

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MATERIAIS ALTERNATIVOS UTILIZADOS EM FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO

Mauro Satoshi Morikawa

Campinas, SP, 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M825m	Morikawa, Mauro Satoshi Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado / Mauro Satoshi Morikawa.-- Campinas, SP: [s.n.], 2003. Orientador: Mauro Augusto Demarzo. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. 1. Papelão. 2. Plástico reforçado com fibra. I. Demarzo, Mauro Augusto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.
-------	--

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MATERIAIS ALTERNATIVOS UTILIZADOS EM FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO

Mauro Satoshi Morikawa

Orientador: Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo

**Dissertação de Mestrado apresentada à
Comissão de pós-graduação da Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade Estadual de
Campinas, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Engenharia
civil, na área de concentração em Edificações.**

Campinas, SP, 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MATERIAIS ALTERNATIVOS UTILIZADOS EM FÔRMAS PARA CONCRETO ARMADO

Mauro Satoshi Morikawa

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo

Presidente e Orientador - Faculdade de Engenharia Civil
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. João Alberto Venegas Requena

Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Carlito Calil Júnior

Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo

Campinas, 24 de fevereiro de 2003

DEDICATÓRIA

A minha esposa Devanir Cabral Lima Morikawa
e aos meus filhos Maraí, Laís e Érico.

AGRADECIMENTOS

União

"O progresso é fruto da união entre as pessoas.

Não pense em avançar sozinho. Colabore com os outros e procure a colaboração de seus companheiros.

Fraternidade é expansão de sentimentos elevados onde todos renovam e fortalecem as próprias forças, encontrando estímulo ao trabalho.

Companheirismo sugere disposição de servir e humildade de pedir.

Una-se espontaneamente a outros corações, formando unidades cada vez maiores, ampliando seu campo de ação."

Ariston S. Teles

Ao grande Mestre e Senhor Jesus Cristo, e sua mãe Maria pela ajuda espiritual em todos os momentos.

Ao meu grande amigo, orientador Professor Doutor Mauro Augusto Demarzo, que não poupou atenção, compreensão, incentivo e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus familiares, pela amizade, compreensão e incentivo em todos os momentos.

A empresa Arvalle e Arvorit em nome de seus dirigentes e funcionários pela colaboração e compreensão durante a execução deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma maneira, contribuíram para a elaboração desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Detalhe da fôrma para estrutura de concreto armado.....	1
Figura 1.2 - Acabamento obtido utilizando fôrmas para concreto.....	3
Figura 1.3 - Exemplo de Sistema de Fôrmas e Elementos.....	5
Figura 1.4a - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Laje-Viga.....	5
Figura 1.4b - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Viga.....	6
Figura 1.4c - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Pilar.....	6
Figura 1.5a - Exemplo de escoramento metálico.....	7
Figura 1.5b - Exemplo de escoramento de madeira.....	7
Figura 1.6 - Detalhe de acessórios como barra de ancoragem, mão francesa e cunha.....	8
Figura 2.1.1a - Exemplo de madeira bruta.....	13
Figura 2.1.1b - Exemplo de madeira serrada (aparelhada).....	13
Figura 2.2.1 - Alguns tipos de chapas de madeira compensada.....	17
Figura 2.2.2 - Peça composta de madeira.....	18
Figura 2.2.3 - Corte rotatório.....	19
Figura 2.2.4 - Compensado com número ímpar de lâminas.....	19
Figura 2.2.5.- Arranjo das lâminas.....	19
Figura 2.2.6 - Composição de duas lâminas transversais.....	21
Figura 2.2.7 - Composição de lâminas defasadas de 30°.....	21
Figura 2.2.8 - Variação dos parâmetros das lâminas de madeira no plano longitudinal transversal.....	21
Figura 2.3.1.1 - Chapa de PVC rígido.....	26
Figura 2.3.1.2 - Detalhe de fôrma utilizando chapa de PVC. Protótipo de cabine de fiscalização de ônibus.....	27

Figura 2.3.1.3 - Detalhe do molde acabado, e de cabine finalizado. Protótipo de cabine de fiscalização de ônibus.....	28
Figura 2.3.2.1 - Detalhe de laje nervurada finalizada, utilizando cumbucas de plásticos.....	29
Figura 2.3.3.1 - Moldes plásticos (cumbucas) para lajes nervuradas em formato quadrado ou retangular.....	30
Figura 2.3.3.2 - Detalhe de montagem das cumbucas.....	31
Figura 2.3.4.1 - Detalhe do tubo.....	35
Figura 2.3.4.2 - Detalhe do tubo.....	36
Figura 2.3.5.1 - Detalhe das placas.....	37
Figura 2.3.5.2 - Detalhe da placa e chaveta para fixação.....	37
Figura 2.3.5.3 - Detalhe da "ranhura" para encaixe de outra placa e furo para colocar chaveta.....	38
Figura 2.3.5.4 - Detalhe da composição das placas formando painel de viga.....	38
Figura 2.3.5.5 - Detalhe da placa, cantoneira e chaveta para fixação.....	38
Figura 2.3.5.6 - Tipos de ensaio realizado.....	39
Figura 2.3.5.7 - Resultado carga x deslocamento.....	40
Figura 2.3.5.8 - Momento da ruptura do painel.....	41
Figura 2.3.5.9 - As placas após o ensaio.....	41
Figura 2.3.5.10 - Seção transversal da placa.....	42
Figura 2.3.5.11 - Variação do Módulo de Elasticidade experimental em função da carga.....	43
Figura 2.4.1 - Chapa de partículas orientadas.....	45
Figura 2.4.2.- Esquema do processo de fabricação de OSB.....	46
Figura 2.4.3 Embalagens e pallets em OSB.....	48
Figura 2.5.1 - Detalhe do concretubo.....	51
Figura 2.5.2 - Detalhe do concretubo para caixão perdido.....	52
Figura 2.6.1.2. - Algumas dimensões de pregos de cabeça dupla.....	55
Figura 2.6.1.3a - Tipos de pregos comerciais.....	55
Figura 2.6.1.3b - Tipos de pregos por rolo usados em martelo pneumático para confecção de fôrmas.....	56
Figura 2.6.2.1 - Detalhe do tensor e esticador.....	57
Figura 2.6.2.2 - Tipos de barras de ancoragem.....	58

Figura 2.6.2.3 - Manuseio do tensor, esticador e barra de ancoragem.....	58
Figura 2.6.3.1 - Tipos de distanciadores e tampões.....	59
Figura 2.6.3.2 - Detalhe do distanciador entre as ferragens e barra de ancoragem.....	60
Figura 2.6.3.3 - Os cones de concreto e fibras poliméricas permitem deixar uma superfície do concreto sem orifícios após a retirada das barras de ancoragem e dos cones plásticos.....	60
Figura 3.1.1 - Fôrma realizado pelo pessoal de obra, onde se observa a aleatoriedade dos componentes, sem critérios definidos.....	62
Figura 3.1.2 - Sistema de fôrma industrializado, onde se observa a uniformidade e padronização do Sistema de Fôrmas.....	62
Figura 3.1.3 - Colapso parcial do sistema de fôrmas.....	64
Figura 3.1.4 - Custo de uma estrutura de concreto armado.....	65
Figura 3.2.1.1 - Disposição típico de painéis de lajes de escoramento.....	70
Figura 3.2.1.2 - Painéis de pilares e gravatas para amarração.....	70
Figura 3.2.1.3 - Ligação de painel de laje com a viga, quando as tábuas são paralelas à viga.....	71
Figura 3.2.1.4 - Escoramento de fôrmas de lajes com guias de tábuas coladas de cutelo.....	71
Figura 3.2.1.5 - Detalhe cantoneira e travessas.....	72
Figura 3.2.1.6 - Detalhes de travessas e escoramentos.....	72
Figura 3.2.1.7 - Detalhes de muros e espaçadores.....	73
Figura 3.2.2.1 - Detalhe da disposição dos painéis e cimbramento de laje.....	77
Figura 3.2.2.2 - Seção dos componentes de laje.....	78
Figura 3.2.2.3 - Seção da viga.....	78
Figura 3.2.2.4 - Detalhe dos painéis laterais e de fundo de viga.....	79
Figura 3.2.2.5 - Seção da viga e detalhes.....	79
Figura 3.2.2.6 - Detalhe dos componentes da viga.....	80
Figura 3.2.2.7 - Detalhe da planta dos painéis de pilar.....	80
Figura 3.2.2.8 - Detalhe das faces dos painéis de pilar.....	81
Figura 3.2.2.9 - Detalhe das faces dos painéis de pilar e travamento com gravatas.....	81
Figura:3.2.3.1 - Detalhes de painéis de lajes.....	85
Figura 3.2.3.2 - Detalhe da seção da viga.....	86
Figura 3.2.3.3 - Detalhe dos painéis laterais e de fundo de viga.....	86
Figura 3.2.3.4 - Detalhe das variações dos painéis de vigas	87

Figura 3.2.3.5 - Detalhe da planta dos painéis de pilar.....	88
Figura 3.2.3.6 - Detalhe das faces "lisa" dos painéis de pilar.....	89
Figura 3.2.3.7 - Detalhe das faces "lisa" e componentes.....	89
Figura 3.2.3.8 - Detalhe das gravatas e tensores.....	90
Figura 3.2.3.9 - Detalhes de pilar circular e especial.....	90
Figura 3.2.4.1 - Detalhe do sistema.....	93
Figura 3.2.4.2 - Barracão de obra.....	93
Figura 3.2.4.3 - Aplicação do OSB na construção civil.....	93
Figura 3.2.5.1 - Detalhes do assoalho, cimbramento e reescoramento de laje.....	95
Figura 3.2.5.2 - Detalhes de montagem de vigas e escoramento metálico.....	96
Figura 3.2.5.3 - Detalhes de montagem do pilar.....	97
Figura 3.2.5.4 - Detalhes da desfôrma de lajes, e o acabamento final.....	98
Figura 3.2.5.5 - Detalhes da fixação, e montagem dos painéis na obra.....	99
Figura 3.2.5.6 - Detalhes do travamento, montagem das paredes e cimbramento da laje.....	100
Figura 3.2.5.7 - Detalhes do travamento e cimbramento metálico.....	101
Figura 3.2.5.8 - Detalhes de montagem de pilar, viga e travamento.....	101
Figura 3.2.6.1.1 - Tipos de concretubos.....	103
Figura 3.2.6.1.2 - Montagem de coluna circular.....	104
Figura 3.2.6.1.3 - Desfôrma de coluna circular e detalhe da ligação do pilar com a viga.....	104
Figura 3.2.6.1.4 - Montagem de coluna quadrada e a sua desfôrma.....	105
Figura 3.2.6.1.5 - .Detalhes do concreto acabado.....	105
Figura 3.2.6.2.1 - Detalhe do tubo para drenagem pluvial.....	107
Figura 3.2.6.2.2 - .Detalhe do tubo (Ø 2500mm), utilização de travamento de torres metálico.....	108
Figura 3.2.6.2.3 - Detalhe do tubo.....	108
Figura 3.2.6.2.4 - Desfôrma da coluna.....	108
Figura 3.2.6.2.5 - Detalhe da coluna após a desfôrma.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.- Valores médios de resistência e rigidez (NBR 7190/1997).....	14
Tabela 2.2 - Classes de resistência para as Coníferas.....	15
Tabela 2.3 - Classes de resistência para as Dicotiledôneas.....	15
Tabela 2.4 - Dimensões padronizadas e comerciais de madeira serrada.....	16
Tabela 2.5 - Dimensões das chapas de madeira compensada.....	22
Tabela 2.6 - Espaçamentos máximos recomendados.....	23
Tabela 2.7 - Valores das propriedades físico-mecânicas.....	23
Tabela 2.8 - Dimensões das cumbucas.....	31
Tabela 2.9 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 150.....	32
Tabela 2.10 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 180.....	32
Tabela 2.11 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 600.....	33
Tabela 2.12 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 900.....	34
Tabela 2.13 - Diâmetros comerciais.....	36
Tabela 2.14 - Resultado de carga x deslocamento.....	40
Tabela 2.15 Carga x Módulo de Elasticidade médios.....	43
Tabela 2.16 - Propriedades físicas e mecânicas do OSB definido na norma CSA O437.0.....	49
Tabela 2.17 - Propriedades físicas e mecânicas.....	50
Tabela 2.18 - Diâmetro para colunas circulares.....	52
Tabela 2.19 - Diâmetro para colunas retangulares e hexagonais.....	53
Tabela 2.20 - Bitolas de pregos usuais.....	54

RESUMO

MORIKAWA, Mauro Satoshi. Materiais Alternativos Utilizados em Fôrmas para Concreto Armado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 123 pág. Dissertação de Mestrado.

Este trabalho mostra o Estado da Arte das fôrmas para concreto armado quanto aos materiais alternativos que vem ampliando sua utilização em substituição aos tradicionais, tais como tábuas de madeira maciça, ou compensado.

O objetivo é expor tais componentes, além dos tradicionais compensados de madeira usados para as fôrmas. Serão dados destaques para o plástico, OSB (oriented strand board), papelão e Rib-loc.

Serão apresentadas concepções, detalhes construtivos de fôrmas para edifícios de múltiplos andares e estruturas de grande porte e exposição dos vários sistemas e materiais de fôrmas existentes atualmente no Brasil. Dentre eles: Sistema tradicional/ABCP, Toshio Ueno, Pratika, que utilizam a madeira como matéria prima; Sistema Madenor e Betonform que utilizam o plástico como matéria prima; Sistema com OSB que utiliza painéis de "compensado" formado por camadas de micro-lâminas sobrepostas, e os Sistemas que utilizam o papelão e o Rib loc.

Cada um destes sistemas de fôrmas foi estudado com o intuito de proporcionar a otimização do emprego do material, bem como para a sua montagem e desmontagem na obra.

Com essas informações coletadas, este trabalho mostra materiais que vêm surgindo a partir do século findo, e que são empregados na confecção das fôrmas.

Palavras-Chave:

Fôrmas para concreto - materiais alternativos - compensado - plástico - OSB - papelão

SUMÁRIO

PÁGINA

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAIS UTILIZADOS	12
2.1. Madeira serrada.....	12
2.2. Chapas de madeira compensada	17
2.3. Plástico.....	24
2.3.1. Chapas de PVC (Policloreto de Vinila)	26
2.3.2. Plástico reforçado com fibra de vidro	28
2.3.3. Polipropileno e Poliuretano	30
2.3.4. Rib loc para moldes de pilares	35
2.3.5. Plástico reciclável	37
2.4. OSB (Oriented Strand Board).....	45
2.5. Papelão.....	51
2.6. ACESSÓRIOS	54
2.6.1. Pregos.....	54
2.6.2. Tensores e Barras de Ancoragem (Tirantes).....	56
2.6.3. Distanciadores de fôrmas de concreto	59
3. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE FÔRMAS UTILIZADOS.....	61
3.1. HISTÓRICO	61
3.2. SISTEMAS DE FÔRMAS UTILIZADOS.....	66
3.2.1. Sistema ABCP (tradicional).....	66
3.2.2. Sistema Toshio Ueno	74
3.2.3. Sistema Prátika	83
3.2.4. Sistema utilizando chapas de OSB (Oriented Strand Board).....	92
3.2.5. Sistema Madenor e Betonform	94
3.2.6. Sistema que utilizam fôrmas de papelão e Rib loc	103
3.2.6.1. Fôrmas de papelão	103
3.2.6.2. Rib loc.....	107
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	110
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
6. ABSTRACT.....	121

1. INTRODUÇÃO

Segundo SOUZA (1997), os sistemas de fôrmas podem ser definidos como conjuntos de componentes que servem para moldar o concreto e sustentá-lo até que este adquira resistência suficiente. Enquanto "molde" do concreto fresco, as fôrmas desempenham importantíssimo papel quanto à obtenção de uma estrutura de concreto de qualidade; eventuais deformações excessivas ou falta de estanqueidade podem comprometer a resistência e durabilidade da estrutura, bem como ter conseqüências indesejáveis quanto à estética final pretendida. Enquanto sustentação do concreto, as fôrmas acabam por cumprir uma função de estrutura provisória que tem de resistir a cargas do tipo: peso próprio e do concreto lançado, operários, vento, etc. As fôrmas podem hoje facilmente responder por metade do custo da estrutura de concreto armado. Sendo assim, todo e qualquer cuidado quanto à mesma (em termos de concepção ou utilização) podem redundar em economia significativa para uma obra de construção (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Detalhe da fôrma para estrutura de concreto armado.

Obra: Construtora Elias Vitor Nigri (Fonte: Paulo Takahashi).

CHADE (1986) afirma que em nosso país a construção civil é basicamente uma aplicação do concreto armado, havendo uma estreita relação entre os volumes ou áreas

construídas e o consumo de cimento. Quanto a esse material, seu emprego sob a forma de estruturas de concreto armado prepondera sobre todos os seus demais empregos (revestimentos, argamassas, etc.). Referir-se à estrutura de concreto armado significa indiretamente prever-se uma "Fôrma para Concreto", pois, sem estas, aquelas não podem ser construídas.

No preparo das fôrmas, é generalizado o emprego da madeira, que foi e continua sendo a matéria prima principal utilizada na confecção dos moldes para concretagem, embora alguns tipos de fôrmas empreguem outros tipos de materiais como veremos. Há, pois, uma relação entre os volumes de materiais empregados e o volume de obras de concreto armado, no que diz respeito à fôrma. Deve-se também ter presente que na construção civil, tomada como um todo, o emprego de madeira é fator importante e quase indispensável.

A fôrma tem o objetivo de dar ao concreto armado, em sua etapa construtiva, a geometria estipulada no projeto, até que o mesmo adquira suficiente resistência. O cimbramento (escoramento) tem a finalidade de sustentar a fôrma, devendo oferecer segurança estrutural e estabilidade na execução dos serviços elaborados para o concreto. De uma maneira tradicional, as fôrmas têm sido elaboradas a partir de tábuas serradas ou madeira compensada, e os escoramentos, de madeira ou metálico.

A confecção de fôrmas pré-fabricadas (industrializado) propicia a otimização do trabalho de uma edificação, diminuindo os grandes desperdícios que são tão combatidos. Nos últimos anos, por exigências do mercado consumidor, algumas alterações ocorreram dentro do campo de projeto de fôrmas.

Estes projetos, que originalmente eram elaborados quase que exclusivamente para os andares tipo, passaram a abranger toda a obra, estudando-se as fôrmas e seus reaproveitamentos. O projetista de fôrmas e as indústrias de pré-fabricação passaram a ser mais exigidos, sempre em busca de soluções que minimizem os custos das fôrmas dentro da obra.

Estas mudanças, no entanto, têm sido viáveis graças à participação decisiva dos escritórios de cálculo, que têm procurado, na medida do possível, uniformizar e criar uma

repetição tal, nas estruturas, que permitam o uso da quase totalidade das fôrmas a partir das fundações. As modificações sofridas pelas fôrmas ao longo dos últimos 30 (trinta) anos serviram para melhorar o processo construtivo até chegarmos aos dias atuais, e nos permitir a utilização dos conceitos considerados para a análise e definição da solução a ser adotada para cada obra.

A preocupação maior é obter o maior número possível de utilizações da fôrma, sem comprometimento dos resultados a serem obtidos.

O emprego do concreto simples, armado ou protendido, realizado "in loco" ou pré-fabricado, está ligado intimamente ao uso de fôrmas, pois os elementos construtivos devem obedecer às dimensões, posições, formatos, etc. Pode-se utilizar o próprio solo, madeira, aço, plástico, papelão e outros materiais como componente das fôrmas. Isto é muito significativo, numa construção de edifício, em todos os aspectos, pois interfere diretamente nos objetivos principais, ou seja, o equilíbrio do custo, a qualidade e o prazo de execução da obra.

A fôrma é o elemento fundamental para se obter a estrutura de concreto armado dentro das especificações do projeto, e é responsável pela exatidão da estrutura, definindo textura da superfície do concreto. Ela dá qualidade necessária à estrutura (Figura 1.2).



Figura 1.2 - Acabamento obtido utilizando fôrmas para concreto.

Obra: Construtora Elias Vitor Nigri (Fonte: Paulo Takahashi).

A fôrma tem o objetivo de dar ao concreto armado, em sua etapa construtiva, a geometria estipulada no projeto, até que o mesmo adquira suficiente resistência. Alguns projetistas adotam sistemas mistos, associando-se parte do cimbramento elaborado através de madeira e parte metálica. A confecção de fôrmas pré-fabricadas industrializadas propicia a otimização do trabalho de uma edificação, diminuindo desperdícios.

Como estrutura, é necessário um dimensionamento minucioso de todas as peças que a compõe, para atender as várias exigências, tais como a resistência e a estabilidade. A qualidade nasce com o projeto e especificações, seguida de uma rígida normalização de utilização.

CALIL JÚNIOR et al (2000) dizem que, quanto ao acabamento, as fôrmas devem ter texturas conforme as exigências de cada projeto, principalmente nas estruturas de concreto aparente, observando-se que a aderência deve ser a menor possível para facilitar a desfôrma. Os compensados são tratados com produto deslmodante, a fim de permitir a desfôrma sem danos para o concreto e as fôrmas.

Conforme FAJERSZTAJN (1987), e com algumas adaptações feito por nós, podemos definir:

SISTEMA DE FÔRMAS - Conjunto de fôrmas utilizadas para moldar a estrutura de concreto armado do edifício (Figura 1.3).

ELEMENTOS - São conjuntos de peças que exercem função determinada dentro do sistema de fôrmas (Figura 1.3). São classificados de acordo com esta finalidade em: molde, estrutura do molde, escoramento e acessórios.



Figura 1.3 - Exemplo de Sistema de Fôrmas e Elementos (Fonte: Prática).

MOLDE - É o elemento que entra em contato direto com o concreto, definindo o formato e a textura a ser obtida (Figuras 1.4.a, 1.4b e 1.4c).

ESTRUTURA DO MOLDE - É o elemento destinado a enrijecer o molde, garantindo que ele não se deforme quando submetido aos esforços originados pelas atividades de armação e concretagem (Figuras 1.4a, 1.4b e 1.4c).

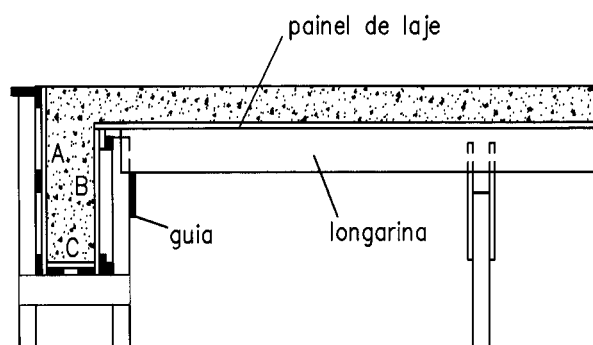


Figura 1.4a - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Laje-Viga (*).

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

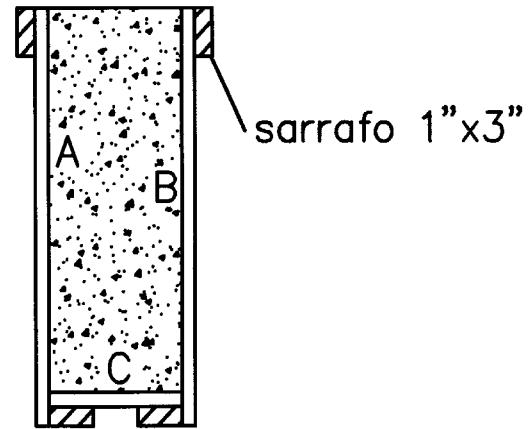


Figura 1.4b - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Viga (*).

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

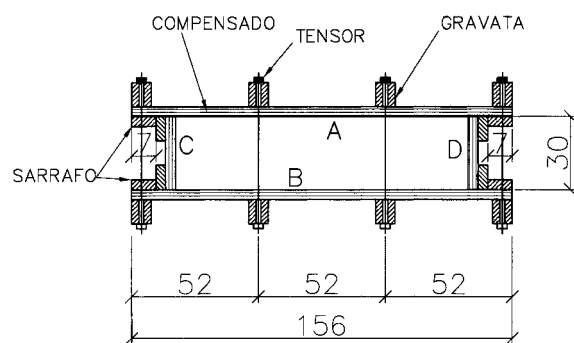


Figura 1.4c - Exemplo de Molde e Estrutura do molde de Pilar (*).

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

(*) Obs.: as letras A, B, C, e D que aparecem nas figuras correspondem à identificação dos painéis. Para o Pilar 1 teríamos P1A, P1B, P1C e P1D, por exemplo.

ESCORAMENTO - É o elemento destinado a transmitir os esforços da estrutura do molde para algum ponto de suporte no solo ou na própria estrutura de concreto (Figuras 1.5a e 1.5b).



Figura 1.5a - Exemplo de escoramento metálico.

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

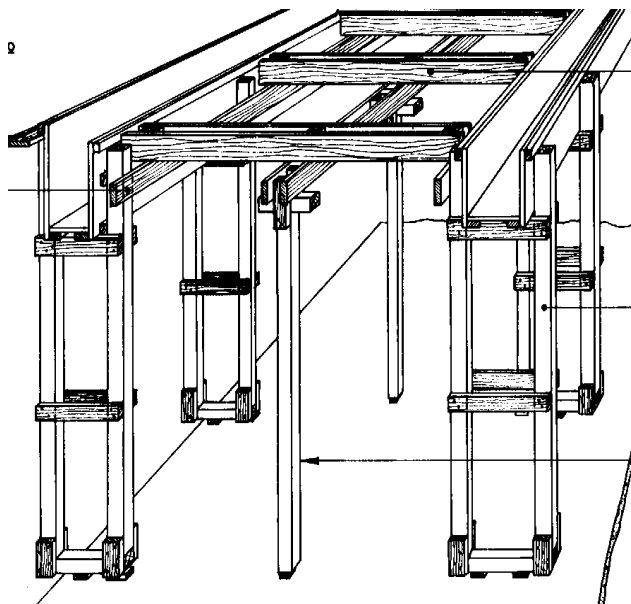


Figura 1.5b - Exemplo de escoramento de madeira (Fonte: Prátika).

ACESSÓRIOS - É o conjunto de peças complementares destinadas a completar os demais elementos na confecção das fôrmas. São classificados em separado, apesar de atuarem em funções específicas, seu fornecimento é feito por empresas independentes ou produzidos no canteiro de obra (Figura 1.6).

acessório (barra de ancoragem ou tirante)

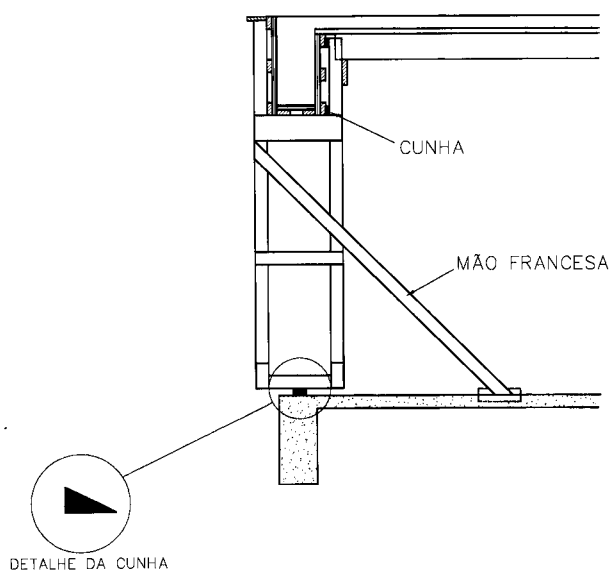
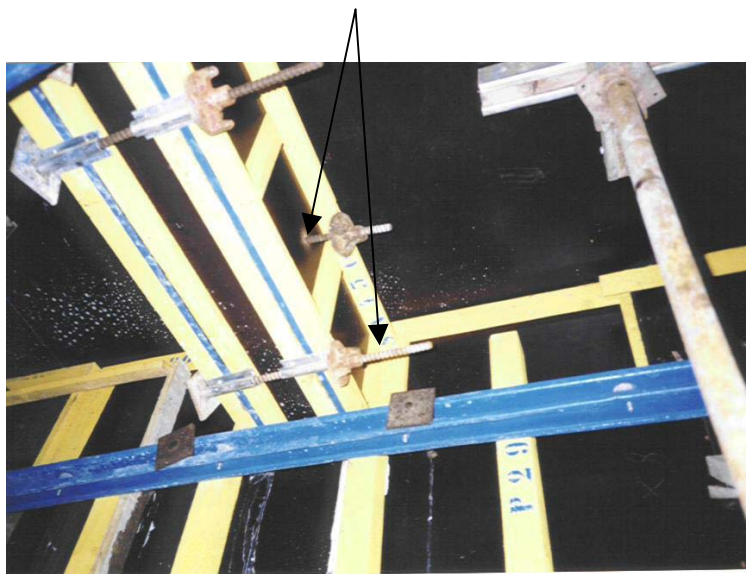


Figura 1.6 - Detalhe de acessórios como barra de ancoragem, mão francesa e cunha.

(Fonte: Paulo Takahashi).

COMPONENTES - São as diferentes peças que compõem os elementos. Em nível de peça pronta, se constituem na última composição das fôrmas.

