

2.4 Execução das obras de concreto armado

Segundo MOLITERNO (1989), a construção civil, na execução de formas de madeira para estruturas em concreto armado dos edifícios de múltiplos andares, já saiu do estágio de quase artesanato, caminhando cada vez mais para a industrialização e especialização técnica. Isso se deve as disponibilidades que o mercado vem oferecendo em sistemas de painéis, escoras, acessórios e peças especiais de amarrações e fixações. Pode-se dizer que estão superados os tapumes e clássicos andaimes ao longo das fachadas dos edifícios em construção, substituídos pelas formas trepantes, bandejas em plataforma, balancins e vários outros equipamentos que podem ser adquiridos ou alugados. Contribuiu para o atual estágio de desenvolvimento a necessidade imperativa de se reduzirem custo e prazos de execução, obrigando mesmo, no caso do emprego das formas convencionais, à racionalização desse trabalho.

2.4.1 Organização da obra

De acordo com HIRSCHFELD (1996), da procura do terreno à construção do edifício existem os seguintes passos da incorporadora até a entrega do empreendimento para formar o condomínio, que são:

- a) escolha do terreno;
- b) planejamento para construir o prédio;
- c) escrituras de compra/venda das partes ideais do terreno e das diversas obrigações levadas ao registro imobiliário;
- d) lançamento do futuro edifício com as diversas promessas;
- e) construção do edifício;
- f) entrega de todas as unidades após a obtenção do habite-se;
- g) escrituras definitivas de compra e venda, levadas ao Registro de Imóveis;
- h) assembléia de instalação do condomínio.

Segundo CHAVES (1996) antes de iniciar uma obra, torna-se necessário organizar o local onde se desenvolverão os serviços de modo a evitar confusão, perda de tempo e mesmo, em certos casos, quase impossibilidade de executar a construção.

Chama-se canteiro de obras o local onde se desenvolverão os trabalhos de construção. A organização do canteiro de obras é tanto mais complexa quanto mais completa e ampla for a obra a executar (ver figura 1). Dentro desta idéia geral, conforme o vulto e complexidade da obra, o canteiro é composto de:

- a) **tapume** – destinado ao fechamento do canteiro de obras. É geralmente uma parede ou cerca de madeira, de qualidade inferior e compensada;
- b) **almoxarifado** – local destinado à guarda de material e seu controle e distribuição para a obra;



Figura 1 – Exemplo da constituição de um canteiro de obras.
Fonte: CHAVES (1996)

- c) **escritório** – plantas, diário da obra, controle de ponto do pessoal, telefone, etc., exigem local apropriado, geralmente o escritório de obras;
- d) **sanitário** – destinado às necessidades fisiológicas e banho do pessoal que trabalha no canteiro;
- e) **casa de vigia** – local destinado ao empregado responsável pela vigilância da obra;
- f) **depósito de areia** – destinado à armazenagem da areia para a construção. Sua localização deve ser próxima das centrais de preparo de concreto ou argamassas.
- g) **depósito de brita** – próximo das centrais de preparo de concreto deve ficar o depósito de agregado graúdo destinado ao concreto.
- h) **depósito de cal** – local destinado à extinção de cal virgem e armazenamento para posterior emprego;
- i) **depósito de ferro de construção** – local para os ferros destinados a armação do concreto. Deve situar-se próximo do local ou central de dobramentos de ferros;
- j) **central de preparo de concreto** – local onde se prepara o concreto. Pode constituir-se de uma instalação complexa em obras de grande vulto ou simplesmente de uma betoneira.
- k) **depósito de madeira** – barracão destinado ao abrigo e guarda do madeiramento
- l) **garagem** – em obras de vulto pode ser necessário um local para abrigo de caminhões, tratores, carros ou outros veículos;
- m) **oficinas** – também em obras de vulto pode se necessária a existência de uma oficina para manutenção de veículos e equipamentos pesados de obra.

O autor cita também os equipamentos para manuseio e transporte de materiais e preparo dos mesmo, que são:

- a) **betoneira** – destina-se à dosagem e misturas dos ingredientes do concreto ou argamassa. É uma caçamba (figura 2), movida a motor (elétrico ou a gasolina), que girando faz a mistura dos ingredientes;

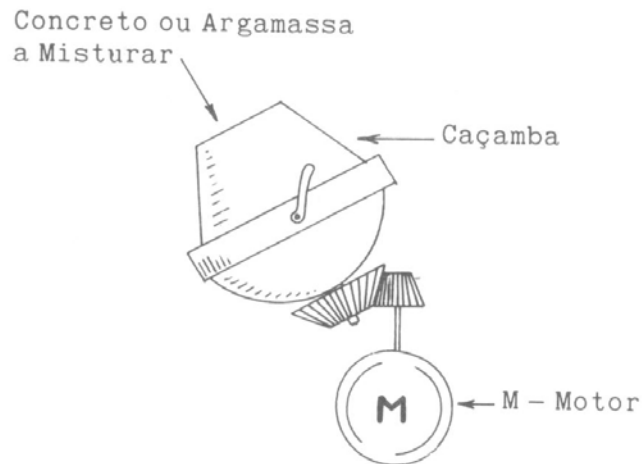


Figura 2 – Betoneira para adensamento do concreto
 Fonte: CHAVES (1996)

