



MONOGRAFIA

**"FÔRMAS PLÁSTICAS E ESCORAMENTOS METÁLICOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL - UTILIZAÇÃO DO SISTEMA RECUB PARA FÔRMAS E
ESCORAMENTOS DE LAJES NERVURADAS"**

Autor: Rachel Cristina Silva Mendes Pereira

Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães, D.Sc.

Dezembro /2014

Rachel Cristina Silva Mendes Pereira

**"FÔRMAS PLÁSTICAS E ESCORAMENTOS METÁLICOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL - UTILIZAÇÃO DO SISTEMA RECUB PARA FÔRMAS E ESCORAMENTOS
DE LAJES NERVURADAS"**

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

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil
Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães, D.Sc.

Belo Horizonte / MG
Escola de Engenharia da UFMG

2014

AGRADECIMENTOS

Ao professor Aldo Giuntini pelo aprendizado e orientações na elaboração deste trabalho. A equipe ULMA pela oportunidade de trabalho, conhecimentos e troca de experiências. Ao Fred por todo apoio e compreensão.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Considerações gerais.....	12
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivo Específico	13
3. METODOLOGIA.....	14
4. JUSTIFICATIVA.....	15
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
5.1. Histórico: Fôrmas, Escoramentos.....	16
5.2. Definição de Fôrmas e Escoramentos.....	17
5.2.1. Fôrmas	17
5.2.1.1. Tipo de Fôrmas.....	18
5.2.2. Escoramentos.....	29
5.2.2.1. Tipos de Escoramento	30
5.3. Fatores a serem considerados na escolha do sistema de fôrmas e escoramentos ...	33
5.4. Lajes Nervuradas	35
5.4.1. Vantagens das Lajes Nervuradas	36
5.4.2. Principais materiais utilizados para fôrma de Lajes Nervuradas	37
5.4.3. Sistema Convencional Metálico para Lajes Nervuradas	39
5.4.4. Sistema de Fôrmas Recuperáveis – RECUB.....	40
5.4.4.1. Componentes do Sistema RECUB.....	41
5.4.4.2. Procedimento de Montagem do Sistema RECUB	45

5.4.4.3.	Procedimento de Desmontagem	51
5.4.4.4.	Vantagens do Sistema RECUB	53
5.4.4.5.	Dimensionamento do Sistema RECUB	54
6.	ESTUDO DE CASO	62
6.1.	Custo – RECUB X METALICO CONVENCIONAL.....	62
6.2.	Prazo	67
6.3.	Acabamento.....	71
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponte de concreto na cidade de Indaial – SC, utilizando fôrmas e escoramentos de madeira.....	16
Figura 2: Ponte sobre o Rio das Antas utilizando fôrmas e escoramentos de madeira	17
Figura 3: Utilização de tábuas para fôrmas de vigas.....	20
Figura 4: Utilização de tábuas para fôrmas de vigas.....	20
Figura 5: Utilização de compensados para fôrmas de paredes e vigas.....	21
Figura 6: Utilização de compensado para fôrma de ponte	21
Figura 7: Preparação em obra da fôrma ENKONFORM, feita com vigas VM20 e compensado.....	22
Figura 8: Fôrma mista COMAIN para paredes.....	23
Figura 9: Fôrma mista COMAIN para muro de contenção.....	23
Figura 10: Fôrmas mista COMAIN	24
Figura 11: Fôrmas mista COMAIN para fundação	25
Figura 12: Fôrma metálica circular – CLR.....	25
Figura 13: Fôrma de alumínio LUMIFORM SH, utilizada na construção de unidades habitacionais.....	26
Figura 14: Fôrma de alumínio LUMIFORM SH, utilizada na construção de unidades habitacionais.....	26
Figura 15: Fôrmas CC4 e escoramentos ALUPROP para lajes maciças	26
Figura 16: Forma de papelão para fôrma de pilar circular.....	27
Figura 17: Fôrma Plástica para Laje Nervurada.....	28
Figura 18: Fôrma Plástica para Laje Nervurada.....	28
Figura 19: Escoramento do Parque Comercial Nevada, Granada, Espanha, sistema ENKOFORM e ALUPROP	30
Figura 20: Escoramento de lajes e vigas utilizando madeira.....	30
Figura 21: Escoramento de madeira de lajes treliçadas com preenchimento em EPS.....	31

Figura 22: Escoramento utilizando escoras metálicas	32
Figura 23: Escoramento utilizando ALUPROP	32
Figura 24: Escoramento utilizando torres metálicas CIMBRE G	32
Figura 25: Detalhe típico de laje nervurada	36
Figura 26: Laje Nervurada com preenchimento em EPS	37
Figura 27: Posicionamento do bloco de concreto celular autoclavado (CCA) nas Lajes Nervuradas	38
Figura 28: Fôrma plástica em polipropileno	38
Figura 29: Fôrma plástica em polipropileno	39
Figura 30: Cubeta distribuída lado a lado sobre painéis de compensado.....	39
Figura 31: Cubeta apoiadas a vigas metálicas	39
Figura 32: Cubeta apoiadas a vigas de madeira	40
Figura 33: Cubetas apoiadas sobre grelhas metálicas	40
Figura 34: Cubeta	41
Figura 35: Semi Cubeta	41
Figura 36: Longarinas	42
Figura 37: Travessas	42
Figura 38: Tope	42
Figura 39: Suporte de Semi Cubeta	43
Figura 40: Cabeçal Recupeável	43
Figura 41: Cabeçal Móvel	43
Figura 42: Cabeçal de segurança	44
Figura 43: Viga de Balanço	44
Figura 44: Guarda Corpo	44
Figura 45: Demonstração da colocação dos cabeçais nas longarinas	45
Figura 46: Demonstração da colocação dos cabeçais nas longarinas	45
Figura 47: Elevação de longitudinal com os cabeçais instalados	45

Figura 48: Elevação do longitudinal com os cabeçais instalados	46
Figura 49: Montagem das transversais	46
Figura 50: Montagem das transversais	47
Figura 51: Montagem das transversais	47
Figura 52: Sequência da montagem das longitudinais	47
Figura 53: Elevação, fixação e alinhamento das longitudinais	48
Figura 54: Elevação, fixação e alinhamento das longitudinais	48
Figura 55: Conjunto montado e nivelado.....	48
Figura 56: Conjunto montado e nivelado.....	49
Figura 57: Pino para instalação das escoras	49
Figura 58: Colocação das cubetas na grelha metálica concluída	49
Figura 59: Colocação das cubetas na grelha metálica concluída	50
Figura 60: Detalhe da fixação do guarda-corpo	50
Figura 61: Detalhe da fixação do guarda corpo e montagem completa	50
Figura 62: Processo de desmontagem do sistema	51
Figura 63: Desforma	52
Figura 64: Desforma	52
Figura 65: Desmontagem das cubetas e travessas	52
Figura 66: Desmontagem das longitudinais	53
Figura 67 - Corte e planta da laje nervurada adotado para o cálculo da lâmina média	54
Figura 68: Planta típica de escoramentos metálicos	57
Figura 69: Planta típica de escoramento metálico com a identificação da área de influência considerada em cálculo	58
Figura 70: Seção adotada para o cálculo, demonstrando o vão útil da travessa	59
Figura 71: Planta típica de escoramentos metálicos com a identificação da área de influência considerada em cálculo	60
Figura 72: Carga distribuída na Longarina	60

Figura 73: Diagrama de momento fletor	61
Figura 74: Longarina dimensionada	61
Figura 75: Detalhe típico do sistema RECUB	62
Figura 76: Detalhe típico do Sistema metálico convencional	62
Figura 77: Construção do fórum de Divinópolis	67
Figura 78: Edifício Forluz	71
Figura 79: Edifício Forluz	71
Figura 80: Laje nervurada Edifício Forluz	72
Figura 81: Acabamento da laje nervurada	72

RESUMO

Os sistemas de fôrmas e escoramentos influenciam de forma direta três dos principais parâmetros na construção civil: o custo, o prazo e a qualidade das estruturas de concreto armado. Tendo em vista a grande influência nestes parâmetros, muitas construtoras vêm buscando novos sistemas e métodos executivos, com os objetivos de reduzir os recursos empregados, aumentar a produtividade da mão de obra e reduzir as perdas de materiais.

Este trabalho visa dissertar a respeito do sistema de fôrmas plásticas e escoramentos metálicos, seus requisitos, tipos de materiais empregados, procedimentos executivos e viabilidade técnica e financeira.

Com o intuito de analisar o impacto da escolha da tipologia do sistema para lajes nervuradas, foram estudados três empreendimentos em fases de projetos (custo), execução (prazo), acabamentos (qualidade) e comparado a viabilidade entre o sistema industrializado convencional e sistema RECUB.

Palavras-chave: Fôrmas, Escoramentos, Lajes Nervuradas, Construção Civil, Concreto Armado

ABSTRACT

Formwork and shoring systems influence directly three of the main parameters in construction: the cost, time and quality of reinforced concrete structures. In view of the great influence these parameters, many construction companies are seeking new systems and business methods, aiming to reduce the resources used, increase the productivity of the workforce and reduce losses of materials.

This work aims to lecture about plastic molds and metal shoring system, its requirements, types of materials used, executive procedures and technical and financial feasibility.

In order to analyze the impact of the choice of the system type to waffle slabs, three property developments were studied in project phases (cost), execution (run), finishing (quality) and compared the viability between conventional industrialized system and system RECUB .

Keywords: Formwork, Shoring, Ribbed slabs, Construction, Reinforced Concrete

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

As estruturas de concreto armado eram moldadas e escoradas em sistemas de madeira até a década de 60. As chapas eram recortadas sem um planejamento prévio, produzindo para cada laje uma perda significativa de material, implicando em um alto consumo de recursos e mão de obra. Com o aumento da competitividade das empresas na construção civil e do volume de obras aliado à diminuição de prazos, geraram a busca de alternativas nos processos construtivos com o objetivo de viabilizar custos, prazo e qualidade. Com isto muitas construtoras vêm buscando novos sistemas e métodos executivos, a fim de reduzir os recursos empregados, aumentar a produtividade da mão de obra e reduzir as perdas de materiais. O sistema de fôrmas plásticas e escoramentos metálicos constitui uma ferramenta importante para viabilizar a concretização destes objetivos. O sistema substitui com vantagens, o uso de escoramento em madeira nas obras, como redução de resíduos e práticas mais sustentável.

O presente trabalho apresenta o conceito e os requisitos básicos do sistema de escoramentos metálicos, sua importância, os tipos de materiais disponíveis no mercado brasileiro e a classificação dos sistemas. Com o objetivo de analisar a viabilidade e o impacto do sistema de fôrmas e escoramentos para lajes nervuradas, foi estudado três empreendimentos com estrutura de lajes nervuradas em diversas fases: projetos (custo), execução (prazo), acabamentos (qualidade) e comparado a viabilidade entre o sistema metálico convencional e sistema RECUB.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade e o impacto da escolha do sistema de fôrmas e escoramentos para lajes nervuradas nos três principais parâmetros: custo, prazo e qualidade na execução.

2.2. Objetivo Específico

- Apresentar os diversos tipos de sistemas de fôrmas e escoramentos;
- Citar os parâmetros que devem ser considerados na escolha de cada sistema;
- Apresentar a viabilidade do sistema RECUB para lajes nervuradas ao comparado com o sistema metálico convencional.
- Proporcionar subsídios aos profissionais da área, assessorando a contratação da empresa de fôrmas e escoramentos, considerando o melhor sistema para cada tipo de obra.

3. METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado, foi o estudo de caso, no qual foi estudado 3 empreendimentos em 3 fases distintas. O presente trabalho tem como base revisões de materiais publicados, constituídos de livros, artigos científicos, periódicos, catálogos técnicos além de visitas em obras e relatos nos quais fornecedores de fôrmas e escoramentos foram consultados.

4. JUSTIFICATIVA

Comprovar a otimização de equipamentos, custos e prazos que atendam às construções de lajes nervuradas, apresentando a técnica recuperável de escoramentos metálicos e fôrmas plásticas.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Histórico: Fôrmas, Escoramentos

Os grandes vãos antigamente, eram vencidos por arcos, originados dos etruscos, antigos habitantes de Roma. A teoria sobre a construção e o comportamento dos materiais passou a ser objeto de estudo somente a partir do século XVIII (PFEIL, 1987). A partir deste momento encontra-se grande evolução tanto nas dimensões das peças estruturais como nas alturas dos ambientes, e se consolidou a opção pelas soluções aporticadas. Mais tarde com o desenvolvimento das tecnologias de concreto e dos aços, e a evolução do cálculo estrutural passaram a prevalecer as vigas retas. A partir do aumento nas dimensões das peças estruturais e dos ambientes surge a necessidade de se conceber construções provisórias destinadas a suportar o peso de uma estrutura permanente durante sua execução e até que a mesma se torne auto-portante, estas construções provisórias de suporte são denominadas cimbramentos ou escoramentos. Como afirma Pfeil (1987) nas estruturas de concreto armado, a madeira foi utilizada quase que exclusivamente até a primeira metade do século XX, a figura 1 e figura 2, mostra pontes de concreto em arco com escoramento e formas de madeira.