Podemos dividir o Sistema em:

1.1 - Sistema { Fôrma para pilar
Fôrma para viga
Fôrma para laje
Fôrma para parede

1.2 - Elemento { Molde
Estrutura do molde
Escoramento
Acessórios

1.3 - Componentes:

<u>Sistema</u>	<u>Elementos</u>	<u>Componentes</u>
Fôrma para pilar	Molde	{ painéis
	Estrutura do molde	{ montantes (mão francesa) gravatas
	Escoramento	{ aprumadores
	Acessórios	{ estruturação locação barra de ancoragem (tirante)

<u>Sistema</u>	<u>Elementos</u>	<u>Componentes</u>
Fôrma para viga	Molde	{ faces laterais fundo de viga
	Estrutura do molde	{ gravatas
	Escoramento	{ pontaletes (garfos) gravatas contraventamento calços
	Acessórios	{ estruturação nivelamento barra de ancoragem (tirante)

<u>Sistema</u>	<u>Elementos</u>	<u>Componentes</u>
Fôrma para laje	Molde	{ painéis
	Estrutura do molde	{ travessões (longarinas) guias
	Escoramento	{ pontaletes (escoras) torres calços contraventamentos
	Acessórios	{ estruturação Nivelamento

Sistema	Elementos	<u>Componentes</u>
Fôrma para paredes	Molde	{ painéis
	Est. Do molde	{ montantes gravatas
	Escoramento	{ aprumadores
	Acessórios	{ estruturação barra de ancoragem (tirante)

2. MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais mais utilizados na fabricação de fôrmas para concreto são: madeira serrada, chapas de madeira compensada, plásticos, OSB, papelão e seus respectivos acessórios.

2.1. Madeira serrada

Com a utilização excessiva do Pinho do Paraná e o esgotamento da madeira nas últimas décadas o seu consumo diminuiu, fazendo com isso aumentar o preço das fôrmas. Esse aumento obrigou a utilização de outros tipos de madeiras. Várias espécies surgiram no mercado. O eucalipto, cedrinho e o pinus são muito utilizados para confecção de fôrmas (Figuras 2.1.1a e 2.1.1.b). Na Tabela 2.1, mostra-se as propriedades das espécies de madeira mais utilizadas em fôrmas e cimbramento em nosso país; ela é baseada na norma NBR 7190/1997. De acordo com REQUENA (1983), devemos ser cautelosos porque os ensaios para caracterização, necessários, podem ser realizados com amostras colhidas de uma única árvore.

Segundo CRISTIANI (1995), esse material deve apresentar as seguintes propriedades para a confecção de fôrmas:

- Rigidez e resistência;
- Trabalhabilidade (densidade baixa $\rho_{ap} \leq 600 \text{ kg/m}^3$) para permitir a cravação de pregos sem pré-furação.

Conforme o mesmo autor, para melhor orientação do projeto de fôrmas, podemos utilizar as propriedades das Tabelas 2.2 e 2.3, correspondentes às classes de resistência para as

coníferas e dicotiledôneas. E, as dimensões das madeiras serradas encontradas comercialmente (NBR 14807/2002) estão na Tabela 2.4.



Figura 2.1.1a - Exemplo de madeira bruta (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



Figura 2.1.1b - Exemplo de madeira serrada aparelhada (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

Tabela 2.1.- Valores médios de resistência e rigidez (NBR 7190/1997).

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap(12\%)}$ (Kg/m ³)	f_{c0} (MPa)	f_{t0} (MPa)	f_{t90} (MPa)	f_t (MPa)	E_{c0} (MPa)	n
Angelim Araroba	Vataireopsis araroba	688	50,5	69,2	3,1	7,1	12876	15
Angelim Ferro	Hymenolobium spp	1170	79,5	117,8	3,7	11,8	20827	20
Angelim Pedra	Hymenolobium petraeum	694	59,8	75,5	3,5	8,8	12912	39
Angelim Pedra Verdadeiro	Dinizia excelsa	1170	76,7	104,9	4,8	11,3	16694	12
Branquilha	Termilalia spp	803	48,1	87,9	3,2	9,8	13481	10
Cafearana	Andira spp	677	59,1	79,7	3,0	5,9	14098	11
Canafistula	Cassia ferruginea	871	52,0	84,9	6,2	11,1	14613	12
Casca Grossa	Vochysia spp	801	56,0	120,2	4,1	8,2	16224	31
Castelo	Gossypiospermum praecox	759	54,8	99,5	7,5	12,8	11105	12
Cedro Amargo	Cedrella odorata	504	39,0	58,1	3,0	6,1	9839	21
Cedro Doce	Cedrella spp	500	31,5	71,4	3,0	5,6	8058	10
Champagne	Dipterys odorata	1090	93,2	133,5	2,9	10,7	23002	12
Cupiúba	Goupia glabra	838	54,4	62,1	3,3	10,4	13627	33
Catiúba	Qualea paraensis	1221	83,8	86,2	3,3	11,1	19426	13
E. Alba	Eucalyptus alba	705	47,3	69,4	4,6	9,5	13409	24
E. Camaldulensis	Eucalyptus camaldulensis	899	48,0	78,1	4,6	9,0	13286	18
E. Citriodora	Eucalyptus citriodora	999	62,0	123,6	3,9	10,7	18421	68
E. Cloeziana	Eucalyptus cloeziana	822	51,8	90,8	4,0	10,5	13963	21
E. Dunnii	Eucalyptus dunnii	690	48,9	139,2	6,9	9,8	18029	15
E. Grandis	Eucalyptus grandis	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813	103
E. Maculata	Eucalyptus maculata	931	63,5	115,6	4,1	10,6	18099	53
E. Maidene	Eucalyptus maidene	924	48,3	83,7	4,8	10,3	14431	10
E. Microcorys	Eucalyptus microcorys	929	54,9	118,6	4,5	10,3	16782	31
E. Paniculata	Eucalyptus paniculata	1087	72,7	147,4	4,7	12,4	19881	29
E. Propinqua	Eucalyptus propinqua	952	51,6	89,1	4,7	9,7	15561	63
E. Punctata	Eucalyptus punctata	948	78,5	125,6	6,0	12,9	19360	70
E. Saligna	Eucalyptus saligna	731	46,8	95,5	4,0	8,2	14933	67
E. Tereticornis	Eucalyptus tereticornis	899	57,7	115,9	4,6	9,7	17198	29
E. Triantha	Eucalyptus triantha	755	53,9	100,9	2,7	9,2	14617	08
E. Umbra	Eucalyptus umbra	889	42,7	90,4	3,0	9,4	14577	08
E. Urophylla	Eucalyptus urophylla	739	46,0	85,1	4,1	8,3	13166	86
Garapa Roraima	Apuleia leiocarpa	892	78,4	108,0	6,9	11,9	18359	12
Guaiçara	Luetzelburgia spp	825	71,4	115,6	4,2	12,5	14624	11
Guaruaia	Peltophorum vogelianum	919	62,4	70,9	5,5	15,5	17212	13
Ipê	Tabebuia serratifolia	1068	76,0	96,8	3,1	13,1	18011	22
Jatobá	Hymenaea spp	1074	93,3	157,5	3,2	15,7	23607	20
Louro Preto	Ocotea spp	684	56,5	111,9	3,3	9,0	14185	24
Maçaranduba	Manilkara spp	1143	82,9	138,5	5,4	14,9	22733	12
Mandioqueira	Qualea spp	856	71,4	89,1	2,7	10,6	18971	16
Oitica Amarela	Clarisia racemosa	756	69,9	82,5	3,9	10,6	14719	12
Quarubarana	Erismia uncinatum	544	37,8	58,1	2,6	5,8	9067	11
Sucupira	Diplotropis spp	1106	95,2	123,4	3,4	11,8	21724	12
Tatajuba	Bagassa guianensis	940	79,5	78,8	3,9	12,2	19583	10
Pinho do Paraná	Araucaria angustifolia	580	40,9	93,1	1,6	8,8	15225	15
Pinus caribea	Pinus caribea var. caribea	579	35,4	64,8	3,2	7,8	8431	28
Pinus bahamensis	Pinus caribea var. bahamensis	537	32,6	52,7	2,4	6,8	7110	32
Pinus hondurensis	Pinus caribea var. hondurensis	535	42,3	50,3	2,6	7,8	9868	99
Pinus elliottii	Pinus elliottii var. elliottii	560	40,4	66,0	2,5	7,4	11889	21
Pinus oocarpa	Pinus oocarpa shiede	538	43,6	60,9	2,5	8,0	10904	71
Pinus taeda	Pinus taeda L.	645	44,4	82,8	2,8	7,7	13304	15

 $\rho_{AP(12\%)}$ = massa específica aparente a 12% de umidade. f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras. f_{t0} = resistência à tração paralela às fibras. f_{t90} = resistência à tração normal às fibras. E_{c0} = módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras.

n = número de corpos-de-prova ensaiados.

Tabela.2.2 - Classes de resistência para as Coníferas (NBR 7190/1997).

CONÍFERAS					
(valores na condição-padrão de referência U=12%)					
Classes	f_{cok} (MPa)	f_{vk} (MPa)	$E_{co,m}$ (MPa)	(1) $\rho_{bas,m}$ (kg/m ³)	$\rho_{aparente}$ (kg/m ³)
C20	20	4	3500	400	500
C25	25	5	8500	450	550
C30	30	6	14500	500	600

(1) Como definida pela norma.

Tabela 2..3 - Classes de resistência para as Dicotiledôneas (NBR 7190/1997).

DICOTILEDÔNEAS					
(valores na condição-padrão de referência U=12%)					
Classes	f_{cok} (MPa)	F_{vk} (MPa)	$E_{co,m}$ (MPa)	(1) $\rho_{bas,m}$ (kg/m ³)	$\rho_{aparente}$ (kg/m ³)
C20	20	4	9500	500	650
C30	30	5	14500	650	800
C40	40	6	19500	750	950
C60	60	8	24500	800	1000

(1) Como definida pela norma.

Tabela 2.4 - Dimensões padronizadas e comerciais de madeira serrada (NBR 14807/2002).

Nome da peça	Espessura (mm)	Largura (mm)
Pranchão	de 71 a 161	161 e acima
Prancha	de 30 a 70	161 e acima
Pranchinha	38	100 e acima
Viga	de 40 a 80	de 81 a 160
Caibro	de 40 a 80	de 50 a 80
Tábua	de 10 a 37	100 e acima
Sarrafo	de 21 a 39	de 20 a 99
Ripa	de 10 a 20	de 20 a 50
Ripão	de 15 a 20	de 51 a 70
Pontalete	de 70 a 80	de 70 a 80
Quadrado	de 70 a 80	de 70 a 80
Quadrado	100 acima	100 acima

Nota: Para os efeitos de utilização dessa tabela, as casas decimais porventura obtidas nas medidas, devem ser desprezadas. Um pontalete é sempre de seção quadrada.

2.2. Chapas de madeira compensada

A madeira extraída de toras das árvores são limitadas quanto às dimensões, principalmente na largura das peças obtidas. No mercado, as peças mais largas que se encontram facilmente são as tábuas de 30 cm de largura. Essa dimensão impõe uma restrição quanto à montagem de painéis de fôrmas.

O compensado surgiu idealizado por um engenheiro francês no início do século XX, tornando-se um elemento de grande importância para a construção civil.

De acordo com CALIL JÚNIOR et al (2000), a industrialização da madeira compensada começou nos Estados Unidos e Alemanha, utilizando algumas espécies de madeira de baixa densidade e poucas formas de arranjos de lâminas. Atualmente, utiliza a maioria das espécies, e uma grande variedade de tipos de composição, pelos países do mundo (Figura 2.2.1)

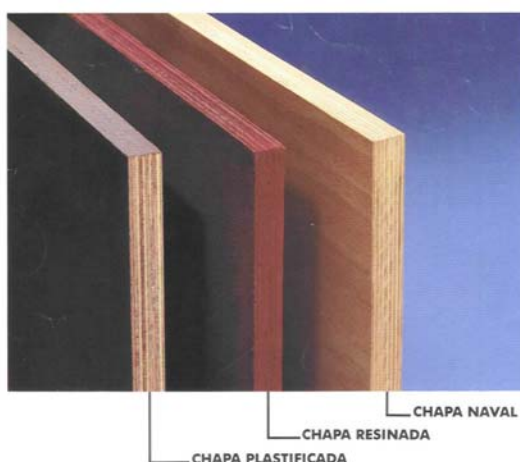


Figura 2.2.1 - Alguns tipos de chapas de madeira compensada (Fonte: Prátika).

O consumo cada vez maior de materiais de construção, e as crescentes dificuldades para obtenção de madeira maciça, com dimensões e qualidade adequadas às diversas necessidades, juntamente com a explosão na tecnologia de fabricação ocorrida pouco antes da metade do século XX, conduziram ao desenvolvimento da indústria de produtos derivados de madeira. Dentre esses produtos, os laminados constituem-se uma considerável porção. São obtidos através de associação de lâminas de madeira, em forma original ou modificadas, coladas com adesivos ou

ligadas mecanicamente, como pregos e parafusos. Dependendo da disposição das lâminas, esses laminados podem ser classificados como paralelos ou transversais.

A madeira compensada é colada e composta por lâminas, de espessura final entre 1,5 e 3,0 cm, podendo chegar a 5 cm; é típico de laminação paralela. Os eixos longitudinais das lâminas coincidem com a direção de suas fibras e são paralelos ao eixo longitudinal da peça. Na atualidade, estão sendo produzidas lâminas de menor espessura, conhecidas como microlaminados. É o mais utilizado em aplicações estruturais. As lâminas adjacentes, com espessuras entre 1 e 5 mm, são orientadas com direções de fibras, formando diferentes ângulos, em função das características desejadas para a chapa final. É comum defasar-se lâminas em 90° (Figura 2.2.2).

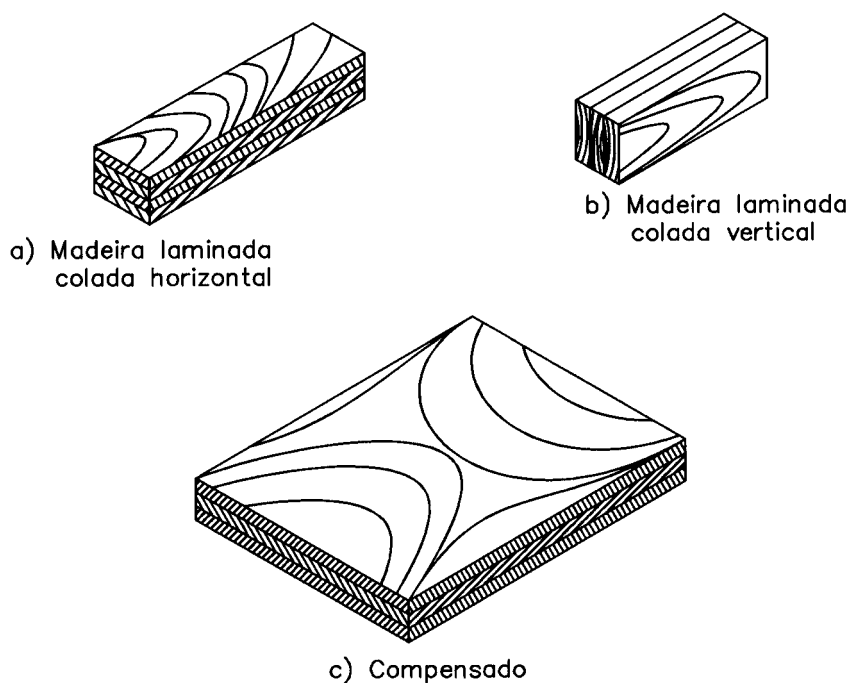


Figura 2.2.2 - Peça composta de madeira (Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

As lâminas utilizadas no composto são obtidas por corte direto da madeira bruta, através de facas, conhecido por faqueamento, forçando-se a faca contra o tronco, ou por corte rotatório, onde o tronco gira em torno de seu eixo contra uma faca fixa (Figura 2.2.3).

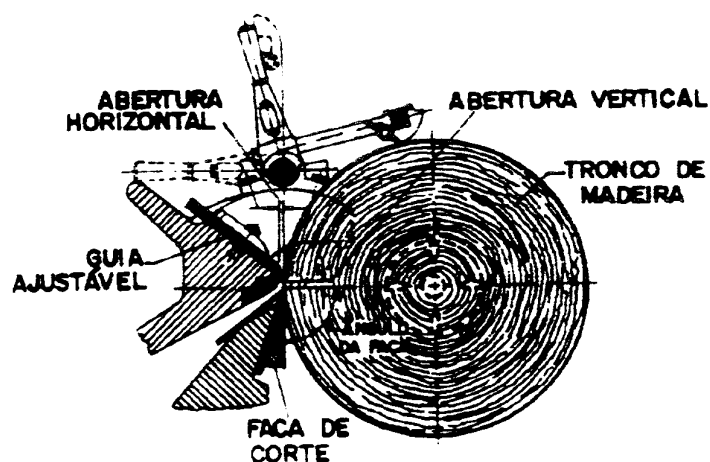


Figura 2.2.3 - Corte rotatório (Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

O adesivo de origem sintética (fenolformaldeído, resorcinol-formaldeído) tem a função de ligar as lâminas. Segundo BODIG E JAYNE (1982), o volume de adesivo utilizado no compensado é quase sempre inferior a 1% do volume total do composto. Deve-se enfatizar a importância da qualidade do adesivo, que é fundamental para as características de resistência e elasticidade da chapa. As chapas de compensado são constituídas por um número ímpar de lâminas, dispostas de tal maneira que as direções das fibras das lâminas alternadas sejam paralelas e que as direções das fibras adjacentes formem um ângulo de 90° . A Figura 2.2.4 mostra a composição de uma chapa com 5 lâminas, destacando as lâminas de face e a lâmina do núcleo, e a Figura 2.2.5, o arranjo destas.

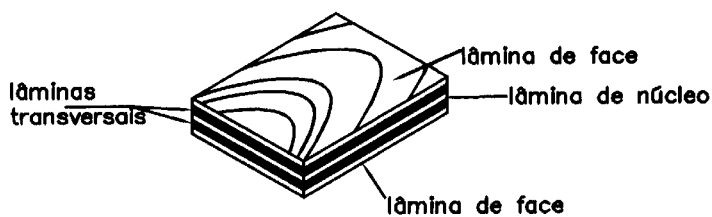


Figura 2.2.4 - Compensado com número ímpar de lâminas (Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

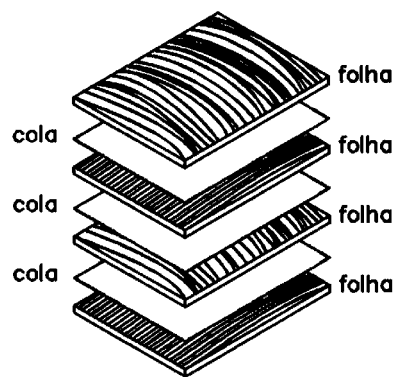


Figura 2.2.5.- Arranjo das lâminas (Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

As chapas devem ser estruturalmente balanceadas, devendo ser simétricas em relação ao seu plano central. As lâminas de cada lado deste plano, eqüidistantes do mesmo, devem ter as mesmas propriedades físicas, mesma espessura e orientação de fibras. O plano de simetria na lâmina do núcleo implica na existência de um número ímpar de lâminas.

Na fabricação das chapas compensadas, este balanceamento deve ser rigoroso, para garantir que estas permaneçam planas quando sujeitas a condições de temperatura e umidade diferentes daquelas de fabricação. Outros tipos de chapas balanceadas podem ser obtidos, utilizando lâminas de diferentes espécie de madeira, mas os riscos de empenamento são bem maiores. A opção de fabricar os compensados com número par de lâminas, embora não viole as condições de balanceamento do mesmo, devido à colocação de duas lâminas centrais com mesma orientação de fibras, não tem sido bem aceita comercialmente, visto que o ganho na eficiência do produto não corresponde ao custo adicional de uma lâmina e adesivo.

Podemos afirmar que o compensado possui duas características: as lâminas são ligadas uma às outras por adesivo sintético, e a orientação do eixo de simetria destas lâminas são ajustados transversalmente, de acordo com uma disposição pré determinada. A Figura 2.2.6 ilustra a variação do módulo de elasticidade médio da composição de duas lâminas de madeira de mesma espécie e espessura, baseada na variação do módulo de elasticidade destas lâminas. Na Figura 2.2.8, observa-se que os valores mínimos de E ocorrem nas direções de 45° com os eixos longitudinal e transversal.

Segundo BODIG & JAYNE (1982), a variação dos parâmetros elásticos e de resistência de uma lâmina de madeira neste plano (longitudinal-tangencial) pode ser representada, para o caso do módulo de elasticidade, por um gráfico de coordenadas polares. Na Figura 2.2.7 aparece o diagrama para uma composição de lâminas, onde a direção das fibras nas lâminas é desalinhada de um ângulo de 30° . Assim, consegue-se um valor de E quase constante, aproximando-se, desta maneira, à isotropia do material.

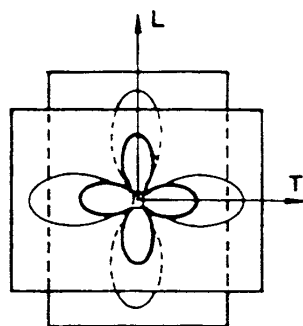


Figura 2.2.6 - Composição de duas lâminas transversais.
(Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

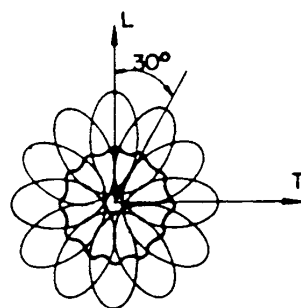


Figura 2.2.7 - Composição de lâminas defasadas de 30°.
(Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

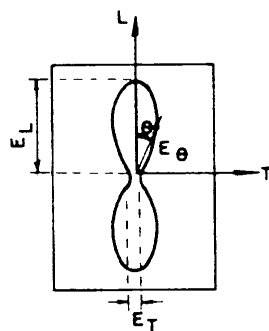


Figura 2.2.8 - Variação dos parâmetros das lâminas de madeira no plano longitudinal-transversal.
(Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

Segundo MARANHÃO (2000), quanto ao acabamento da superfície, encontram-se chapas com as faces externas lixadas e com tratamento superficial; outras, possuem uma película plástica nas lâminas externas, ou somente numa. Os compensados resinados recebem em sua superfície a aplicação de uma resina fenólica líquida, que é estendida sobre a mesma. As laterais também recebem o mesmo material aplicado à superfície. Esse tipo de revestimento não sofre um processo de polimerização eficiente, e a proteção que oferece à chapa é bastante precária, já que a resina, aos poucos, durante os processos de concretagem, vai sendo retirada de sua superfície. Dessa forma, o número de reaproveitamentos de um mesmo painel fica reduzido (geralmente de 4 a 5 usos).

Os compensados plastificados recebem em sua superfície uma camada de resina fenólica sob a forma de filme (Tego-Film). As laterais são totalmente seladas com resina do tipo epóxi ou similar, à prova d'água. Dessa maneira, obtém-se um compensado com vida que atende a um determinado número de reaproveitamentos, além de contribuir para o bom acabamento da superfície do concreto. De acordo com BOIN (1993), podem chegar a 40 reaproveitamentos, dependendo da finalidade ou do tipo de estrutura que se pretende executar.

As chapas de madeira compensada para fôrmas devem atender às disposições das normas NBR 9531 (1985) - Chapas de madeira compensada - Classificação, e a NBR 9532 (1986) - Chapas de madeira compensada - Especificação, da ABNT, não devendo apresentar defeitos sistemáticos, tais como desvios dimensionais além dos limites tolerados, número de lâminas inadequado à sua espessura, desvios no esquadro ou defeitos nas superfícies. Também devem ser resistentes à ação da água. As dimensões das chapas são de 1,10m x 2,20m ou 1,22m x 2,44m tanto para as chapas resinadas quanto para as plastificadas, com espessuras de 6mm, 12mm, 15mm, 18mm ou 20/21mm (Tabelas 2.5, 2.6 e 2.7). As tolerâncias de variação de espessura dos compensados é de $\pm 0,5$ mm. As chapas são classificadas em subgrupos A, B e C em função da área de defeitos superficiais que apresentam.

Tabela 2.5 - Dimensões das chapas de madeira compensada (Fonte: Arvorit)

Espessura (mm)	Dimensões	Nº Lâminas	Peso da Chapa	
			2,20	2,44
6	2,44x1,22 ou 2,20x1,10	3	7,70	9,50
12	20 x 1,10	5/7	15,40	19,00
15		7	19,25	24,50
18		9/11	23,50	29,00
20/21		9/11	26,00	34,00

Tabela 2.6 - Espaçamentos máximos recomendados (Fonte: Arvorit)

Espessura da laje	Carga(*)	Espaçamentos máximo recomendados em usos comuns (cm)			
Cm	kg/m²	12mm	15mm	18mm	20/21mm
7	325	55	70	84	98
10	400	50	65	77	91
12	450	48	61	74	87
15	525	45	58	70	82
20	650	42	53	64	75
25	775	40	50	60	71
30	900	38	47	57	67

(*) Considerada a sobrecarga de 150 kg/cm² e tensão admissível de 60 kg/cm².

Tabela 2.7 - Valores das propriedades físico-mecânicas (Fonte: Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Paraná)

Propriedades	Unidade	Tolerância	Valor/Espessura da chapa				
			9mm	12mm	15mm	18mm	20,5mm
Resistência ao cisalhamento (ensaio seco)							
Resistência ao cisalhamento	kgf/cm ²	Média	28,75	35,51	24,24	19,76	23,01
Massa específica							
Massa específica-Média	kg/m ³	Média	635	660	600	590	580
Resistência à flexão-paralela à grã							
Módulo de elasticidade	kgf/cm ²	Média	59000	70000	63000	54000	56000
Módulo de ruptura	kgf/cm ²	Média	395	390	340	300	310
Resistência à flexão-perpendicular à grã							
Módulo de elasticidade	kgf/cm ²	Média	23000	33000	31000	23000	25000
Módulo de ruptura	kgf/cm ²	Média	260	300	240	270	300

2.3. Plástico

A fabricação dos plásticos sintéticos teve início com a produção da baquelita, no início do século XX concebida por Leo Hendrick Baekeland. A partir de 1920 teve um desenvolvimento acelerado. O progresso da indústria acompanhou a evolução da química orgânica que, principalmente na Alemanha, permitiu o descobrimento de unidades moleculares repetidas, de grande tamanho, que passaram a ser chamadas de macromoléculas. Com essa comprovação, abriu-se caminho para a descoberta, antes da metade do século, dos poliestirenos, do vinil, borrachas sintéticas e das poliuretenas e silicones, todos de amplo uso e obtidos a partir de matérias primas vegetais e minerais.

A indústria da construção civil os utiliza em de tubos de encanamento, válvulas, sifões, revestimentos, chapas para cobertura, iluminação entre outros. No Brasil, é muito usado nas áreas de instalações elétricas, água e esgoto, concreto e cada vez mais tem conquistado áreas onde não eram ainda utilizados.

SOUZA (1997) afirma que os sistemas que usam o plástico como componente podem-se constituir em soluções interessantes quanto ao sistema de fôrmas. Substituições, podem viabilizar o uso destes sistemas, tais como chapas de PVC no lugar das de compensado, plástico reforçado com fibra de vidro para moldes com formato complexo, fôrmas de pilares e capitéis em plástico reforçado com fibra de vidro, moldes plásticos tronco-piramidais para lajes nervuradas, rib loc para molde de pilares, lajes com vazios internos e acabamento superficial.

Por volta de 1975, quando da construção de grandes conjuntos habitacionais, o alto potencial de reutilização do aço fez com que o mesmo aparecesse com um peso maior na construção. Nos últimos anos, vários materiais alternativos à madeira têm sido experimentados pelo mercado na busca de reduzir custos sem prejuízo da qualidade. O plástico, em função de sua versatilidade, surge como uma opção que pode ser muito interessante dentro desse contexto.

Segundo SOUZA (1997), racionalizar o sistema de fôrmas para estruturas de concreto significa conceber/projetar e utilizar as fôrmas de modo a se utilizar o máximo da capacidade resistente do material; propiciar segurança de utilização; aumentar a vida útil do sistema; diminuir a necessidade de mão-de-obra para fabricação e montagem e desmontagem. Tal objetivo pode ser alcançado através de um projeto arquitetônico que viabilize soluções de melhor desempenho para as fôrmas. Em suma, conseguir uma concepção estrutural que leve em conta a facilitação do serviço de fôrmas e não somente a economia de aço e concreto. Conseguir, também, escolha e projeto racional do sistema, com base em todas as possibilidades disponíveis no mercado, o que exige uma constante atualização, e uma atenção especial por parte dos fornecedores, técnicas de execução que não comprometam o desempenho.

É conveniente fazermos uma decomposição para entendermos a racionalização no uso do plástico, conforme as seguintes partes:

- Molde: parte responsável pela caracterização da forma final do componente de concreto, sendo aquela que entra em contato direto com o material lançado;
- Estruturação do molde: constitui no reforço do molde visando aumentar sua capacidade estrutural bem como sua durabilidade;
- Cimbramento: responsável pela transferência das cargas que solicitam o molde para um local "seguro" (Exemplo: laje inferior já endurecida);
- Acessórios: pequenos componentes que têm atribuições complementares diversas no sistema.