- b) **Guincho ou elevador** – Nas construções de grande número de pavimentos ou andares, utiliza-se um equipamento para transporte vertical de cargas ou de pessoal (figura c);

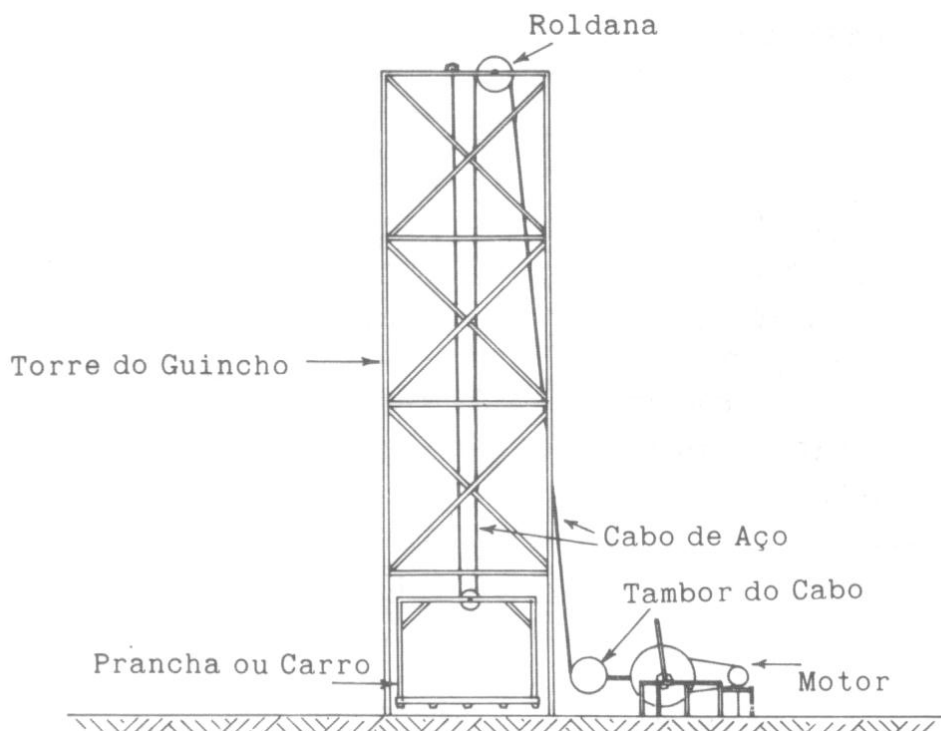


Figura 3 – Guincho para transporte vertical de materiais.
 Fonte: CHAVES (1996)

- c) **Grua** – é um guindaste de lança horizontal (figura 4) instalado na parte mais alta do prédio com o qual são movimentadas cargas desde solo até a parte superior e na horizontal, com rapidez e precisão;