Figura 1: Ponte de concreto na cidade de Indaial – SC, utilizando fôrmas e escoramentos de madeira
Fonte: <http://www.indaial.com.br>

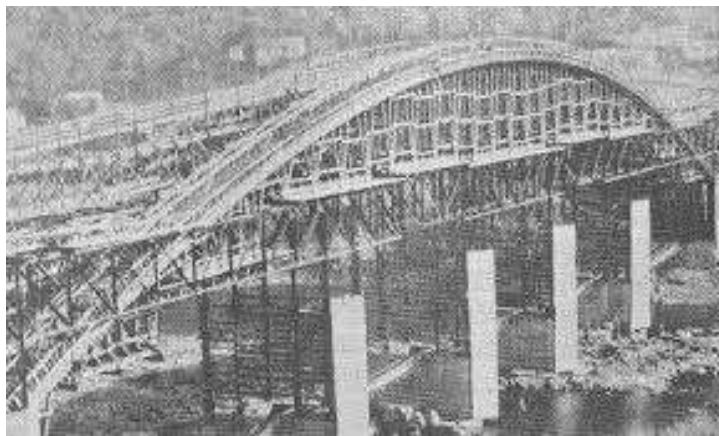


Figura 2: Ponte sobre o Rio das Antas utilizando fôrmas e escoramentos de madeira
Fonte: <http://www.cimentoeareia.com.br/ponteriodasantas.htm>

5.2. Definição de Fôrmas e Escoramentos

5.2.1. Fôrmas

A NBR 15696 (ABNT, 2009) define fôrmas como estruturas provisórias que servem para moldar o concreto fresco, resistindo a todas ações provenientes das pressões do lançamento fresco, até que o concreto se torne autoportante. O principal objetivo das fôrmas é dar ao concreto armado, em sua etapa construtiva, a geometria requerida no projeto.

Para Calil Jr *et al* (2001), fôrmas também são estruturas provisórias destinadas a dar forma e suporte ao lançamento e adensamento do concreto fresco até que esse adquira uma resistência de suporte, garantindo a obtenção das dimensões, posições, níveis, texturas e geometria das peças estruturais, conforme especificados em projeto. Além disso, elas devem garantir o correto posicionamento das instalações e das armaduras, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos e servir de suporte para os serviços armação e concretagem.

Para Fajersztajn (1992), fôrma é uma estrutura que atua no processo de moldagem e sustentação do concreto fresco até que o mesmo atinja resistência suficiente para suportar as cargas que lhes são submetidas, de maneira que as formas estão relacionadas diretamente a bom desempenho de uma estrutura. Estas fôrmas

devem ser estanques para evitar perda de água e agregados finos durante a concretagem, exceto no caso de fôrmas absorventes, onde é feito o controle da drenagem do excesso de água utilizada para aumentar a trabalhabilidade do concreto. Ainda devem possibilitar o correto posicionamento da armadura, um correto lançamento e adensamento para o concreto, bem como garantir a segurança tanto para os trabalhadores como para a estrutura (CALIL JR *et al.*, 2001).

Como explica Nazar (2007), na confecção de fôrmas, ainda hoje a madeira é muito empregada como matéria prima principal para moldes na etapa de concretagem, embora estejam disponíveis outros materiais para desempenharem a mesma função. Os sistemas usuais, principalmente em edifícios, são os de madeira, os de metal e os mistos (madeira x metálico). O critério para utilização das fôrmas depende do tipo de peça a ser concretada, do prazo para a sua execução, da sua repetitividade, a até da disposição econômica da empresa de investir em equipamentos em curto prazo, visando ao aproveitamento de logo prazo.

Ainda para Nazar (2007), existem diversos materiais utilizados em fôrmas que, embora não possam ser considerados um sistema, têm suas aplicações específicas e podem ser aproveitados de modo eficiente. As fôrmas podem ser confeccionadas no próprio canteiro de obras ou ser pré-fabricadas.

Segundo Nazar (2007), o que leva a escolha de uma ou outra é o prazo, o custo de execução, o espaço no canteiro, transporte e a geração de resíduo. De acordo com o acabamento superficial das fôrmas pode-se definir o tipo de material a ser empregado na sua execução.

De maneira geral, não se pode dizer que um sistema ou material é melhor ou pior do que o outro, é necessário uma análise dos fatores citados para a correta indicação para a sua aplicação, em função do custo/benefício esperado.

5.2.1.1. Tipo de Fôrma

5.2.1.1.1. Fôrma de Madeira

As fôrmas de madeira são de grande uso na construção civil, principalmente em obras de pequeno porte. De acordo com o Manual da SH (2008), as razões do uso

deste sistema são a fácil adaptação da fôrma a qualquer tipo de estrutura e a relativa facilidade em sua fabricação; porém apresentam desvantagens como: pouca durabilidade, baixa produtividade na montagem e desmontagem, execução demorada, pouca resistência nas ligações e emendas e grande deformações quando submetidas a variadas e bruscas mudanças de temperatura e umidade. Essas fôrmas geralmente são confeccionadas com chapas de compensados e/ou tábuas.

5.2.1.1.1.1. Tábuas

Segundo o Manual da SH (2008), normalmente as fôrmas confeccionadas com tábuas de madeira, apresentam variadas dimensões 1" x 2", 2" x 2", 3" x 3", entre outras. A escolha da qualidade e da espessura das tábuas, interferem no dimensionamento das fôrmas; quanto menor a resistência das tábuas, maior a quantidade de peças para estruturá-las. O tipo de madeira também interfere na qualidade das fôrmas executadas. As figuras 3 e 4, ilustram fôrmas para vigas, utilizando tábuas estruturadas. Recomenda-se o uso de pinho, cedrinho, jatobá ou peroba, pois apresentam boa resistência. Outro tipo muito utilizado na construção civil é o pinus, porém apresenta menor resistência se comparado às demais madeiras, conforme é mostrado na Tabela 01.

Tabela 1: Características Técnicas da Madeira (Fonte: NBR 7190:1997)

Madeira	Massa específica aparente – (ρ) em kg/m ³	Módulo de Elasticidade longitudinal – (E) em kgf/cm ²	Tensão admissível tração/compressão e flexão (σ) em kgf/cm ²	Tensão admissível para cisalhamento (τ) em kgf/cm ²
Pinho Brasileiro	580	152.250	87	8,8
Pinus Eliotis	560	118.890	68	12,9
Eucalipto	918	120.130	157	7,4



Figura 3: Utilização de tábuas para fôrmas de vigas
Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/>

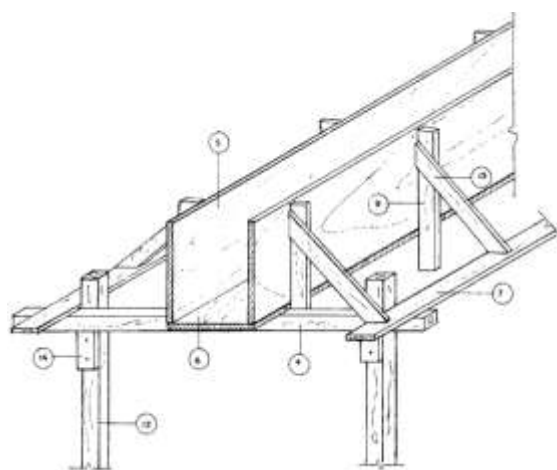


Figura 4: Utilização de tábuas para fôrmas de vigas
Fonte: ULMA Construction

5.2.1.1.1.2. Compensado

A madeira tipo compensado, é um dos materiais mais utilizados na confecção de fôrmas, as figuras 5, 6 e 7 mostram a utilização de compensados para fôrmas de paredes, vigas e ponte. Como cita no Manual da SH (2008), as chapas compensadas substituem as tradicionais tábuas de madeira serrada, destacando-se pela qualidade e economia, possibilitando várias utilizações sem danos significativos. As chapas compensadas são constituídas por lâminas de madeira, de espessura entre 1mm a 4mm, dispostas com direção de fibras perpendiculares entre

si, normalmente constituídas de número ímpar de lâminas. As lâminas são ligadas, umas às outras, através de cola à base de resina fenólica.

Ainda, segundo o manual, o compensado, poderá ter acabamento resinado ou plastificado. O acabamento das chapas não interfere nas características mecânicas do compensado, porém as chapas plastificadas permitem melhor acabamento, menor permeabilidade e maior número de utilizações. As características mecânicas dos compensados, podem variar conforme a espessura e o número de lâminas. A resistência à flexão de uma chapa dependerá da direção em que estiverem trabalhando as fibras da camada externa.



Figura 5: Utilização de compensados para fôrmas de paredes e vigas.

Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/>



Figura 6: Utilização de compensado para fôrma de ponte.

Fonte: ULMA Construction



Figura 7: Preparação em obra da fôrma ENKONFORM, feita com vigas VM20 e compensado.
Fonte: ULMA Construction

5.2.1.1.2. Fôrma Metálica/Mista

Como mostra no Manual da SH (2008), as formas metálicas (de aço ou alumínio) são utilizadas principalmente quando há repetições da estrutura e quando se procura obter um ótimo acabamento superficial ao concreto, as figuras 8 e 9, mostram a construção de paredes e muros, utilizando fôrmas mistas. Em função de sua durabilidade e custo elevados, esse sistema é normalmente fornecido por empresas para locação. Nesse caso, o prazo de utilização influi diretamente no custo da solução. Uma geometria extremamente recortada e não direcionada ao uso de painéis modulados pode comprometer o uso desse tipo de solução. Em contrapartida, quando o projeto leva em conta a modulação dos painéis metálicos e a estrutura conta com reduzido número de vigas, a produtividade obtida com o uso de fôrmas metálicas costuma ser alta.

Na hora de avaliar um sistema de fôrmas metálicas vale observar a quantidade de peças soltas e frágeis (quanto menos itens, menor é o risco de perdê-los) e se há necessidade de uso de ferramentas especiais para sua montagem. No caso de locação, a indenização por peças avariadas ou perdidas é um aspecto que costuma gerar conflitos entre fornecedor e contratante. Por isso, recomenda-se atenção ao firmar o contrato.

Vantagens no uso de Fôrmas Metálicas

- ✓ não requer mão de obra especializada;
- ✓ diminui mão de obra de carpintaria;
- ✓ aumenta a produtividade de montagem; possui índice de produtividade entre 0,30 e 0,50 Hh/m² para fôrmas metálicas com movimentação manual;
- ✓ fácil manuseio e armazenagem;
- ✓ ajuda a manter o conteiro organizado;
- ✓ diminui consideravelmente o custo em madeira, compensado e reduz o desperdício.



Figura 8: Fôrma mista COMAIN para paredes
Fonte: ULMA Construction



Figura 9: Fôrma mista COMAIN para muro de contenção
Fonte: ULMA Construction

5.2.1.1.2.1. Aço

Segundo o Manual da SH (2008), o aço carbono SAE 1020 é um dos aços mais utilizado, devido a sua baixa temperabilidade, excelente forjabilidade e soldabilidade, porém sua usinagem é relativamente pobre. Esses elementos metálicos podem ser forjados, laminados ou fabricados a partir de chapas soldadas, com funções de acessórios ou componentes das estruturas dos sistemas de fôrmas e escoramentos. As características do aço SAE 1020 para elaboração dos cálculos da resistência das peças são:

- ✓ Limite de ruptura;
- ✓ Limite de Elasticidade;
- ✓ Módulo de elasticidade;
- ✓ Tensão Admissível

Dependendo da quantidade de carbono e da porcentagem de outras ligas, o aço pode apresentar diferentes valores de resistência para os esforços mecânicos. Os valores acima apresentados são para aços com baixo teor de carbono, por isto é aplicado um coeficiente de segurança para prevenir incerteza quanto a propriedade dos materiais, esforços aplicados, variações, etc. As figuras 10 e 11 ilustram fôrmas com estruturas em aço, para execução de fundações, a figura 12 mostra as fôrmas de aço para pilares circulares.



Figura 10: Fôrmas mista COMAIN
Fonte: ULMA Construction



Figura 11: Fôrmas mista COMAIN para fundação
Fonte: ULMA Construction



Figura 12: Fôrma metálica circular – CLR
Fonte: ULMA Construction

5.2.1.1.2.2. Alumínio

Como mostra no Manual da SH (2008), o alumínio tem como característica principal a diversa gama de aplicações, as figuras 13 e 14 ilustram fôrmas de alumínio, utilizadas na construção de unidades habitacionais, e a figura 15 mostra as fôrmas de alumínio utilizadas para lajes maciças. Com isto, este é um dos metais mais utilizados no mundo todo. Por ser um material leve, durável e bonito, o alumínio mostra uma excelente performance e propriedades superiores na maioria das aplicações. Segundo Nazar (2007), o principal benefício das fôrmas de alumínio é sua vida útil, que pode chegar a até mil utilizações se bem utilizada. Isso significa que cuidados são importantes, principalmente no manuseio das peças.



Figura 13: Fôrma de alumínio LUMIFORM SH, utilizada na construção de unidades habitacionais.
Fonte: SH Fôrmas



Figura 14: Fôrma de alumínio LUMIFORM SH, utilizada na construção de unidades habitacionais.
Fonte: SH Fôrmas



Figura 15: Fôrmas CC4 e escoramentos ALUPROP para lajes maciças
Fonte: ULMA Construction

5.2.1.1.3. Fôrmas de Papelão

As fôrmas de papelão são utilizadas principalmente na construção de pilares circulares, sendo produzido em papel kraft e semikraft de diversas espessuras, enrolados helicoidalmente. As peças são tratadas com colas e resinas, que lhes conferem rigidez, além de receberem uma camada interna de papel não aderente ao concreto, são disponibilizadas em diâmetros variados e espessuras que vão de 3 mm a 8,5 mm, (NAZAR, 2007).