De um modo geral, o plástico tem dado lugar a sistemas de fôrmas racionalizados participando, principalmente, como molde. Muitas vezes, o molde prescinde de estruturação. Para o cimbramento, apesar de algumas vezes o uso do molde diminuir sua necessidade, não é usual encontrar componentes plásticos em tal função. Quanto aos acessórios, são muitas vezes confeccionados em plástico, mesmo em casos onde o restante do sistema seja feito com outros materiais.

2.3.1. Chapas de PVC (Policloreto de Vinila)

Desde 1996, vem sendo realizados testes no Brasil quanto ao uso de componentes de PVC, para substituir as chapas de compensado. Tais componentes são produzidos em PVC rígido e PVC rígido expandido (Figura 2.3.1.1).



Figura 2.3.1.1 - Chapa de PVC rígido (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa)

O produto é oferecido em chapas de 1x2 m em diversas espessuras (1 a 25 mm para as rígidas, e de 2 a 13 mm para as expandidas), ou em bobinas de 1 mm de espessura apenas para o caso do PVC rígido. Os produtos são obtidos através de extrusão contínua, no caso do expandido, por reação química durante o processamento das chapas com a estabilização interna de ar, o que promove uma redução da densidade das chapas (que cai aproximadamente 1,45 para 0,90 kg/l).

Algumas características do PVC merecem destaque, como a resistência ao calor, os compostos normalmente empregados na construção suportam temperaturas de até 70° C, que não são sobrepujadas, tanto pela exposição ao sol durante a estocagem e montagem dos componentes, quanto pela submissão à elevação da temperatura do concreto durante seu processo de hidratação. Deve-se ainda observar que uma exposição prolongada a temperaturas menores poderia ser também problemática; há que se considerar no entanto que os períodos de exposição, no caso das fôrmas, são diferentes dos relativos a uma esquadria externa ou um revestimento de fachada.

O PVC expandido deve ter um comportamento melhor que o rígido em função de ser mais isolante. Quanto à resistência a radiações ultravioleta, o PVC pode vir aditivado com

estabilizantes, que no entanto aumentam o custo do material. Quanto a reação química, é extremamente inerte a inúmeros tipos de substâncias, não é atacado por matérias presentes no concreto. Quanto a variação volumétrica por variação térmica, a mesma não é desprezível, sendo porém contrabalançada parcialmente, pela redução do módulo de elasticidade, o que faz com que as tensões originadas pelas restrições à expansão sejam atenuadas.

Como dado complementar, tensões originadas na fabricação podem ser aliviadas através de um leve aquecimento, antes da aplicação, pois não traz normalmente problemas para grandes espessuras, mas se deve ter cuidado quando a espessura for muito reduzida (Figuras 2.3.1.2 e 2.3.1.3).

De acordo com SOUZA (1997), a viabilidade ou não da substituição do compensado por chapas de PVC deve ter em conta os seguintes aspectos:

- Custo do metro quadrado da chapa;
- Espessura de chapa necessária para um mesmo espaçamento da estruturação do molde;
- Número de reutilizações;
- Custo de mão de obra para fabricação do sistema de fôrmas;
- Produtividade da mão de obra na montagem e desmontagem das fôrmas.



Figura 2.3.1.2 - Detalhe de fôrma utilizando chapa de PVC. Protótipo de cabine de fiscalização de ônibus - CEDEC/EMURB, SP. (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



Figura 2.3.1.3 - Detalhe do molde acabado, e de cabine finalizado. Protótipo de cabine de fiscalização de ônibus - CEDEC/EMURB, SP. (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

2.3.2. Plástico reforçado com fibra de vidro

Os plásticos reforçados com fibra de vidro são originados da moldagem de componentes a partir da associação do poliéster (resina) à fibra de vidro (véu). Algumas características são: resistência adequada, baixo peso, superfícies de concreto de boa qualidade, grande número de reutilizações, entre outros.

A sua fabricação se dá, inicialmente, por um molde (argamassa, madeira, etc.) que deve ser bem polido; aplica-se o véu sobre o mesmo e a seguir a resina, em sucessivas camadas de véu e resina até chegar à espessura desejada. Isso dá ao material uma grande versatilidade ao seu uso. Quando houver solicitações de carga, serão fabricados componentes com espessuras de parede mais espessa, mas reforçados através de incorporação de outros componentes por meio de fixação com véu e resina. Apesar de possuírem a superfície lisa, o desmoldante aumenta a durabilidade e facilita a sua desfôrma.

Na necessidade de elevado número de componentes, o processo exige produção industrial, como moldes metálicos e moldagem a quente. As lajes nervuradas são utilizadas quando existem grandes vãos. A utilização de fôrmas de madeira tem se mostrado inviável. A adoção de componentes de plástico tronco-piramidais, com o formato de cumbucas invertidas (Figura 2.3.2.1), tem se mostrado bem atraente. O uso de moldes plásticos ocos para confecção de lajes nervuradas é antiga no mundo. No Brasil, apesar de ser utilizado, a sua prática é recente. Alguns tipos de plástico têm sido usados na fabricação das cumbucas, como o poliéster reforçado com fibra de vidro, o polipropileno e o poliuretano.



Figura 2.3.2.1 - Detalhe de laje nervurada finalizada, utilizando cumbucas de plásticos.
(Fonte: Atex Brasil).

De acordo com SOUZA (1997), o uso de plástico reforçado com fibra de vidro (poliéster) é bastante utilizado em outros países. São encontrados para venda e locação. Algumas vantagens são:

- Variedade de dimensões;
- Baixo peso;
- Boa resistência mecânica;
- Durabilidade.

Algumas restrições podem ser citadas tais como deslocabilidade dos componentes, quando há presença de esforços laterais, e deformabilidade das paredes. No entanto, essas características podem ser melhoradas através de fixação dos moldes ou escolha de uma espessura de parede coerente com os esforços originados na concretagem.

2.3.3. Polipropileno e Poliuretano

A sua obtenção se dá por meio de injeção em molde de grande rigidez. O polipropileno tem gerado peças de resistência mecânica elevada, eliminando com isso a deformabilidade. Encontram-se no mercado nacional dois modelos: retangular e quadrado (Figuras 2.3.3.1 e 2.3.3.2), disponíveis em várias alturas. As suas propriedades são idênticas às de fibra de vidro. Nas últimas décadas, têm chegado ao mercado nacional sistemas de fôrmas de outros países, que procuram racionalizar todas as etapas do serviço. A soma dos moldes de plástico com cimbramento metálico é um exemplo.

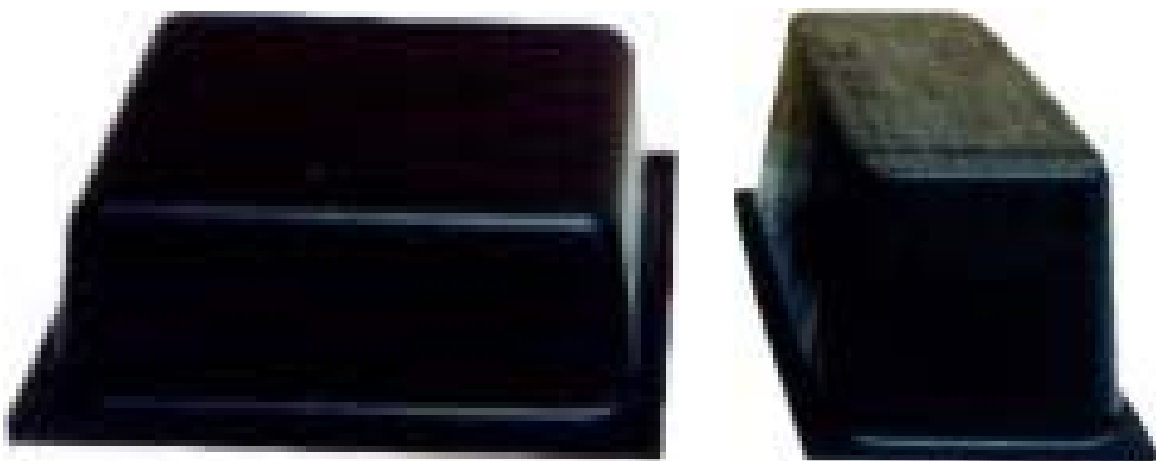


Figura 2.3.3.1 - Moldes plásticos (cumbucas) para lajes nervuradas em formato quadrado ou retangular. Fonte: Atex Brasil.

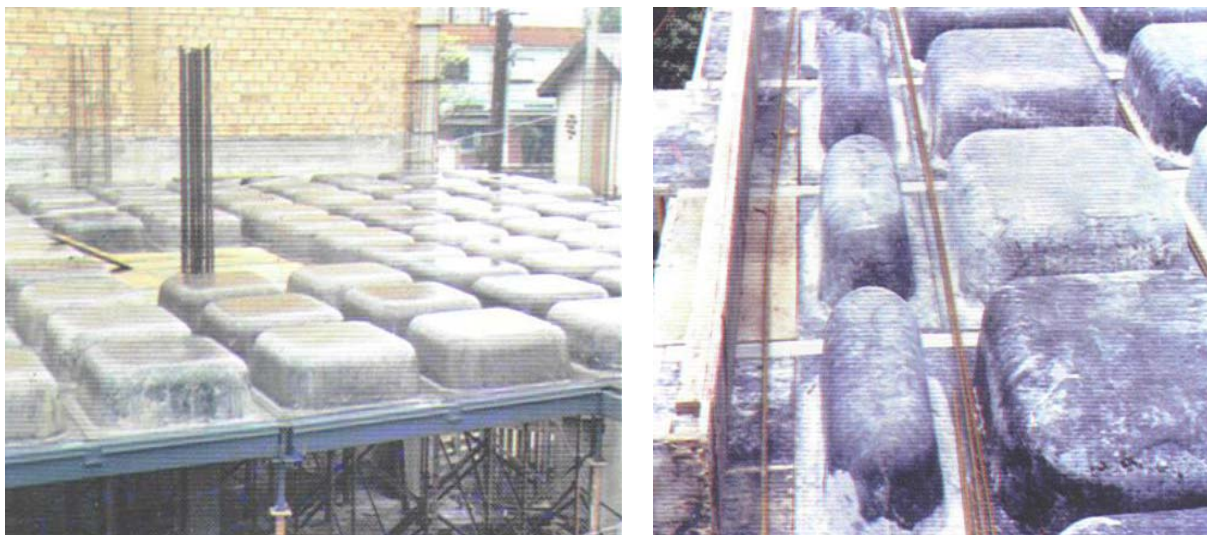


Figura 2.3.3.2 - Detalhe de montagem das cumbucas (Fonte: Atex Brasil).

Vide tabelas das dimensões, modelos e especificações segundo fabricante Atex Brasil (Tabelas 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 e 2.12)

Tabela 2.8 - Dimensões das cumbucas

Fôrmas	Peso	Dimensões entre eixos
ATEX 150	2,8 kg	Forma nervuras ortogonais com 600 mm entre eixos.
ATEX 180	2,7 kg	Forma nervuras ortogonais com 600 mm entre eixos.
ATEX 600x 225 ATEX 600x 325 ATEX 600x 425	7,1 kg 8,2 kg 10,4 kg	Forma nervuras principais com 600 mm entre eixos e nervuras secundárias com 1.125 mm entre eixos.
ATEX 900x 225 ATEX 900x 325 ATEX 900x 425	9,5 kg 11,4 kg 12,3 kg	Forma nervuras ortogonais com 900 mm entre eixos.

Tabela 2.9 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 150 (Fonte: Atex Brasil).
Medidas em mm.

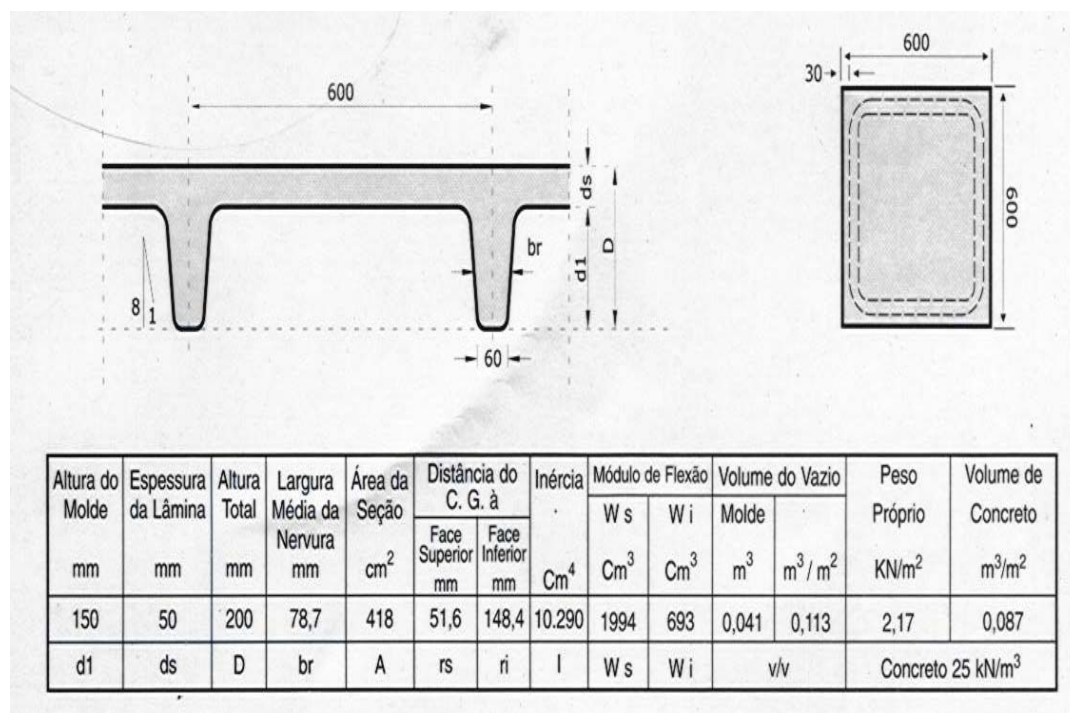


Tabela 2.10 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 180 (Fonte: Atex Brasil).
Medidas em mm.

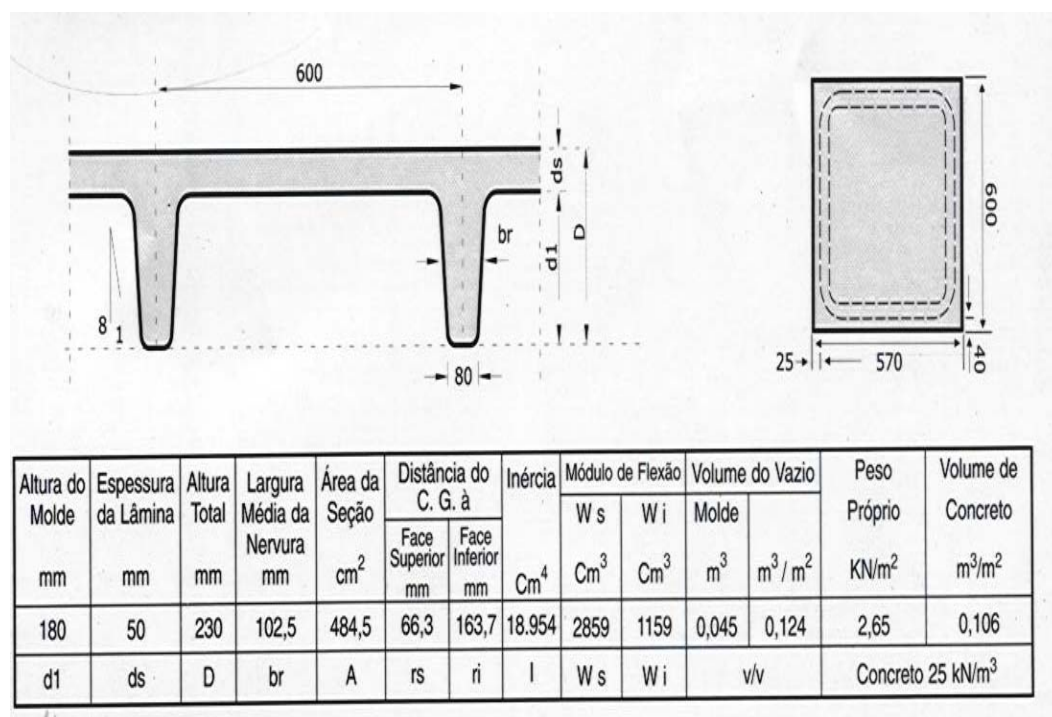


Tabela 2.11 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 600 (Fonte: Atex Brasil).
Medidas em mm.

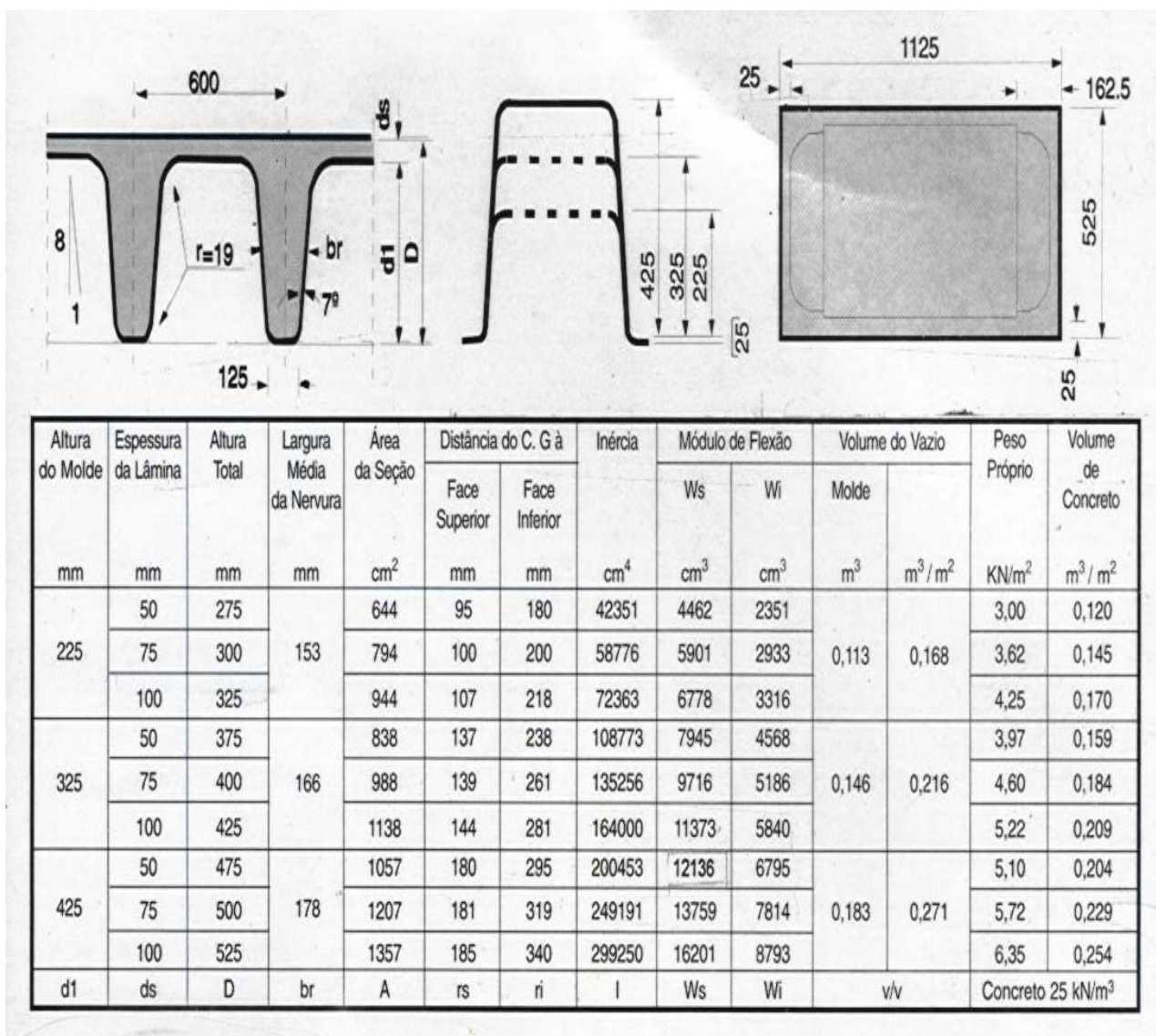
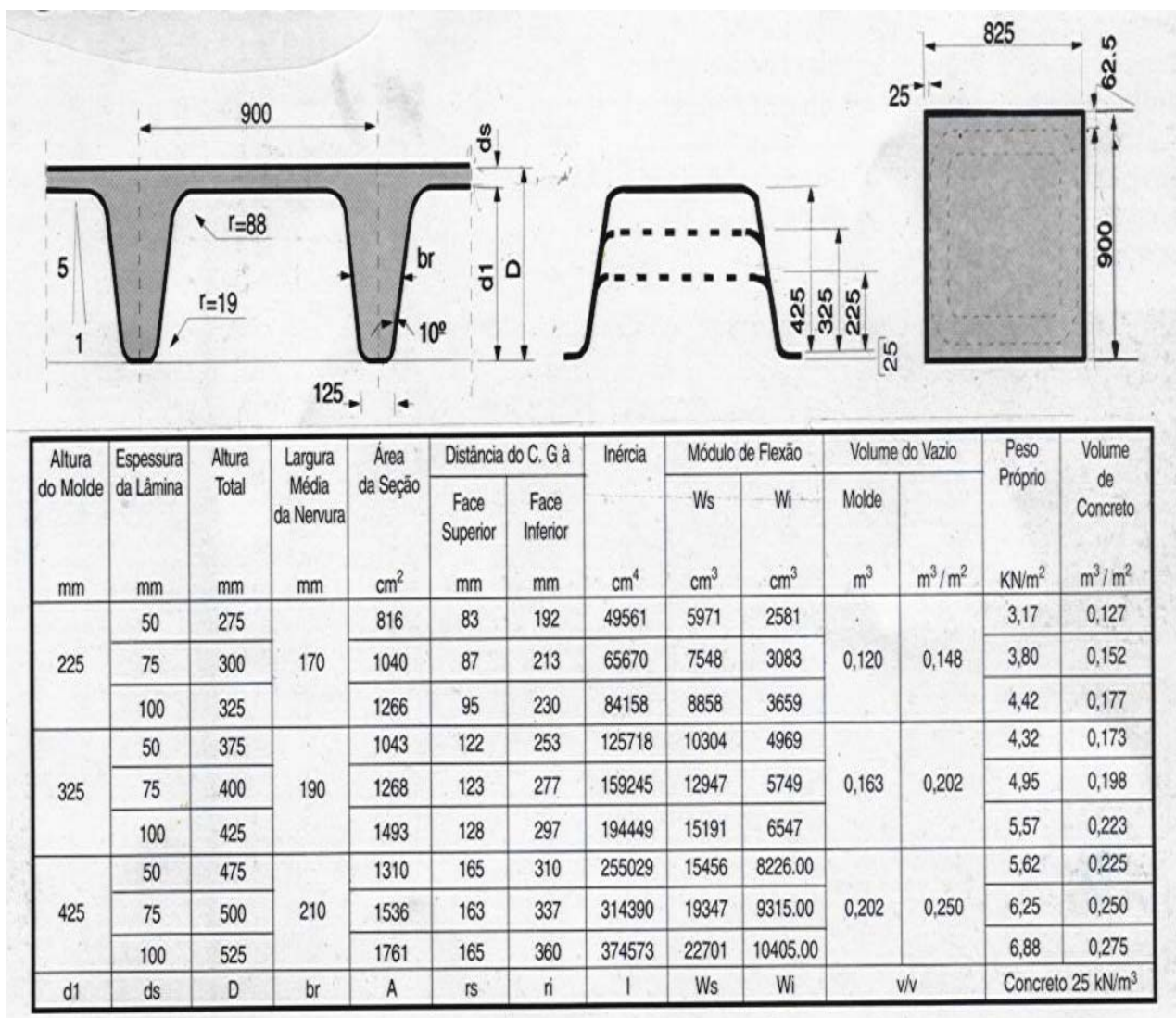


Tabela 2.1 2 - Tabela de propriedades físico-mecânicas modelo Atex 900 (Fonte: Atex Brasil).
Medidas em mm.



2.3.4. Rib loc para moldes de pilares

O Rib loc é um tubo de PVC, fornecido em diversas dimensões, cujo processo de fabricação se baseia em extrudar um perfil (tira) plano e reforçado com pequenas saliências ("ribs") em forma de "T", que são posteriormente enrolados (em forma de espiral) segundo o diâmetro desejado. As tiras possuem um encaixe nas bordas que vão sendo enroladas contiguamente as quais são coladas para melhor estanqueidade. Os tubos têm rigidez para ser montados sem a necessidade de travamentos, exigindo apenas o gastalho de pé do pilar. Não servem ao apoio de outras fôrmas em sua extremidade superior. Servem somente para pilares com seção circular e é mais resistente que os de papelão. É utilizado como descartável (Figuras 2.3.4.1, 2.3.4.2, e Tabela 2.13).



Figura 2.3.4.1 - Detalhe do tubo (Fonte: Tigre e Rib loc)

No Brasil são confeccionados pela Tigre, diâmetros de 300 a 1200mm, e, em outros países, de 150 a 3000mm. São especificados de acordo com a altura da coluna, que varia até 13 metros.

Tabela 2.13 - Diâmetros comerciais (Fonte: Tigre S.A.)

Diâmetro (mm)	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.100	1.200
Peso (kg/m)	3,5	4,60	7,2	8,6	14,8	16,8	29,1	32,2	35,4	38,6



Figura 2.3.4.2 - Detalhe do tubo (Fonte: Tigre S.A.)

2.3.5. Plástico reciclável

Em 1995, foi lançado no mercado um novo conceito de fôrmas, o de plástico reciclável. A sua confecção se dá por máquina injetora, isto é, a partir de um molde. Se injeta na máquina resíduos de plásticos, à alta temperatura, sendo o resultado final placas modulares que vão compor o sistema de fôrmas. A utilização de resíduos plásticos é muito importante hoje, pois sabemos que existem muitos componentes de plásticos utilizados no nosso cotidiano, e que são desperdiçados, e não aproveitados após o uso. Para a ecologia, esse sistema veio somar, pois retira do ecossistema um meio poluente que se degrada lentamente ao longo do tempo.

Essas placas são confeccionadas a partir de módulos de 5cm em 5cm, formando peças retangulares ou quadradas. Exemplo: 10x20; 15x25; 10x10 e 30x30cm, entre outros. Cada placa é formada por encaixes tipo macho e fêmea (ranhura) e por furos para serem ligados por chavetas (Figuras 2.3.5.1, 2.3.5.2, 2.3.5.3, 2.3.5.4 e 2.3.5.5).

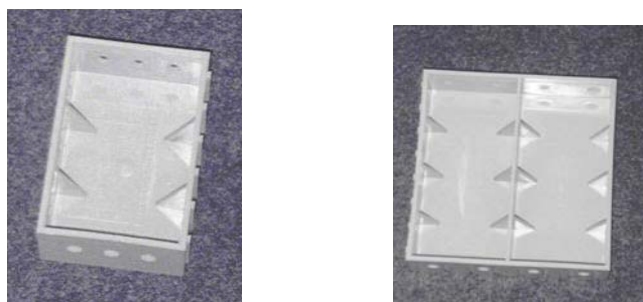


Figura 2.3.5.1 - Detalhe das placas (Madenor). Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

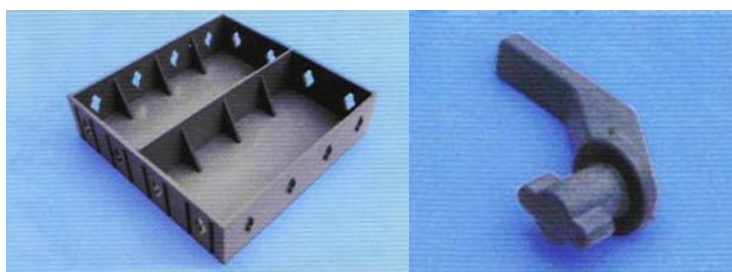


Figura 2.3.5.2 - Detalhe da placa e chaveta para fixação (Fonte: Betonform).

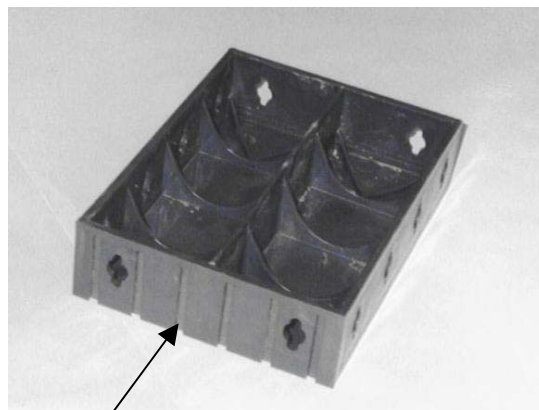


Figura 2.3.5.3 - Detalhe da "rainhura" para encaixe de outra placa e furo para colocar chaveta (Fonte: Betonform).

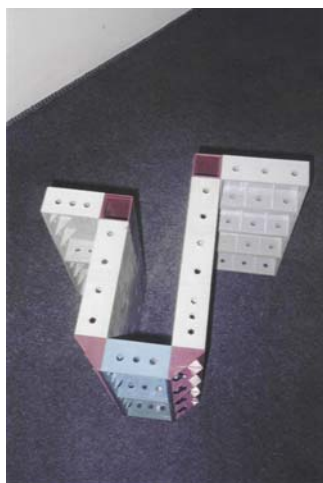


Figura 2.3.5.4 - Detalhe da composição das placas formando painel de viga (Madenor).
Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.