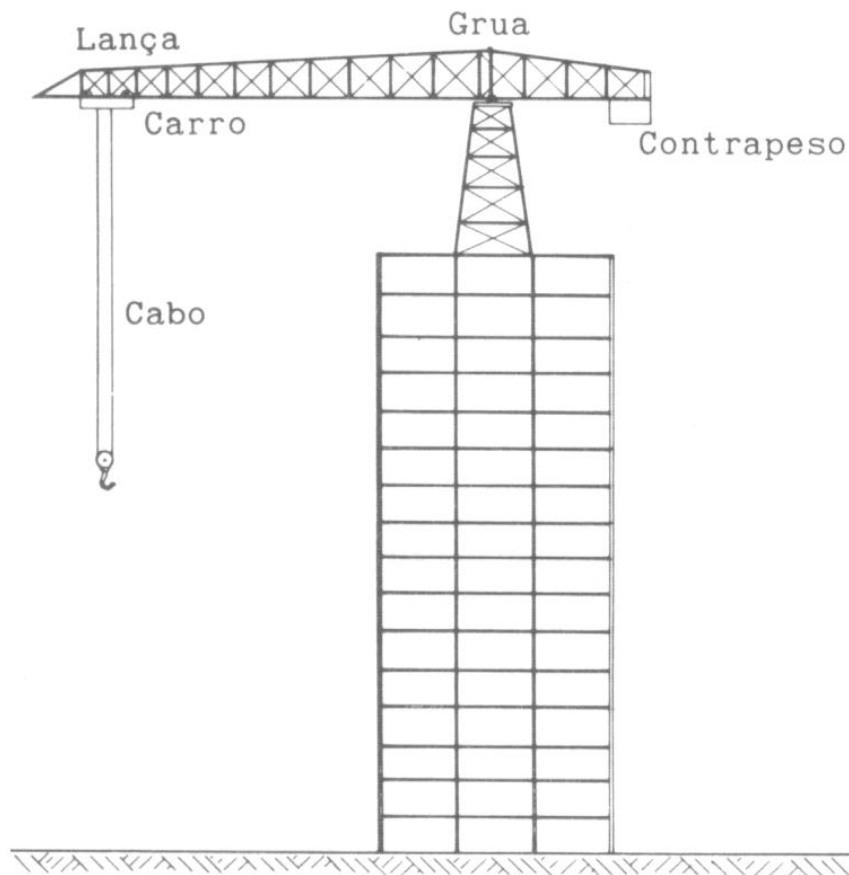


Figura 4 – Grua destinada a manobras de força em prédios de muitos pavimentos.

Fonte CHAVES (1996)

- d) **Serra de madeira** – é uma serra circular destinada ao desdobramento da madeira, cortando-a nas dimensões necessárias à confecção de formas para concreto, etc.;
- e) **Vibrador** – equipamento para melhorar o adensamento do concreto no interior das formas, de modo a preencher todos os vazios, tornando a estrutura mais compacta, mais uniforme, sem falhas, o que é ideal. Consiste em um equipamento de um bulbo, no interior do qual gira uma peça excêntrica, movida

por motor elétrico, geralmente produzindo uma vibração, uma trepidação do bulbo.

Segundo AZEREDO (1977), a obra começa com a terraplanagem, que tem por fim modificar o relevo natural de um terreno e que consiste em 3 etapas distintas, ou seja, escavação, transporte e aterro. A terraplanagem aplicada em preparo do terreno para edificações, geralmente de pequeno vulto comparada com a aplicada em estradas, barragens, etc. Adota-se a expressão movimento de terra explicitamente na área da construção de edifícios, onde a preocupação maior é a saída e entrada de terra no canteiro. O movimento de terra pode ser de quatro tipos:

- a) **manual** – quando de executados pelo homem por meio das ferramentas: pá, enxada e carrinho de mão;
- b) **motorizado** – quando são usados para o transporte, caminhão ou basculante;
- c) **mecanizado** – quando a escavação, carregamento e transporte são efetuado pela própria máquina;
- d) **hidráulico** - quando o veículo transportador de terra é a água. Por exemplo, a dragagem.

A construção de um prédio, como vimos, é um conjunto de várias atividades que vão, segundo ROUSSELET et. al. (1999), desde a montagem de tapumes de proteção do terreno, construção de escritórios, alojamentos, refeitórios e sanitários. Assim como AZEREDO (1977), também cita que a obra se inicia com a escavação do terreno, fundação das estruturas, construção do térreo e, finalmente, os pavimentos que são o objeto desta dissertação.

2.4.2 – Formagem do concreto

As etapas de fundação da obra não serão citadas aqui, pelo fato do objeto da pesquisa ser o escoramento das lajes de pavimento tipo, que são erguidas após a implantação de andares subterrâneos e térreo.

Embora o concreto não seja exatamente o objeto da pesquisa, é pertinente um breve comentário sobre sua composição. AZEREDO (1977) diz que o concreto é uma mistura de cimento, água e materiais inertes (geralmente areia, pedregulho, pedra britada ou argila expandida) que, empregado em estado plástico, endurece com o passar do tempo, devido à hidratação do cimento, isto é, sua combinação química com água.

Quando o concreto é convenientemente tratado, seu endurecimento, continua a desenvolver-se durante muito tempo após haver adquirido a resistência suficiente para a obra e torna-se muito mais forte ao invés de enfraquecer. Esse aumento contínuo de resistência é qualidade peculiar do concreto que o distingue dos demais materiais de construção.

Segundo CHAVES (1996), em blocos de concreto de grandes dimensões pode-se substituir parte do aglomerado por pedras-de-mão, bem maiores que as britas, com o objetivo principal de economia. Tem-se então o concreto Ciclóptico (ver figura 5).

