo que todas as operações devem zelar, afinal ela pode ser um atrativo para que o consumidor retorne. A qualidade de um produto ou serviço é facilmente percebida numa organização, visto que “é algo que o consumidor acha relativamente fácil de julgar numa operação”.

No caso das operações relativas às fôrmas para concreto armado, a produção deverá, com o auxílio dos sistemas de fôrmas, executar a estrutura de maneira correta, seguindo

sempre as regulamentações da norma.

## 10.2 Rapidez

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2000), rapidez significa “[...] quanto tempo os consumidores precisam esperar para receber seus produtos e serviços”. Quanto mais rápida a disposição de um produto ao consumidor, maior será a probabilidade de compra, “Este é o principal objetivo da rapidez” entregar os bens e serviços para o consumidor.

Para empresas que procuram um diferencial de mercado, o desempenho na entrega é considerado um critério competitivo primordial. A Construção Civil associa este objetivo com o tempo de entrega da edificação. Cada uma das etapas de construção do empreendimento deve ser executada dentro de um prazo definido no planejamento, e a estrutura, que é uma dessas etapas, precisa do auxílio de sistemas para ser executada, como é o caso do sistema de fôrmas. Sendo assim, esse sistema, juntamente com o seu processo de montagem, será responsável pelo gasto de uma parcela de tempo na execução do empreendimento podendo até mesmo atrasar ou adiantar o tempo de entrega deste.

## 10.3 Flexibilidade

Flexibilidade significa capacidade da organização em se adequar a uma nova operação, estar preparado para alterar sua programação de produção. A flexibilidade é a capacidade de reagir ao inesperado mantendo tratamento único e individualizado ao consumidor. Isso dá à empresa a vantagem de flexibilidade.

A flexibilidade pode ser definida como a capacidade de um sistema produtivo tem de responder às mudanças circunstanciais internas e externas à empresa. (BARROS NETO; FORMOSO; FENSTERSEIFER, 2002).

Segundo Wheelwright (1984), “a flexibilidade pode ser dividida em dois segmentos: flexibilidade do produto e flexibilidade de volume.” No caso da fôrma sendo vista como um produto, ela deverá atender, em sua montagem, às diferentes geometrias das peças estruturais da edificação, já que a função das fôrmas é moldar estas peças. Portanto, o processo de montagem das fôrmas apresentará flexibilidade se estas permitem mudanças na maneira de montá-las.

## 10.4 Custo

Para empresas em mercados que têm um forte apelo a preços baixos, o custo será seu principal objetivo de produção. Mesmo naquelas outras em que o custo não é seu principal enfoque, elas lhe dão importância, visto que o dinheiro economizado será acrescido ao seu lucro. Os custos de produção podem ser divididos em custo de funcionários, custo de instalações, custo de tecnologia e equipamento, custo de materiais.

A representatividade dos três diferentes tipos de custos de produção dependerá do ramo da empresa, e o enfoque que ela vai dar a cada um deles.

O custo é afetado por outros objetivos de desempenho, desta forma, para melhorar o desempenho dos custos é necessário aprimorar os demais objetivos operacionais. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2000).

O custo é um dos principais objetivos do segmento de construção, pois as empresas procuram sempre reduzir o seu custo final e com isso ganhar competitividade no mercado. Portanto, a produção, na Construção Civil, tem também por objetivo principal a redução dos custos. O sistema de fôrmas, conforme já explicitado, tem a maior parcela no custo da estrutura de uma construção e, sendo assim, os gastos com esse sistema devem ser amplamente planejados e controlados.

## 11 PROCESSO DE DECISÃO DO SISTEMA

A análise em conjunto com os fatores citados acima auxiliará na definição do sistema de escoramento a ser aplicado na estrutura de uma obra. O processo de decisão inicial é excludente, que forma que é avaliado isoladamente quais sistemas são capazes de produzir o desempenho esperado, de acordo com os requisitos de projeto, para determinação de um sistema básico. Nesta etapa, o custo específico ao processo aparece como um potencial fator de triagem.

Após definição do sistema básico, que tem caráter eliminatório, inicia-se de forma mais aprofundada o estudo, considerando-se os impactos nos subsistemas e as soluções para a execução do projeto estrutural. Com isso, é avaliada a necessidade de inter-relação entre os subsistemas e uma eventual combinação de soluções. A tabela a seguir poderá ser utilizada para facilitar o início da análise:

Quadro 02– Resumo de análise de soluções de escoramento

|                              | ESCORAS |            | TORRES METÁLICAS                 |
|------------------------------|---------|------------|----------------------------------|
|                              | MADEIRA | METÁLICA   |                                  |
| <b>CUSTO INICIAL</b>         | BAIXO   | MÉDIO      | MÉDIO/ALTO                       |
| <b>DURABILIDADE</b>          | BAIXA   | ALTA       | ALTA                             |
| <b>MOVIMENTAÇÃO</b>          | MANUAL  | MANUAL     | MANUAL                           |
| <b>PRODUTIVIDADE</b>         | BAIXA   | MÉDIA/ALTA | MÉDIA                            |
| <b>SEGURANÇA</b>             | BAIXA   | MÉDIA      | MÉDIA/ALTA                       |
| <b>FLEXIBILIDADE</b>         | BAIXA   | MÉDIA      | ALTA                             |
| <b>FACILIDADE DE AJUSTES</b> | BAIXA   | ALTA       | ALTA                             |
| <b>ESTABILIDADE</b>          | BAIXA   | BAIXA      | ALTA                             |
| <b>PÉ-DIREITO</b>            | ATÉ 3M  | ATÉ 4,5M   | QUALQUER ALTURA PARA EDIFICAÇÕES |
| <b>PEÇAS SOLTAS</b>          | MÉDIA   | MÉDIA      | VARIÁVEL                         |

FONTE: Elaborada pelo autor

Por fim, são realizadas estimativas de custo das soluções que atenderam todos os requisitos de forma satisfatória e eventualmente adequadas pela combinação de alternativas estudadas para definir e justificar o sistema de fôrma a ser utilizado.

## 12 CONCLUSÃO

Evidentemente, cada obra tem sua peculiaridade, suas exigências, seu cronograma definido, seu número de operários e suas tecnologias empregadas, o que é de grande importância quando pretendemos fazer uma análise do binômio fôrma / escoramento. O que é possível concluir, após o termino desse trabalho, é que atualmente, o mercado de hoje nos oferece várias opções de equipamentos para execução de uma obra. Muitas vezes, o orçamento estipulado para a obra, não permite a escolha do sistema mais prático e que proporcione grande agilidade na construção. O fluxo de caixa de uma obra, é determinante para a escolha do equipamento ideal, E muitas outras situações, por falta de planejamento ou conhecimento nos equipamentos, o profissional acaba fazendo uma escolha ruim.

É possível, através de um estudo detalhado, evitar os erros na escolha dos melhores sistemas de escoramento. Apesar de a madeira serrada apresentar um menor custo de material, tanto para fôrmas quanto para escoramentos, é importante sabermos que quando se trata desse assunto, não basta apenas analisarmos o custo do material ou equipamento empregado, devemos levar em conta outras variáveis, como:

- Prazo de entrega da obra;
- Mão-de-obra empregada na construção;
- Disponibilidade de ferramentas e máquinas adequadas para utilização do sistema escolhido;
- Número de reutilizações;
- Disponibilidade no mercado;
- Produtividade;
- Planejamento;
- Adequação do sistema aos projetos;
- Segurança.

O fluxo de caixa de uma obra, é determinante para a escolha do equipamento ideal, pois ela determina se é viável a locação de um equipamento ou a compra. Por ele é determinado o andamento da obra, se está será mais lenta ou se ela terá alta produtividade, o que influencia diretamente na escolha do material utilizado.

A produtividade que um equipamento proporciona, pode viabilizar uma obra, baixando o custo da mão-de-obra empregada, mesmo esse equipamento tendo um custo inicial alto, como no caso do escoramento metálico.

A partir do momento que tivermos uma mão-de-obra qualificada, que nos preocuparmos com treinamento para os operários, conscientização, teremos mais produtividade e muitos equipamentos que hoje nos parecem caros, se tornarão de baixo custo, fazendo a construção civil evoluir. O importante também é nos preocuparmos, quando adquirimos um equipamento, seja ele para fôrma ou para escoramento, que a manutenção destes deve ser dada periodicamente, para que sempre que necessitarmos eles estejam em condições ideais para uso e não gerem custos de reforma.

Nota-se também que a construção civil está passando por uma grande evolução e que os profissionais que nela trabalham, sejam eles engenheiros, mestres-de-obras, encarregados e até operários, estão se especializando para as novas tecnologias que estão chegando e nos dias de hoje, procuram sempre os sistemas mais práticos e de maior produtividade para execução das obras, visto que os prazos de entrega estão cada vez mais curtos e a exigência de qualidade está cada vez maior.

Sendo assim, é importante observar que a produtividade é uma das principais informações que o construtor deve saber para planejar a escolha do sistema de escoramento da obra. São vários os fatores que influenciam a produtividade de um sistema, mas o que o construtor deve ter sempre em mente é que o cimbramento atingirá as taxas desejadas somente se esta for aplicada de forma correta, ou seja, a produtividade não deve ser tratada isoladamente e sim de forma que a utilização dos valores seja abrangida à funcionalidade e à execução. Na fase de escolha de um sistema será necessário, portanto, analisar o projeto estrutural para verificar a compatibilidade deste com os sistemas disponíveis, e verificar a qualidade da mão de obra contratada para que, a partir dessas considerações, sejam feitas as ponderações nos valores de produtividade a serem adotados no planejamento.