Figura 2.3.5.5 - Detalhe da placa, cantoneira e chaveta para fixação (Fonte: Betonform).

No 44º Congresso Brasileiro do Concreto (2002) em Belo Horizonte, MG, foi apresentado um trabalho sobre a aplicação de fôrmas estruturadas para paredes em concreto armado travados por perfis de chapa dobrada e barra de ancoragem, da empresa Betonform, realizados por BATISTA et al (2002), constando ensaios, e conclusões a respeito deste material.

Foram extraídos três corpos-de-prova para a realização dos ensaios, cujas dimensões tinham quinze centímetros de largura por um metro de comprimento. Os ensaios foram realizados de duas maneiras, o primeiro com os apoios fora das ligações entre painéis e o segundo com os apoios dos painéis na ligação. Foram testadas ligações feitas apenas por ranhuras (encaixe entre painéis), e outro considerando-se o reforço das ligações através de grampos plásticos.

Na Figura 2.3.5.6, verifica-se o procedimento para a realização dos ensaios de flexão. Para a medida dos deslocamentos foram utilizados relógios comparadores, no meio do vão entre apoios, que tinham a precisão de centésimos de mm. Os resultados médios obtidos nos ensaios podem se vistos na Tabela 2.14 e na Figura 2.3.5.7, são apresentados esses resultados graficamente.

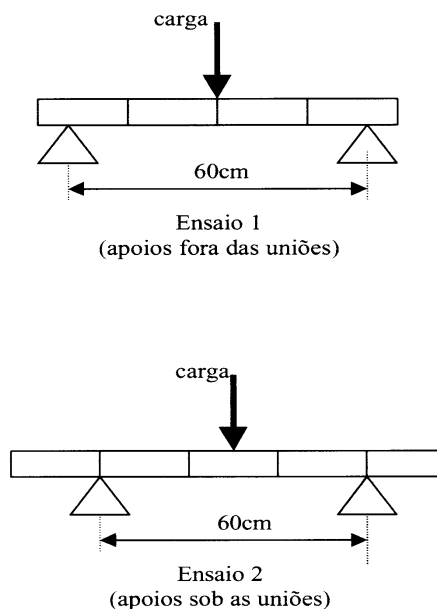


Figura 2.3.5.6 - Tipos de ensaio realizado.

Tabela 2.14 - Resultado de carga x deslocamento.

CARGA (daN)	DESLOCAMENTO VERTICAL (mm)			
	Ensaio 1	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 2
	s/grampo	c/grampo	s/grampo	c/grampo
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	0,05	0,06	0,08	0,05
1,0	0,17	0,14	0,17	0,14
2,0	0,38	0,31	0,32	0,31
5,0	0,98	0,92	0,88	0,93
7,0	1,47	1,37	1,32	1,24
10,0	2,00	2,09	1,76	2,01
12,0	2,45	2,60	2,29	2,43
15,0	3,18	3,24	2,91	3,13
17,0	3,68	3,70	3,25	3,33
20,0	4,22	4,39	3,91	3,91

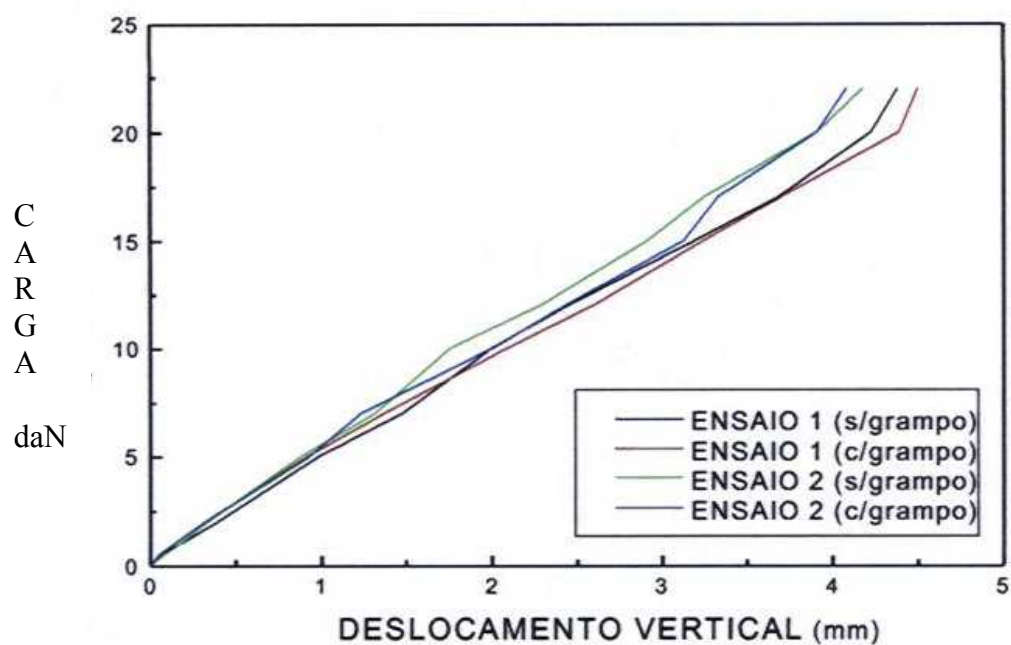


Figura 2.3.5.7 - Resultado carga x deslocamento.

A carga de ruptura média dos modelos foi de 53 daN e o deslocamento médio máximo ocorrido, de 20mm. O momento da ruptura de um dos modelos pode ser visto na Figura 2.3.5.8, enquanto que, na Figura 2.3.5.9, é mostrado um corpo-de-prova após o ensaio. Notou-se através dos ensaios realizados que geralmente a ruptura do modelo se dá nas ligações ou próximo a estas.

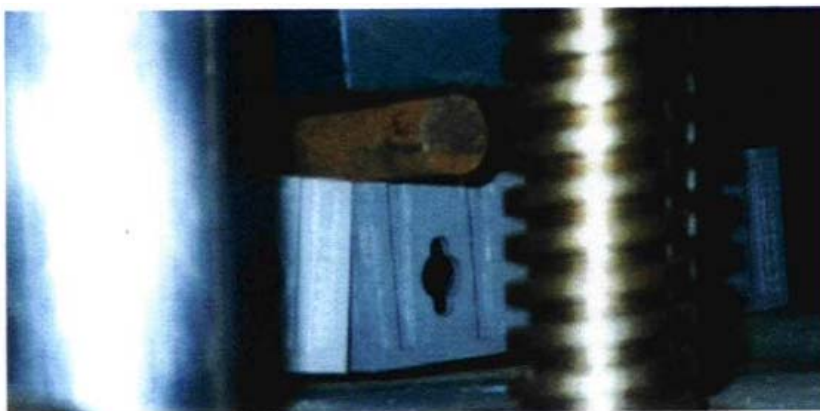


Figura 2.3.5.8 - Momento da ruptura do painel.



Figura 2.3.5.9 - As placas após o ensaio.

Considerando-se a seção transversal dos painéis avaliados nos ensaios de flexão mostrado na FIGURA Nº 2.3.5.10, foi determinado o momento de inércia no seu eixo horizontal em relação ao baricentro, que vale $I_x = 25,67\text{cm}^4$.

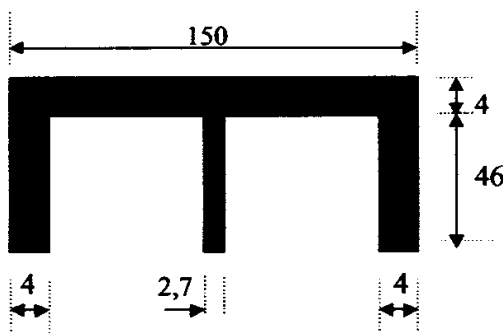


Figura 2.3.5.10 - Seção transversal da placa.

Através da Resistência dos Materiais e o esquema estático para a carga concentrada no meio do vão, e desprezando-se o efeito da cortante, o módulo de elasticidade da peça pode ser calculado através da expressão:

$$E = \frac{PL^3}{48If} \quad (1)$$

onde:

E= módulo de elasticidade;

P = carga aplicada;

L = vão entre apoios;

I = momento de inércia da seção transversal;

f = deslocamento vertical encontrado, correspondente à carga P.

Considerando-se a equação (1), e os resultados experimentais de flexão, é possível determinar-se o módulo de elasticidade em função do acréscimo de carga aplicado ao modelo ensaiado e que servirá de referência para o dimensionamento das fôrmas.

Para a definição do módulo de elasticidade da peça é necessário definir o nível de tensões a que este está sujeito. Dessa maneira, o módulo de elasticidade é aquele tangente ao ponto desejado na relação tensão deformação.

Através da expressão (1), da Figura 2.3.5.10 e dos resultados médios da Tabela 2.14 é possível construir-se o gráfico mostrado na Figura 2.3.5.11, onde se relaciona o módulo de elasticidade em função do aumento da carga na peça:

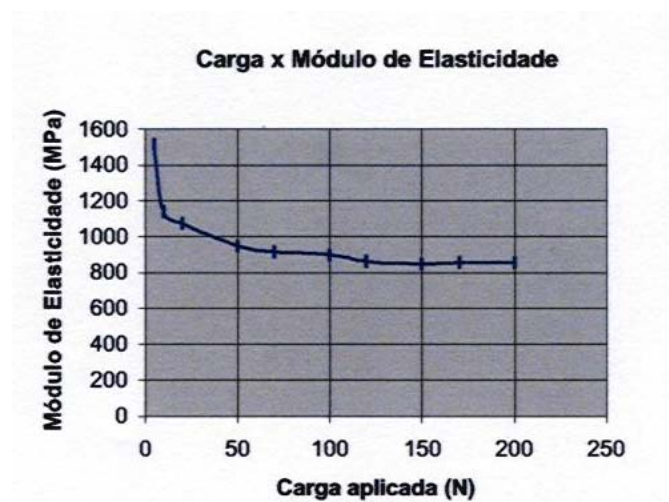


Figura 2.3.5.11 - Variação do Módulo de Elasticidade experimental em função da carga.

Os resultados obtidos estão na Tabela 2.15, que se referem aos valores plotados na Figura 2.3.5.11. Por ser material plástico, o módulo de elasticidade varia em função do carregamento aplicado.

Tabela 2.15 Carga x Módulo de Elasticidade médios.

Carga (N)	Deslocamento médio (mm)	Módulo de Elasticidade (MPa)
5	0,06	1516,2
10	0,15	1142,1
20	0,33	1070,5
50	0,93	946,8
70	1,35	912,8
100	1,97	896,2
120	2,44	863,3
150	3,12	845,8
170	3,48	857,1
200	4,11	856,0

Considerando-se a NBR6118 (2001), a flecha máxima não deve ser superior a $L/500$ para estruturas simplesmente apoiadas, em concreto armado. Através dos resultados da Tabela 2.15 e da Figura 2.3.5.6, pode-se afirmar que o módulo de elasticidade tangente para esse limite é de 890 MPa. Esse parâmetro pode ser considerado no dimensionamento dos projetos de fôrmas segundo os ensaios realizados e conforme as amostras fornecidas. Os experimentos também indicam que a tensão de ruptura do material, considerando as tensões de flexão, equivalem a 11,34 MPa.

Algumas das conclusões tiradas pelos autores do trabalho sobre as placas para fôrmas:

1. É possível a aplicação das fôrmas plásticas em substituição às fôrmas de madeira;
2. Apresentam custo muito competitivo;
3. Grande durabilidade;
4. Excelente estanqueidade;
5. Módulo de elasticidade baixo e boa inércia;
6. Extremamente leves;
7. Não necessitam da aplicação de desmoldante, embora seja recomendado para a preservação das fôrmas limpas ao desfôrmar;
8. Boa capacidade ao impacto;
9. Não apresentam deformações inaceitáveis após as desfôrmas;
10. O material é totalmente reciclado, gerando grandes benefícios ecológicos;
11. O painel plástico estruturado tem peso de 10 kg/m^2 ;
12. Devem ser utilizados em obras consideradas leves como os edifícios residenciais, pequenas indústrias ou estabelecimentos comerciais, etc.;
13. Os painéis são facilmente furados para a fixação de inserts hidráulicos e elétricos;
14. Apresentam boa qualidade à superfície final ao concreto.

As placas que compõem as fôrmas de plástico analisadas neste trabalho são bem competitivos sob o aspecto técnico e econômico.

2.4. OSB (Oriented Strand Board)

A utilização de painéis estruturais é muito significativa na América do Norte e Europa, devido à sua evolução tecnológica, vem substituindo materiais tradicionalmente empregados na construção civil, como concreto, aço e, até mesmo o compensado. A utilização destes painéis possuem vantagens de cunhos econômicos e ecológicos, pois sua produção apresenta um consumo energético relativamente baixo, constituindo-se de um material orgânico biodegradável proveniente de um recurso natural renovável, são peças chave na produção. A qualidade da matéria-prima, geração dos "*strands*", secagem, mistura dos componentes para a formação do colchão, formação do colchão e, prensagem à quente.

Formado por camadas de micro-lâminas sobrepostas, o painel de OSB tem as micro-lâminas das camadas intermediárias direcionadas em sentido oblíquo às das camadas subseqüentes. A mudança na orientação das micro-lâminas e seu entrelaçamento, somada à consistência das fibras da madeira e à aplicação de resinas à prova d'água são os fatores responsáveis pela rigidez, resistência interna e resistência à umidade que caracterizam o material (Figura 2.4.1).

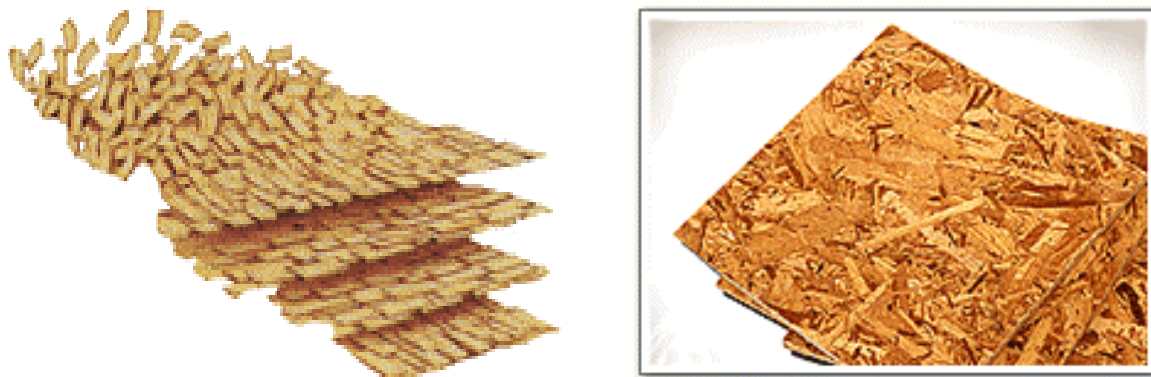


Figura2.4.1 - Chapa de partículas orientadas (OSB). Fonte: Masisa

Uma das vantagens reside na utilização de árvores de baixo valor comercial, combinada à aplicação de alta tecnologia de produção. Resinas especiais e técnicas de prensagem evitam a

delaminação (separação das camadas da placa) e a existência de falhas ou orifícios nas chapas. Cerca de 90% do tronco é aproveitado.

Segundo ALBUQUERQUE e MENDES (2002), as chapas são produzidas a partir de partículas de madeira tipo "*strand*", com a incorporação de resina à prova d'água e parafina, orientados numa determinada direção durante o processo de formação do colchão, e consolidados através de prensagem a quente. A geometria das partículas "*strand*", a sua orientação, e formação em três camadas (superfície - camada interna - superfície), confere às chapas de OSB maior resistência mecânica (flexão estática) e melhor estabilidade dimensional (Figura 2.4.2).

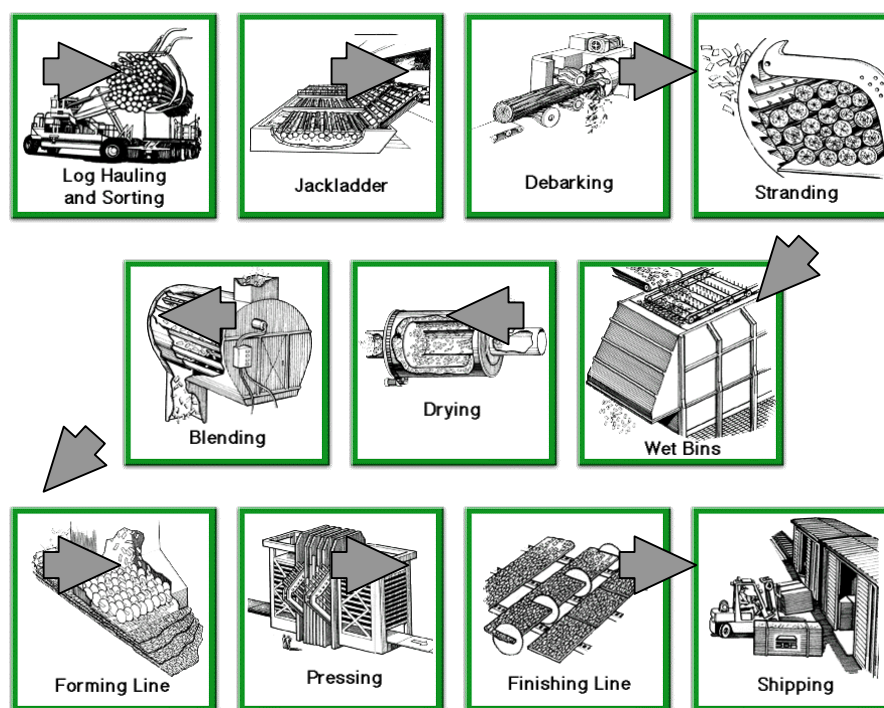


Figura 2.4.2 – Esquema do processo de fabricação de OSB.

Fonte: Structural Board Association (1996).

Os parâmetros mais importantes no controle do processo são: densidade da madeira e da chapa; geometria das partículas e sua orientação; proporção da orientação de partículas em camadas face - centro da chapa; conteúdo da umidade do colchão; quantidade de resina e parafina; tempo de fechamento da prensa; tempo e temperatura de prensagem.

A relação entre a densidade da chapa e a densidade da madeira, denominada de razão de compactação, exerce um efeito marcante nas propriedades dos painéis particulados, tendo em vista o processo de densificação do material, para consolidação do painel até a espessura final. A utilização de madeiras de baixa densidade resulta em chapas de alta razão de compactação e maior área de contato entre as partículas, resultando em melhores propriedades de flexão estática e ligação interna. No Canadá, as indústrias produzem chapas OSB com densidade na faixa de 0,63 a 0,67 g/cm³.

O comprimento e a largura das partículas é um dos parâmetros que controla o seu grau de orientação na formação das chapas. As partículas do tipo "*strand*"(lascas de madeira) proporcionam melhor orientação que partículas do tipo "*sliver*" ou "*flake*". A relação entre o comprimento e a largura das partículas deve ser de, no mínimo, três, para proporcionar boa orientação das partículas do painel.

Com relação à direção de orientação das partículas nas camadas superficiais e no centro do painel, a proporção ideal é na faixa de 40:60 a 60:40, baseado na porcentagem de peso seco das partículas.

O conteúdo da umidade do colchão depende diretamente da umidade das partículas e do teor de sólidos da resina. A quantidade da umidade, e sua distribuição através da espessura do colchão, contribui não somente no tempo da prensagem, mas também no desenvolvimento do gradiente vertical de densidade e influenciará diretamente nas propriedades de flexão estática e ligação interna. As indústrias do Canadá utilizam conteúdo de umidade do colchão de 6 a 8 % para a superfície e de 4 a 6 % para a camada interna.

A quantidade de resina fenol-formaldeído e parafina, na produção de chapas OSB, pode variar de 3,0 a 6,0% e de 0,5 a 1,5% respectivamente, em base peso seco das partículas. Quantidades maiores de parafina resultam em redução na resistência mecânica da chapa.

A temperatura de prensagem está condicionada à temperatura necessária para a cura da resina e, portanto, depende do tipo de resina. O tempo de prensagem deve ser suficiente para que

o centro da chapa atinja a temperatura necessária para a cura da resina, e exercerá influências sobre as propriedades da chapa, controle da espessura, qualidade da superfície, durabilidade da cola e pré-cura. O tempo de fechamento da prensa depende da pressão aplicada e da umidade da superfície do colchão. Com menor tempo de fechamento da prensa, o gradiente vertical da densidade será maior, ou seja, as camadas superficiais do painel serão mais densificadas em relação ao centro, e o resultado será a formação de chapas com maior resistência à flexão estática, porém, com menor ligação interna. As indústrias no Canadá utilizam temperatura de prensagem de 200 a 220° C, e tempo de prensagem de 3 a 6 minutos, dependendo da espessura do painel.

O OSB pode ser empregado para quase todos os usos de chapas de partículas e compensados. Atualmente, os usos são (JANSSENS, 1998): forro para telhados; base para paredes e pisos em construções residenciais; embalagens e *pallets* (Figura 2.4.3) para estocagem a seco; painéis de paredes decorativas; miolo para composto destinado a piso de madeira nobres; piso acabado; construção de depósitos e tanques; tapumes e divisórias; fôrmas descartáveis para concreto; decks e plataformas; chalés rústicos; janelas; alma para vigas em I; painéis de apoio estrutural; painéis estruturais isolantes (miolo de espuma); garagens; entre outros.



Figura 2.4.3 Embalagens e pallets em OSB (Fonte: Mendes).

Segundo CLOUTIER (1998), OSB é principalmente usado como telhado, parede e base para pisos. É considerado pelas normas de construção Canadenses e Americanas como material equivalente ao compensado em aplicações estruturais, e está substituindo o compensado em tais aplicações.

Duas normas da Canadian Standards Association (CSA) é usado correntemente para o OSB no Canadá: CSA O437.0 (Tabela 2.16) e CSA O325.0. Outra norma similar a CSA O325.0 é usada nos EUA: US PS 2-92. Os dados da Tabela 2.17 foram fornecidos pela MASISA e são utilizados no Brasil.

As propriedades mínimas de flexão são definidas no sentido paralelo e perpendicular ao comprimento das chapas. A grande diferença entre as duas direções para as categorias O-1 e O-2 são devido à orientação das partículas na chapa. Deve ser ressaltado que as propriedades de flexão, obtidas no sentido paralelo ao comprimento das chapas, são superiores àquelas definidas para a categoria R-1, em que as partículas são dispostas de forma aleatória na chapa. As chapas OSB apresentam uma marca de classificação autorizada por uma agência certificadora.

Tabela 2.16 - Propriedades físicas e mecânicas do OSB definido na norma CSA O437.0

Propriedades	*O-2	*O-1	**R-1
Chapa seca pronta para expedição:			
• modulo de ruptura paralelo (daN/cm ²)	290	234	172
• modulo de ruptura perpendicular (daN/cm ²)	124	96	172
• modulo de elasticidade paralelo (daN/cm ²)	55000	45000	31000
• modulo de elasticidade perpendicular (daN /cm ²)	15000	13000	31000
• Ligação interna (daN/cm ²)	3,45	3,45	3,45
Após exposição à umidade:			
• modulo de ruptura paralelo (daN/cm ²) (após duas horas de fervura em água)	145	117	86
• modulo de ruptura perpendicular (daN/cm ²) (após duas horas de fervura em água)	62	48	86
• aumento em espessura após duas horas de imersão em água:			
➤ espessura abaixo de 12,7 mm	15 %	15 %	15 %
➤ espessura acima de 12,7 mm	10 %	10 %	10 %
• Expansão linear (estado seco em estufa a saturado)			
➤ paralelo	0,35 %	0,35 %	0,40 %
➤ perpendicular	0,50 %	0,50 %	0,40 %

Fonte : Adaptado da CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (1993)

*Categoria O: orientado (OSB); **Categoria R: aleatório (Waferboard).

Tabela 2.17 - Propriedades físicas e mecânicas (Fonte: Egger - Fabricante alemão de OSB)

Propriedade	Metodologia	6 a 10mm	11 a 18mm	19 a 25mm	26 a 40mm
Variação espessura	EN 324 - 1		±0,3 mm		
Variação Larg.x Compr.			±0,2 mm		
Retilidade	EN 324 -2		1,5mm/m		
Tolerância esquadro	EN 324 -2		2mm/m		
Densidade	EN 323	640+/-40 kg/m ²	640+/-40 kg/m ²		
Umidade	EN 322		9+/-4%		
Flexão Maior eixo Menor eixo	EN 310	28 N/mm ² 15 N/mm ²	28 N/mm ² 15 N/mm ²	26 N/mm ² 14 N/mm ²	26 N/mm ² 14 N/mm ²
Mód. elastic. Maior eixo Menor eixo	EN 310		4800 N/mm ² 1900 N/mm ²		
Tração	EN 319	0,34 N/mm ²	0,32 N/mm ²	0,30 N/mm ²	0,30 N/mm ²
Inchamento (24 horas)	EN 317		12%		
Teor formaldeído	EN120	E1(<8mg/100g atro)			

O painel OSB é produzido em várias faixas de espessuras: a espessura mínima padrão é de 6mm, e a máxima de 38mm. Contudo, as espessuras mais comuns são 9,5 mm, 11mm, 12mm, 15mm e 18mm. Espessuras de 15mm ou maiores podem ser fabricadas com bordas quadradas ou perfis macho e fêmea.

No Brasil, a fabricação começou em 2000, pela empresa MASISA, no Paraná.

2.5. Papelão

A Dimibu, indústria brasileira fabricante de tubos especiais de papel, vem ao longo dos anos investindo em tecnologia para colocar no mercado produtos de boa qualidade. A partir de 1978, vem desenvolvendo tubos de papelão, com papéis de diferentes gramaturas e composição única de colas e resinas. Fabricados em papel Kraft e semi-Kraft, os concretubos são enrolados no sistema espiral, com cobertura de papel impermeável para não danificar a estrutura do tubo e dispõem de uma camada de papel não aderente ao cimento (Figura 2.5.1). Com as mesmas características, mas com as extremidades tampadas também servem para caixão perdido (Figura 2.5.2), muito utilizado no enchimento de lajes de obras comerciais e residenciais. Não exige manutenção especial, são facilmente armazenados e transportados. Não absorvem água e nem deixam escapar a nata do concreto, utilizam o mínimo possível de mão-de-obra e não necessita de contraventamento. Têm fácil colocação e desfôrma. O concretubo é feito nos diâmetros de 100 a 1000 mm e espessuras variáveis de 3 a 8,5 mm (Tabelas 2.18 e 2.19).

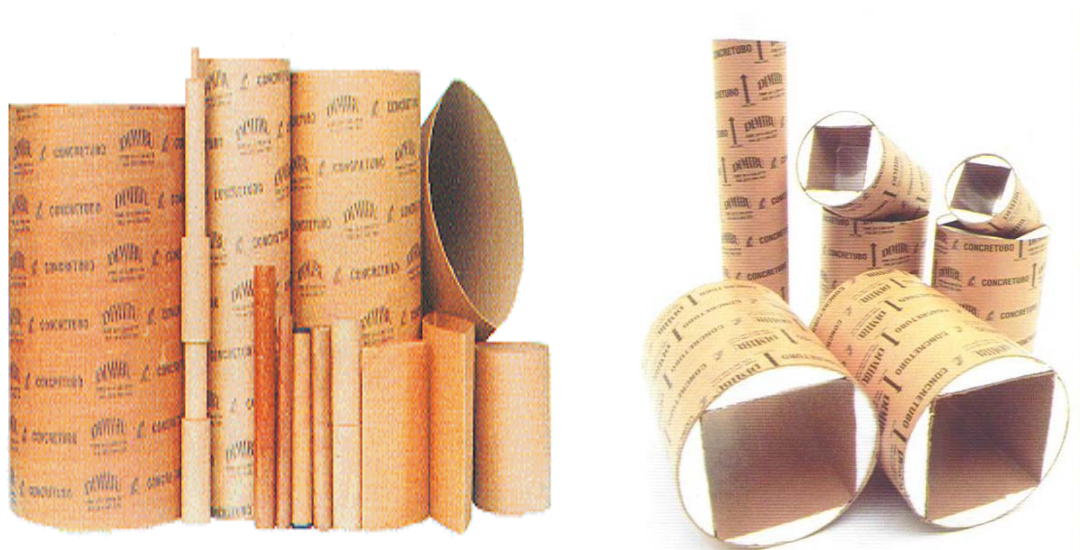


Figura 2.5.1 - Detalhe do concretubo (Fonte: Dimibu).



Figura 2.5.2 - Detalhe do concretubo para caixão perdido (Fonte: Dimibu).

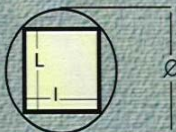
Tabela 2.18 - Diâmetro para colunas circulares (Fonte: Dimibu).

Diâmetro interno (mm)	Peso por metro linear (kg)
100	1,000
150	1,400
200	1,850
250	2,400
300	3,200
350	3,800
400	4,400
450	4,950
500	6,500
550	7,150
600	8,350
650	9,200
700	10,700
750	11,500
800	13,000
850	13,800
900	14,600
950	15,400
1.000	18,000

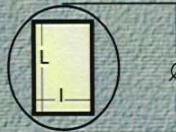
Altura de acordo com a necessidade da obra.