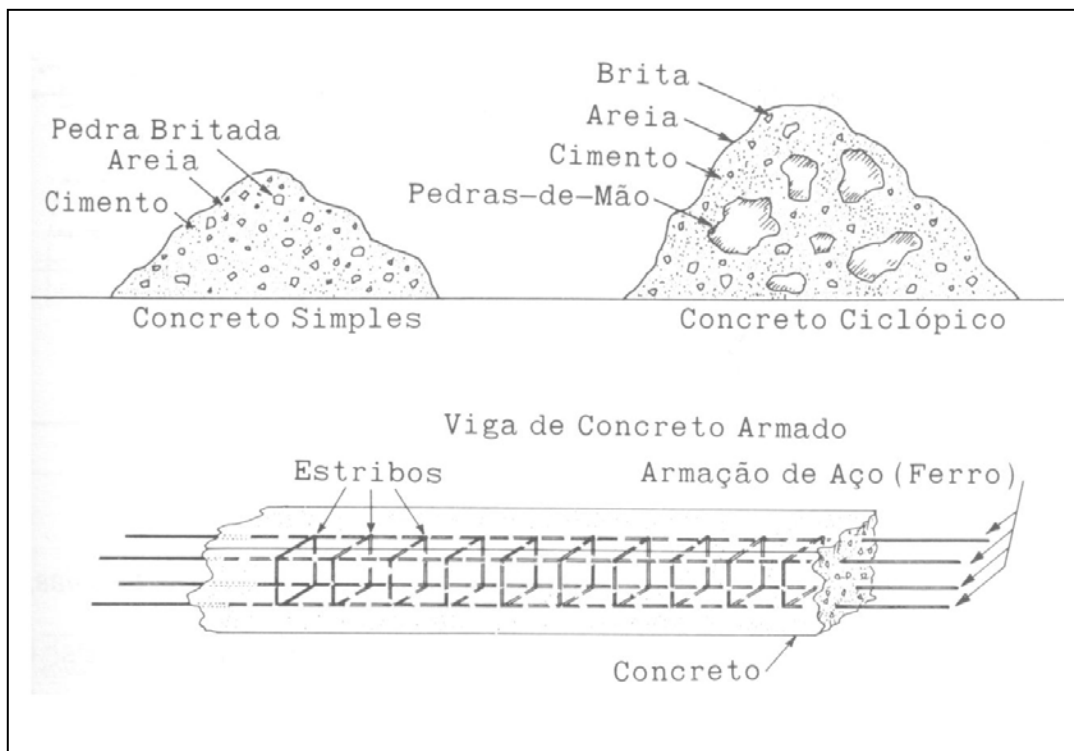


Figura 5 – Constituição do concreto simples, concreto ciclóptico e concreto armado.
Fonte: CHAVES (1996)

Segundo CHAVES (1996), as peças que formam a estrutura de um prédio, graças às excelentes qualidades do concreto, tendem a constituir-se num conjunto monolítico, ou seja, como que uma peça única. A figura 6 representa, esquematicamente, a estrutura de um prédio com as diversas peças que a compõem: blocos de fundação, cintas de segurança, pilares, vigas e lajes.