O peso mais leve em comparação a outros sistemas, como PVC, madeira e aço, facilita o manuseio e induz à redução de mão de obra na execução. Esse tipo de solução é mais interessante por aliar ótimo resultado superficial do concreto com a facilidade de uso e manuseio no canteiro (NAZAR, 2007). Esse tipo de material, no entanto, não é reutilizável, após a cura do concreto. O invólucro de papelão é rasgado e desprezado, fazendo com que o sistema se torne mais competitivo em obras em que está prevista apenas uma utilização da fôrma.



Figura 16: Forma de papelão para fôrma de pilar circular
Fonte: DIMIBU

5.2.1.1.4. Fôrmas Plásticas

As fôrmas plásticas são mais utilizadas para execução de lajes nervuradas, mas existem fôrmas plásticas para paredes, pilares e vigas. As fôrmas para lajes nervuradas são conhecidas com cubetas, cubas, cabaças, como ilustra nas figuras 17 e 18. Para atender aos esforços inerentes à concretagem, as fôrmas plásticas devem ter rigidez e resistência mecânica para não se deformar, fissurar ou quebrar durante o processo. Os encaixes também precisam garantir a estanqueidade do conjunto, evitando vazamentos da nata de cimento.



Figura 17: Fôrma Plástica para Laje Nervurada
Fonte: ATEX



Figura 18: Fôrma Plástica para Laje Nervurada
Fonte: ULMA Construction

Segundo Nazar (2007), a escolha da fôrma plástica inicia-se com a definição do partido estrutural, a ser estipulado pelo arquiteto em conjunto com o projetista

estrutural e com o construtor. Normalmente o construtor, busca fornecedores que disponham de linhas de produtos que atendam à geometria específica a sua obra, dando especial atenção à altura das fôrmas e à espessura das nervuras, além do comprimento e da largura de cada peça.

A montagem das fôrmas pode ser feita de três maneiras: distribuídas lado a lado sobre painéis de compensado (convencional), apoiadas a vigas metálicas ou madeira (convencional), ou apoiadas diretamente sobre o sistema de grelha (RECUB). As fôrmas plásticas são feitas de polipropileno originado de uma resina termoplástica produzida a partir do gás propileno que é um subproduto da refinação do petróleo. A sua obtenção se dá por meio de injeção em molde de grande rigidez (MORIKAWA,2003). O polipropileno tem gerado peças de resistência mecânica elevada, eliminando com isso a deformidade.

Suas principais características são: boa resistência química, baixa absorção de umidade, boa resistência ao impacto, soldável, moldável, atóxico, custo baixo em relação aos plásticos, fácil usinagem, antiaderente, entre outras.

5.2.2. Escoramentos

Para Barros e Melhado (2006), escoramento pode ser compreendido como conjunto temporário de escoras e contraventamentos, de madeira ou de aço, projetado para resistir ao peso próprio da estrutura, eventuais sobrecargas, ação do vento e de enchentes durante a construção, evitando deformações prejudiciais à sua forma e esforço no concreto na fase de endurecimento.

Segundo o Manual de Estruturas da ABCP (2003), o escoramento é uma estrutura de suporte provisória composta por um conjunto de elementos que apoiam as fôrmas horizontais das Vigas e Lajes, suportando as forças atuantes (peso próprio do concreto, movimentação de operários, equipamentos, entre outros) e transmitindo-as ao piso ou ao pavimento inferior, a figura 19 ilustra o escoramento do Parque Comercial Nevada, localizado na Espanha. O escoramento deve ser dimensionado em função da magnitude das ações a serem transferidas, do pé direito e da resistência do material utilizado. Sendo assim, o sistema de escoramento

tem a finalidade de sustentar a fôrma, devendo oferecer segurança estrutural e estabilidade na execução dos serviços.



Figura 19: Escoramento do Parque Comercial Nevada, Granada, Espanha, sistema ENKOFORM e ALUPROP
Fonte: ULMA Construction

5.2.2.1. Tipos de Escoramento

5.2.2.1.1. Escoramento de Madeira

A madeira mais utilizada antigamente era serrada de Pinho do Paraná, cuja a diminuição de sua quantidade levou os construtores a pesquisar novos sistemas com outros tipos de madeira. Várias espécies tropicais têm tido boa aceitação, como o Cedrilho e o Pinus. Quando bem projetadas e executas, apresentam excelente resultado técnico e econômico (NAZAR, 2007).



Figura 20: Escoramento de lajes e vigas utilizando madeira
Fonte: <http://techne.pini.br>



Figura 21: Escoramento de madeira de lajes treliçadas com preenchimento em EPS.
Fonte: <http://techne.pini.br>

5.2.2.1.2. Escoramento Metálico

Os escoramentos metálicos são peças tubulares de aço ou de alumínio, telescopadas graduadas, utilizadas como suporte de fôrmas para estruturas de concreto. Têm a importante função de sustentar as cargas e transferi-las ao chão. Indicado para diversos tipos de obras, desde edifícios a obras de arte, o sistema é composto, principalmente, por escoras pontuais, torres e vigas (primárias e secundárias – barrotes). De acordo com o Manual SH (2008), os escoramentos metálicos podem, ainda, contar com acessórios, como sapatas e suportes ajustáveis (para regulação da altura da torre); diagonal transversal tubular (utilizada para contraventar a torre no sentido horizontal); e colunas de amarração e braçadeiras fixas ou articuláveis (para o alinhamento e o travamento em vários níveis e direções das torres entre si, evitando deformações e deslocamentos). O dimensionamento correto dos escoramentos metálicos leva em consideração a sobrecarga e as características mecânicas dos materiais (aço e alumínio). A superfície onde o

escoramento será instalado, o tipo de fôrma e do concreto a serem usados também impactam diretamente nos espaçamentos das escoras.

Embora à primeira vista pareçam semelhantes, os sistemas de escoramento metálico disponíveis no mercado diferem entre si com relação à facilidade na montagem e à capacidade de carga.



Figura 22: Escoramento utilizando escoras metálicas
Fonte: ULMA Construction



Figura 23: Escoramento utilizando ALUPROP
Fonte: ULMA Construction



Figura 24: Escoramento utilizando torres metálicas CIMBRE G
Fonte: ULMA Construction

5.3. Fatores a serem considerados na escolha do sistema de fôrmas e escoramentos

Como explica Nazar (2007), para execução de estruturas de concreto armado, existem vários sistemas de fôrmas e escoramentos. Para a escolha do equipamento mais adequado, deve-se sempre considerar o prazo da execução da estrutura. Em obras prediais, o conjunto fôrmas e escoramento chega a representar 45% dos custos da estrutura, isto se torna um bom motivo para dedicar atenção à escolha, compra e uso desses equipamentos. Mas, além da questão financeira, há também motivações técnicas. Para o SINDUSCON (1996), a escolha do tipo mais adequado de fôrmas variam em função de uma série de fatores:

✓ **Acabamento**

Se a opção for pelo concreto aparente, os painéis metálicos e as fôrmas de papelão apresentam melhor desempenho, pois garantem maior planicidade e oferecem maior garantia de nível e prumo.

✓ **Leveza.**

Avalie a relação peso/m² da fôrma. Quanto mais leve, mais fácil e rápido será o transporte horizontal e vertical (seja manual ou com máquinas ou guas) e também a montagem, desmontagem, carga e descarga da fôrma e escoramentos.

✓ **Facilidade de montagem, colocação e desenforma.**

O ideal é haver menores quantidades de tirantes, grampos de fixação, arremates em madeira e vigas alinhadoras e acessórios.

✓ **Sistema autoalinhável.**

Tal característica tende a resultar em melhor qualidade no alinhamento das paredes, vigas e pilares, diminuir a incidência de escoras de prumo e reduzir a demanda por mão de obra.

✓ **Concepção do sistema de fôrmas.**

Deve oferecer maior praticidade nas ligações dos painéis e acessórios da fôrma com qualidade na precisão e tolerância nos fechamentos, qualidade da superfície de contato e adaptabilidade aos sistemas convencionais de fôrmas.

✓ **Flexibilidade geométrica.**

O ideal é que o sistema apresente variedade e diversidade na dimensão dos painéis e escoras/torres, permitindo maior flexibilidade para execução.

✓ **Adaptabilidade.**

O sistema de fôrma e escoramento escolhido deve ser adaptável a diferentes estruturas da obra.

✓ **Resistência mecânica e segurança.**

As fôrmas e escoramentos devem possuir desempenho satisfatório, fundamental para absorver as pressões do concreto e para garantir maior quantidade de reutilizações.

✓ **Prazo de utilização e reaproveitamento**

O prazo de utilização e a possibilidade de reaproveitar os equipamentos em empreendimentos diferentes são decisivos na hora de optar por comprar ou alugar um conjunto de fôrmas, segundo cálculos da Associação Brasileira das Empresas de Fôrmas e Escoramentos (Abrasfe), a compra costuma ser uma boa opção para obras de longa duração, ou seja, com previsão de término superior a dois anos.

✓ **Disponibilidade do equipamento**

Grandes volumes devem ser contratados em empresas que tenham condições de garantir o fornecimento para que não haja atraso na execução. A disponibilidade de atendimento técnico próximo à obra, assim como o fornecimento de projetos de

execução detalhados, também são critérios a serem analisados pelo construtor na hora de adquirir uma tecnologia de fôrmas, seja para aluguel ou compra.

5.4. Lajes Nervuradas

Para Borowski (2005), as primeiras lajes nervuradas surgiram na terceira década do século XX, era uma alternativa às lajes maciças e visavam uma redução de custo. Porém para Lima *et al.* (2000 *apud* DIAS, 2003) as lajes nervuradas tiveram origem em 1854, quando um fabricante inglês de gesso e cimento chamado William Boutland Wilkinson obteve a patente, na Inglaterra, de um sistema que já demonstrava o domínio dos princípios básicos de funcionamento do concreto armado ao dispor barras de aço nas regiões tracionadas das vigas. Wilkinson percebeu que a rigidez da laje podia ser aumentada por meio da inserção de vazios utilizando-se moldes de gesso regularmente espaçados e separados por nervuras, aonde barras de aço eram colocados na sua porção inferior no meio do vão e subiam para a parte superior da viga nas proximidades dos apoios.

Desde o início da década de 70, as alterações arquitetônicas no Brasil vêm impulsionando reformas nos sistemas estruturais, levando ao desaparecimento dos diafragmas rígidos de alvenaria e fazendo com que as estruturas de concreto armado passassem a depender cada vez mais das lajes (BOROWSKI, 2005).

Nos edifícios de pisos múltiplos, de acordo com França e Fusco (1997), a utilização de pavimentos em lajes maciças pode resultar em um consumo de quase dois terços do volume total da estrutura.

Bocchi Jr. e Giongo (2007) indicam que a necessidade de racionalização na construção civil, com a minimização dos custos e prazos, vem fazendo das lajes nervuradas uma opção cada vez mais difundida. Ainda para Bocchi Jr. e Giongo (2007) as lajes nervuradas são constituídas por uma série de vigas solidarizadas entre si pela mesa, possuem seção transversal em forma de T e comportam-se, estaticamente, de maneira intermediária entre placa e grelha. Dessa forma, combatem com muita eficiência os esforços de tração, que são absorvidos pela nervura com a devida armadura, e os esforços de compressão que são suportados, em sua maior parte, pela mesa de concreto. Com a linha neutra situada próxima a

região da mesa, a parte inferior pouco contribui para a resistência de compressão, servindo apenas para garantir a aderência entre o aço e o concreto. Tal região é considerada inerte e poderá ser preenchida com material mais leve, sem função estrutural, como placa de isopor, bloco cerâmico, entre outros. Segundo o item 14.7.7 da NBR 6118 (ABNT, 2014) as lajes nervuradas são as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.

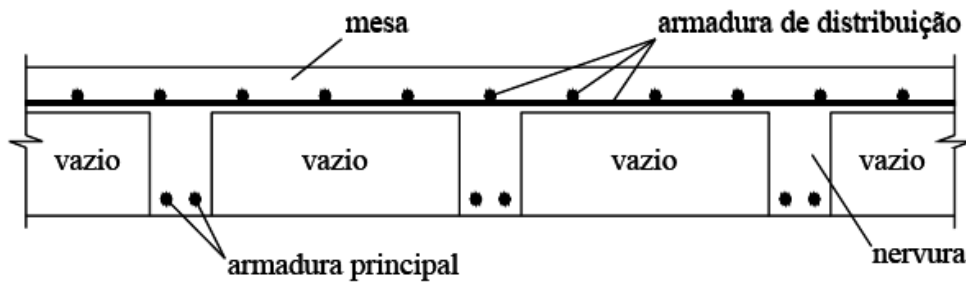


Figura 25: Detalhe típico de laje nervurada
Fonte: (SILVA, 2005)

A utilização desta estrutura se torna economicamente viável, quando o valor da sobrecarga é muito grande ou então, quando se necessita de maiores distâncias entre os pilares.