Tabela 2.19 - Diâmetro para colunas retangulares e hexagonais (Fonte: Dimibu).

O Concretubo Multiforma pode ser encontrado em nosso mercado nas seguintes formas:

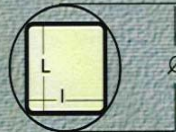


QUADRADA (ângulos vivos)				
Ø (mm)	206	283	353	423
l (cm)	15x15	20x20	25x25	30x30

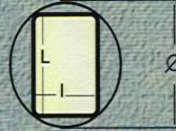


RETANGULAR (ângulos vivos)						
Ø (mm)	250	450	500	550	550	650
lxL (cm)	15x20	20x40	20x45	20x49	30x45	25x60

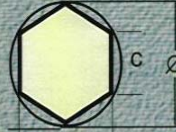
- As fôrmas retangulares poderão ser produzidas somente sob encomenda.
- A altura limite de cada fôrma é de 3500mm (3,5 metros).
- Assim como as quadradas, fôrmas que possuam outros formatos serão introduzidas em nossa linha de produtos de acordo com a evolução dos mercados.
- Produção dos formatos e medidas abaixo somente sob consulta.



QUADRADO (ângulos arredondados)									
Ø (mm)	260	300	320	400	450	500	600	650	800
l (cm)	20x20	22x22	25x25	30x30	35x35	40x40	45x45	50x50	60x60



RETANGULAR (ângulos arredondados)								
Ø (mm)	300	320	350	400	450	450	500	500
lxL (cm)	20X25	20x30	25x30	30x35	25X40	30X40	30X45	30X50
Ø (mm)	550	550	600	650	650	700	700	
lxL (cm)	35x50	40x45	40x50	30x60	35x60	40x60	50X60	



PERFIL HEXAGONAL							
Ø (mm)	200	300	400	500	600	700	800
C (cm)	100	150	200	250	300	350	400
F (mm)	173	260	346	433	520	606	693

2.6. ACESSÓRIOS

Os equipamentos mais utilizados no sistema são: pregos, tensores, barras de ancoragem (tirantes), distanciadores, entre outros.

2.6.1. Pregos

CRISTIANI (1995) diz que, para a confecção de fôrmas, os pregos podem ser utilizados sem pré-furação desde que respeitem os critérios da NBR7190/1995 - capítulo 7, item 7.3.2: "Em estruturas provisórias, admite-se o emprego de ligações sem a pré-furação da madeira, que permitam a penetração dos pregos com diâmetro "d" não maior que 1/6 da espessura da madeira mais delgada, e com espaçamento mínimo de 10d. Entretanto, na prática, a preferência recai apenas nas bitolas de nomenclatura comercial 15x15, 18x27 e 18x30. A designação do prego é expressa pela bitola a x b onde o número "a" exprime o número da fieira (número de passagens na matriz de trefilação para a obtenção do arame), sendo que em nosso país, a numeração da fieira está relacionada com o diâmetro em milímetros. Para transformação da fieira em "mm", basta multiplicá-la por aproximadamente 0,2. O número "b", por sua vez, significa o comprimento compatível com a esbeltez necessária para absorver as marteladas. As suas características se descrevem na Tabela 2.20 e nas Figuras 2.6.1.3a e 2.6.3.1b, pregos com cabeça, cabeça dupla e pregos em rolo. As especificações são da NBR 6627/1981.

Tabela 2.20 - Bitolas de pregos usuais (Fonte: SET 613 - Carlito C. Jr. et al).

Bitola comercial	Bitola (mm)	
	D	L
15 x 15	2,4	34
18 x 27	3,4	62
18 x 30	3,4	69

Uma outra solução, segundo CALIL JÚNIOR et al (2000), seria a utilização de pregos com 2 cabeças (Figura 2.6.1.2).

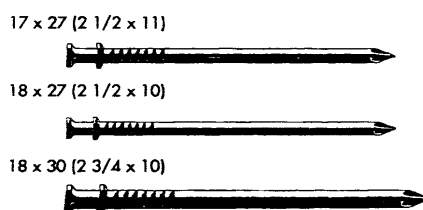
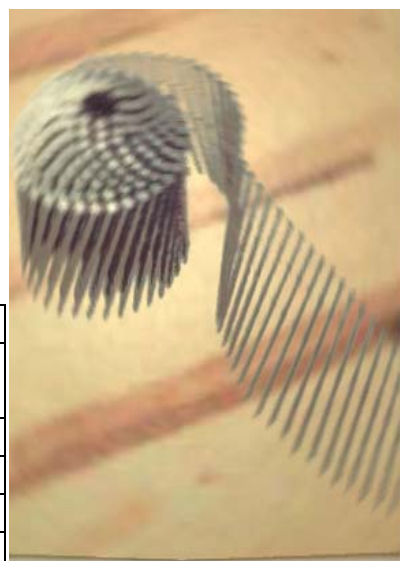
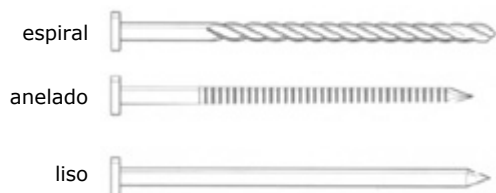


Figura 2.6.1.2. - Algumas dimensões de pregos de cabeça dupla
(Fonte: SET 613 - Carlito C. JR. et al).

Prego com cabeça	
Aplicações	Características
Montagem de fôrmas para concreto; Construção de casas; Confecção de estruturas (madeira); Pallets; Embarcações de madeira; Decoração; Móveis; Forros; Tapumes.	Matéria-prima: Arame para pregos. Cabeça: Cônica Axadrezada (D) = 1,8 diâmetro conforme EP. Ponta: Tipo diamante - com ângulo de 55 graus no máximo. Comprimento: Tolerância no comprimento conforme EP. Acabamento: Polido / Galvanizado eletrolítico (a partir de 12x12).
Cabeça Dupla	
Ideal para montagem de estruturas de madeiras temporárias, como fôrmas para concreto e andaimes. Sua dupla cabeça torna muito mais fácil o arranque, evitando danos à madeira.	Matéria-prima: Arame para pregos. Cabeça: Cônica Axadrezada (distância entre cabeças: 5mm). Corpo: Liso. Ponta: Tipo diamante. Acabamento: Polido. Medidas: 18x27(2 1/2 x 10); 17x27(2 1/2x11); 18x30(2 3/4x10).

Figura 2.6.1.3a - Tipos de pregos comerciais (Fonte: Cofer).



MEDIDAS POR PREGO		
DIÂMETRO mm	COMPRIMENTO mm	PREGOS POR ROLO
2,10	25 a 50	350
2,30	35 a 50	300
2,50	42 a 62	300
2,80	42 a 80	250
3,10	62 a 90	250



Figura 2.6.1.3b - Tipos de "pregos por rolo" usados em martelo pneumático para confecção de fôrmas (Fonte: Cofer).

2.6.2. Tensores e Barras de Ancoragem (Tirantes)

Para o travamento das fôrmas, em geral, são utilizados tensores. Os tensores, barras de ancoragem ou tirantes são utilizados para conectar fôrmas de pilares e vigas, suportando as pressões do concreto fresco. Empregam-se vergalhões de aço com partes soldadas, roscas e porcas ou acessórios especiais. Alguns tensores utilizados podem ser perdidos, sendo cortados junto à superfície do pilar quando desformados, outros podem ser removidos completamente para nova reutilização. As barras dos tensores podem variar de 3/16" a 5/8". Nestes casos, deve-se

considerar a seção utilizada e a tensão admissível compatível com o tipo de aço empregado, conforme as normas. É de interesse certificar os valores a considerar, tal como carga admissível, junto ao fabricante.

Os tensores (ou castanhas) são fabricados de ferro com liga modular. São utilizados para travamento de pilares, vigas e cortinas, especificado para tracionamento de ferro de 6mm CA24. Capacidade de carga e escoramento de 700 daN. Peso: 0,495 kg. O esticador (alavanca) é fabricado em aço STD 1046, usado como ferramenta para tracionamento do tirante e fixação do tensor. Peso: 3,10 kg. (Figura 2.6.2.1).



Figura 2.6.2.1 - Detalhe do tensor e esticador (Fonte: Etena's) .

As barras de ancoragem (tirantes) são fabricadas em aço STD 1045, rosca com 3 fios por polegada e espessura de 16mm. Empregado em diversas estruturas como plataformas suspensas, suporte de bandeja, travamento de fôrmas, etc. Peso da barra: 1,80 kg/m e peso da porca: 0,50 kg por unidade (Figuras 2.6.2.2 e 2.6.2.3).



Figura 2.6.2.2 - 1.1) Barra com chapa fixa 100x100mm, espessura de 6mm e uma extremidade e porca TF na outra.

1.2) Porca TF nas duas extremidades (Fonte:Etena's).

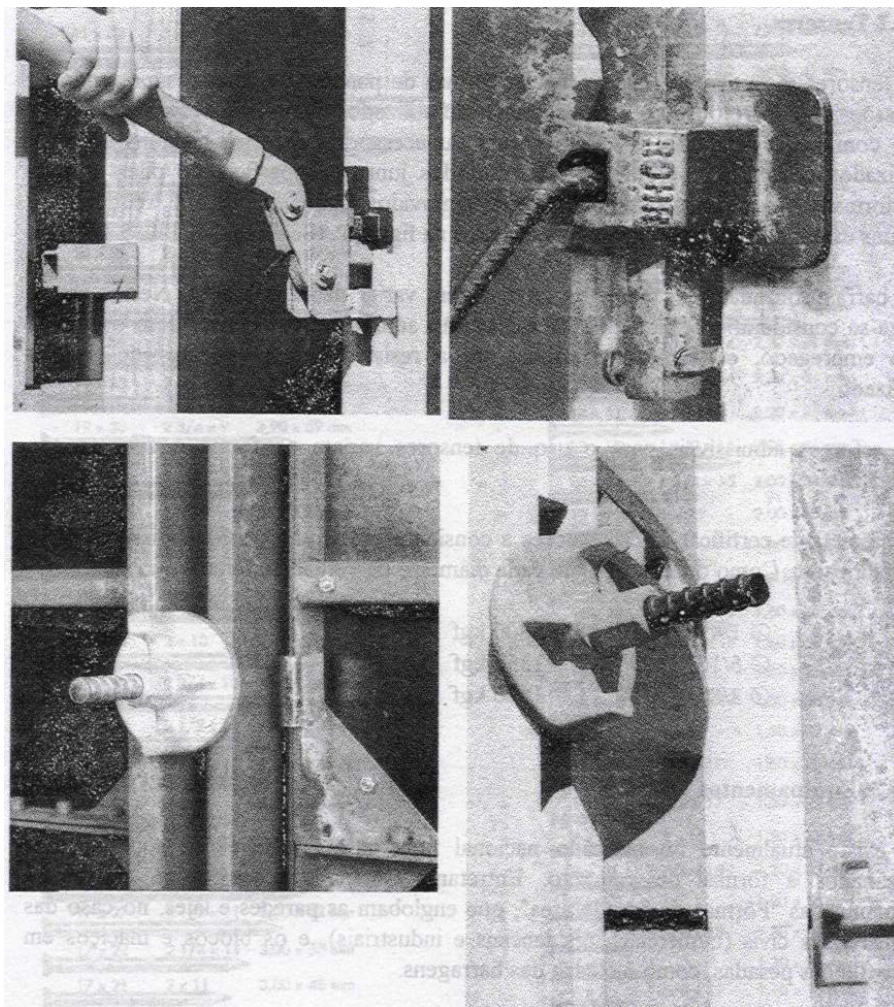


Figura 2.6.2.3 - Manuseio do tensor, esticador e barra de ancoragem (Fonte: Set 613 - Carlito C. JR. et al).

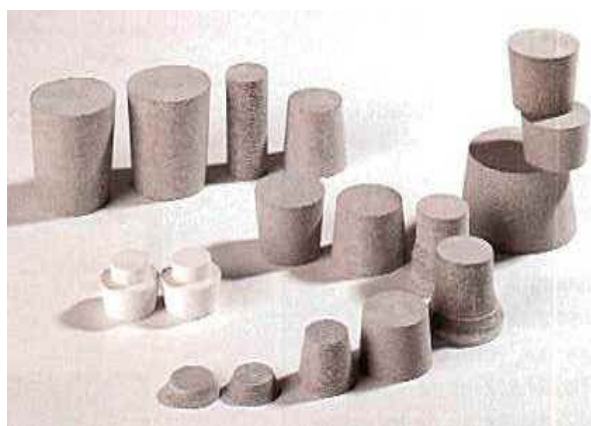
2.6.3. Distanciadores de fôrmas de concreto

A função dos distanciadores é dar espaço homogêneo entre a fôrma, concreto e ferragens na hora da concretagem, servindo também para não formar espaços vazios (bicheiras), ferragem exposta, tubo de passagem e tampão para barra de ancoragem ou ferro (Figuras 2.6.3.1, 2.6.3.2 e 2.6.3.3)

É fabricado de concreto e fibras poliméricas em conformidade com DIN 1045 (Concreto), DIN 18216 (Ancoragem de fôrmas para sistemas de concreto) e com DIN 4102 (Resistência ao fogo de paredes).



(a)



(b)

Figura 2.6.3.1 - (a)Tipos de distanciadores e (b)tampões
(Fonte: www.systembau.org/enconfrad3.htm).

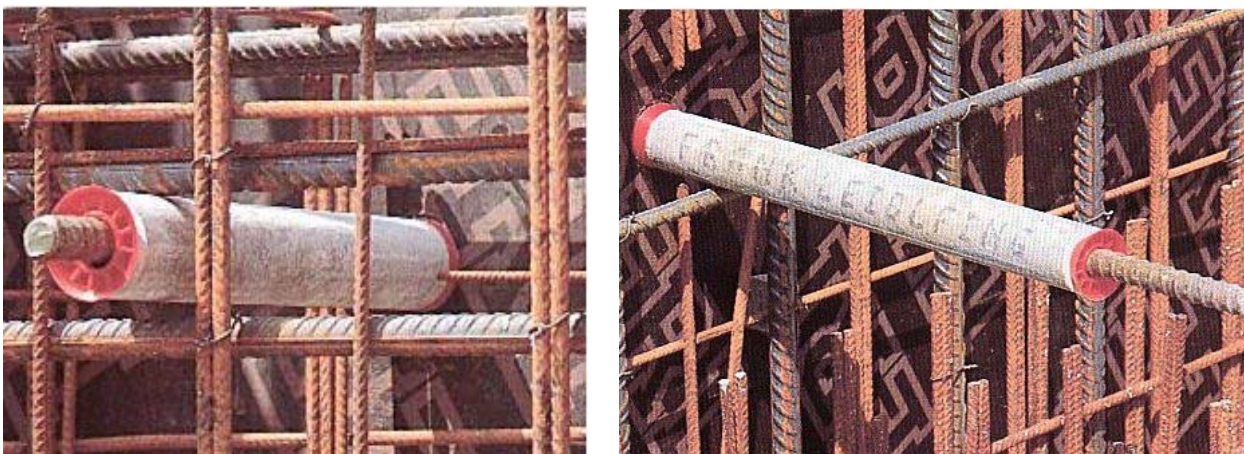


Figura 2.6.3.2 - Detalhe do distanciador entre as ferragens e barra de ancoragem.
(Fonte: www.systembau.org/enconfrad3.htm).

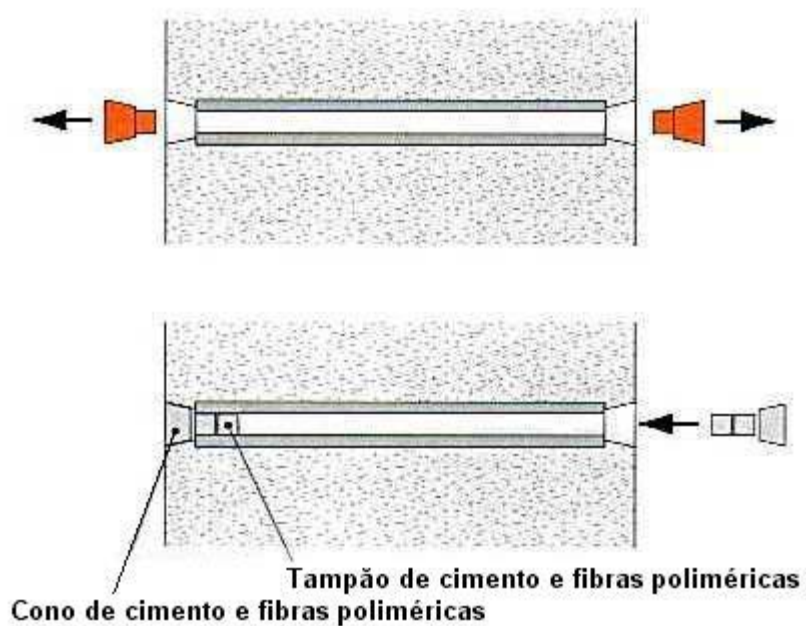


Figura 2.6.3.3 - Os cones de concreto e fibras poliméricas permitem deixar uma superfície do concreto sem orifícios após a retirada das barras de ancoragem e dos cones plásticos.
(Fonte: www.systembau.org/enconfrad3.htm).

3. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE FÔRMAS UTILIZADOS

3.1. HISTÓRICO

Desde o início do século XX no Brasil, o concreto armado é utilizado nas construções de edificações, desde as mais simples do tipo habitacional até as mais complexas obras, todas estruturadas neste material. Numa obra, além do concreto e aço, é necessário um conjunto de elementos que devem sustentar o concreto fresco, denominamos a este conjunto como Sistema de Fôrmas.

O BOLETIM TÉCNICO Nº 50 da Associação Brasileira de Cimento Portland (1943) diz que a execução de estruturas de concreto armado exige a confecção de fôrmas com dimensões internas exatamente iguais às das peças da estrutura projetada. Em geral, as fôrmas para estruturas de edifícios são executadas de acordo com a prática dos mestres de obra e supervisionadas pelos construtores. Quando efetuados pelo pessoal da obra, este procedimento tem ocasionado muita diversidade de critérios na utilização do material; em algumas obras ocorre o excesso, e em outras, há deficiência, acarretando prejuízo à resistência das peças da estrutura, e conseqüente deformação das fôrmas (Figura 3.1.1).



Figura 3.1.1 - Fôrma realizada pelo pessoal de obra, onde se observa a aleatoriedade dos componentes, sem critérios definidos. (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

A uniformidade das espécies e dimensões das madeiras usadas, da nomenclatura e dimensões das peças que compõem as fôrmas, e tabelas de aplicação confiáveis, é vantajosa, pois facilita a fiscalização do consumo da madeira na obra (Figura 3.1.2).



Figura 3.1.2 - Sistema de fôrma industrializado, onde se observa a uniformidade e padronização do Sistema de Fôrmas. (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

Segundo REQUENA (1983), houve várias inovações como o texto alemão DER PRACKISHE ZIMMERER, editado em 1949, que apresentou inovações no sistema de fôrmas

eliminando o uso de gravatas pregadas e substituindo-o por gravatas parafusadas, facilitando, com isso, a desfôrma dos pilares. Também substituiu-se os caibros por peças roliças para suportar as fôrmas. Outro texto do mesmo ano, DER ZIMMERLEHRLING, introduz emendas em peças roliças de cimbramentos. Uma nova idéia publicada em 1962 pela PRACTICAL FORMWORK AND MOULD CONSTRUCTION (1962) mostra o sistema de fôrmas deslizantes de madeira, espaçadores plásticos e tirantes de aço, possibilitando o deslizamento das fôrmas para as novas posições a serem concretadas. E, em 1965, a publicação FORMWORK FOR MODERN STRUCTURES (1965) indica a utilização de chapas de madeira compensada. O grande interesse foi o de substituir o uso de pregos, por parafusos, e em modular o sistema de fôrmas através de grandes painéis de chapas de madeira compensada, unidos e enrijecidos por sarrafos.

No Brasil, algumas inovações foram adaptadas para o sistema, como modulação dos painéis, espaçadores plásticos, tirantes de aço (barras de ancoragem), chapas de compensado, entre outros. Segundo o consultor de fôrmas engenheiro PAULO TAKAHASHI* (2002), na década de 60 foi introduzido por Ueno o projeto de fôrmas. Nos meados de 1970 as Indústrias Madeirit começou a industrializar o sistema Ueno. Em 1983 a Prátika Indústria e Comércio de Fôrmas utiliza compensado de 18mm de espessura para a fabricação, deixando os painéis "lisos", ainda hoje (2003) utilizado. Nos anos 90 variações para a estruturação dos painéis, como o uso de pontaletes, sarrafos de cutelo nos painéis são produzidos para haver combinações com o escoramento e cimbramento metálico. Mas, para a emendas dos painéis e união de peças, o prego continua largamente empregado.

Conforme MARANHÃO (2000), as fôrmas de concreto devem apresentar resistência suficiente para suportar cargas provenientes de seu peso próprio, do peso e empuxo lateral do concreto, do adensamento, do trânsito de pessoas e equipamentos; rigidez suficiente para manter as dimensões e formas previstas no projeto estrutural. Sua estabilidade deve ser garantida utilizando-se suportes e contraventamentos. A pesquisa de HADIPRIONO e WANG (1986), que

(*) - realizou trabalhos de projetos e assistência técnica de fôrmas nas Indústrias Madeirit (1979 a 1981) e Prátika Ind. e Com. de Fôrmas Ltda.(1981 a 1996).

cobriu 85 casos de colapso em vários tipos de estruturas ocorridos entre 1963 a 1986, detectou que 49% aconteceram durante a etapa de concretagem, e 48% ocorreram em sistemas de escoramento tipo vertical, formados por escoras verticais de madeiras, ainda adotados na construção brasileira (Figura 3.1.3). Apesar das metodologias e conceitos, a grande responsabilidade cabe ao projetista, que irá assegurar se as fôrmas são adequadas. Uma análise minuciosa deve ser realizada em cada obra para a determinação das ações que serão aplicadas nas fôrmas, a seleção e escolha adequadas dos materiais que efetivarão a fôrma, garantindo a resistência para sustentar todo o carregamento.



Figura 3.1.3 - Colapso parcial do sistema de fôrmas. (Fonte: Zallen Engineering, 2002).

Numa composição de custos de uma estrutura, o item fôrmas, segundo ROCHA (1997), o custo é de 45%, enquanto que ALMEIDA e CRITIANI (1995) indicam que esse percentual pode variar de 33 a 60%, e MARANHÃO (2000), entre 40% a 60% do custo total da estrutura de concreto armado. O engenheiro PAULO ASSAHI (apud ROCHA, 1996), diz que em média 60% das horas gastas para moldar a estrutura são utilizadas para as fôrmas, 25% para lançamento e armação, e 15% para concretagem.

MARANHÃO (2000) afirma que a economia deve ser considerada inicialmente quando se estiver projetando a estrutura e continuar com o planejamento do sistema para a estrutura de

concreto. Economia envolve vários fatores, incluindo o custo dos materiais, o custo da mão de obra na fabricação, montagem e desmontagem das fôrmas, e o custo dos equipamentos requeridos para a fabricação das mesmas. Também inclui o número de reutilizações, a possibilidade de utilização em outras partes da obra e o tipo de superfície final do concreto após serem removidas. O gráfico da Figura 3.1.4 ilustra a participação das fôrmas no custo total de uma estrutura.

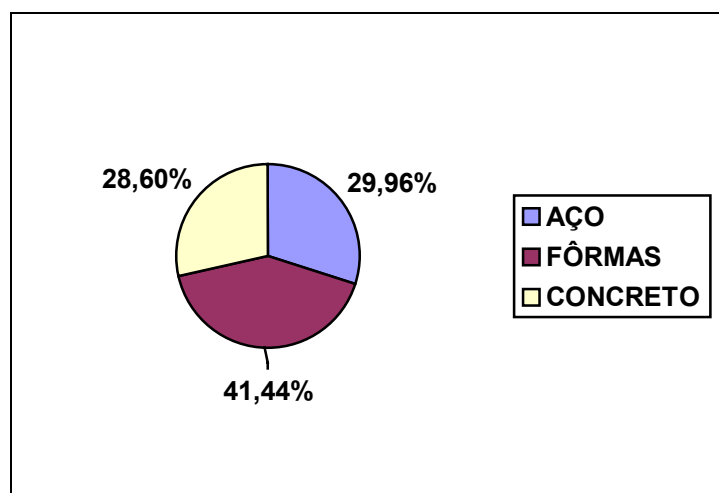


Figura 3.1.4 - Custo de uma estrutura de concreto armado
(Fonte: Revista Construção 2000).

As fôrmas têm sofrido inovações para a sua concepção, com novas tecnologias e materiais desenvolvidos em países mais industrializados. A madeira continua sendo largamente utilizada para a sua fabricação, embora alguns tipos de fôrmas empreguem outros tipos de materiais, como o aço (fôrma metálica). Novos materiais vem surgindo no mercado e passaram a ser alternativos às opções tradicionais, objeto desta dissertação. A grande mudança no passado recente ocorreu com a introdução das chapas de madeira compensada, em substituição à tábua de Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*), a partir de 1940 e início de 50.

A partir de 1960, com a redução da oferta de madeira para a fabricação das fôrmas, o custo destas passou a afetar significativamente o custo total da obra. Assim as tábuas utilizadas foram substituídas por chapas de madeira compensada. Atualmente, encontramos diversos sistemas que são baseadas em arranjos que utilizam compensado, plástico, OSB entre outros.

3.2. SISTEMAS DE FÔRMAS UTILIZADOS

3.2.1. Sistema ABCP (tradicional)

A Associação Brasileira de Cimento Portland em 1943 editou procedimentos para a aplicação de fôrmas de madeira serrada em construções de estrutura de concreto, devendo seguir os seguintes requisitos:

1. Ser executadas de acordo com as dimensões indicadas no projeto e ter a resistência necessária para não se deformarem sob a ação dos esforços que vão suportar, isto é, peso próprio, peso e pressão do concreto fresco, peso das armaduras e das cargas acidentais. Nas peças de grande vão, devem ter a sobre-elevação necessária para compensar a deformação inevitável sob a ação das cargas.
2. Ser estanques, condição de grande importância para não haver perda de cimento arrastada pela água. As tábuas devem ser bem alinhadas, e as fendas devem ser vedadas.
3. Devem ser construídas de tal maneira, que permitam a retirada, dos seus diversos elementos que as compõem, com facilidade. Para esse fim, o escoramento deve-se apoiar sobre cunhas, caixas de areia, ou dispositivos apropriados para a desfôrma.
4. Maior número de utilizações das mesmas peças.
5. Utilização de madeira aparelhada no caso do concreto ser aparentes.

Esse sistema utiliza diversas denominações que são descritas a seguir:

Painéis - Superfícies planas, de várias dimensões (Figura 3.2.1.1) , formadas de tábuas de 2,5 cm de espessura, ligadas por sarrafos de 2,5 x 10 cm, de 2,5 x 15 cm, ou por caibros de 7,5 x 7,5 cm

ou 7,5 x 10 cm. Os painéis formam os pisos das lajes e as faces dos pilares, vigas paredes e fundações.

Travessas - Peças de ligação das tábuas dos painéis de pilares, vigas, paredes e fundações (Figura 3.2.1.2), são feitas de sarrafos de 2,5 x 10 cm e 2,5 x 15 cm e de caibros de 7,5 x 10 cm, e utilizadas como gravatas podendo ser pregadas de chato (deitada) ou de cutelo (de prumo). A distância é geralmente constante no mesmo painel, de modo que a sua fixação pode ser realizada com facilidade e rapidez.

Travessões - Peças de suporte empregadas somente nos escoramento dos painéis de lajes (Figura 3.2.1.1), são feitas de caibros de 7,5 x 7,5 cm ou 7,5 x 10 cm e trabalham como vigas contínuas apoiadas nas guias.

Guias - Peças de suporte de travessões (Figura 3.2.1.1), trabalham como vigas contínuas apoiando-se sobre os pés-direitos. São feitas de caibros de 7,5 x 10 cm. As tábuas de 2,5 x 30 cm podem também ser usadas como guias trabalhando de cutelo, isto é, na direção da maior resistência (Figura 3.2.1.3). Neste caso, os travessões são suprimidos.

Faces das vigas (painéis de vigas) - Painéis que formam os lados das fôrmas das vigas (Figura 3.2.1.3), cujas tábuas são ligadas por travessas verticais de 2,5 x 10 cm ou de 2,5 x 15 cm ou por caibros de 7,5 x 10 cm, em geral pregados de cutelo.

Fundos de vigas - Painéis que constituem a parte inferior das fôrmas das vigas (Figura 3.2.1.3), com travessas de 2,5 x 10 cm ou 2,5 x 15 cm, geralmente pregados de cutelo.

Travessas de apoio - Peças fixadas sobre as travessas verticais das faces das vigas (Figuras 3.2.1.3 e 3.2.1.4), destinadas a servir de apoio para as extremidades dos painéis das lajes e das peças de suporte (travessões e guias).

Cantoneiras (chanfrados ou meio-fios) - Pequenas peças triangulares, pregadas nos ângulos internos das fôrmas (Figura 3.2.1.5), destinadas a evitar as quinas vivas dos pilares, vigas, etc.