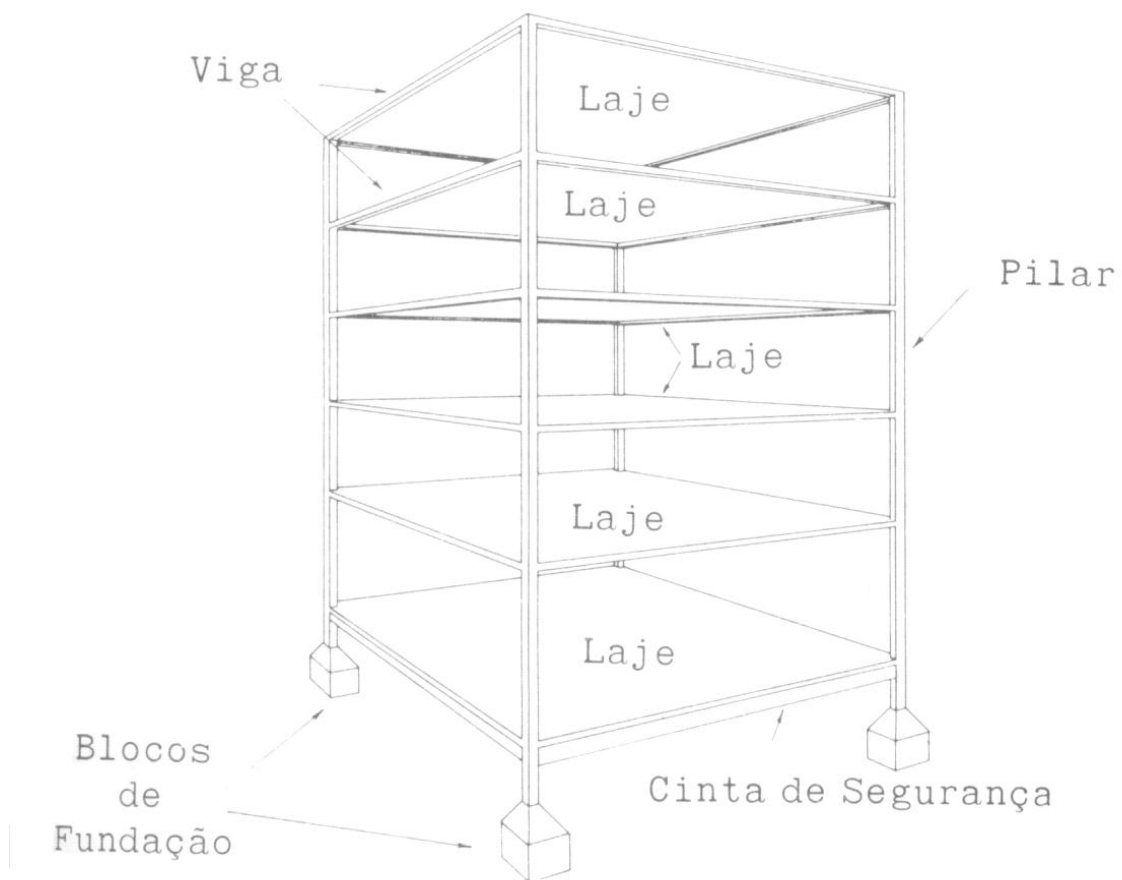


Figura 6 – Perspectiva da estrutura de concreto armado de um prédio de vários pavimentos.

Fonte: CHAVES (1977)

Segundo ROUSSELET et al. (1999) as atividades em concreto armado se dividem nas seguintes fases: forma, escoramento, armações de aço, concretagem e desmontagem.

Já PIANCA (1982), diz que as mesmas atividades em concreto armado se dividem em: armação da moldagem, armadura, concretagem, cura, desmonte da armação de moldagem. Sendo que armação da moldagem são as formas e a armadura da moldagem é a parte metálica do concreto. Para melhor entendimento, o autor faz uma breve descrição de cada uma das etapas:

- a) **armação da moldagem** - a armação da moldagem é constituída pelas formas para lançamento do concreto e pelo escoramento das mesmas. Sua execução deve ser feita criteriosamente, pois ela influi na maior e no menor custo da obra

O material geralmente empregado é madeira, lançando-se mão do ferro excepcionalmente nas grandes construções.

As armações devem ser bastante resistentes e rígidas para poderem suportar, sem deformações apreciáveis, o peso do concreto e dos operários, bem como as vibrações provenientes do adensamento. Além disto devem ser simples para que possam ser montadas e desmontadas com facilidade

- b) **armadura** - a armadura das estruturas de concreto armado é constituída geralmente por barras de aço que são posicionadas longitudinalmente ou transversalmente, conforme as solicitações a que estão sujeitas as peças estruturais (pilares, vigas, lajes, etc.).
- c) **concretagem** - a concretagem compreende o preparo, o transporte e o adensamento do concreto;
- d) **cura do concreto** - a cura ou sazramento do concreto é um tratamento que recebe para evitar a cura (endurecimento) prematuro.

- e) **desmonte das formas** - a desmontagem das formas e do escoramento só pode ser feita após a cura total do concreto após este ter adquirido resistência suficiente para suportar as cargas que atuarão sobre ele.

Segundo AZEREDO (1977), a execução de estruturas de concreto exige a construção de formas com dimensões internas correspondendo exatamente às das peças da estrutura projetada. A uniformização das espécies e dimensões das madeiras usadas, bem como da nomenclatura e dimensões das peças que compõem as formas, e tabelas de aplicação imediata seriam extremamente vantajosa, não só por facilitarem a fiscalização do consumo de madeira nas obras e as relações dos construtores com os fornecedores e mestres carpinteiros, como, e sobretudo, por permitirem o planejamento rápido de formas com a resistência necessária.

CHAVES (1977) destaca que as formas devem ser construídas de modo que:

- a) dêem às peças exatamente a forma projetadas;
- b) não se deformem sensivelmente quando da concretagem;
- c) nas peças de grande vão, tenham sobrelevações que compensem as deformações que terão sob a carga do concreto;
- d) as formas e os escoramentos devem suportar o peso ao próprio trabalho durante a concretagem;
- e) as formas devem ser construídas, de modo a facilitar a sua desmontagem sem choques nem esforços desnecessários que possam danificar a peça de concreto ainda fresco.

O autor salienta que os escoramentos recebem os esforços devido ao peso do concreto e da forma enquanto o concreto ainda não endureceu suficientemente. Portanto, o solo e o pavimento inferior, devem suportar a pressão dos escoramentos até que a peça de concreto armado possa se auto-suportar.