5.4.1. Vantagens das Lajes Nervuradas

- ✓ Utilizadas para vencer grandes vãos;
- ✓ Economia de concreto;
- ✓ Redução de peso próprio de estruturas;
- ✓ Grande possibilidade de divisórias flexíveis;
- ✓ Melhor aproveitamento do aço;
- ✓ Atende as exigências de incêndio.

5.4.2. Principais materiais utilizados para fôrma de Lajes Nervuradas

Expanded PolyStyrene - EPS

Segundo ABRAPEX (2015), o EPS tem características muito favoráveis para utilização como enchimento de lajes. É leve, podendo ser usado até com 10 kg/m^3 , é resistente, chegando a 50 kPa nos materiais produzidos dentro das normas da NBR 11752 (ABNT, 2007), classificação P I é um excelente isolante térmico e com baixa absorção de água permite uma cura do concreto bem melhor e mais rápida.

O EPS é fornecido em blocos de 2 a 6 metros de comprimento, com seção de $0,50 \times 1,00\text{m}$ a $1,20 \times 1,20\text{m}$.

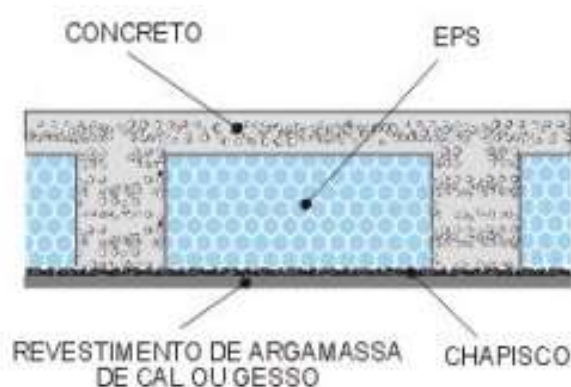


Figura 26: Laje Nervurada com preenchimento em EPS
Fonte: (ABRAPEX 2015)

Bloco de Concreto Celular Autoclavado - CCA

Segundo a NBR 13438 (ABNT, 1995), o concreto celular autoclavado é um concreto leve, obtido através de um processo industrial, constituído por materiais calcários (cimento, cal ou ambos) e material rico em sílica, granulado finamente. Esta mistura é expandida através da utilização de produtos formadores de gases, água e aditivos, sendo, se for o caso, submetidos à pressão e temperatura através de vapor saturado. O concreto celular autoclavado contém células fechadas, aeradas e uniformemente distribuídas. Como cita Silva (2002) o CCA possui peso específico na faixa de 300 a 1000 kgf/m^3 . Sua produção, é feita a partir de uma mistura de cimento, cal, areia agente expensor (pó de alumínio) e água.



Figura 27: Posicionamento do bloco de concreto celular autoclavado (CCA) nas Lajes Nervuradas
Fonte: SILVA (2002)

Fôrmas Plástica

As fôrmas plásticas são feitas de polipropileno (PP), geralmente com aditivos na sua composição química, que aumentam a dureza e protegem contra os raios ultravioleta (UV). Esta tecnologia foi desenvolvida na Inglaterra há mais de 30 anos e é utilizada hoje em mais de 30 países. As cubetas são comercializadas nas cores preta, azul amarela e branca, mas são mais comuns as fôrmas em cor branca e amarela, que reduzem a absorção de calor e, conseqüentemente, diminuem a variação dimensional por dilatação e retardam o processo de secagem do concreto. Para Nazar (2007) para atingir maior inércia, usam-se as maiores cubetas. Algumas opções de sistemas conseguem minimizar o peso da estrutura ao direcionar a carga para duas direções simultâneas (armaduras direcionadas) ou então para quatro lados (armaduras cruzadas). Vale lembrar que as fôrmas devem resistir ao peso do concreto e às sobrecargas durante o lançamento.

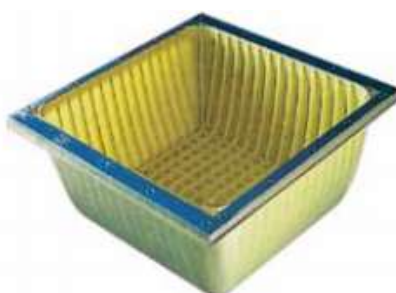


Figura 28: Fôrma plástica em polipropileno
Fonte: ULMA Construction



Figura 29: Fôrma plástica em polipropileno
Fonte: ASTRA

5.4.3. Sistema convencional metálico para lajes nervuradas

É um sistema independente de Escoramento e de Fôrma, no qual a montagem das fôrmas podem ser feitas de duas maneiras: distribuídas lado a lado sobre painéis de compensado (Convencional), apoiadas a vigas metálicas ou madeira (Convencional).



Figura 30: Cubeta distribuída lado a lado sobre painéis de compensado
Fonte: <http://construcaomercado.pini.com.br/>



Figura 31: Cubeta apoiadas a vigas metálicas
Fonte: ATEX



Figura 32: Cubeta apoiadas a vigas de madeira
Fonte: METAX

5.4.4. Sistema de Fôrmas Recuperáveis – RECUB

O **RECUB** é um sistema misto de formas, escoramento e re-escoramento, tendo como principal característica a manutenção da laje recém concretada escorada, preservando-a de solicitações prematuras, eliminando o trabalho de re-escoramento. Composto por um reduzido número de peças de fácil montagem, o **RECUB** é um completo sistema para execução de lajes nervuradas onde não é necessário assoalhamento com compensado.



Figura 33: Cubetas apoiadas sobre grelhas metálicas
Fonte: ULMA Construction

O Sistema RECUB é composto basicamente por três partes:

- Cubetas e Semi-Cubetas;
- Grelha Metálica – longarinas, transversinas, topes e cabeçais;
- Elementos de Apoio – Escoras ou Torres

5.4.4.1. Componentes do Sistema RECUB

Cubetas: formas plásticas rígidas que dão o formato de 80x80 cm à nervura da laje e forma a base inferior de 12 cm. São de fácil manuseio e apresentam uma base de 799 x 750 mm, podendo ser encontradas em 5 alturas distintas.

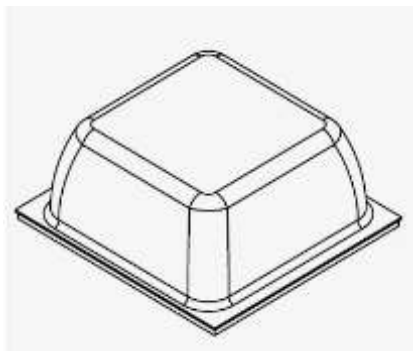


Figura 34: Cubeta
Fonte:ULMA Construction

Semi Cubetas: formas plásticas para serem utilizadas nas regiões limites com os capitéis e vigas de bordo, quando nestas zonas não for possível a colocação de uma cubeta inteira. Apresentam uma base de 399 x 750 mm e podem ser encontradas em 2 alturas distintas.

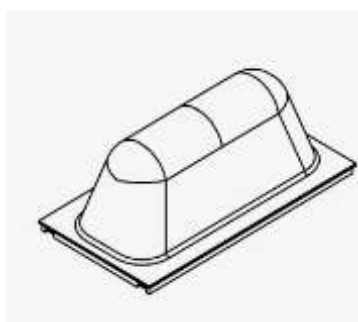


Figura 35: Semi Cubeta
Fonte: ULMA Construction

Longitudinal: peça principal do escoramento, pois representa o elemento portante do sistema. Podem ser encontradas em 5 tamanhos, acoplam através de um encaixe tipo macho-fêmea e possuem uma série de linguetas a cada 80 cm, onde são colocados os cabeçais recuperáveis. Obedecendo o mesmo espaçamento, são encontrados conectores que permitem a fixação das Escoras de apoio.



Figura 36: Longarinas
Fonte: ULMA Construction

Travessa: elemento que se apóia sobre os cabeçais recuperáveis a cada 80 cm. São encontradas em 2 comprimentos. Todos possuem na parte superior uma superfície de apoio para as cubetas ou do compensado (capitel ou viga faixa), e uma aba que serve de baliza para a colocação das cubetas, além de impedir seu deslizamento. A transversal de 1,60 m pode ser reforçada ou não, dependendo da espessura da laje a ser executada.



Figura 37: Travessas
Fonte: ULMA Construction

Tope: tubo retangular colocado entre duas cubetas paralelamente às longarinas, apoiado sobre as transversais.



Figura 38: Tope
Fonte: ULMA Construction

Suporte de Semi Cubeta: O suporte é colocado entre duas transversais e sobre ele é colocada a semi-cubeta, resultando assim no apoio da mesma no sentido

longitudinal. Para o sentido transversal não é necessário nenhum suporte, uma vez que a semi-cubeta é apoiada diretamente sobre duas transversais, uma das quais, por sua vez, se apóia em cabeçais móveis.

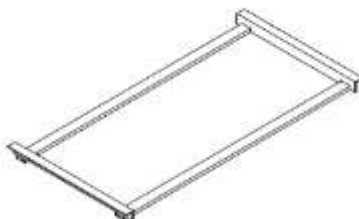


Figura 39: Suporte de Semi Cubeta
Fonte: ULMA Construction

Cabeçal Recuperável: elemento básico do sistema de recuperação. Ele é colocado nas orelhas existentes nas longitudinais, servindo de elemento de apoio das transversais para ambos os lados.



Figura 40: Cabeçal Recuperável
Fonte: ULMA Construction

Cabeçal Móvel: suportado por uma Escora, realiza a mesma função do cabeçal recuperável, porém em qualquer lugar da longitudinal. É utilizado principalmente nos encontros de pilares, para transpor as interferências que possam existir entre as transversais e os pilares, permitindo o apoio dos arremates de madeira destes pilares.

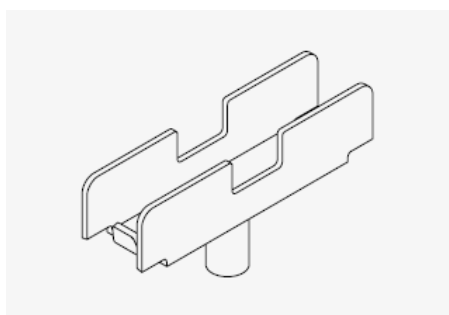


Figura 41: Cabeçal Móvel
Fonte: ULMA Construction

Cabeçal de Segurança: da mesma maneira que o cabeçal recuperável, é colocado nas orelhas das longitudinais, porém somente na periferia da laje ou limite com aberturas. Ele possui em ambos os lados, um tubo onde é fixado o guarda-corpo.

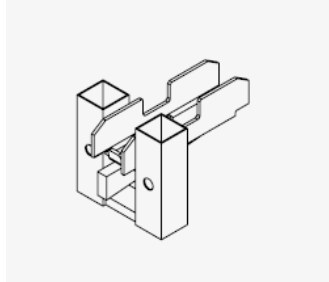


Figura 42: Cabeçal de segurança
Fonte: ULMA Construction

Viga de Balanço: São utilizadas para as regiões de borda da laje, onde existem balanços na laje. Em uma ponta, é incorporado um cabeçal recuperável que é fixado na orelha da longitudinal. Na outra ponta, possuem um tubo que serve de barreira para que as cubetas ou o compensado deslizem para fora da laje e, por outro lado, é utilizado para a fixação do guarda-corpo. Também possui um pino inclinado para a colocação de uma escora.

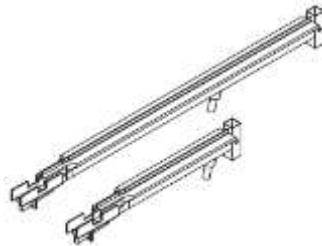


Figura 43: Viga de Balanço
Fonte: ULMA Construction

Guarda Corpo: utilizado como elemento de segurança na região de borda da laje ou limite com vazios. Possui dois passadores para fixação de elementos horizontais de segurança (sarrafo, corda, cabo de aço, tela, etc.) e um gancho para fixação do rodapé.

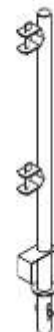


Figura 44: Guarda Corpo
Fonte: ULMA Construction

5.4.4.2. Procedimento de Montagem do Sistema RECUB

Montagem do Cabeal Recuperável: É colocada no piso uma longarina, de maneira que as longarinas e os pinos fiquem posicionados para cima. Os cabeçais recuperáveis são colocados nas orelhas das longarinas, e após serem posicionados são fixados com golpes de martelo na cunha.