Gravatas (gastalhos) - Peças que ligam os painéis das fôrmas dos pilares, colunas e vigas (Figura 3.2.1.2), destinadas a reforçar as fôrmas, para que resistam aos esforços que nelas atuam na ocasião do lançamento do concreto. As gravatas são formadas por travessas, pregadas em posição que permita sejam ligadas pelas extremidades.

Montantes - Peças destinadas a reforçar as gravatas dos pilares (Figura 3.2.1.2). Feitas de caibros de 7,5 x 7,5 cm ou 7,5 x 10 cm, reforçam ao mesmo tempo várias gravatas. Os montantes colocados em faces opostas de pilares, paredes e fundações são ligados entre si por ferros redondos ou tirantes.

Pé-direitos (pernas) - Suportes de fôrmas das lajes (Figura 3.2.1.1), cujas cargas recebem por intermédio das guias. Feitos de caibros de pinho de 7,5 x 10 cm, ou de peroba, de bitolas comuns, de comprimento constante no mesmo pavimento.

Pontaletes (pernas) - Suporte das fôrmas das vigas (Figura 3.2.1.1), sobre eles se apóiam por meio de caibros curtos de seção idêntica à do pontalete e independentes das travessas. No mesmo pavimento, o comprimento dos pontaletes varia, conforme a altura das vigas. São, como os pés-direitos, feitos de caibros de pinho de 7,5 x 10 cm ou de caibros de peroba, de bitolas comuns.

Escoras (mãos-francesas) - São peças inclinadas trabalhando a compressão (Figura 3.2.1.6), utilizadas para impedir o deslocamento dos painéis laterais das fôrmas de vigas, escadas, fundações.

Chapuzes - Pequenas peças feitas de sarrafos de 2,5 x 10 cm, cerca de 15 a 20 cm de comprimento (Figuras 3.2.1.4 e 3.2.1.5), utilizadas como suporte e reforço de pregação das peças de escoramento, ou como apoio dos extremos das escoras.

Talas - Iguais aos chapuzes, destinadas à ligação e à emenda das peças de escoramento (Figuras 3.2.1.1, 3.2.1.4, 3.2.1.6), são empregadas nas emendas de pé-direitos e pontaletes e na ligação dessas peças com as guias e travessas.

Cunhas (palmetas) - Peças em formas triangulares usadas aos pares (Figura 3.2.1.1), tem a finalidade de forçar o contato entre os escoramentos e as fôrmas, para que não haja deslocamento durante o lançamento do concreto e facilitar a retirada desses elementos. Devem ser feitas de madeiras duras.

Calços - Peças de madeiras sobre as quais se apóiam os pontaletes e pés-direitos, por intermédio das cunhas (Figura 3.2.1.1), são feitas de pedaços de tábuas de aproximadamente 30 cm de lado, mediante a superposição de calços e variação do encaixe das cunhas, podem ser eliminadas as pequenas diferenças de comprimento dos pés-direitos e pontaletes de um mesmo escoramento, ou podem ser adaptadas ao escoramento de vigas e lajes de alturas ou espessuras variadas.

Espaçadores - Pequenas peças de sarrafos ou caibros, empregadas nas fôrmas de paredes e fundações, para manter a distância interna entre os painéis (Figura 3.2.1.7), à medida que se faz o enchimento das fôrmas, vão sendo retiradas e, para facilitar essa operação, quando feitas de caibros, devem ser apertadas com cunhas.

Janelas (bocas) - Aberturas localizadas na base das fôrmas dos pilares e paredes, ou junto do fundo das vigas de grande altura, destinadas à limpeza antes do lançamento do concreto.

Travamento - Ligação transversal das peças de escoramento que trabalham à flambagem, destinada a subdividir o comprimento e aumentar a resistência.

Contraventamento (travamento, amarração) - Ligação destinada a evitar qualquer deslocamento das fôrmas assegurando a indeformabilidade do conjunto, consiste na ligação das fôrmas entre si, por meio de sarrafos e caibros, formando triângulos. Nas construções comuns, o contraventamento é feito somente em planos verticais, destinando-se a impedir o desaprumo das fôrmas dos pilares e colunas, sendo desnecessário no plano horizontal, visto que as fôrmas das lajes geralmente já impedem a deformação do conjunto, nesse plano.

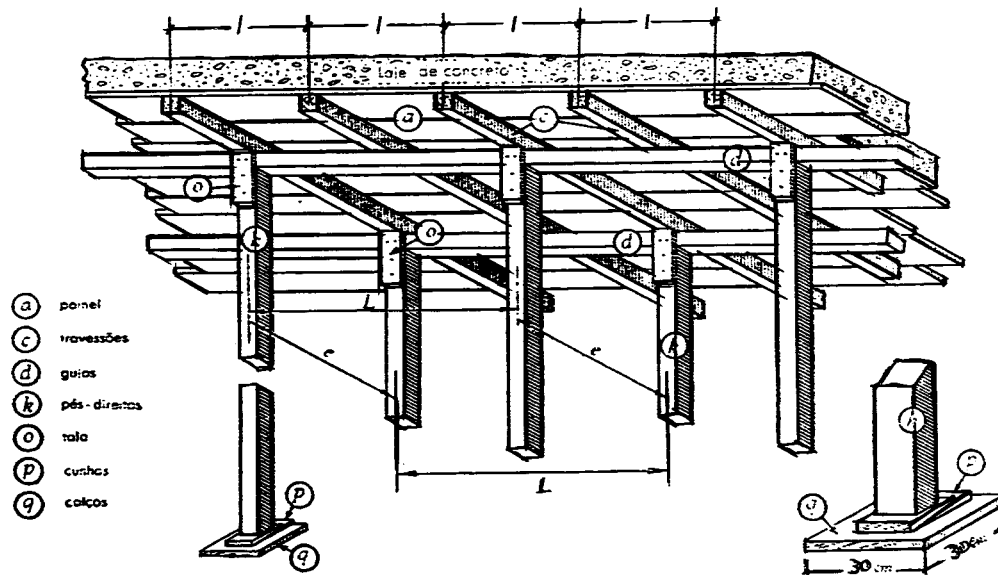


Figura 3.2.1.1 - Disposição típica de painéis de lajes de escoramento (Fonte: ABCP, 1943).

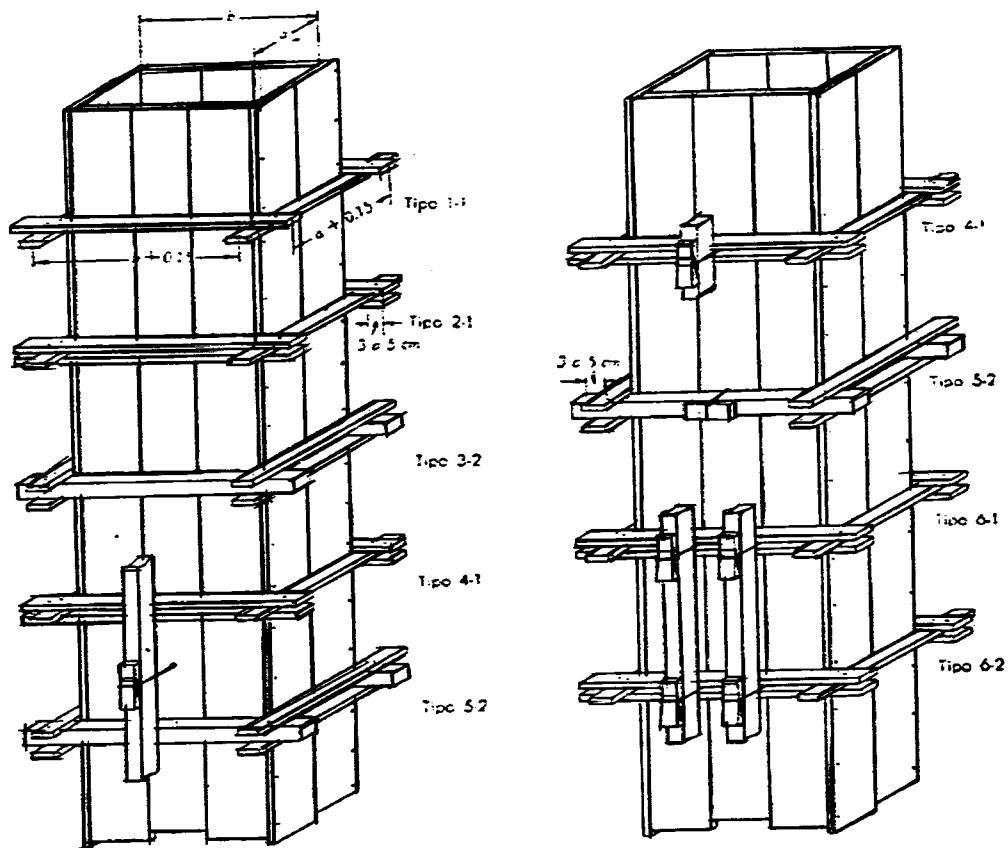


Figura 3.2.1.2 - Painéis de pilares e gravatas para amarração (Fonte: ABCP, 1943).

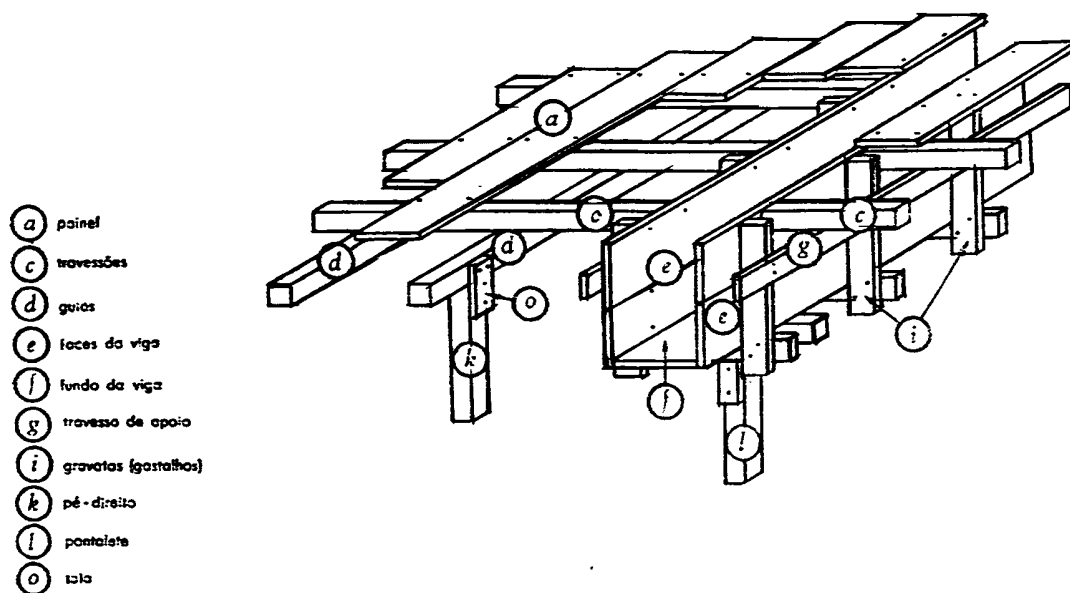


Figura 3.2.1.3 - Ligação de painel de laje com a viga, quando as tábuas são paralelas à viga (Fonte: ABCP, 1943).

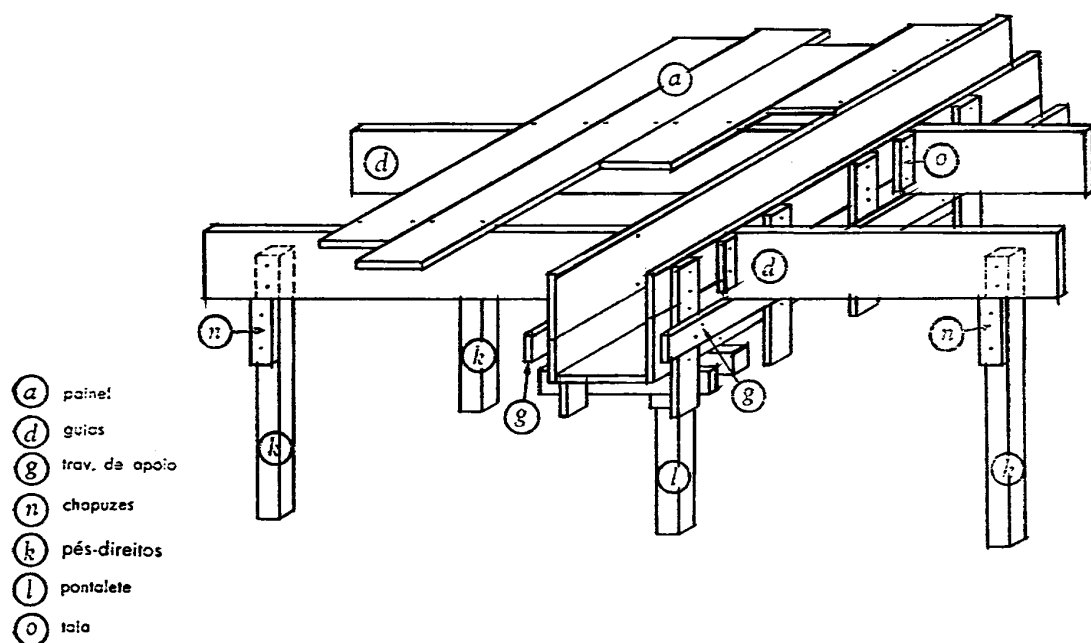


Figura 3.2.1.4 - Escoramento de fôrmas de lajes com guias de tábuas coladas de cutelo (Fonte: ABCP, 1943).

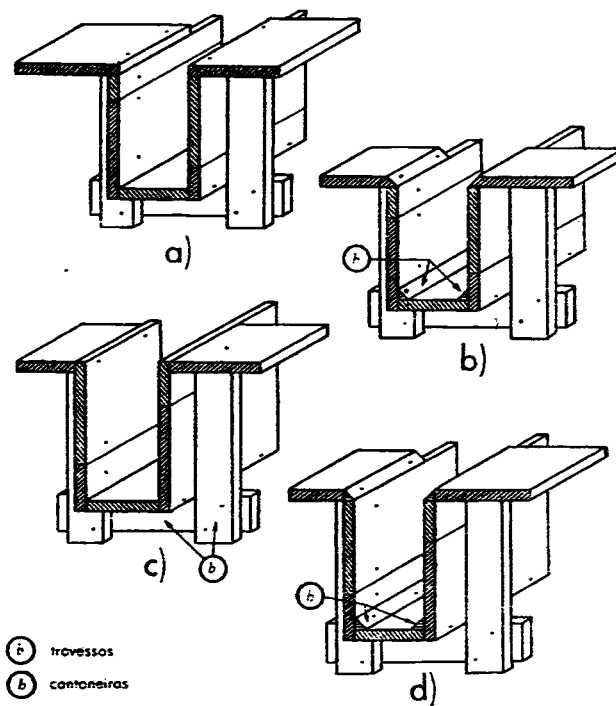


Figura 3.2.1.5 - Detalhes de cantoneiras e travessas (Fonte: ABCP, 1943).

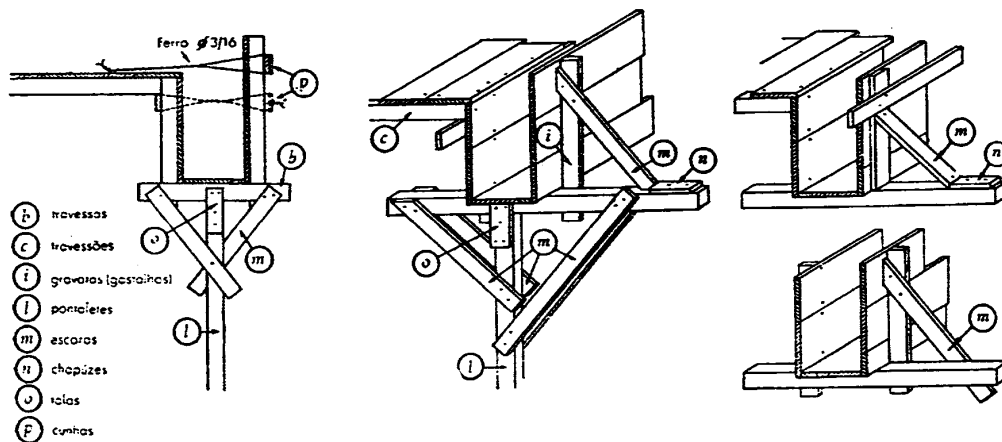


Figura 3.2.1.6 - Detalhes de travessas e escoramentos (Fonte: ABCP, 1943).

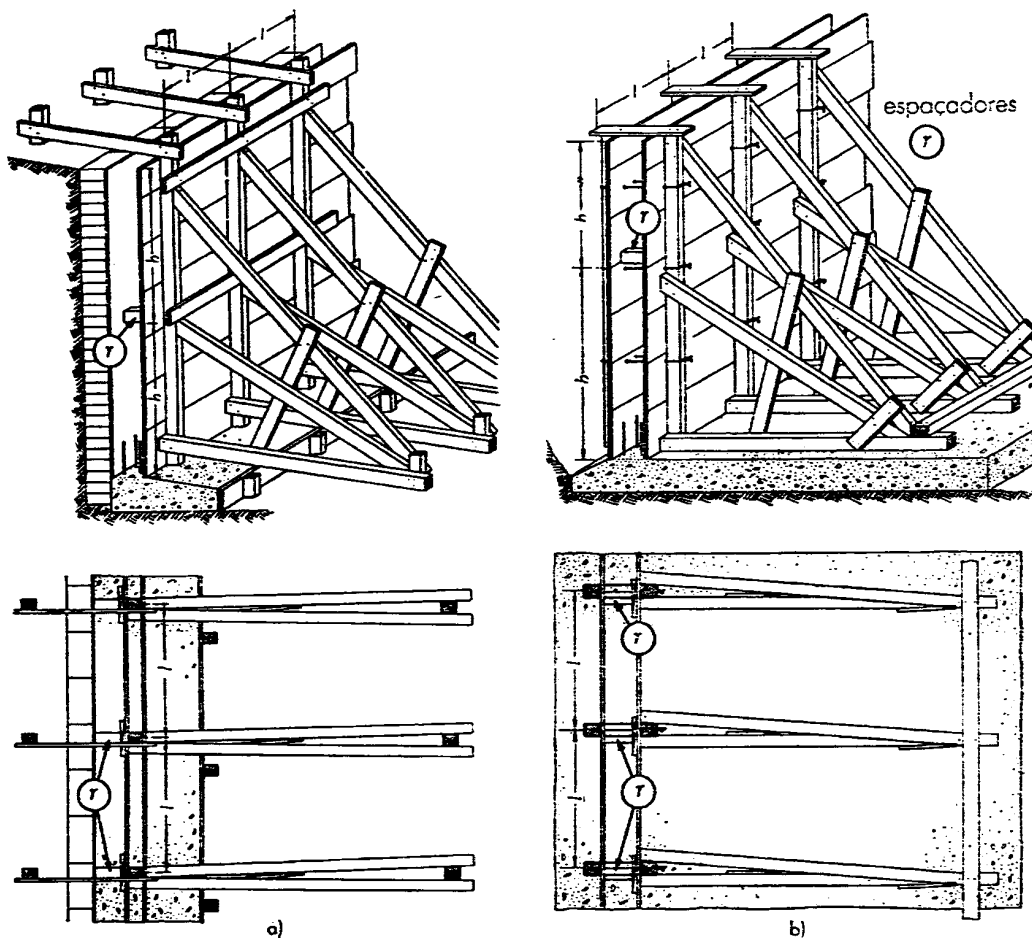


Figura 3.2.1.7 - Detalhes de muros e espaçadores (Fonte: ABCP, 1943).

Vantagens do sistema tradicional:

- Não requer mão de obra especializada;
- Apresenta boa trababilidade;
- Facilidade no manuseio e confecção;
- O custo é relativamente baixo, desde que se aproveite bem o material.

Desvantagens do sistema:

- Alta perda no corte e fabricação;
- Utilização do sistema para construções que não requer concreto aparente;
- Sofre deformações;
- Não permite acabamento perfeito ao concreto.

3.2.2. Sistema Toshio Ueno

Surgiu na década de 60. Foi o primeiro a elaborar projeto de fôrmas, e substituição das madeiras serradas por chapas de compensado plastificadas ou resinadas, com reforço de sarrafos ou pontaletes na confecção dos painéis de pilar, viga e laje. Para o escoramento e travamento, propôs a utilização de tábuas ou pontaletes, o uso de tensores para travar pilares, e escoras metálicas para reescoramento de vigas e lajes. A estruturação dos painéis utilizava madeira serrada de pinho ou pinus. Esse sistema incorporou todos os critérios do sistema regulamentados pela ABCP. A fabricação das fôrmas se processava no canteiro de obra. Atualmente (2003) a fôrma industrializada é mais usada.

As denominações são:

Painéis - Superfícies planas, de várias dimensões, formadas de chapas de madeira compensada de 1,10 x 2,20 m de diversas espessuras e tamanhos, ligadas por sarrafos de 2,5 x 5 cm ou de 2,5 x 7,5 cm pregadas nas chapas de compensado. Os painéis formam os pisos das lajes e as faces dos pilares e vigas.

Painéis dos pilares, vigas e lajes- Painéis que formam os lados ou faces das fôrmas dos pilares, vigas e lajes. Os compensados são ligados por sarrafos de 2,5 x 5 cm ou de 2,5 x 7,5 cm, e são pregados de chato (deitado). A constituição básica dos painéis das lajes é 55 x 220 cm, recortados quando necessários.

Fundos de pilares e vigas - Painéis que constituem a parte inferior das fôrmas das vigas e a espessura dos pilares, ligados com sarrafos de 2,5 x 5 cm ou 2,5 x 7,5 cm, geralmente pregados de chato.

Gastalhos - Peças que reforçam os painéis das fôrmas dos pilares e colunas, para que resistam aos esforços que nelas atuam na ocasião do lançamento do concreto. São formadas por sarrafos de 2,5 x 10 cm ou 2,5 x 15 cm, pregadas no pé do pilar ou coluna.

Gravatas - Peças que ligam os painéis das fôrmas dos pilares, colunas e vigas, destinadas a reforçar as fôrmas, para que resistam aos esforços que nelas atuam na ocasião do lançamento do concreto. As gravatas são formadas por dois sarrafos de 2,5 x 10 cm justapostos, e ligados por de sobras de chapa e pregados com intervalo para que possam passar os ferros da amarração dos pilares e vigas.

Garfos - Suporte das fôrmas das vigas, é formado por dois pontaletes justapostos de 7,5 x 7,5 cm. Sobre eles se apóiam dois sarrafos de 2,5 x 10 cm, 2,5 x 15 cm ou 2,5 x 20 cm curtos de comprimento um pouco maior que a largura da viga. O comprimento dos pontaletes varia, conforme a altura entre as lajes.

Transversinas - Peças de suporte empregadas somente nos escoramentos dos painéis de lajes. São feitas de dois sarrafos de 2,5 x 15 cm justapostos e ligados por pontaletes de 7,5 x 7,5 cm. Trabalham como vigas contínuas apoiadas nas guias.

Guias - Peças de suporte das transversinas, trabalham como vigas contínuas apoiando-se sobre os garfos. São feitas de sarrafo de 2,5 x 15 cm.

Escora - Suportes de fôrmas das lajes, recebendo a carga por intermédio das transversinas. Feitas de pontaletes de 7,5 x 7,5cm, de comprimento constante no mesmo pavimento.

Mão Francesa - São peças inclinadas de sarrafos de 2,5 x 10 cm ou 2,5 x 15 cm, trabalhando à compressão, utilizadas para impedir o deslocamento dos painéis laterais das fôrmas de vigas, pilares, escadas entre outros.

Cunhas (palmetas) - Peças em formas triangulares usadas aos pares que tem a finalidade de forçar o contato entre os escoramentos e as fôrmas, para que não haja deslocamento durante o lançamento do concreto e facilitar a retirada desses elementos. Devem ser feitas de madeira dura.

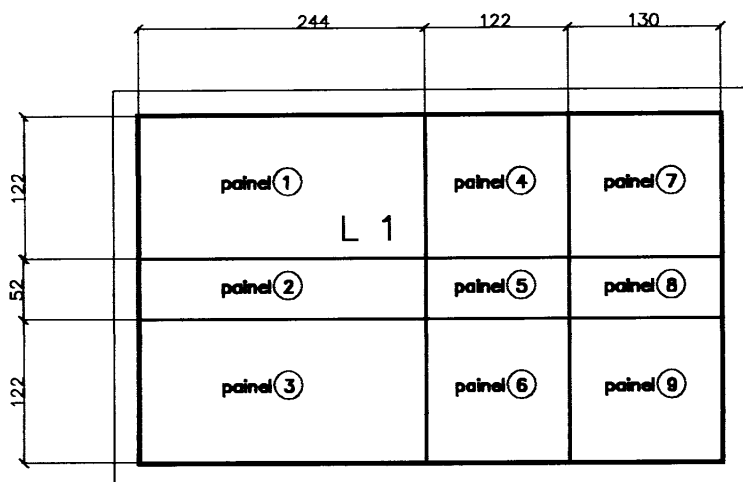
Mosca ou Mosquito - Peça que auxilia a desfôrma, é fixada nas extremidades dos painéis em forma de tiras. Composto do próprio compensado dos pilares e vigas (figuras nº. 3.2.2.4 e 3.2.2.8).

Calços - Peças de madeiras sobre o solo ou laje nas quais se apóiam as cunhas para descarregar o esforço transmitido pelos garfos e escoras. São feitos de pedaços de tábuas de aproximadamente 30 cm de lado. Mediante a superposição dos calços e variação do encaixe das cunhas, podem ser eliminadas as pequenas diferenças de comprimento dos garfos e escoras.

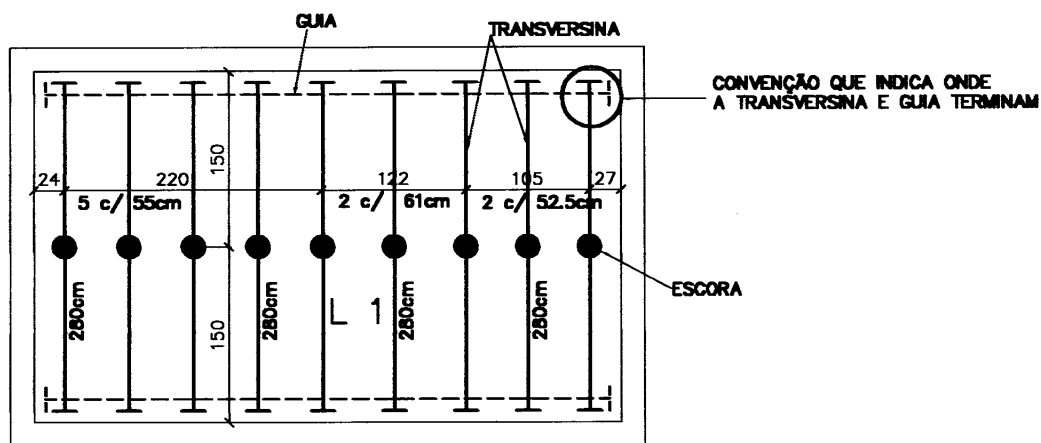
Espaçadores - Pequenas peças de concreto ou plástico (tubo), empregados nas fôrmas, para manter a distância interna entre os painéis.

Contraventamento (travamento, amarração) - Ligação destinada a evitar qualquer deslocamento das fôrmas assegurando a indeformabilidade do conjunto. Consiste na ligação das fôrmas entre si, por meio de sarrafos inclinados ou horizontais. Nas construções comuns, o contraventamento é feito somente em planos verticais, destinando-se a impedir o desaprumo das fôrmas dos pilares e colunas, sendo desnecessário no plano horizontal, visto que as fôrmas das lajes geralmente já impedem a deformação do conjunto, nesse plano, e, portanto, já cumprindo esse papel. Em geral, o contraventamento é utilizado somente a partir de alturas maiores que 3 m, com o objetivo de diminuir o comprimento da flambagem.

Painéis de lajes - Utilização de chapas de madeira compensada de várias espessuras, plastificadas ou resinadas de diversas dimensões, enrijecidas por sarrafos. São apoiados em transversinas. Para o escoramento, usa-se escoras encunhados no "pé" e guias para apoio das transversinas (Figuras.3.2.2.1, 3.2.2.2).