De acordo com MOLITERNO (1989) podem-se caracterizar as formas convencionais de madeira em três tipos clássicos fundamentais:

- a) **formas reutilizáveis para estruturas de edifícios de múltiplos andares ou vários tramos de viadutos** – essas estruturas merecem um projeto elaborado por profissionais ou firma empreiteira especializada, face à necessidade de dez a vinte aproveitamentos;
- b) **formas utilizadas até duas vezes em pavimentos de edifícios** – ficam por conta da diretriz do próprio profissional responsável pela construção, quando o orçamento da obra não justificar outras contratações;
- c) **formas reutilizáveis para peças de concreto pré-moldado** - aqui o industrial da pré-fabricação, ou o empreiteiro, como no caso de vigas de protendido, optam pelas formas de madeira, de acordo com a viabilidade de reutilização e o custo/amortização do investimento, comparadas com similares em aço, alumínio, *fiberglass* ou polipropileno, esta última para lajes de edifícios.

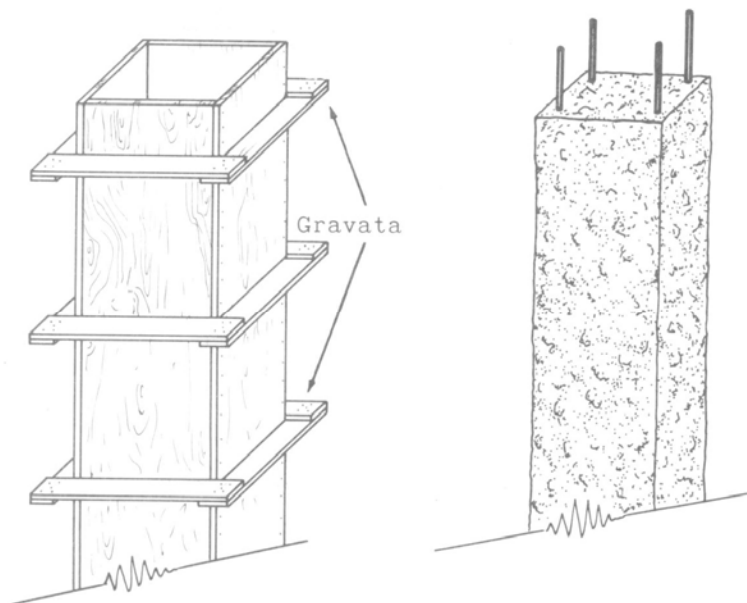


Figura 7 – Trecho de uma forma para confecção de pilar. Na esquerda a forma; na direita o pilar já desformado.

Fonte: CHAVES (1996)

Segundo o autor, as madeiras utilizadas podem ser o Pinho do Paraná, *Pinus Elliotti*, Eucalipto, Virola ou ucuúba. Para a formagem das lajes, o autor comenta que as tábuas anteriormente utilizadas foram substituídas pelas chapas de madeira compensada,

constituídas de lâminas de madeira obtidas do Pinho do Paraná, que se impuseram pela qualidade e economia. Proporcionam economia, pois possibilitam várias utilizações sem danos significativos.

ROUSSELET et. al. (1999) faz uma série de recomendações para execução das formas, tais como um local apropriado para a fabricação das mesmas, sugerindo um layout para a localização de todo o material de execução, como serra circular, a madeira em tábuas, folhas de compensado, a estocagem das formas já prontas e um planejamento da circulação neste ambiente.

O transporte das formas requer um cuidado especial, devido a suas dimensões. O autor cita o perigo de danos à coluna vertebral no transporte das mesmas. Ele ainda salienta a necessidade do maior número de homens possível para esta tarefa, sugerindo inclusive posturas corporais menos danosas à coluna.

Ele ainda faz uma série de recomendações sobre o transporte de pequenos utensílios como serrotes, martelos, furadeiras e outras ferramentas portáteis. O perigo oferecido na queda de qualquer um deles é grande quando o trabalhador estiver no alto da montagem da laje.

Na etapa montagem do escoramento das formas de laje, é necessário observar uma série de procedimentos de segurança, que incluem a verificação da superfície onde será apoiado o escoramento, o encaixe correto de quadros metálicos que suportarão a laje, o apoio completo de sapatas na base e um cuidado especial com a periferia que, segundo o autor, é a área da construção que oferece mais risco. De fato, se durante a montagem do escoramento na periferia houver um escorregão no apoio da estrutura, todo o material irá abaixo, visto que nesta etapa a proteção para esta área ainda está sendo executada.

O autor ainda salienta que, para a concretagem, deve haver uma série de procedimentos de segurança, como turmas de trabalhadores com atividades de vistoria e observação da

estrutura de formagem e escoramento. Durante a concretagem deverá haver um encarregado de observar se a estrutura vibra em excesso, se há deslocamento ou escorregamento das formas e, também, não permitir a circulação de pessoas sob a laje no ato da tarefa.

KING (1985) também cita a montagem das formas como fase crítica e diz que o carpinteiro, encarregado da montagem da forma, fica exposto a grande perigo pelo fato de ficar pendurado em cima da armação da laje em uma etapa ainda sem a completa segurança.

ROUSSELET et al. (1999) também recomenda, nesta etapa, o uso de cintos de segurança atados em local que não seja a estrutura que está sendo montada, com para prevenir possíveis quedas e escorregões.