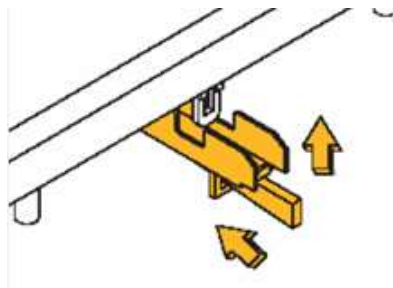


Figura 45: Demonstração da colocação dos cabeçais nas longarinas
Fonte: ULMA Construction

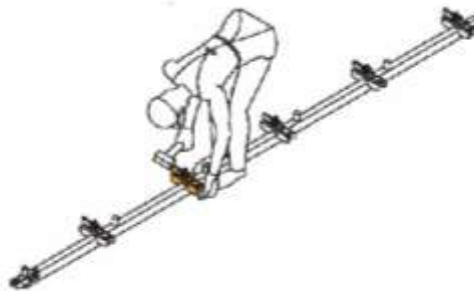


Figura 46: Demonstração da colocação dos cabeçais nas longarinas
Fonte: ULMA Construction

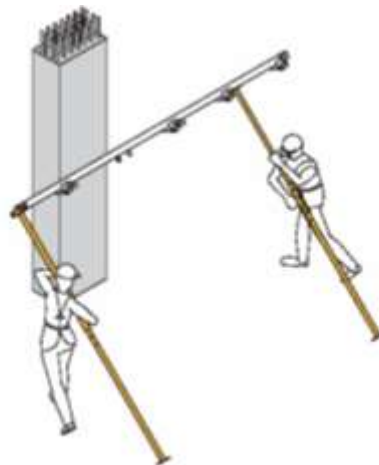


Figura 47: Elevação de longitudinal com os cabeçais instalados
Fonte: ULMA Construction



Figura 48: Elevação do longitudinal com os cabeçais instalados
Fonte: ULMA Construction

Para iniciar a montagem da grelha que servirá de apoio às cubetas, é colocada uma longitudinal perto de um pilar para que o sistema fique travado. Levanta-se a longitudinal, juntamente com seus cabeçais, com duas escoras e amarra-se ao pilar.

Montagem das Transversais: Após amarrar a primeira longitudinal, é levantada outra longitudinal, paralela a primeira (deve ser travada também no pilar). Estas longarinas devem estar espaçadas uma da outra de 0,8 ou 1,6 m (de acordo com o projeto). Uma vez já posicionadas o primeiro par de longarinas, inicia-se a montagem das transversais, que são apoiadas nos cabeçais, uma a uma.



Figura 49: Montagem das transversais
Fonte: ULMA Construction



Figura 50: Montagem das transversais
Fonte: ULMA Construction



Figura 51: Montagem das transversais
Fonte: ULMA Construction

Sequência da montagem de novas longitudinais: São colocadas as longitudinais sucessivamente às iniciais, unindo a ponta da lingueta com a extremidade da outra.

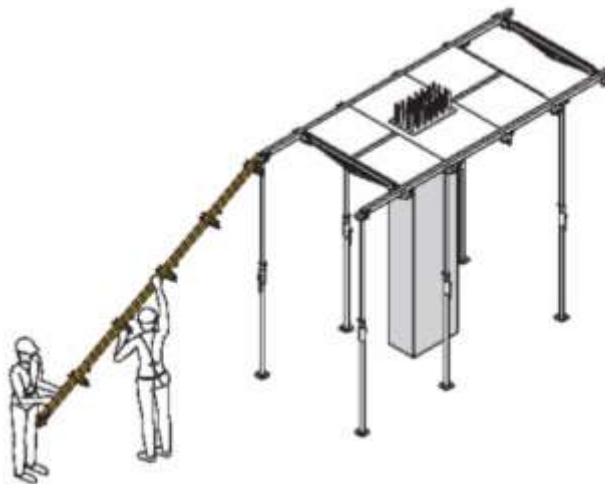


Figura 52: Sequência da montagem das longitudinais
Fonte: ULMA Construction

Elevação e fixação de longitudinais: Para a elevação, o encaixe da nova longitudinal é posicionado sobre a lingueta do cabeçal da longitudinal anterior e, com o auxílio de uma escora, fixa no pino da nova longitudinal, ela é elevada. A escora deverá estar aproximadamente com a abertura definitiva, pois isso facilitará o nivelamento.

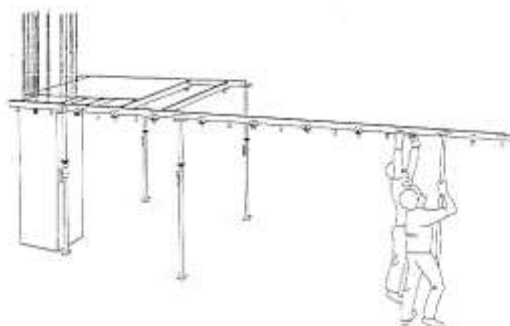


Figura 53: Elevação, fixação e alinhamento das longitudinais
Fonte: ULMA Construction

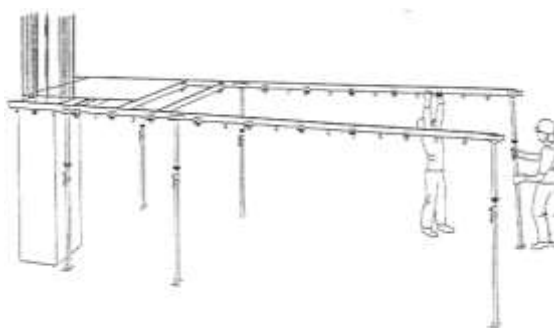


Figura 54: Elevação, fixação e alinhamento das longitudinais
Fonte: ULMA Construction

Nivelamento do Conjunto: Após a montagem de toda a grelha estar realizada, procede-se o nivelamento da laje. Seguidamente são colocadas as escoras restantes nos pinos das longitudinais. Todas as escoras devem estar com as alturas adequadas e muito bem apuradas. Estas recomendações servem também para o caso de apoio sobre torres.

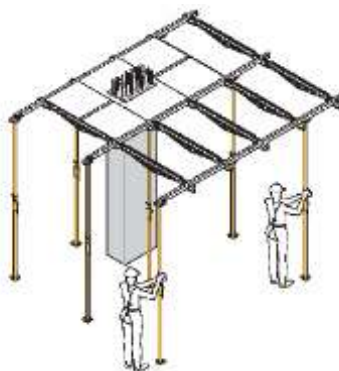


Figura 55: Conjunto montado e nivelado
Fonte: ULMA Construction



Figura 56: Conjunto montado e nivelado
Fonte: ULMA Construction



Figura 57: Pino para instalação das escoras
Fonte: ULMA Construction

Montagem das cubetas, compensados e topes: Uma vez nivelada a grelha metálica, o passo seguinte é a colocação das cubetas, compensados e topes.



Figura 58: Colocação das cubetas na grelha metálica concluída
Fonte: ULMA Construction

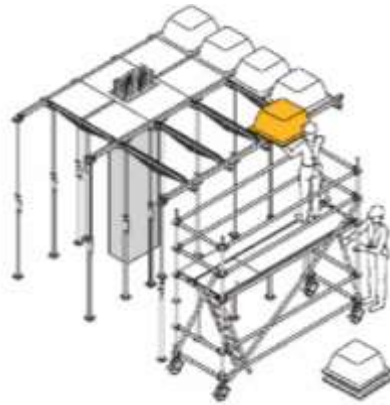


Figura 59: Colocação das cubetas na grelha metálica concluída
Fonte: ULMA Construction

Montagem dos cabeçais de segurança e guarda-corpos: No perímetro da construção, limites com vazios, bem como nas zonas em balanço, são montados os guarda-corpos. Para os guarda-corpos paralelos as longitudinais, são substituídos os cabeçais recuperáveis pelos de segurança, com isso pode ocorrer a fixação.



Figura 60: Detalhe da fixação do guarda-corpo
Fonte: ULMA Construction



Figura 61: Detalhe da fixação do guarda corpo e montagem completa
Fonte: ULMA Construction

5.4.4.3. Procedimento de Desmontagem

A fase de recuperação ou desmontagem dos elementos se dá em duas etapas. Em uma primeira etapa, é desmontado o material recuperável (compensados, cubetas, cabeçais e topes) e ficam em contato com o concreto apenas as longitudinais com as respectivas escoras ou torres. Em uma segunda etapa, são desmontadas as longitudinais que ficaram em contato com o concreto, juntamente com seus elementos de apoio. Para todas as etapas é sugerido que peças menores tais como os cabeçais devem ser armazenados em palets, cestos, caixas e tambores, bem como cubetas, escoras, etc., pois esta operação facilitará a futura movimentação de material, tornará a obra mais limpa e organizada, bem como reduzirá o volume de material perdido ou danificado.

Recuperação do Material: Com o auxílio do martelo batendo-se nas cunhas, são retirados os cabeçais recuperáveis. Com isso, são soltas também as transversais e topes. Seguidamente, com o auxílio de um pé-de-cabra se desformam as cubetas. Nestas operações deve ser tomado um cuidado muito especial, pois peças que estão sendo soltas, não devem cair no chão, evitando danos ao material. É recomendada a utilização de uma rede ou cordas, para evitar a danificação do material na hora do desmonte.



Figura 62: Processo de desmontagem do sistema
Fonte: ULMA Construction



Figura 63: Desforma
Fonte: ULMA Construction

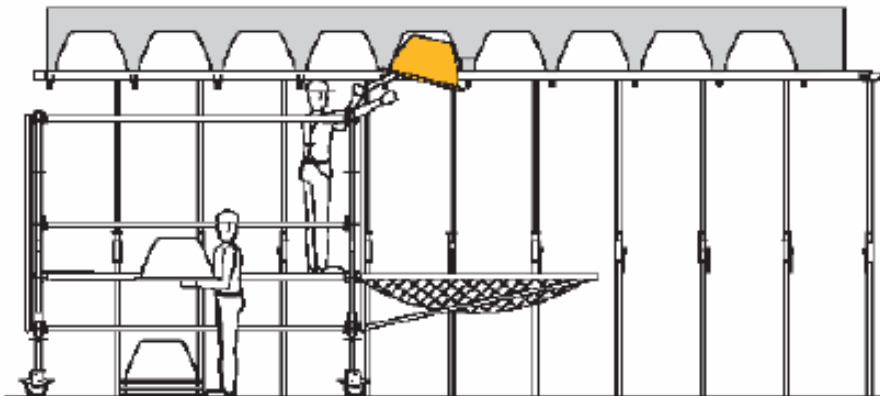


Figura 64: Desforma
Fonte: ULMA Construction



Figura 65: Desmontagem das cubetas e travessas
Fonte: ULMA Construction

Recuperação do material portante: Transcorrido o tempo necessário, se inicia a desmontagem das longitudinais. As escoras ou torres são afrouxadas e com isso as longarinas ficam livres para serem retiradas.

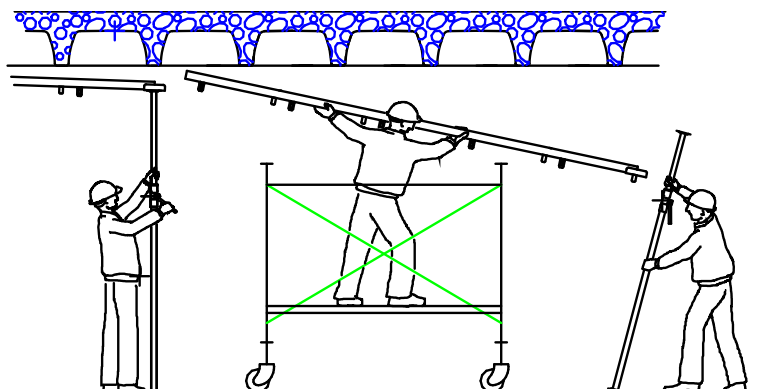


Figura 66: Desmontagem das longitudinais
Fonte: ULMA Construction

5.4.4.4. Vantagens do Sistema RECUB

- ✓ Montagem rápida e simples;
- ✓ Possibilita a montagem prévia da estrutura metálica e posterior colocação das cubetas e compensados nos capitéis;
- ✓ Utiliza somente um martelo na montagem;
- ✓ Resistente e durável. Projetado para durar, com aço de alta resistência e acabamento em pintura epóxi. Cubeta de grande durabilidade, resistente contra rachaduras e deformações;
- ✓ Longarinas e escoras (ou torres) formam a estrutura portante do sistema. O material recuperável é liberado 3 dias após a concretagem para a nova área de utilização;
- ✓ Não é necessário reescorar ou mover as escoras até a remoção completa do escoramento;
- ✓ Grande produtividade de montagem. Carros ou torres móveis para a montagem se movem com facilidade devido a ampla distância entre escoras (1,60m);

- ✓ Sistema flexível: Suporta diferentes geometrias, com diferentes larguras de ruas e várias longarinas disponíveis. Adaptável a áreas maciças ou nervuradas (compensados, cubetas e semi-cubetas). Solução para áreas perimetrais. Possibilidade de escoramento com escoras ou torre;
- ✓ Sistema seguro: Fácil incorporação de proteções perimetrais e de vãos mediante o uso dos guarda corpos. Cubeta e compensados perfeitamente encaixados entre a longarina e a travessa Redes abaixo da estrutura como segurança e proteção coletiva para a montagem de cubetas e compensado;

5.4.4.5. Dimensionamento do Sistema RECUB

Cálculo comprobatório das Influências de Carga no Escoramento e suas capacidades admissíveis – Sistema RECUB

- Dados:

Cubeta: 80 cm x 80 cm

Altura: 40 cm

Espessura da capa: 15 cm

Cálculo de Lâmina Média para Lajes Nervuradas

Lâmina média: mantendo o consumo de concreto (m^3/m^2) estável em relação às lajes maciças.