PLANTA DA L1 – MEDIDAS EM CM.
DISPOSIÇÃO DE PAINÉIS DE LAJES



PLANTA DA L1 – MEDIDAS EM CM.
LOCAÇÃO DAS TRANSVERSINAS, ESCORAS E GUIAS

Figura 3.2.2.1 - Detalhe da disposição dos painéis e cimbramento de laje
(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

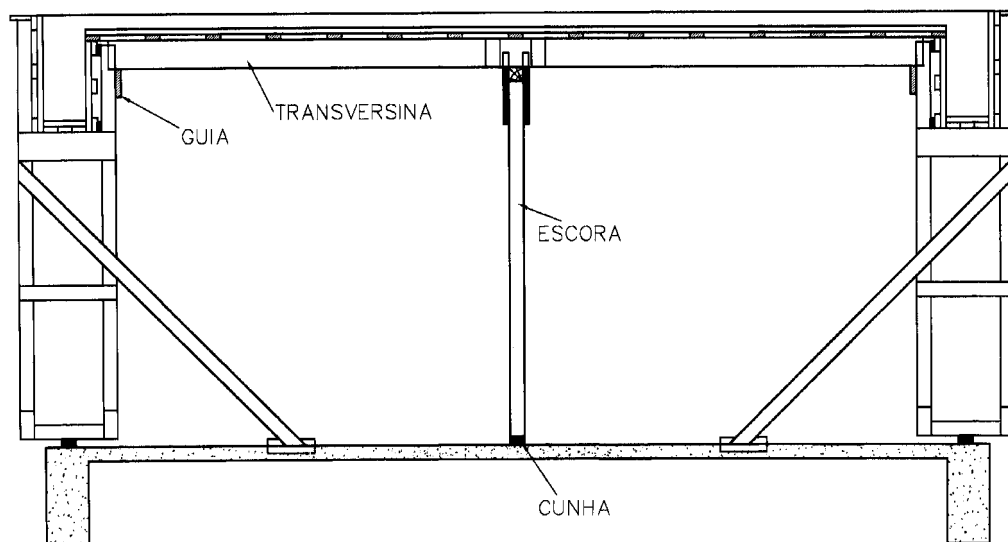


Figura 3.2.2.2 - Seção dos componentes de laje (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

Painéis de vigas - Utilização de chapas de madeira compensada de várias espessuras, plastificadas ou resinadas de diversas dimensões, enrijecidas por sarrafos. O escoramento dos painéis é realizado por garfos. São colocadas cunhas no "pé" do garfo e na lateral do painel para o enrijecimento do mesmo. Para não haver deslocamento dos garfos, utiliza-se mão francesa composta de um sarrafo de 2,5 x 10 cm. Nas vigas externas da construção, usa-se sarrafo de 2,5 x 10 cm para o alinhamento (Figuras 3.2.2.3, 3.2.2.4, 3.2.2.5 e 3.2.2.6).

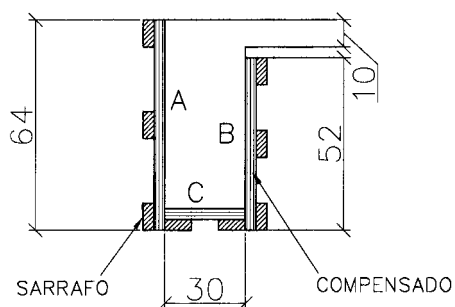


Figura 3.2.2.3 - Seção da viga (medidas em cm).

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

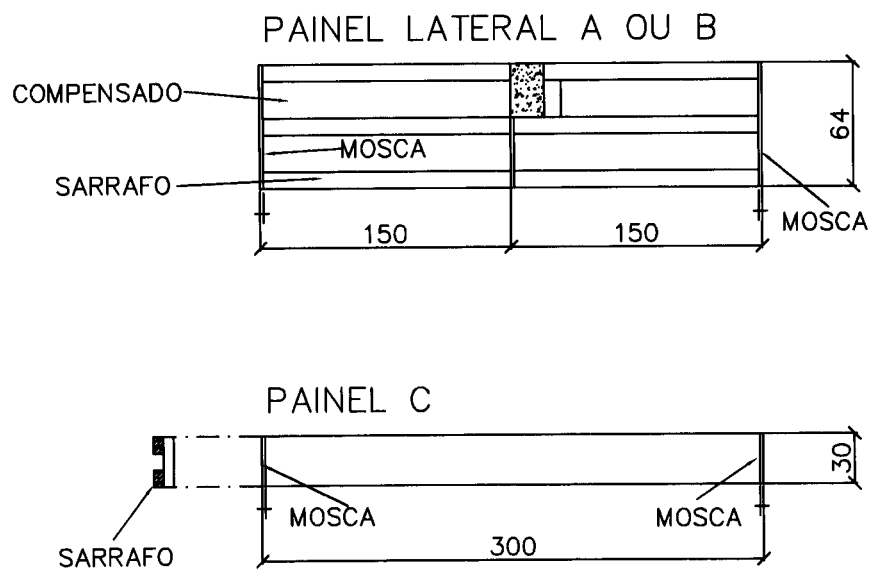


Figura 3.2.2.4 - Detalhe dos painéis laterais e de fundo de viga (medidas em cm).

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

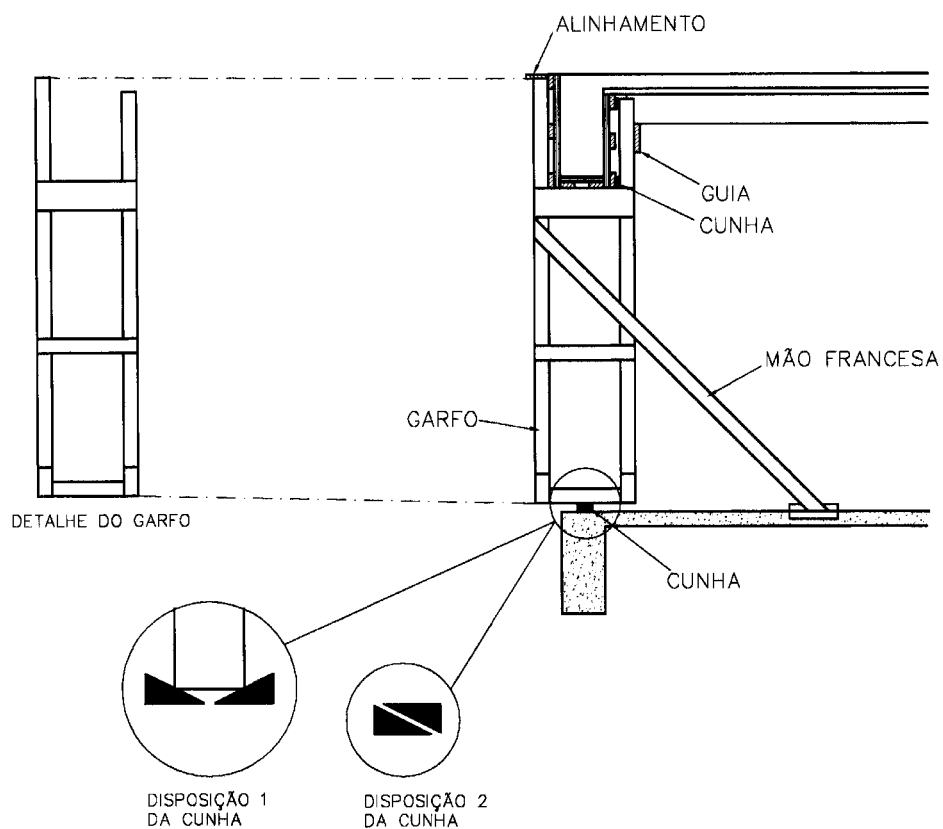


Figura 3.2.2.5 - Seção da viga e detalhes (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



Figura 3.2.2.6 - Detalhe dos componentes da viga. Obra: Cyrela, SP.
(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

Painéis de pilares - Utilização de chapas de madeira compensada de várias espessuras, plastificadas ou resinadas de diversas dimensões, enrijecidas por sarrafos. Para o travamento, utiliza-se gravatas, e pontaletes de 7,5 x 7,5 cm nas extremidades dos painéis, "amarrados" por tensores nas gravatas, "sargentos" (ferro redondo) nos pontaletes. A distância é geralmente constante no mesmo painel, de modo que a sua fixação pode ser realizada com facilidade e rapidez. Para o prumo do pilar, utiliza-se mão francesa. (Figuras 3.2.2.7, 3.2.2.8 e 3.2.2.9).

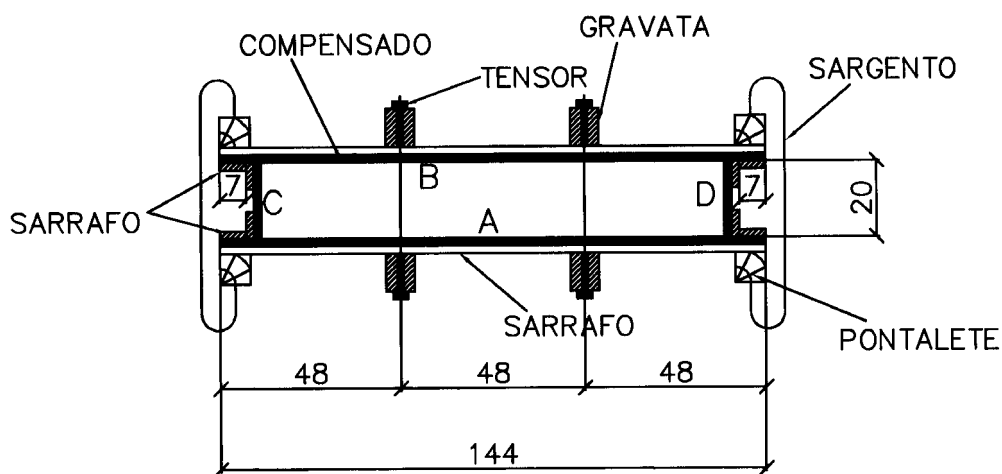


Figura 3.2.2.7 - Detalhe da planta dos painéis de pilar (medidas em cm).
(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

Vantagens do sistema Ueno:

- Não requer mão de obra especializada;
- Apresenta boa trababilidade;
- Facilidade no manuseio e confecção;
- Projeto do sistema para conferência e levantamento do material.

Desvantagens do sistema:

- Empenamento dos painéis;
- Cuidado no corte dos materiais, para não sair do esquadro, erro de medida;
- Espaço no canteiro de obra para confecção e estoque;
- Na desmontagem, requer cuidados especiais para não danificar as fôrmas.

3.2.3. Sistema Prátika

Surgiu em 1981, é baseado nos sistemas Toshio Ueno e Madeirit, sendo ao longo do tempo, modificado e aperfeiçoado conforme as exigências do mercado; a sua confecção é industrializada. Utiliza compensados de 18mm denominadas de "chapa lisa", plastificadas ou resinadas, elimina os reforços de sarrafos. É formada por painéis de pilares, vigas, lajes, travamentos, escoramento das vigas e cimbramento de lajes. Todo o madeiramento utilizado é de pinus.

As denominações, em sua maioria, são idênticas ao Sistema Ueno, com algumas alterações:

Painéis - Superfícies planas, de várias dimensões, formadas de chapas de madeira compensada de 1,10 x 2,20 m ou 1,22 x 2,44 m de 18mm de espessura, ligadas ou não por sarrafos de 2,5 x 5 cm ou de 2,5 x 7,5 cm pregados nas chapas de compensado. Os painéis formam as faces dos pilares e vigas e lajes.

Painéis dos pilares e vigas - Painéis que formam os lados ou faces das fôrmas dos pilares e vigas. Os compensados são ligadas por sarrafos de 2,5 x 7,5 cm, chamados de acabamento, pregados de chato (deitado).

Fundos de pilares e vigas - Painéis que constituem a parte inferior das fôrmas das vigas e as laterais menores (espessura) dos pilares, ligados com sarrafos de 2,5 x 7,5 cm, pregados de chato.

Painéis de lajes - Conjunto de painéis que formam o assoalho, de compensados plastificados ou resinados de 1,10 x 2,20 m ou 1,22 x 2,44 m de 18 mm de espessura, com ou sem recortes. Não

utiliza ligações. Entretanto, alguns pregos são ponteados nas extremidades sobre a viga e longarinas superiores com o intuito de evitar-se deslocamentos horizontais.

Longarinas superiores e inferiores (Transversinas) - Peças de suporte empregadas somente nos escoramentos dos painéis de lajes. São feitas de dois sarrafos de 2,5 x 15 cm justapostos e ligados por pontaletes de 7,5 x 7,5 cm. Trabalham como vigas contínuas apoiadas nas guias.

Guias - Peças de suporte das longarinas superiores. Trabalham como vigas contínuas apoiando-se sobre os garfos. São feitas de sarrafo de 2,5 x 15 cm.

Escoras - Suportes de fôrmas das lajes, cujas cargas recebem por intermédio das longarinas inferiores. Feitos de pontaletes de 7,5 x 7,5cm, de comprimento constante no mesmo pavimento.

Painéis de lajes - O "assoalho" é constituído por chapas de madeira compensada; o cimbramento é realizado por longarinas superiores e inferiores e escorado por pontaletes ou cimbramento metálico (Figura 3.2.3.1).

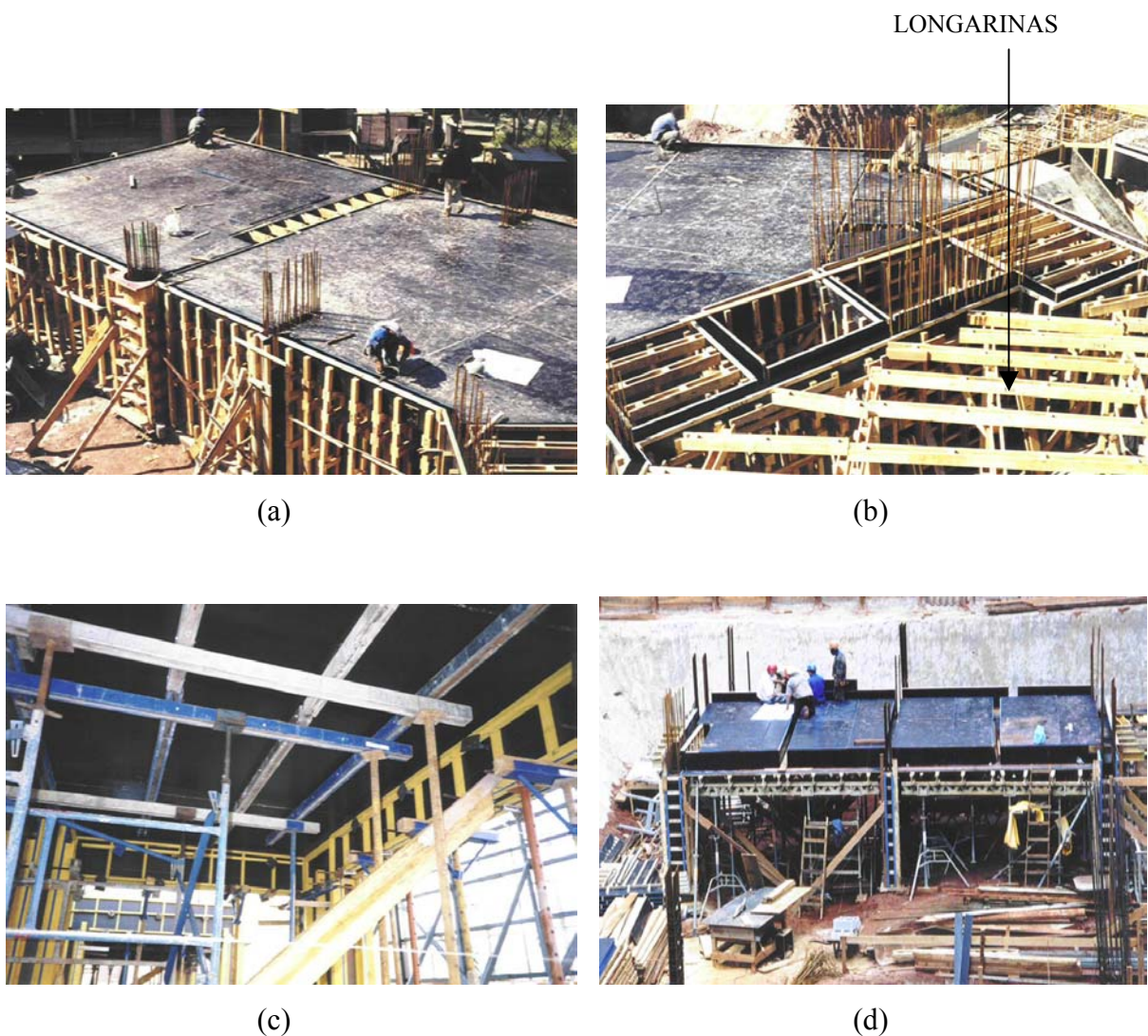


Figura:3.2.3.1: Detalhe de painéis de lajes.

Fotos: (a) - Construtora Ditolvo,SP. Detalhe dos painéis de lajes (assoalho).

(b) - Construtora Ditolvo, SP. Detalhe dos painéis e longarinas de lajes.

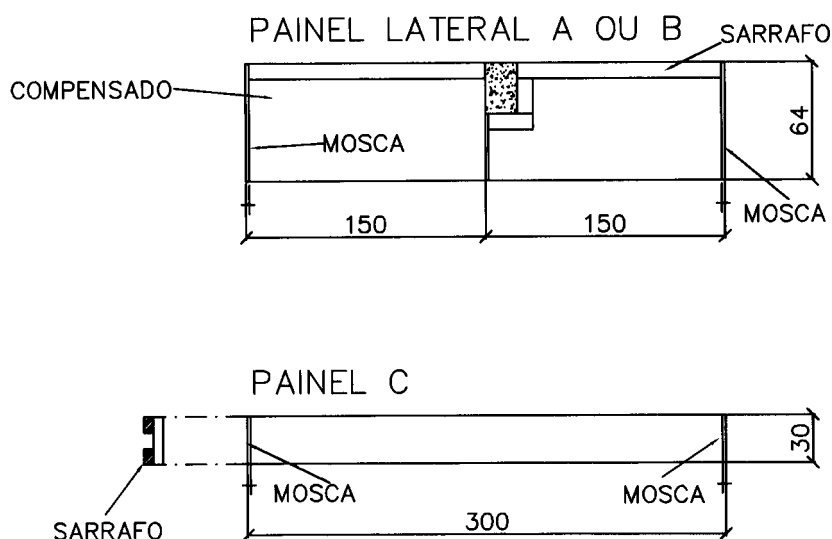
(c) - Rossi Residencial, SP. Detalhe do cimbramento metálico.

(d) - Construtora Serpal, SP. Detalhe do assoalho e cimbramento.

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.

Technical drawing of a door cross-section. The drawing shows a door with a thickness of 30 units. The door is divided into three main sections: A (top), B (middle), and C (bottom). The total height of the door is 64 units. The height of section A is 10 units, and the height of section B is 52 units. The height of section C is 10 units. The door is labeled with 'SARRAFO' (hinge) and 'COMPENSADO' (compensated). The drawing also shows a hinge mechanism on the right side of the door.

Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.



Fonte: Mauro Satoshi Morikawa.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 3.2.3.4 Detalhe das variações dos painéis de vigas (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa):

Fotos: (a) - Maquete, SP. Detalhe dos painéis e escoramento de vigas em madeira.

(b) - Construtora Ditolvo, SP. Detalhe dos painéis e escoramento de vigas.

(c) - Construtora Serpal, SP. Variação dos painéis de vigas para escoramento metálico.

(d) - Gafisa S. A. , SP. Detalhe dos painéis estruturados e escoramento.

(e) - Construtora Serplan, SP. Variação do sistema para viga curvo com escoramento metálico.

(f) - Rossi Residencial, SP. Estruturação dos painéis com pontaletes e escoramento metálico.

Painéis de pilares - Os painéis são formados por chapas de madeira compensada ligadas por sarrafos. O seu travamento e prumo se dá por meio de gravatas, gastalho e mão francesa, amarrados por tensores. Para pilares circulares ou especiais, utilizam-se sarrafos de 2,5 x 5 cm forrados por chapa de zinco e estruturados por combinação de chapa e sarrafos denominados de "cambota" travados por gravatas e mão francesa (Figuras 3.2.3.5, 3.2.3.6, 3.2.3.7, 3.2.3.8 e 3.2.3.9).

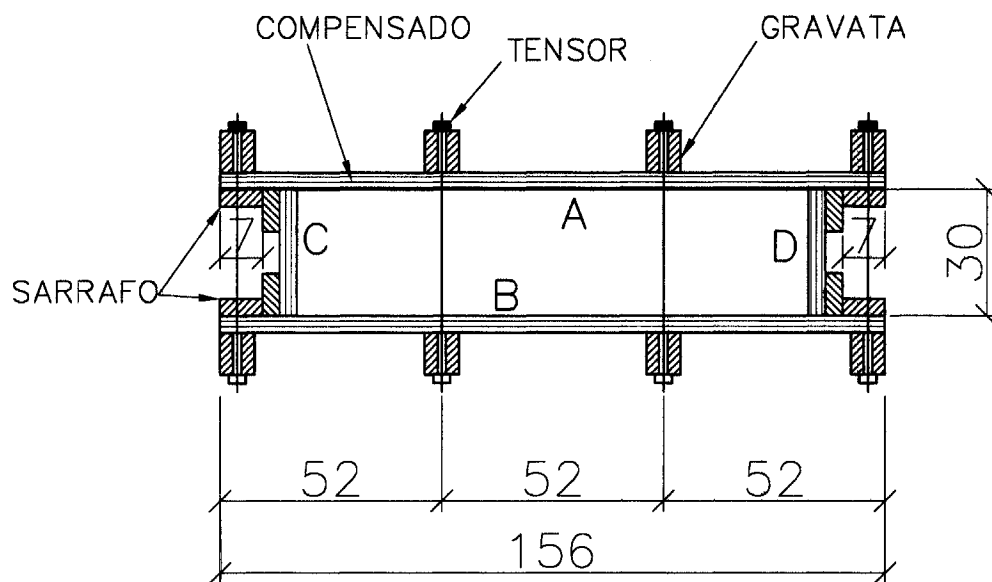


Figura 3.2.3.5 - Detalhe da planta dos painéis de pilar (medidas em cm).

(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

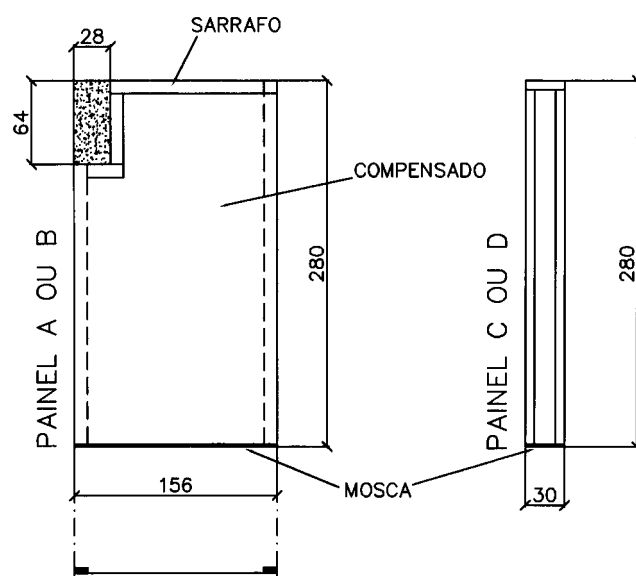


Figura 3.2.3.6 - Detalhe das faces "lisa" dos painéis de pilar (medidas em cm).

(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



(a)



(b)

Figura 3.2.3.7 - Detalhe das faces "lisa" e componentes.

Fotos: (a) Maquete e (b) Obra - Construtora. Barbara, SP.

(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).

GASTALHO

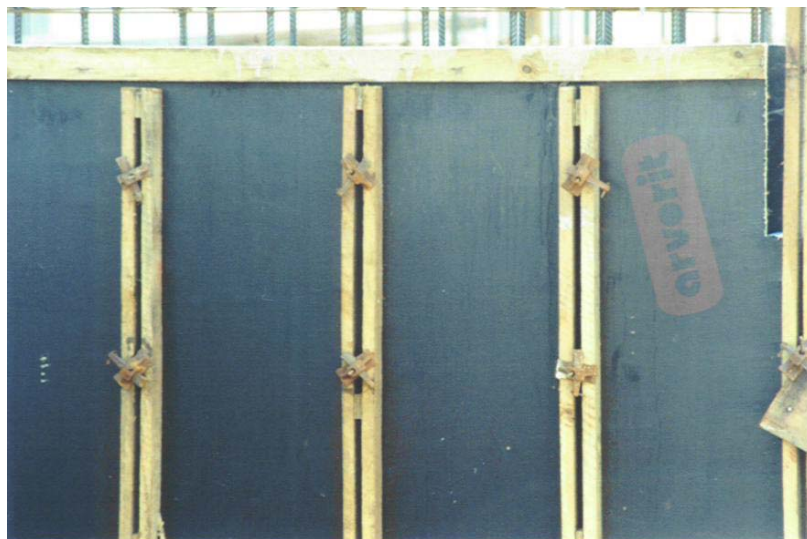
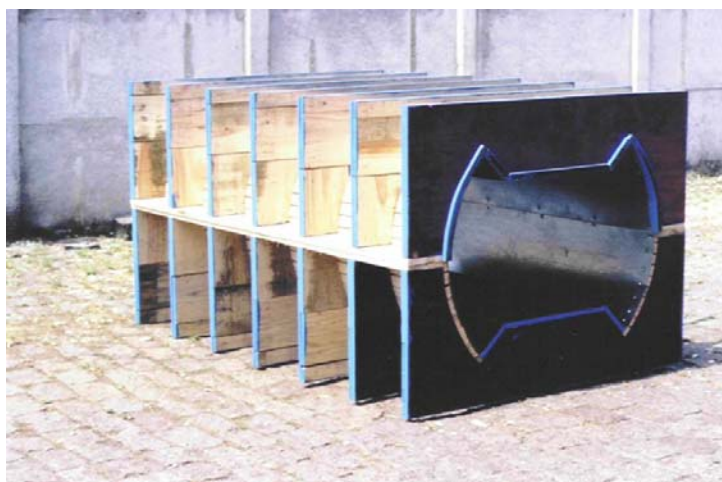


Figura 3.2.3.8 - Detalhe das gravatas e tensores.

(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



(a)



(b)

Figura 3.2.3.9 - Detalhes de pilar circular e especial (Fonte: Mauro Satoshi Morikawa):

(a) Pilar circular. Obra: Construtora. Serpal, SP

(b) Pilar especial. Obra: Construtora Paulitec, SP.

Vantagens do sistema Prátika:

- Fabricação especializada;
- Não há desperdício de material para a obra;
- Apoio técnico para montagem e desmontagem das fôrmas;
- Não requer grande espaço para estocagem.

Desvantagens do sistema:

- Descolamento das chapas de compensado dos painéis de lajes;
- Empenamento dos painéis;
- Na desmontagem, requer cuidados especiais para não danificar as fôrmas;
- A reforma dos painéis é realizado pelo cliente.

3.2.4. Sistema utilizando chapas de OSB (Oriented Strand Board)

É um sistema recente. No início de 2002 a empresa A.R.Valle, coligada com Fôrmapronta Arvorit na cidade de São Paulo, começou a realizar experiências em obra para ver o seu comportamento. É baseado no sistema Prátika; a diferença é a troca das chapas de compensado por chapas de OSB (painel estrutural de tiras de madeira orientadas). Utiliza chapas de 18mm de espessura. Quanto à sua estruturação, travamento, escoramento de vigas e cimbramento de lajes, é idêntica a outros sistemas, podendo ser de madeira ou metálico. Em outros países, essas chapas são utilizadas em várias áreas para diversas finalidades (Figuras 3.2.4.2 e 3.2.4.3)

Existem duas Construtoras que utilizaram OSB, que foram: Racional Engenharia, obra: Hotel/Restaurante Fasano, São Paulo (Figura 3.2.4.1) e Construtora Trato, obra: Prédio Comercial, São Paulo. Em meados de outubro após o término das obras chegou-se às seguintes conclusões:

Vantagens do sistema utilizando chapas de OSB:

- Fabricação especializada;
- Não há desperdício de material para a obra;
- Apoio técnico para montagem e desmontagem das fôrmas;
- Acabamento perfeito no concreto aparente.

Desvantagens do sistema:

- Descolamento das chapas em todo sistema, principalmente nas lajes;
- Uso limitado de reaproveitamentos, no máximo 3 usos;
- Na desmontagem, requer cuidados especiais para não danificar as fôrmas;
- A reforma dos painéis é realizado pelo cliente.

Na obra da Racional Engenharia, o uso foi satisfatório, três utilizações, e na Construtora Trato o total de utilizações seria de dez uso, mas chegou-se a duas. Foi necessário trocar todo o sistema pelo tradicional. No momento (2003), estão sendo realizadas melhorias nas chapas para eventual retorno de utilização do sistema.



Figura 3.2.4.1 - Detalhe do sistema. Obra: Racional Engenharia, SP.
(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



Figura 3.2.4.2 - Barracão de obra. Obra: Construtora. Shain, SP.
(Fonte: Mauro Satoshi Morikawa).



Figura 3.2.4.3 - Aplicação do OSB na construção civil.
(Fonte: Rautewood, 1998).

3.2.5. Sistema Madenor e Betonform

Os sistemas conhecidos que utilizam o plástico são as famosas cumbucas (vide figura nº 2.3.3.1 da página 30) para lajes nervuradas. No passado, alguns modelos, como placas de PVC para substituir o compensado, foram lançados no mercado, mas que sucumbiram com o passar do tempo. Na fase atual, com a globalização do mercado e a eliminação de custos, é um sistema que poderá vir a substituir os tradicionais compensados.

Vários especialistas apontam para um crescimento da aplicação do plástico reciclável que, segundo BUCCO (2001), pode gerar vantagens econômicas e ambientais, além de baixo custo e a leveza do material.