2.4.3 Riscos e cuidados na desmontagem das formas

CHAVES (1996) comenta que a desmontagem das formas somente deve ser feita somente quando o concreto estiver suficientemente endurecido, para que possa resistir às cargas que atuam sobre ele. O autor ressalta que enquanto o concreto não estiver suficientemente endurecido e resistente para suportar seu próprio peso e, muito menos, suportar cargas adicionais, cabe ao escoramento tal responsabilidade. Com o passar do tempo, com a cura do concreto, sua resistência vai aumentando, passando o concreto armado a se auto-suportar, ocasião em que o escoramento vai deixar de ser necessário podendo, após certo tempo, ser retirado.

Para a desmontagem das formas, ROUSSELET et al. (1999) diz que somente com a autorização da equipe de segurança do trabalho pode-se iniciar o trabalho. A lista de recomendações para esta tarefa é:

- a) isolamento da área do canteiro de obras no térreo com cordas, de modo a impedir a circulação de pessoas durante a desmontagem dos painéis;

- b) colocar pára-lixos na laje abaixo da que está sendo desmontada para evitar a queda de painéis ao solo;
- c) colocar proteção aérea em espaços de circulação, assim como escadas;
- d) fechar todas as aberturas do piso concretado;
- e) fixar, no pavimento a ser desformado, placas informativas da atividade;
- f) colocar extintores de incêndio, do tipo água, nos locais de acúmulo de madeira;
- g) instalar lâmpadas, onde a iluminação natural for insuficiente;
- h) Evitar que as lâmpadas fiquem encostadas nas superfícies de madeira.

Deve-se montar andaimes para se aproximar da laje a ser desformada com maior estabilidade.

O início da desformagem deve começar pelo centro da laje. Os trabalhadores que estiverem desformando próximo à periferia do prédio, deverão obrigatoriamente utilizar cintos de segurança.

Ao término de cada etapa de desformagem, deve-se imediatamente confeccionar guarda-corpo na periferia da laje e corrimão provisório nas escadas.

De acordo com PIANCA (1982), a maior parte dos desabamentos nas construções de concreto armado provém de desmontes precipitados, feitos antes da cura completa do concreto e sem a observância de deixar a estrutura suportar lenta e gradativamente o seu próprio peso.

HIRSCHEFELD (1996) destaca que os riscos existentes numa construção compõem-se de alguns evitáveis, desde que haja medidas adequadas, e outros inevitáveis, em virtude de sua apresentação complexa ou até de serem provindos de falhas humanas. O autor cita os erros grosseiros na fiscalização de execução, excesso de confiança nos inúmeros projetos adicionais apresentados, interpretações erradas de projetos técnicos e negligência da fiscalização.

2.4.4 Gerenciamento da obra

Segundo AZEREDO (1997), o engenheiro deverá estar na obra em contato permanente com os operários, mestre e encarregado, o que hoje em dia dificilmente acontece devido à rapidez das construções, assim como ao volume de obras. Como consequência deste fato, não existe mais aquela formação, ministrada pelo engenheiro, seguindo a seqüência de servente a pedreiro, de pedreiro a estucador, de estucador a mestre, etc. Para mandar é preciso saber, não há a necessidade de executar, mas de conhecer a perfeita tecnologia da execução nos seus mínimos detalhes e não no âmbito geral.

Segundo o autor, o que se nota atualmente, é que os próprios operários se autopromovem nas diversas especialidades herdando vícios de seus superiores imediatos, até atingirem a posição de mestres e encarregado, abaixando conseqüentemente o padrão de qualidade da obra.

HIRSCHEFELD (1996) observa que para uma construção ser bem executada, deve haver consciência de toda a equipe, de maneira a se obter um resultado com qualidade e segurança. O autor cita que em 1993 pesquisas efetuadas demonstraram que:

- a) 86% das construtoras não possuíam programas internos de qualidade e produtividade;
- b) 60% não conheciam a norma sistêmica de qualidade, a ISO 9000;
- c) 40% das empresas construtoras, de consultoria e de projetos não estavam informatizadas;
- d) 78% não empregavam procedimentos que pudessem assegurar qualidade final de produção;
- e) 54% não adotavam programas de incentivos para a participação de funcionários em eventos técnicos.

Segundo o autor, todas as construtoras estão convencendo-se de que há necessidade de um conjunto de procedimentos de controle, desde o projeto até o canteiro de obras, incluindo manutenção. Segundo grandes especialistas no Controle de Qualidade em Construções, as construtoras ainda estão na etapa da conscientização, pois a construção civil brasileira ainda é muito tradicional.

Um outro fato da construção civil, é o desperdício. A cada três prédios construídos, um outro poderia ser erguido sem aumento de custo, se o desperdício não fosse tão acentuado, ou seja, 33%, o que representa 9% do PIB nacional.