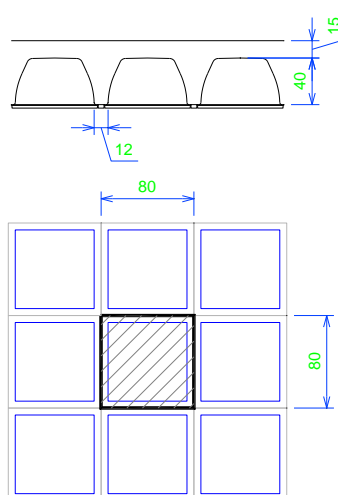


Figura 67 - Corte e planta da laje nervurada adotado para o cálculo da lâmina média
Fonte: ULMA Construction

Espessura total da laje deste estudo:

$$e = 40 \text{ cm (fôrma)} + 15 \text{ cm (capa de concreto)}$$

Cálculo da área de projeção da amostra:

$$A = 0,80 \times 0,80 = 0,64\text{m}^2$$

Cálculo do volume total da amostra:

$$V_t = A \times e \text{ (espessura total da laje)}$$

$$V_t = 0,64 \times 0,55 = 0,352 \text{ m}^3$$

Consulta do volume de vazios da fôrma plástica:

$$V_v \text{ da fôrma de 40 cm de altura} = 0,137 \text{ m}^3$$

Cálculo do Volume de concreto da amostra estudada:

$$V_c = V_t - V_v$$

$$V_c = 0,352 - 0,137$$

$$V_c = 0,215 \text{ m}^3$$

Cálculo da Lâmina Média:

$$L_m = V_c / A$$

$$L_m = 0,215 / 0,64$$

$$L_m = 0,336 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Portanto, conclui-se que uma laje nervurada de 40 cm de altura de fôrma + 15 cm de capa de concreto (contendo as demais especificações do fabricante apresentada na Tabela 02, é equivalente a uma laje maciça convencional de 33,60 cm de espessura.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CUBETA	PESO	VOLUME POR CUBETA	ESPESSURA DA CAPA DE COMPRESSÃO	ESPESSURA TOTAL DA LAJE	PEGO PRÓPRIO	ESPESSURA MÉDIA DE CONCRETO	LARGURA DA BASE INFERIOR	LARGURA DA BASE SUPERIOR	LARGURA MÉDIA DA NERVURA	INÉRCIA DA SEÇÃO	AREA DAS SEÇÕES	INÉRCIA DAS SEÇÕES	MÓDULO DE RESISTÊNCIA	
							(cm)	(cm)	(cm)	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	Ws (cm ²)	Wi (cm ²)
	(KG)	(m ³)	e (mm)	H (mm)	(KG/m ²)	(m ³ /m ²)	(cm)	(cm)	(cm)	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	Ws (cm ²)	Wi (cm ²)
200	11,20	0,0865	50	250	287,5	0,115	12,00	17,50	14,75	9.734,70	686,67	32.793,40	4.482,48	1.854,40
			75	275	350,0	0,140					886,67	44.262,00	5.614,30	2.256,40
			100	300	412,5	0,165					1.086,67	57.980,00	6.662,37	2.722,40
			150	350	537,5	0,215					1.486,67	95.506,20	8.935,61	3.928,40
250	11,40	0,1060	50	300	335,0	0,134	12,00	20,48	16,24	20.665,20	804,47	58.517,70	6.277,62	2.829,90
			75	325	398,0	0,159					1.004,47	76.522,20	7.875,31	3.358,70
			100	350	460,0	0,184					1.204,47	96.685,10	9.300,50	3.929,60
			150	400	585,0	0,234					1.604,47	147.452,90	12.105,36	5.300,40
300	12,50	0,1190	50	350	410,0	0,164	12,00	23,14	17,57	38.207,20	914,88	91.352,70	8.245,73	3.818,90
			75	375	473,0	0,189					1.114,88	116.403,80	10.240,42	4.454,30
			100	400	535,0	0,214					1.314,88	143.504,10	12.010,42	5.115,70
			150	450	660,0	0,264					1.714,88	208.360,00	15.345,53	6.631,00
350	13,00	0,1280	50	400	500,0	0,200	12,00	25,00	18,50	63.388,90	1.039,21	135.726,30	10.452,15	5.024,20
			75	425	563,0	0,225					1.239,21	169.819,70	12.876,94	5.793,50
			100	450	625,0	0,250					1.439,21	205.822,00	15.043,81	6.571,90
			150	500	750,0	0,300					1.839,21	288.615,20	19.034,87	8.284,60
400	13,30	0,1370	50	450	590,0	0,236	12,00	29,31	20,66	103.714,10	1.221,31	196.422,90	13.157,02	6.532,00
			75	475	653,0	0,261					1.421,31	241.512,30	15.939,15	7.466,10
			100	500	715,0	0,286					1.621,31	288.786,40	18.477,78	8.402,00
			150	550	840,0	0,336					2.021,31	395.068,70	23.182,80	10.407,90
SEMI-CUBETA 20cm	4,40	0,0342			<p>*Onde: Alturas = 20, 25, 30, 35 ou 40 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> - b_{inf} = base inferior = 12 cm - b_{sup} = base superior = calculado trapézio com mesma inércia 			<p style="text-align: center;">CUBETAS - ULMA</p>						
SEMI-CUBETA 25cm	3,20	0,0414								<p>*Obs: Em ambas direções, os entre-eixos formado pelo sistema RECUB são de 80cm e as nervuras de 12cm.</p>				

Cálculo do Peso próprio:

$$PP = (e \cdot \gamma) + S.C$$

$$PP = (0,336 \cdot 2500) + 20\%PP$$

$$PP = 840,1,20$$

$$PP = 1.008,00 \text{ kg/m}^2$$

S.C = sobrecarga de uso, sendo:

$$\text{Espessuras} \leq 30 \text{ cm} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Espessuras} \geq 30 \leq 70 \text{ cm} = 20\% \text{ do Peso Próprio}$$

$$\text{Espessuras} \geq 70 \text{ cm} = 350 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo da Área de Influência de carga na Escora:

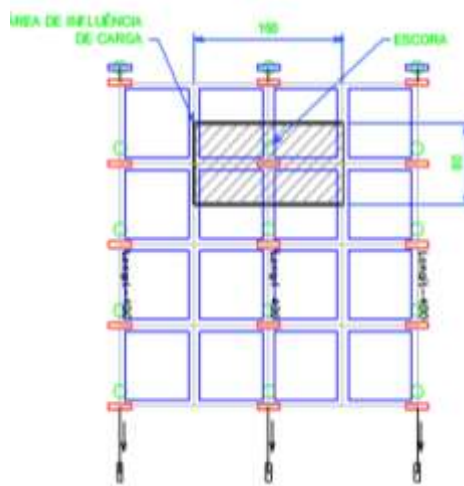


Figura 68: Planta típica de escoramentos metálicos
Fonte: ULMA Construction

$$A = x \cdot y$$

$$A = 1,60 \times 0,80 \text{ m}^2$$

$$A = 1,28 \text{ m}^2$$

Cálculo da Carga atuante na Escora:

$$C = (A \times PP) \times \alpha$$

$$C = 1,28 \times 1008 \times 1,20$$

$$C = 1.548,29 \text{ kg}$$

Cálculo do vão máximo (L) das Travessas:

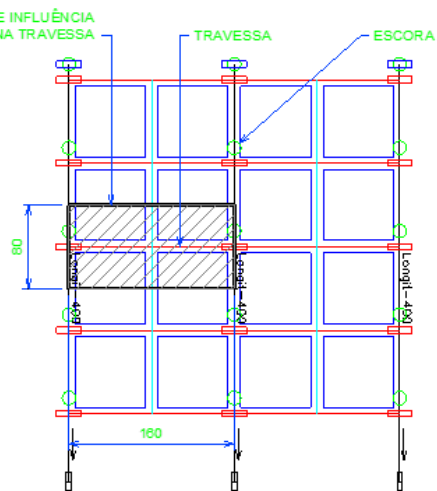


Figura 69: Planta típica de escoramento metálico com a identificação da área de influência considerada em cálculo
Fonte: ULMA Construction

Dados da Travessa, fornecidos pelo fabricante:

$$M_{adm} = 255,00 \text{ kg.m}$$

$$\text{Rigidez (EI)} = 11.172,00 \text{ kg.m}^2$$

- Cálculo da carga distribuída na Travessa:

$$q = PP \times d$$

$$q = 1008 \times 0,80 \text{ kg/m}$$

$$q = \mathbf{806,40 \text{ kg/m}}$$

Quanto a momento fletor:

$$M = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$8$$

$$255 = \frac{806,40 \times L^2}{8}$$

$$8$$

$$L = \mathbf{1,59 \text{ m}}$$

Quanto à flecha:

$$*fl = \frac{q \times L^4}{384 \times EI}$$

$$384 \times EI$$

$$0,005 = \frac{806,40 \times L^4}{384 \times 11172}$$

$$384 \times 11172$$

$$L = 2,27m$$

Adota-se o menor vão, no caso, **L = 1,59 m.**

**O valor limite para flecha é 1/300, levando-se em consideração o valor parcial de "L" calculado pelo Momento. Ou seja, 1,59/300 é igual a 0,005m.*

Como o vão utilizado pelo Sistema Recub para Travessas é menor que o vão máximo calculado, conclui-se que o mesmo está projetado para suportar a carga de concreto para o pior caso de sua linha de fornecimento.

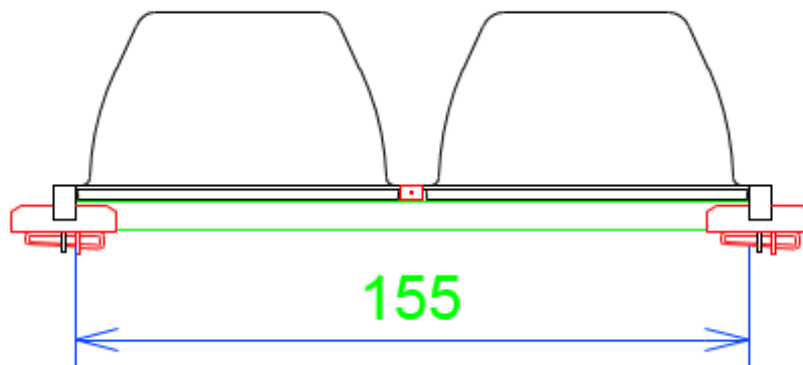


Figura 70: Seção adotada para o cálculo, demonstrando o vão útil da travessa
Fonte: ULMA Construction

$$L = 1,55 < 1,59m$$

Cálculo do vão máximo das Longarinas:

Dados fornecidos pelo fabricante:

$$M_{adm} = 212 \text{ kg.m}$$

$$EI = 6.869 \text{ kg.m}^2$$

Cálculo da carga distribuída na Longarina:

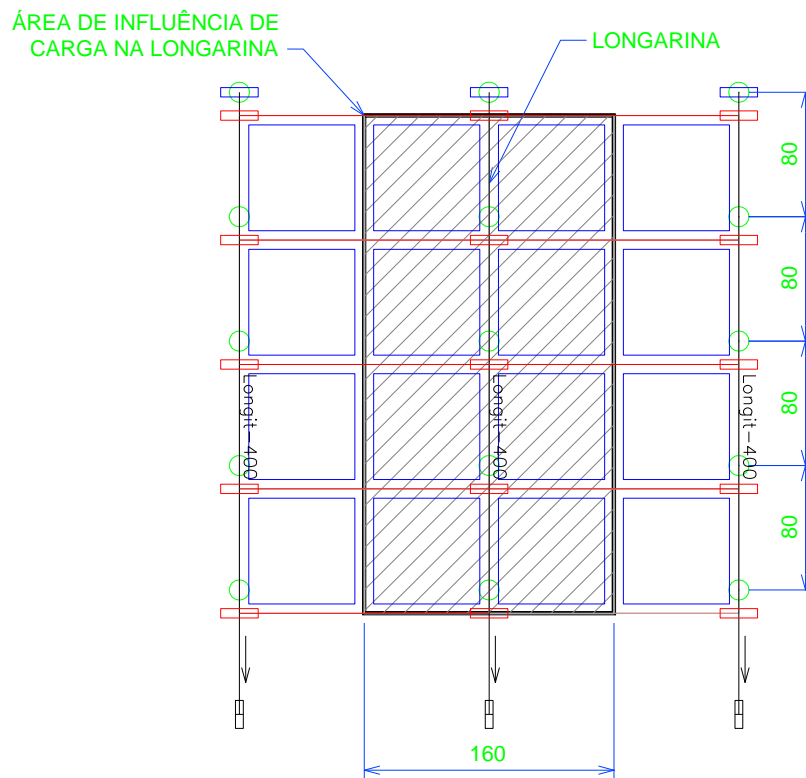


Figura 71: Planta típica de escoramentos metálicos com a identificação da área de influência considerada em cálculo.
Fonte: ULMA Construction

$$q = PP \times d$$

$$q = 1008 \times 1,60$$

$$q = 1.612,80 \text{ kg/m}$$

Quanto a momento fletor:

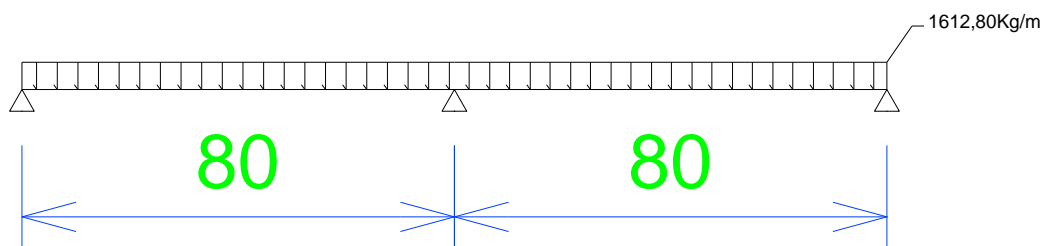


Figura 72: Carga distribuída na Longarina
Fonte: ULMA Construction

Utilizando o programa de cálculo – Power Frame, temos:

Diagrama de Momento Fletor:

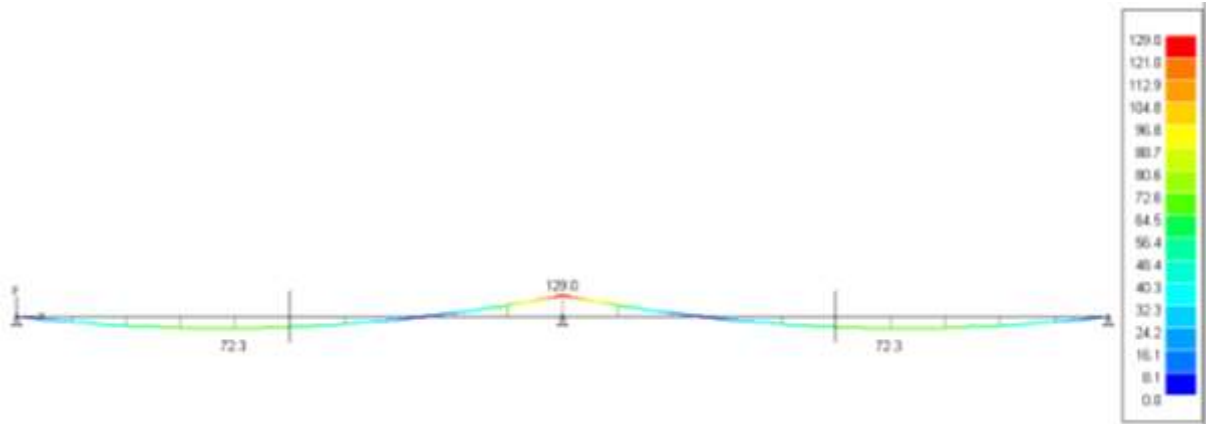


Figura 73: Diagrama de momento fletor
Fonte: Programa Power Frame

$$M_{atuante} = 129,00 \times S.C (1,4) = 180,60 \text{ Kg/m} < M_{adm} = 212,00 \text{ kg/m}$$

Portanto, vemos que o vão adotado para o sistema atende ao vão atuante pela pior solicitação de carga.

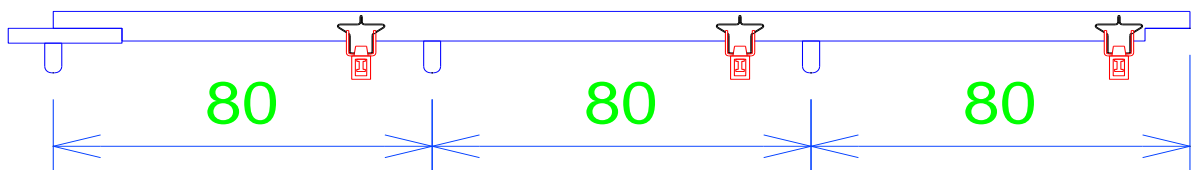


Figura 74: Longarina dimensionada
Fonte: ULMA Construction

6. ESTUDO DE CASO

O Trabalho estudado foi realizado em 3 obras distintas as quais estavam em 3 fases diferentes: Orçamento (CUSTO), Execução (PRAZO) e Acabamento (QUALIDADE).

6.1. Custo – RECUB X METALICO CONVENCIONAL

Características do Empreendimento

Obra: RECIVIL

Construtora: COLLEM

Número de pavimentos: 8 Pavimentos + Cobertura

Pavimento Estudado: 2º Pavimento

Área do Pavimento: 459,00 m²

Quantidade de Cubeta: 413 cubetas

Dimensão das Cubetas: 80 cm x 80 cm

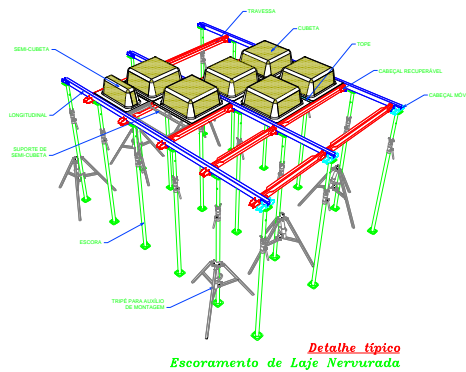


Figura 75: Detalhe típico do sistema RECUB
Fonte: ULMA Construction

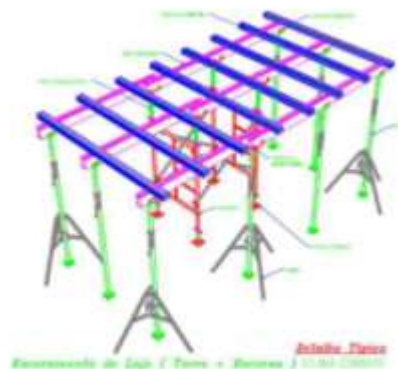
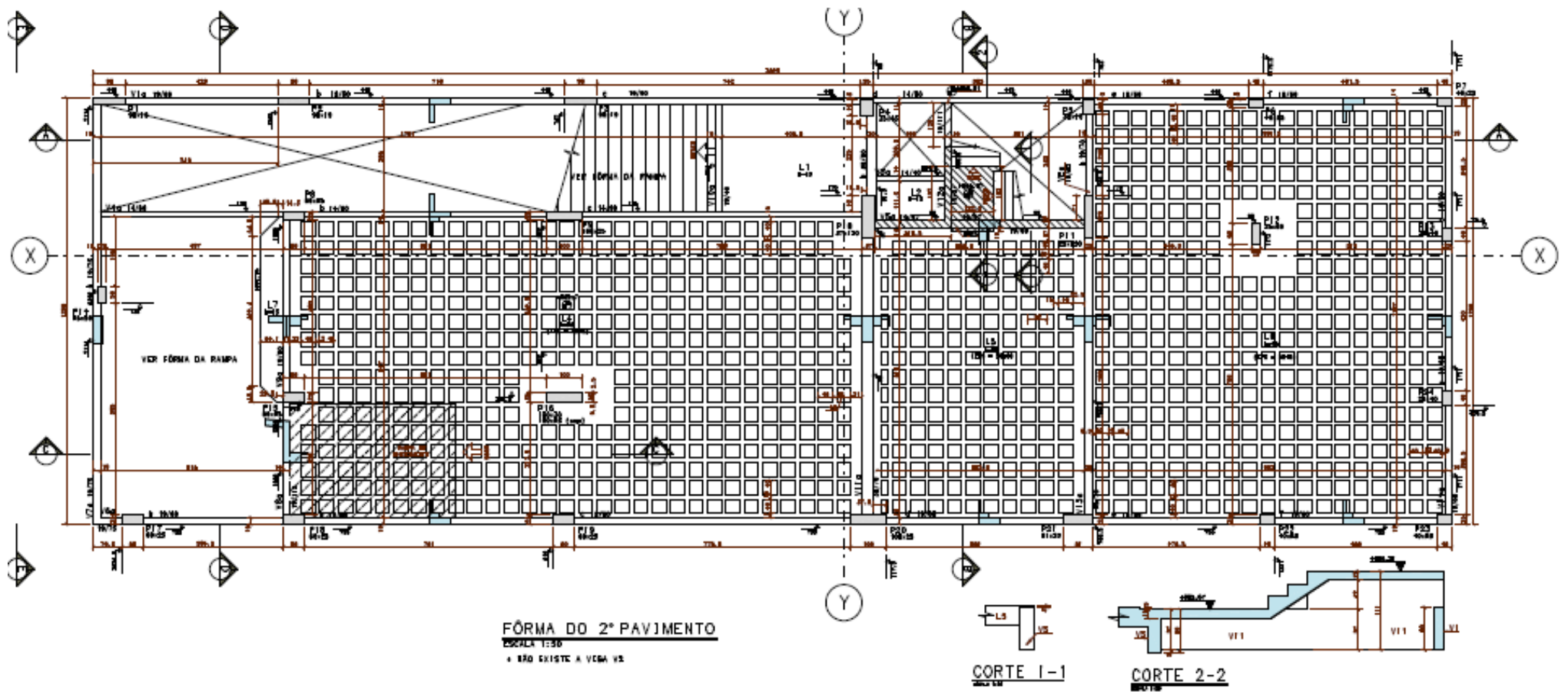
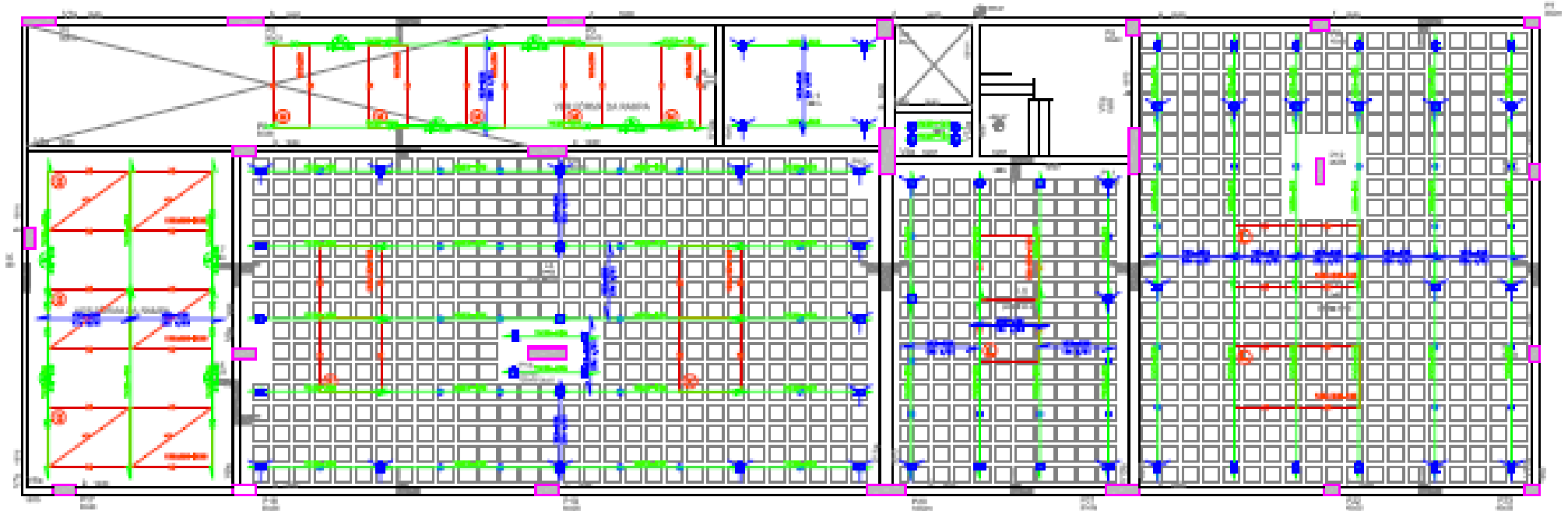


Figura 76: Detalhe típico do Sistema metálico convencional
Fonte: ULMA Construction

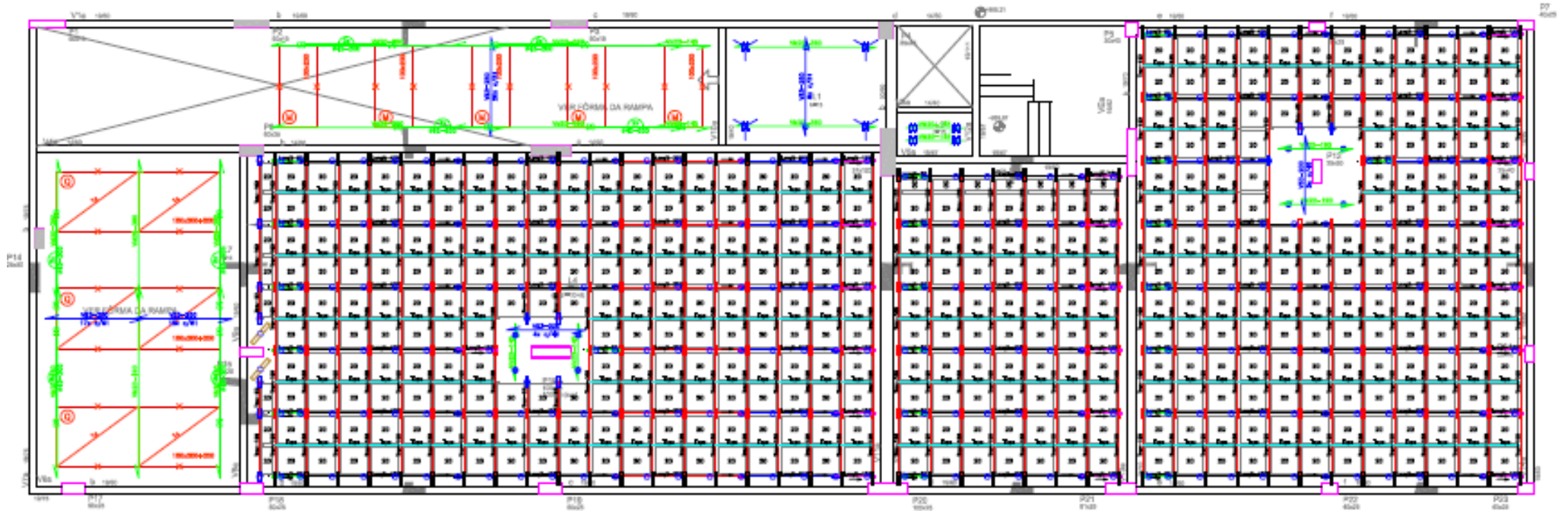
Projeto Estrutural - Recivil



Projeto de Escoramento utilizando o sistema metálico convencional



Projeto de Escoramento utilizando o sistema RECUB



Comparativo de custo do sistema RECUB e sistema CONVECIONAL

2º Pavimento	Área laje (m ²)	Pé Direito (m)	Valor Diário R\$/dia
RECUB	459,00	3,55	R\$ 330,00
Convencional	459,00	3,55	R\$ 184,65

OBS: O sistema convencional não inclui as cubetas, sarrafos e compensados, enquanto no Sistema RECUB está incluso as cubetas e não existe a necessidade de sarrafos e compensados, excetos nos capitéis.