Surgiu em 1995, pela empresa Metroform incorporado em 2002 pela empresa Madenor. Utiliza plástico reciclável para a confecção das fôrmas. As "placas" de tamanhos variáveis fazem a composição dos moldes. As peças para pilares, vigas e lajes são formados por várias "placas" e a sua ligação se dá por meio de chavetas. O travamento dos pilares e vigas é convencional, utilizando madeira ou metálico, e o escoramento de vigas e cimbramento de lajes é metálico (Figuras 3.2.5.1, 3.2.5.2, 3.2.5.3 e 3.2.5.4).

Outra empresa, a Betonform, faz trabalho semelhante, e a sua aplicação se dá em construções habitacionais, como casas pré fabricadas, paredes, entre outros (Figuras 3.2.5.5, 3.2.5.6, 3.2.5.7 e 3.2.5.8).

São fabricados com material sintético, alta resistência, durabilidade e estabilidade. Atende à geometria das peças de concreto lineares, são moduladas a partir de 5 em 5 cm. A aderência ao concreto é próxima de zero, dispensando a aplicação de qualquer produto desmoldante. Elimina-se a fixação por pregos pois o sistema utiliza fixadores próprios e específicos. A instalação das fôrmas poderão ser executadas sem o uso de energia elétrica direta. A sua desforma não requer esforço mecânico.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.5.1 - (a) Detalhes do assoalho, (b) cimbramento e (c) reescoramento de laje.

Obra: Gafisa S.A., SP. (Madenor). Fonte: Ademar Medeiros.



(a)



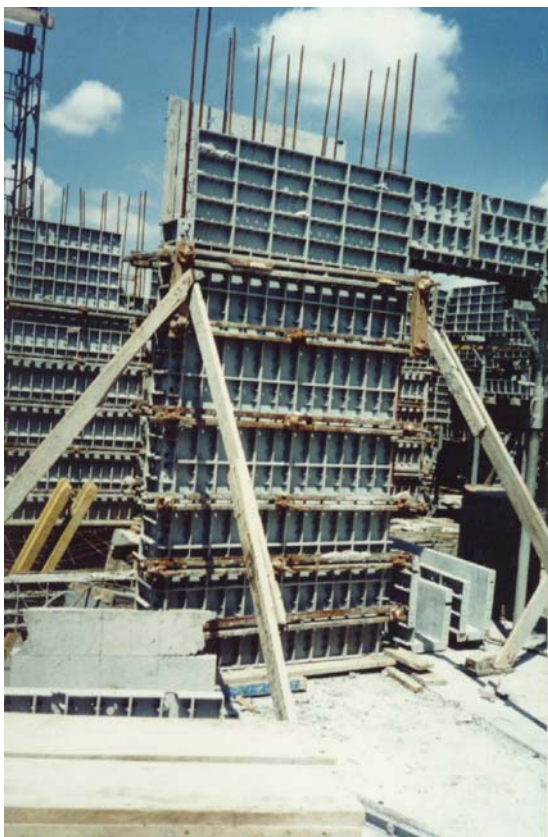
(b)



(c)

Figura 3.2.5.2 - (a) e (b) Detalhes de montagem de vigas e (c) escoramento metálico.

Obra: Gafisa S.A., SP. (Madenor). Fonte: Ademair Medeiros.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.5.3 - (a), (b) e (c) Detalhes de montagem do pilar. Obra: Gafisa S.A., SP. (Madenor).

Fonte: Ademar Medeiros.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.5.4 - (a) e (b) Detalhes da desfôrma de lajes, (c) o acabamento final
Obra Gafisa S.A., SP. (Madenor). Fonte: Ademair Medeiros.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.5.5 - (a) Detalhes da fixação, (b) e (c) montagem dos painéis na obra.

Obra: Conjunto Residencial, Itatiba, SP. (Fonte: Betonform).



(a)



(b)



(c)

Figura 3.2.5.6 - (a) Detalhes do travamento, (b) montagem das paredes e (c) cimbramento da laje
Obra: Conjunto Residencial, Itatiba, SP. (Fonte: Betonform).



Figura 3.2.5.7 - Detalhes do travamento e cimbramento metálico (Fonte: Betonform).



Figura 3.2.5.8 - Detalhes de montagem de pilar e viga e travamento. Obra: São Paulo (Fonte: Betonform).

Vantagens dos sistemas Madenor e Betonform:

- Leveza dos painéis;
- Alto número de reaproveitamentos (segundo o fabricante 50 usos);
- Alta resistência, durabilidade e estabilidade;
- Reciclável.

Desvantagens do sistema:

- Não realiza painéis para pilares circulares, vigas curvos e lajes circulares ou curvas;
- Não permitem reformas na obra;
- Quando existir algum erro na estrutura ou montagem, a sua adaptação é realizada com enchimento de madeira;
- Para andares atípicos, requer painéis novos.

3.2.6. Sistema que utilizam fôrmas de papelão e Rib loc

3.2.6.1. Fôrmas de papelão

A Dimibu, fabricante de tubos especiais de papel, vem investindo em tecnologia própria para colocar no mercado produtos eficazes, resistentes, seguros e econômicos. Após anos de pesquisa, desenvolveu tubos de papel enrolados no sistema espiral, com papéis de diferentes gramaturas. Possui know-how próprio para vários produtos, como infomática, siderurgia e construção civil.

Na área da construção civil, fabrica tubos de papel para colunas circulares, quadradas, retangulares e hexagonais, conhecidos como concretutubos. Não exigem manutenção especial e, pelo peso e dimensões, são facilmente armazenados e transportados. Não absorvem água nem deixam escapar a nata do concreto. Para o seu travamento e escoramento, pode usar pontaletes, mão francesa ou cimbramento metálico, e não necessita de contraventamento. A fôrma Concretutubo já vem pronta para o uso, permite rápida colocação e fácil desfôrma (Figuras 3.2.6.1.1, 3.2.6.1.2, 3.2.6.1.3, 3.2.6.1.4 e 3.2.6.1.5).

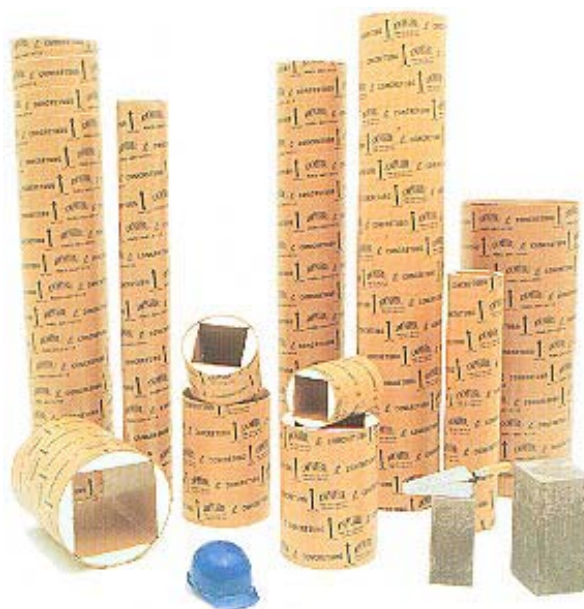


Figura 3.2.6.1.1 - Tipos de concretutubos (Fonte: Dimibu).



(a)



(b)

Figura 3.2.6.1.2 - (a) e (b) Montagem de coluna circular.

Obra: Arvek Construções. Terminal de ônibus João Dias, SP. (Fonte: Dimibu).



(c)



(d)

Figura 3.2.6.1.3 - (c) Desfôrma de coluna circular e (d) detalhe da ligação do pilar com a viga.

Obra: Arvek Construções - Terminal de ônibus João Dias, SP. (Fonte: Dimibu).

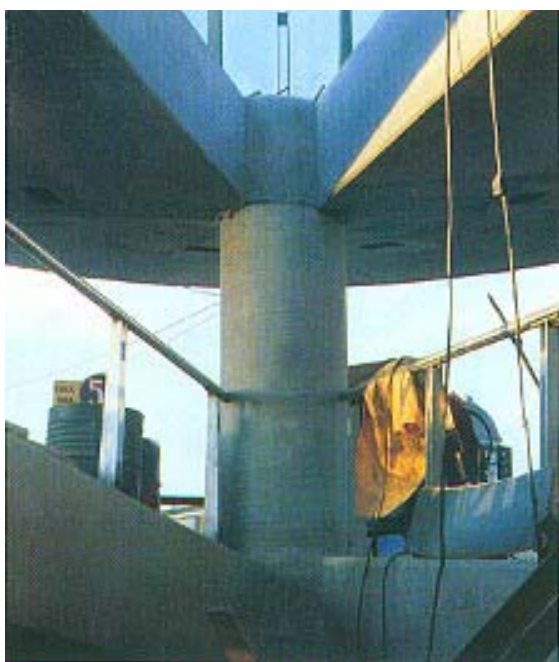


(a)



(b)

Figura 3.2.6.1.4 - (a) Montagem de coluna quadrada e (b) a sua desfôrma.
Obra: Arvek Construções - Terminal de ônibus João Dias, SP. (Fonte: Dimibu).



(c)



(d)

Figura 3.2.6.1.5 - (c) e (d) Detalhes do concreto acabado.
Obra: Arvek Construções - Terminal de ônibus João Dias, SP. (Fonte: Dimibu).

Vantagens do sistema Fôrmas de papelão:

- Leveza do material;
- Impermeável;
- Não requer mão de obra especializada;
- Aparência do concreto perfeita.

Desvantagens do sistema:

- Não existe reaproveitamento, após o uso;
- Utilização somente para coluna
- Cuidados especiais para travamento da coluna para não haver a deslocabilidade. Não pode ser fixado com pregos;
- Para andares múltiplos, necessita de fôrmas novas.

3.2.6.2. Rib loc

Rib-loc é uma tecnologia de fabricação de tubulações plásticas de grandes diâmetros pelo processo de enrolamento helicoidal de um perfil de PVC. Surgida na Austrália, há mais de 20 anos, a tecnologia Rib-loc está presente em mais de 40 países, onde vem sendo aplicada. A Tigre S.A, fabrica e comercializa os tubos no Brasil. Esses tubos são utilizados para a confecção de colunas circulares, sistemas de drenagem pluvial, caixão perdido, dutos de ventilação e exaustão.

As colunas são feitas de um PVC anelado em forma de espiral, que formam uma seção tubular, resultando maior leveza e versatilidade. As fôrmas das colunas podem ser deixadas como permanente (estruturas marinhas) ou ser retirados, pois proporcionam uma superfície de boa qualidade.

Os tubos são confeccionados pela Tigre de 300 a 1200mm. Referências de fornecedores internacionais (Rib Loc Group Limited - Austrália) indicam de 150 a 3000 mm. São especificados de acordo com a altura da coluna, que varia até 13 metros. Para o seu travamento e escoramento, é semelhante ao de papelão. Os recortes nos tubos podem ser realizados em qualquer lugar ao longo do seu comprimento (Figuras.3.2.6.2.1, 3.2.6.2.2, 3.2.6.2.3, 3.2.6.2.4 e 3.2.6.2.5).



(a)



(b)

Figura 3.2.6.2.1 - (a) e (b) Detalhes do tubo para drenagem pluvial (Fonte: Tigre).



(a)



(b)

Figura 3.2.6.2.2 - (a) Detalhe do tubo ($\varnothing$ 2500mm), e (b) utilização de travamento de torres metálico. Obra: Hundayi & Construção Ltda. Estação Tung Chung, Hong Kong (Fonte:..Hundayi).



Figura 3.2.6.2.3.- Detalhe do tubo.
Obra: Hundayi & Construção Ltda.
Estação Tung Chung, Hong Kong
(Fonte:..Hundayi).



Figura 3.2.6.2.4 - Desfôrma da coluna
(Fonte: Rib loc).



Figura 3.2.6.2.5 - Detalhe da coluna após a desfôrma (Fonte: Hundyai).

Vantagens do sistema Rib loc:

- Leveza do material;
- Impermeável;
- Não requer mão de obra especializada;
- Aparência do concreto perfeita.

Desvantagens do sistema:

- Não existe reaproveitamento, após o uso;
- Utilização somente para coluna;
- Cuidados especiais para travamento da coluna para não haver a deslocabilidade. Não pode ser fixado com pregos;
- Para andares múltiplos necessita de fôrmas nova

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Hoje, a aplicação das fôrmas ganhou uma dimensão econômica que merece ser considerada, e é justo se esperar que esse aspecto passe a ser cuidado não apenas como um detalhe, mas como uma etapa da obra que deve otimizar criteriosamente o seu emprego.

Conforme CHADE* (2003), em 1970 o preço das fôrmas era de 8% do custo total da obra, que incluía o material e mão de obra para a montagem e desmontagem, e o percentual do material em torno de 4%.

Atualmente (2003), o custo das fôrmas industrializadas gira em média de 2% do valor total da construção, isto sem contar a mão de obra para montagem e desmontagem, para edificações de 15 andares no máximo, estrutura simples que não exijam soluções atípicas como, por exemplo, as necessárias para vigas curvas, vigas inclinadas, grandes vãos de lajes, entre outras. Esse percentual pode variar para mais ou para menos conforme a estrutura, sendo, logicamente, menor o seu custo quanto mais simples ela for, mas tendendo a aumentar consideravelmente o seu preço quanto mais complexa ela se tornar.

Observou-se também que, ao longo do tempo, o custo global diminuiu motivado por alguns fatores, entre os quais pode-se listar:

(*) Eng^o Wilton Taparelli Chade - implantou nas Indústrias Madeirit S.A. o sistema de fôrmas (1978 a 1981) e foi Diretor Técnico na Prátika Ind. Com. de Fôrmas Ltda. (1981 a 1998).

- introdução do projeto de fôrmas por Ueno em 1960;
- melhoria do compensado;
- compensado ganhando um aumento na espessura das chapas pela Prátika em 1983;
- maior número de reutilizações (na década de 60 que era de 6 usos no máximo saltou para hoje a 22 usos, isto para fôrma plastificada);
- chapas plastificadas e resinadas e utilização de equipamentos metálicos para cimbramento e escoramento de lajes (meados de 1980);
- outras combinações que podem haver nas fôrmas.

O valor diminuiu sensivelmente, mostrando com isso que a qualidade foi e é um fator importante para baixar os custos. Mas não podemos esquecer que quanto mais arrojada a estrutura o percentual aumentará.

Com a implantação do sistema de qualidade nas construções de edificações o conceito de desperdício está se escasseando. Os materiais cada vez melhores, a mão de obra mais qualificada, a economia será considerável.

Para a otimização não podemos esquecer de algumas recomendações quanto ao manuseio das fôrmas:

- Instruções para o pessoal de obra para manusear as fôrmas adequadamente;
- Obedecer o projeto de fôrmas, item importante para a perfeita execução da montagem dos painéis dos pilares, vigas, lajes, travamento, cimbramento e escoramento de lajes;
- Tomar cuidados necessários para que os painéis não saiam do esquadro e não sofram empenamento na fabricação na obra;
- Quando a fôrma for realizada na obra , ter um plano de corte dos compensados, e de todo o material que compõe a sua estruturação, para evitar desperdícios;
- Fazer a estocagem em local coberto, para evitar empenamento, deixando espaço adequado entre o piso e o material para evitar o contato com a umidade;
- Manter espaço reservado para recortes, modificações e manuseio das fôrmas quando houver;
- Utilizar desmoldante para a desfôrma;

- Umedecer com água as fôrmas antes da concretagem;
- Passar massa seladora nos topos dos painéis que estão em contato com o concreto, e, quando houver necessidade, utilizar a massa novamente, para evitar-se o inchamento dos painéis;
- A utilização do vibrador no concreto deverá ser realizado adequadamente, pois o uso constante no mesmo local, poderá comprometer as fôrmas;
- Na desfôrma dos painéis de lajes, improvisar uma rede ou colchão para amortecer a sua queda e evitar bater de "quina";
- Na desfôrma, não forçar a retirada, pois assim evita-se danificar a peça;
- Outras considerações específicas de cada caso.

Um item que não consta em nenhum manual é o manuseio adequado, que torna o sistema mais veloz para as várias utilizações. Ressalta-se que o aspecto artístico da estrutura de concreto armado quem faz é a fôrma. É ela quem determina a textura, os contornos e a complexidade de uma estrutura.

A desfôrma é outro item importante, porque é quem irá permitir as suas várias reutilizações, e, conseqüentemente, quanto maior o cuidado, maior será sua reutilização.

Tanto quanto a qualidade dos materiais, a mão de obra tem um vínculo muito importante para a otimização da construção de uma edificação, pois no final a obra se torna mais enxuta.

Tendo-se por base o passado não muito distante, com o sistema tradicional, passando pelo Ueno, Prátika, Papelão, Rib-loc, Madenor, Betonform, sem falarmos no metálico, e, recentemente, com a utilização de novos materiais tais como OSB (Oriented strand fiberboard), e no HDF (High density fiberboard, cuja produção no Brasil começa em 2003) – não abordados neste trabalho – vislumbra-se uma evolução futura no Sistema de Fôrmas pois a tecnologia esteve e continua sempre a estar presente na melhoria dos materiais utilizados e no acabamento da superfície do concreto, bem como na técnica de sua aplicação.

É verdade que o OSB, amplamente utilizado em outros ramos de atividades, não conseguiu ainda o seu lugar de destaque entre os Sistemas de Fôrmas, mas uma solução deverá ser encontrada brevemente para o problema que persiste, ou seja, o descolamento das chapas.

Com o aparecimento de sucessivos aperfeiçoamentos na aplicação de fôrmas, ocorreram preocupações quanto ao custo, rentabilidade e reaproveitamentos. A escassez da madeira e o custo elevado dos materiais tradicionais fazem com que o conceito de alternar ganhe o significado de procurar métodos e materiais que possam ser novas opções para a Construção Civil. Uma das vantagens a ser destacada é a melhoria no acabamento da superfície do concreto com o emprego, por exemplo, dos novos materiais aqui estudados.

Procurou-se, com esse trabalho, mostrar, devido ao surgimento de materiais alternativos, a aplicação recente de alguns deles nas fôrmas para concreto armado.

Novos trabalhos poderão e deverão surgir, aperfeiçoando o presente texto, sem tirar-lhe o mérito. Tem-se consciência que está incompleto, e muitas outras informações, com certeza, poderão ser adicionadas, sempre muito bem vindas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C.E.C ; MENDES, L.M. **OSB: aspectos de produção, usos e vantagens sobre outros painéis**. Revista da Madeira, Curitiba, n. 44, 1999. p.22-26.

ALMEIDA, P. A. O; CRITIANI, J. E. R. **Fôrmas de madeira para concreto em edifícios de andares múltiplos**. In: V EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de madeiras, vol. I, Belo Horizonte, Anais do V Ebramem - Encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeiras, UFMG, 1995. p 53-66.

AMERICAN INSTITUTE OF TIMBER CONSTRUCTION - **Timber construction manual**. 2.ed., New York, John Wiley & Sons, 1974.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND **Fôrmas de madeira para concreto armado em edifícios comuns**, Boletim Técnico nº 50 (Reimpressão), São Paulo, ABCP, 1981. p.385-400.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de revisão da **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto, São Paulo, ago/2001.

BATISTA, A. M.; MASCIA, N. T.; TANAAMI, R. G. **Um panorama sobre a evolução das fôrmas e dos sistemas de fôrmas para concreto armado no Brasil**, 40º congresso Brasileiro do Concreto, agosto/1998, Rio de Janeiro, 19p.

BATISTA, A. M.; MORENO JR., A, M; FRICKE, G. T.; MELO, M. L. N.M., LOEWEN, A. B.; RIBEIRO, C. M. L.; GAVA; E. J. **Aplicação de fôrmas plásticas estruturadas para paredes em concreto armado**, 44º Congresso Brasileiro do Concreto, 17 a 22 de agosto de 2002, Belo Horizonte, MG., 16p.

BETON- KALENDER **Taschenbuch für beton - stahlbeton - und spannbetonbau sowie die verwandten .fächer**, Berlim, Verlag von.~Jilhelm Ernest & Sohn, 1976. V.2

BOLTSHAUSER, J **História da arquitetura**, Belo Horizonte, Escola de Arquitetura da UFMG, 1968. v. I, II, III

BUCCO, L., H., **Boletim informativo da bolsa de reciclagem** (sistema Fiesp), Curitiba, PR, ano I, nº 04, set/out, 2001.

CALIL JR., C. et al. **SET 613 Fôrmas de madeira para concreto armado**, São Carlos,.Publicação: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Reimpressão), 2000. 83p

CATÁLOGO **Sistema construtivo de fôrma pronta, compensados e madeiras**. Arvalle Cia Ltda./Arvorit., (2001), SP.

CATÁLOGO **A fôrma da laje nervurada**. Atex Brasil. (2001), São Paulo

CATÁLOGO **Fôrmas Tecnológicas para Construção**. Betonform (2002), São Paulo.

CATÁLOGO **Ferro e aço para construção civil**. Cofer. (2002), São Paulo.

CATÁLOGO **Tubos de papelão para construção civil**. Concretubo/Dimibu (2001), SP.

CATÁLOGO **Tensores, esticadores e barras para ancoragem**. Etena's Indústria e Comércio Ltda. (2002), São Paulo.

CATÁLOGO **Catálogos de produtos**. Masisa (2002), São Paulo

CATÁLOGO **Fôrmas Sintéticas para Formas Concretas**. Metroform (2001), São Paulo.

CATÁLOGO **Sistema de fôrmas Prátika**. Prátika Indústria e Comércio de Fôrmas Ltda (1982), São Paulo.

CATÁLOGO **A solução mais ágil e flexível em drenagem pluvial**. Tigre Rib Loc (2002), SP.

CHADE, W. T. **O uso da madeira na construção civil. A evolução da fôrma para concreto**, Anais do II Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 19 a 29 de novembro de 1986, SP, p 1-11.

CRANE, THEODORE **Architetural construction**, New York, John Wiley & Sons, 1955.

CRITIANI, J. E. R. **Fôrmas de madeira para concreto em edifícios de andares múltiplos**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995. 106p.

CLOUTIER, A. **Oriented stranboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials**. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1., **Anais**. Belo Horizonte, SIF, 1998, p. 173-185.

DISTANCIADORES DE FÔRMAS. **Distanciadores de fôrmas de concreto e fibras poliméricas**. Disponível na Internet. <http://www.systembau.org/enconfrad3.htm>. setembro/2002.

DONATO, M., **O mundo do plástico**, Goyana S.A., São Paulo, 1972, 75p.

DURIEZ, M **Traité de meteriaux de construction**, Paris, Dunod, 1950.

FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado**. Aplicação para o caso do edifício. São Paulo. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987, 241p.

GIORDANO, GUGLIELMO **La moderna tecnica delle costruzioni in legno**, .3. ed. Rev. e Ampl. Milão, Ulrico Hoepli, 1964. v.1-2.

GOITZ, ERWIN **Der Zimmerlehrling**, Berlin, Erich Schmidt Verlag, 1949~ v.2.

GOUVEIA, F. N., **OSB alternativa para uso estrutural**, fgouveia@alunos.ufv.br. Última atualização em setembro 2002.

GRINÂN, JOSÉ **Encofrados**, 2. e d. Barcelona, CEAC, 1964. 203 p.

GROPIUS, **Water Alcances de la arquitetura integral**, Buenos Aires, Ediciones de la ISLA, 1959.

HALÁSZ, Robert Von - **Holzbau - Taschenbuch**, Berlin, Verlag von Wilhelm Ernest & Sohn, 1974, 759 p.

HELLMEITER, J.C.; LAHR, F.A.R.; REQUENA, J.A.V., **Cimbramento de madeira para edifícios com estrutura de concreto armado**. In: Jornadas Sul/Americanas de Engenharia Estrutural, 21., Rio de Janeiro, 4 a 9 de maio de 1981. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ, 1981. p231-267.

HELLMEISTER, J.C., **Sobre a determinação das propriedades físicas da madeira**, São Carlos, EESC-USP, 1982. (Reimpressão). 119 p

HELLMIEISTER, J.C. **Estruturas de madeira**. 2.ed. 4. Reimpr. Rev. e Corrig. São Carlos, EESC-USP, 1977, (Notas de Aula). 113p.

JANSSENS, D.P. **The increasing recognition of oriented strandboard (OSB) as preferred structural panel.** In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1, **Anais.** Belo Horizonte: SIF, 1998, p. 169-172.

KARLSEN, G.G. **Wooden structures.** Moscou, ~lir Publishers, 1967. 638p.

KRESS, Fritz **Der Praktische Zinlnerer: Cinführung in die arbeiten der zirmnerei.** 6.ed.. Tübingen, Otto Maier Verlag Ravensburg, Nov. 1949. 208p.

MARANHÃO, G. M.,(2000), **Fôrmas para concreto: subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97.** São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 184p.

MENDES, L.M; ALBUQUERQUE, C.E.C.; IWAKIRI, S. **Perspectivas do processo de produção de painéis OSB (Oriented Strand Board).** In: EBRAMEN (ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA), 7. **Anais.** São Carlos: IBRAMEN, 2000. 1 CDROOM (Tópicos Especiais), 9p.

MENDES, L.M., ALBUQUERQUE, C.E.C **OSB: Aspectos técnicos e econômicos da indústria brasileira de chapas de fibras e de partículas.** Revista da Madeira, ABPM, Curitiba, n. 53, 2000. p. 14 - 22.

MENDES, L.M. ;. ALBUQUERQUE, C.E.C.; IWAKIRI, S. **A indústria brasileira de painéis de madeira.** Revista da Madeira, ABPM, Curitiba, nº 56, 2001, p. 67-72.

MORAES DE LOS RIOS, F.A. **Teoria e filosofia da arquitetura,** Rio de Janeiro, Editora A Noite, 1955.

MORSCH E. **Teoria y práctica del hormigón armado**, Version del. Aleman por M. Company. Buenos. Aires, G. Gili, 1952. v.3-4.

MURDOCK, L.J. **Concrete materials and practice**, Londres, Edward Arnold, 1948, 328p.

NATIONAL FOREST PRODUCTS ASSOCIATION **Design of wood formwork for concrete structures**, Washington, NFPA, 1961. Wood Construction data, nº 3. 18p

OLIVEIRA, H.M., **Materiais para concreto armado**, São Paulo, Escola Politécnica USP, 1965.

ORLANDI. .S.A.F. **Arquitetura a construção**, Tese de Catedra, São Paulo, 1966.

PFEIL, W. **Estruturas de madeira**. Rio de Janeiro~ UFRJ, 1978 (Reimpressão).

PFEIL, W. **Cimbramentos** Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987, 431p.

RAUTEWOOD. **Oportunidades para el futuro...productos derivados de la madeira com última tecnología incorporada**. Santiago, 1998. Paginação irregular.

REQUENA, J.A.V. **Fôrmas e Cimbração de madeiras para edifícios**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1983, 108p.

RIB LOC - **Fôrmas de PVC** Disponível na Internet. [http: www.ribloc.com.au/ribloc.htm](http://www.ribloc.com.au/ribloc.htm). setembro/2002.

RICHARDSON, J.G. **Practical formwork and mould construction**, London, C. R. Books, 1962. 220p.

ROCHA, S. **O desenho que fica**, Revista Técnica, São Paulo, nº 20 Jan/Fev, 1996, p27-30.

ROCHA, S. **O ajuste do mercado**, Revista Técnica, São Paulo, nº 30 Set/Out, 1997, p16-24.

ROCHA, S. **Negócios em fôrmas**, Revista A Construção São Paulo, nº 2286, dez, 1991, p4-6.

SANTOS, A.F. **Estruturas metálicas - Projetos e detalhes para fabricação**. 3.ed. São Paulo. MacGraw - Hill, 1977.

SNOW, Frederick., **Formwork for modern structures**, Londres, Chapman and Hall, 1965. 128p.

SOUZA, U. E. L., **O uso do plástico nas fôrmas para estruturas de concreto de edifícios**, Anais do II Encontro Tecnológico de sistemas plásticos na construção civil, 1997, São Paulo. p 181-218.

ULREY, Harry F. **Carpenters and builders library**, nº 1, Indiana Ed. Theodore Audel & CO, 1970.

VIOLLET, G.M., **Le - Duc - Historia de la habitacion humana**. Buenos Aires, Editorial Victor Lepu, 1945.

6. ABSTRACT

MORIKAWA, Mauro Satoshi. Alternative Materials Used in Formwork for Armed Concrete. Faculty of Civil Engineering, State University of Campinas, 2003. 123 pages. Master Dissertation.

This work describes about the State of the Art of formworks for reinforced concrete related to the alternative materials, which have been enlarging its usage in substitution to the traditional ones, such as solid wood boards or plywood.

The objective of this work is to explain such components, besides the traditional plywood used for the molds. It will be given emphasis for the plastic, OSB (oriented strand board), cardboard and Rib-loc.

Conceptions will be presented, constructive details of formworks for multiple-floor buildings and structures of great capacity and exhibition of the several systems and materials of existent molds in Brazil. Among them: Traditional System /ABCP, Toshio Ueno, Pratika, that uses the wood as raw material; Madenor and Betonform Systems, which use the plastic as raw material; System with OSB that uses “plywood” panels formed by superposed micro-films layers, and the Systems that use the cardboard and Rib-loc.

Each one of these mold systems were studied with the purpose of making the optimization of the materials used, as well as its assembly and disassembly in the construction.

Based on those collected information, this work explains about the materials that have been appearing since the last century, and that have being used for making the formworks.

Keywords:

Formworks for concrete - alternative materials - plywood - plastic - OSB - cardboard