Os principais fatores de desperdício relatados por HIRSCHEFELD (1996), podem ser assim resumidos:

- a) perda de material e retrabalho, por falta de qualificação de pessoal, alta rotatividade de mão de obra e falta de projeto específico;
- b) perda de cerca de 20% de material utilizado na nivelção das paredes desaprumadas ou em revestimentos de paredes que apresentam espessuras diferentes em vários locais;
- c) estrutura metálica enferrujada por falta de tratamento anticorrosivo;
- d) armazenamento inadequado de materiais como cal, cimento, madeira, etc.

O autor salienta que na Inglaterra os mecanismos de garantia da qualidade da construção civil estão bem desenvolvidos e aplicados. Existe lá uma entidade de caráter privado, sem fins lucrativos, coordenada por um conselho de 20 membros indicados por órgãos representativos de construtoras, usuários, governo, sindicatos de operários e patronais, além de associações de engenheiros civis, arquitetos e outros profissionais. Esta entidade tem sua atuação em atividades que buscam garantir qualidade das habitações, tendo também atuação na produção de normas que não entrem em conflito com as normas britânicas ou código local de edificações.

Segundo o autor no Brasil existe o ITOC – Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção. Este órgão foi criado para acompanhar a qualidade dentro da

situação econômica brasileira. Assim processos tradicionais, anacrônicos e de baixa qualidade, estão sendo substituídos pelas novas técnicas, e equipamentos mais sofisticados são integrados ao cotidiano das obras, existindo, inclusive, sistemas inteiramente importados.

Como forma de melhor entendimento das etapas da construção predial, o anexo 1 mostra o desmembramento destas atividades, elaboradas por MALUF et al. (1989) citado no trabalho de GOMES (1994). Neste quadro as atividades foram decompostas até o nível das atividades, com especificação de instrumental, material e equipamentos de proteção individual necessários por atividade.

Para a observação clara do anexo 1, deve se observado:

- 1) A seguinte hierarquização:

Operação – Procedimento – Ação – Atividade

- 2) As definições da decomposição:

Operação:

- a) complexo de meios que se combinam para a obtenção de certo resultado:
operação industrial
- b) Execução das medidas consideradas necessárias à execução de um objetivo.

Procedimento:

- a) Ato ou efeito de proceder;
- b) Processo, método.

Ação:

Modo de proceder, comportamento, atitude;

Atividade:

Qualquer ação ou trabalho específico.

- 3) A relação do Anexo 2, de equipamentos de proteção individual (MONTICUCO, 1991) apud GOMES (1994).

No anexo 1, as colunas (1) a (4) representam os desmembramentos das operações em uma obra de edificação na fase de estruturas. A coluna (5) indica a mão de obra empregada nas diversas atividades; é bom salientar que o servente é a categoria profissional mais presente. O servente se apresenta sob a forma de servente propriamente dito, quando as tarefas de levantamento manual de carga, LMC, lhe são incumbidas ou sob a forma de aprendiz, como ajudante em outra categoria profissional, como carpinteiro, por exemplo. As colunas (6) e (7) apresentam o instrumental a ser usado, que são os equipamentos e as ferramentas que irão ajudar nas diversas tarefas. Quando não são mencionados instrumentos e há movimentação ou transporte de materiais, estes são realizados manualmente. A coluna (8) identifica os principais materiais utilizados em cada tarefa, matérias que em sua maioria serão movimentados manualmente.

As fases de uma obra de edificação não são exatamente delimitadas pois, enquanto em um pavimento está se realizando a fase de estruturas, em outro, inferior, pode estar sendo executada a alvenaria. O anexo 2, apresenta um momento na fase de estrutura do 3º. pavimento de uma obra de construção de um edifício e pode-se perceber o início da alvenaria no mesmo pavimento.

No anexo 2, a primeira linha de identificação da obra; a coluna (1) indica o número de ordem de cada atividade. A coluna (2) indica as atividades na execução completa da estrutura do 3º. pavimento de uma obra de edificação (pavimento integrante do caminho crítico de desenvolvimento da obra). A coluna (3) apresenta todas as atividades antecedentes, isto é, as que deverão ser concluídas antes da atividade em questão. A coluna (4) apresenta as atividades sucessoras – aquelas que serão iniciadas

após o término da atividade em questão. A coluna (5) é subdivida em: **t_o – tempo otimista**, consideradas todas as condições favoráveis; **t_p – tempo pessimista**, se levadas em conta todas as condições desfavoráveis exceto catástrofes provenientes de acidentes naturais; **t_m – tempo mais provável**, admitidas as condições normais de trabalho e **t_e – tempo esperado**, calculado pela fórmula $t_e=(t_o+4t_m+t_p)/6$. A coluna (6) destina-se a anotações a respeito do andamento da obra.