A qualidade, a flexibilidade e a rapidez possuem desdobramentos que devem também ser levados em conta, já que estes influem no custo do sistema de escoramento. Portanto, o construtor deve, a partir de um planejamento que passará por cada item dos objetivos de desempenho analisados neste trabalho, definir qual será o melhor sistema escolhido para sua obra, sendo que este deve garantir a melhor maneira de empregar os recursos e também a execução da obra no tempo previsto.

### **12.1 Sugestão para trabalhos futuros**

Tomando como base as ideias apresentadas neste estudo, sugere-se a execução de estudos no sentido de determinar os limites de escolha entre os diversos tipos de acesso para obras (máquinas e andaimes). A partir do desmembramento de cada objetivo de desempenho apresentado, podem-se tomar as diversas situações de projetos, situações e cronogramas de obras para que se possa construir uma análise que passe por cada tipos de escoramentos e desta maneira, determinar até quando, em relação a cada objetivo de desempenho, um tipo será mais viável que os outros.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fôrmas e Escoramentos para Estruturas de Concreto - Projeto, Dimensionamento e Procedimentos executivos, NBR 15696. Rio de Janeiro, ABNT, 2009.
- AZEVEDO, Gilmar Aparecido Teles. **Avaliação Técnica para Definição de Fôrmas na Construção Civil**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.
- BARROS NETO, J. P. FORMOSO, C. T. FENSTERSEIFER, J. E. **O conteúdo da estratégia de produção: uma adaptação para construção de edificações**. Porto Alegre, v.2, n. 1, p. 39-52, 2002.
- BARROS, Mercia Maria S. Bottura. MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Projeto EPUSP/SENAI. São Paulo, 1998.
- CHADE, W.T. A Evolução da Fôrma para Concreto. IN: **Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção**, nº 2, 1989, São Paulo, SP. Anais. São Paulo: EPUSP, 1986.
- CORRÊA, H. L. CORRÊA, C. A. **Administração da produção de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2 ed., 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.
- FARJERSZTAJN, Hermes. LANDI, Francisco Romeu. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**. BT/PCC/60. São Paulo: EPUSP, 1992.
- FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado. Aplicação para o caso do edifício**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- DE MILITO, J. A. **Técnicas de Construção Civil**. 2009. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).
- MARANHÃO, George Magalhães. **Fôrmas para Concreto: Subsídios para a Otimização do Projeto segundo a NBR 7190/97**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- MELHADO, Silvio Burrattino. BARROS, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a Produção de Estruturas de Concreto Armado em Edifícios**. São Paulo. Projeto EPUSP/SENAI, 1998.
- MOLITERNO, A. **Escoramentos, Cimbramentos, Fôrmas para Concreto e Travessias em Estruturas de Madeira**. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1989.
- NAZAR, Nilton. **Critérios para Escolha e Dimensionamento de Fôrmas para Construção de Edifícios Habitacionais**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo-IPT. São Paulo, 2006.

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

SANTOS, R. E. OLIVEIRA, B. J. **A Armação do Concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia.** In: **Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia.** Niterói, 2008.

SEARBY, A.B. **Processo de Escolha de um Sistema de Fôrmas.** IN: Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção, nº 2, 1986, São Paulo, SP. Anais. São Paulo: EPUSP, 1986.

SH FÔRMAS ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA, **Manual SH de Fôrmas para Concreto e Escoramentos Metálicos** / São Paulo: PINI. 2008.

MILLS ESTRUTURAS E SERVIÇOS DE ENGENHA S.A., **Manual de utilização e montagem, Sistema TS.** Ed. 1 / Rio de Janeiro. 2014.

SLACK, N. CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. **Operations management.** 3. ed. New York: Prentice Hall, 2000.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de. RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** São Paulo: Editora PINI LTDA, 1998.

WHEELWRIGHT, S. **Manufacturing strategy: defining the missing link.** Strategic Management Journal, v. 5, p. 77-91, 1984.

MADECAL MADEIRAS. Disponível em: <<http://www.madecalmadeiras.com.br/produto/compensado-resinado-fenolico/>>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

ULMA CONSTRUCTION. Disponível em: <<http://www.ulmaconstruction.com/en/formwork/wall-formwork-column-formwork/medium-duty-panel-formwork-nevi>>. Acesso em: 27 de agosto de 2017.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/formas-praticas/execucao/52/formas-praticas.html>>. Acesso em: 25 de maio de 2017.

PERI PLÁSTICOS. Disponível em: <[http://www.periplasticos.com.br/\\_imgs/fotos/aplicacao\\_1.jpg](http://www.periplasticos.com.br/_imgs/fotos/aplicacao_1.jpg)>. Acesso em: 04 de julho de 2017.

LOTURCO, Bruno. Madeira ou Metal? Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/100/artigo284998-1.aspx>> Acesso: 04 de outubro de 2017.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – Preços de Insumos. Disponível em: < [http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-ma/SINAPI\\_Precos\\_Ref\\_Insumos\\_MA\\_042015\\_Desonerado.PDF](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-ma/SINAPI_Precos_Ref_Insumos_MA_042015_Desonerado.PDF)>. Acesso: 15 de agosto de 2017.