Quantidade de cubetas a serem utilizadas: 413 Cubetas

Considerando que cada cubeta custa em torno de R\$ 0,29 /dia, temos que a locação somente das cubetas seriam: $413 \times 0,29 = \mathbf{R\$ 119,77}$.

2º Pavimento	Área laje (m ²)	Pé Direito (m)	Valor Diário R\$/dia
RECUB	459,00	3,55	R\$ 330,00
Convencional + Cubeta	459,00	3,55	R\$ 304,42

Diferença de **7,75%** do sistema CONVENCIONAL ao sistema RECUB.

6.2. Prazo

Características do Empreendimento

Obra: FÓRUM DE DIVINÓPOLIS

Construtora: ABAPAN

Número de pavimentos: 7 pavimentos + Cobertura

Pavimento Estudado: 1º Pavimento – Trecho A

Área do pavimento: 793,00 m²

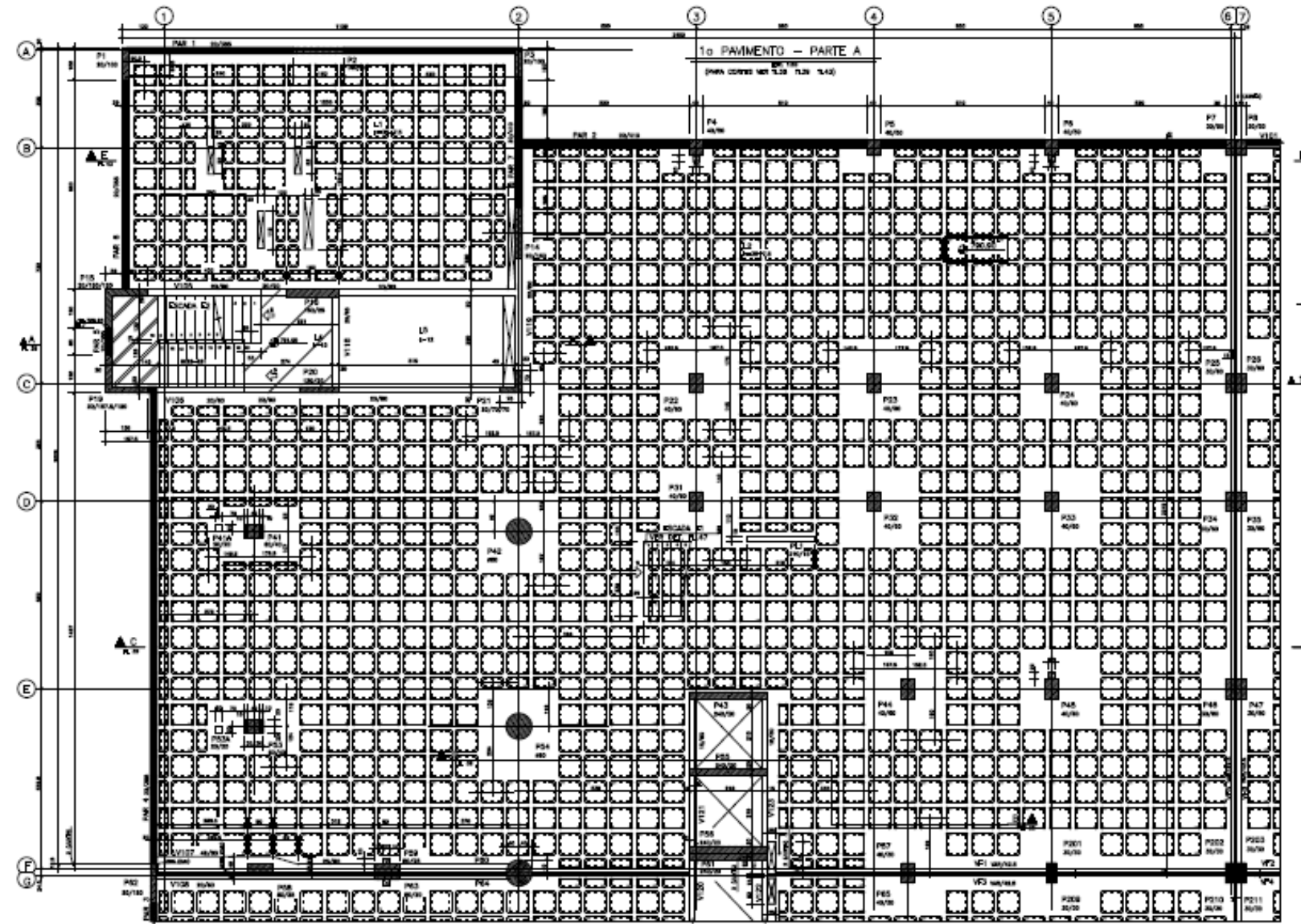
Quantidade de Cubeta: 890 cubetas

Dimensão das Cubetas: 80 x 80



Figura 77: Construção do fórum de Divinópolis
Fonte: ULMA Construction

Projeto Estrutural – 1º Pavimento – Parte A



Projeto de escoramento utilizando o sistema RECUB



Estudo de Produtividade em Obra - Sistema Recub

Obra: Fórum de Divinópolis – Construtora ABAPAN

Laje - 1º Pavimento	Área laje (m ²)	Tempo de serviço (dias)	Equipe (pessoas)	Horas trabalhadas/homem	Produtividade (m²/homem.hora)
TRECHO A	793	7	10	63	2,08

Observação: Os valores referentes à produtividade dependem da qualidade da mão-de-obra, cumprimento do cronograma físico e interferências de campo.

Estudo de Produtividade em Obra - Sistema Convencional (Compensado + fôrmas plásticas)

Simulação para a obra do Fórum de Divinópolis

Pavimento	Área laje (m ²)	Tempo de serviço (dias)	Equipe (pessoas)	Horas trabalhadas/homem	Produtividade (m ² /homem.hora)
Trecho A	793	14	10	126	1,04

Observação: Os valores referentes à produtividade dependem da qualidade da mão-de-obra, cumprimento do cronograma físico e interferências de campo.

VALORES
OBTIDOS POR
EMPRESA
ESPECIALIZADA
EM FÔRMAS E
ESCORAMENTOS
= **1,08**

Itens estudados	Recub	Sistema Convencional	Dif.(%)
Equipe (homem.hora/m ²)	0,794	1,589	50%
Prazo (dias/m ²)	7	14	50%

6.3. Acabamento

Características do Empreendimento

Obra: EDIFÍCIO FORLUZ

Construtora: VIA ENGENHARIA



Figura 78: Edifício Forluz
Fonte: ULMA Construction



Figura 79: Edifício Forluz
Fonte: ULMA Construction



Figura 80: Laje nervurada Edifício Forluz
Fonte: ULMA Construction



Figura 81: Acabamento da laje nervurada
Fonte: ULMA Construction

7. CONSIDERAÇÕES FIAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, pode-se conhecer os diversos sistemas de fôrmas e escoramentos disponíveis no mercado e os fatores a serem considerados na escolha de um sistema de fôrmas e escoramentos.

Com base nos resultados encontrados e nas análises feitas, conclui-se que a escolha da tipologia do sistema para lajes nervuradas influenciam no custo, prazo e qualidade da estrutura.

Ao analisar o custo direto do Sistema RECUB, conclui-se que o valor é 7,75 % superior em relação ao Sistema Metálico Convencional, o qual não foi considerado o custo de madeiras (compensados e sarrafos), porém na composição dos custos/orçamentos, deve-se sempre incluir fatores tais como: mão de obra, tempo de execução, equipamentos, materiais necessários e a reutilização das fôrmas.

Ao fazer um estudo mais detalhado pode se concluir que o Sistema RECUB nos dá uma produtividade de 50% a mais que o Convencional. Enquanto no convencional para fazer 1 m² de laje gasta-se 1,589 homem/hora, o RECUB gasta 0,794 homem/hora. Estes dados foram obtidos em cima de cronograma realizado em obra, ainda com a diferença de 50% ao comparar dias necessários para o ciclo (montagem, concretagem, desforma), o RECUB gasta-se 7 dias, e o CONVENCIONAL 14 dias.

Além do custo e prazo o qual influencia indiretamente também no custo, foi analisado o acabamento da estrutura executada com o Sistema RECUB. Devido à existência de uma grelha metálica estruturando a cubeta, a nervuras não deformam-se evitando a “barriga na nervura”.

Após o estudo de viabilidade conclui-se que a boa utilização do escoramento metálico e fôrmas plásticas para lajes nervuradas em concreto armado, bem como a correta concepção do uso deste tipo de estrutura, utilizando uma técnica que minora o tempo de montagem e aumento da qualidade, impacta diretamente no custo final do serviço, deixando o sistema de lajes nervuradas competitivo comparando-se com outros sistemas convencionais.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABRAPEX. **Associação Brasileira do Poliestireno Expandido**. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/Geral.html>>. Acesso em: 24 de Jan de 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11752: **Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas**. Rio de Janeiro, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13438: **Blocos de concreto celular autoclavado - Especificação** Rio de Janeiro, 1995.

ATEX BRASIL. **Fôrmas para Lajes Nervuradas**. Disponível em: <<http://www.atex.com.br/>>. Acesso em: 25 de Ago de 2014.

ASTRA S/A INDUSTRIA E COMERCIO. **Fôrma de polipropileno**. Disponível em <<http://www.astra-sa.com.br/pdf/formas.pdf>> . Acesso em: 20 out de 2014.

BARROS M. M. S. B.; MELHADO S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2006

BOCCHI JR, C. F.; GIONGO, J. S. **Concreto armado: projeto e construção de lajes nervuradas**. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.

BOROWSKI, G. da C. **Cálculo de deslocamentos em lajes nervuradas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

CALIL JR et al, **Fôrmas de madeira para concreto armado**, São Carlos, 2001, Escola de Engenharia de São Carlos, USP. Apostila.

CONSTRUÇÃO MERCADO. **Como locar fôrmas para lajes nervuradas**. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

DIMIBU MULTIFORMAS CONCRETUBO. **Fôrmas de papelão**. Disponível em: <<http://www.dimibu.com.br/>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

DOKA. **Fôrmas e Escoramento**. Disponível em: <<http://www.doka.com/>>. Acesso em: 15 out.2014

FAJERSZTANJN, H. **Fôrmas Para Concreto Armado: Aplicação Para o Caso do Edifício**. São Paulo: EPUSP,1992.

FRANCA, A.B.M.; FUSCO, P. B. **As lajes nervuradas na moderna construção de edifícios**. São Paulo, AFALA & ABRAPEX, 1997.

FUSCO, P. B. **Técnicas de armar as estruturas de concreto**. São Paulo, Pini,1994.

LIMA, E. L.; BALAT, V. H.; BISSIO, J. F. **Hormigón Armado: Notas sobre su evolución y la de su teoría**. Universidade de Zaragoza.2000.

MANUAL SH. **Fôrmas para concreto e Escoramento Metálico**. São Paulo, Pini, 2008.

MANUAL ABCP. **Estruturas de concreto armado**. São Paulo, ABCP, 2003.

MORIKAWA, M. S. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. Campinas. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, 2003.

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

PERI BRASIL. **Fôrmas e Escoramentos**. Disponível em: <<http://www.peri.com.br/>> . Acesso em 18 jun. 2014

PFEIL, W. C. **Cimbramentos**. Rio de Janeiro, São Paulo: LTC: Livros Técnicos e Científicos, 1987.

SILVA, A. R. **Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para pavimentos de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Estruturas), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002

SILVA, M. A. F. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SINDUSCON. **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. Editora PINI, 1ª edição. Centro de Tecnologia de Edificações. São Paulo, 1996.

SH FÔRMAS. **Fôrmas, Andaimos e Escoramentos**. Disponível em: <<http://www.sh.com.br/>>. Acesso em 16 jun. 2014.

TECHNE. Garantia de boa estrutura: Disponível em: < <http://techne.pini.br> >. Acesso em 20 dez. 2014.

ULMA CONSTRUCTION. Fôrmas, Escoramentos e Andaimos. Disponível em: <<http://www.ulmaconstruction.com.br/pt-br/>>. Acesso em: 05 set. 2014.