



**UFPE – Universidade Federal de Pernambuco**

**Ricardo de Holanda Albuquerque Filho**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Otimização de centrais de concreto pré-moldado**

**RECIFE – PE**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**OTIMIZAÇÃO DE CENTRAIS DE  
CONCRETO PRÉ-MOLDADO**

**Por**

**Ricardo de Holanda Albuquerque Filho**

Graduação em Engenharia Civil

Recife – PE

2011

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

**A345o Albuquerque Filho, Ricardo de Holanda.**

Otimização de centrais de concreto pré-moldado / Ricardo de Holanda Albuquerque Filho. - Recife. O Autor, 2011.  
57f., il., figs., tabs. gráf.

Orientador: Prof. Dr. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco.  
CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2011.

Inclui Referências Bibliográficas.

**1. Engenharia Civil 2. Concreto Pré-moldado. 3. Central Dosadora. 4. Controle de Qualidade. I. Andrade, Tibério Wanderley Correia de Oliveira ( Orientador ). II. Título.**

**624 CDD (22.ed)**

**UFPE/BCTG-155/2011**

ALBUQUERQUE FILHO, RICARDO DE HOLANDA.

Otimização de centrais de concreto pré-moldado.

[Recife, Pernambuco] 2011. 57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na UFPE /Departamento de Engenharia Civil para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho  
de Conclusão de Curso

**Otimização de Centrais de Concreto Pré-Moldado**

**elaborado por**

**RICARDO DE HOLANDA ALBUQUERQUE FILHO**

Monografia de trabalho de conclusão de curso submetida à banca examinadora designada pelo colegiado do curso de graduação em Engenharia Civil como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Civil.

**Banca Examinadora:**

Professor: Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade

**Orientador**

Professor Sérgio do Rego Barros Machado Dias

**Convidado**

Engenheiro Angelo Just da Costa

**Convidado**

**Recife, \_\_\_\_\_ de Agosto de 2011**

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram desde o início do curso, que me fizeram continuar mesmo com alguns percalços e incertezas, ao meu pai Ricardo Albuquerque pela companhia, apoio e educação que me tornaram quem sou hoje, sempre me orientando e aconselhando da melhor forma possível. Agradeço também à minha mãe Maria do Carmo Moreira por sempre acompanhar e incentivar minha carreira, com carinho e dedicação, ao meu irmão Bruno Albuquerque pelas revisões e incentivo, à minha noiva Maylane (te amo, Chinha) pela paciência, por estar sempre presente e pelo apoio técnico, ao meu orientador Tibério por guiar a criação deste trabalho, e aos professores por proporcionarem acesso aos conhecimentos.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	6
1 RESUMO.....	8
2 LISTAS.....	9
2.1 Lista de símbolos .....	9
2.2 Lista de figuras .....	10
2.3 Lista de tabelas .....	11
2.4 Lista de equações .....	12
3 INTRODUÇÃO .....	13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
5 OBJETIVO.....	16
6 VISÃO GERAL .....	17
6.1 Definições:.....	17
6.2 Aplicações, vantagens e desvantagens do uso de concreto pré- moldado:.....	17
7 Instalações da central de concreto pré-moldado e políticas de controle de qualidade.....	20
7.1 Planejamento da central de concreto pré-moldado .....	20
7.2 Montagem da central.....	22
7.3 Componentes principais de uma central de pré-moldados.....	24
7.4 O Controle de qualidade.....	27
8 Sistema e produção das formas.....	30
9 Execução das armações .....	36
10 Mistura, adensamento, cura e aditivos para o concreto .....	40
10.1 Plano de concretagem.....	41
10.2 Mistura do concreto .....	42
10.3 Adensamento do concreto.....	43

10.4 Cura do concreto.....	45
10.5 Aditivos para concreto.....	46
11 Controle de qualidade do concreto.....	48
11.1 Concreto no estado fresco .....	48
11.1.1 Trabalhabilidade.....	48
11.1.2 Segregação e exsudação.....	49
11.1.3 Ar incorporado.....	50
11.2 Concreto endurecido .....	50
11.2.1 Ensaio de resistência à compressão.....	52
12 Considerações a respeito de uma central de concreto pré-moldado otimizada ...	53
13 Conclusão .....	56
14 Referências Bibliográficas.....	57

## **1 RESUMO**

A principal proposta deste trabalho de conclusão de curso é servir como agente aglutinador de conhecimento no que tange aos processos que envolvem a fabricação de peças de concreto pré-moldado. Serão enfatizadas todas as principais fases de sua fabricação, desde a concepção da central de concreto, como o processo produtivo e a disposição em seu local definitivo de projeto. Serão abordados aspectos técnicos e metodologias de controle tecnológico de todas as atividades desenvolvidas. Ficarão evidentes as diversas vantagens assim como ganhos de produtividade oriundos da adoção das técnicas abordadas neste trabalho.

## 2 LISTAS

### 2.1 Lista de símbolos

- Cm - Centímetro.
- Fck - Resistência à compressão do concreto.
- Kg - Quilograma.
- kN/m<sup>2</sup> - Quilo Newton por metro quadrado.
- M - Metro.
- m<sup>2</sup> - Metro quadrado.
- Mm - Milímetro.
- MPa - Mega Pascal.
- Pa - Pascal.
- Ton - Tonelada.

## 2.2 Lista de figuras

Figura 1-Exemplo de elementos estruturais Pré-moldados (Fonte: Mamede, 2006)	19
Figura 2- Central de concreto.....	22
Figura 3- Caixa e balança de agregados .....	25
Figura 4- Balança e caixa de água e aditivos.....	26
Figura 5- Silo e balança de cimento .....	27
Figura 6- Modelo de forma metálica.....	33
Figura 7- Formas de madeira .....	35
Figura 8- Fluxograma de atividade de armação (Fonte: Barros, 1998) .....	36
Figura 9- Armadura para peça pré-moldada .....	38
Figura 10- Fluxograma da produção de concreto (Fonte: Vanderlei, 2004) .....	40
Figura 11- Distribuição de atividades durante a mistura do concreto.....	43
Figura 12- Vibração do concreto .....	45
Figura 13- Reação de hidratação do cimento (Fonte: Aragão, 2007).....	45
Figura 14- Ensaio de abatimento do concreto.....	48
Figura 15- Concreto segregado.....	49
Figura 16- Curva normal de distribuição de probabilidade .....	52
Figura 17- Prensa hidráulica para rompimento dos corpos de prova .....	52
Figura 18- O ciclo PDCA (Fonte: Wikipédia) .....	55

### 2.3 Lista de tabelas

Tabela 1- Comparativo entre metodologias (Fonte: Mamede, 2006) .....	20
Tabela 2- Formas de madeira X Formas metálicas (Fonte: Téchne, Julho 2005).....	32
Tabela 3- Vantagens do concreto armado .....	37
Tabela 4- Vantagens na terceirização do corte e dobra do aço .....	39
Tabela 5- Plano de concretagem (Fonte: ABESC, 2010).....	41
Tabela 6- Raio de influência da agulha (Fonte: MULTIQUIP, 2007) .....	43
Tabela 7- Tipos e usos de aditivos (Fonte: ABESC, 2010) .....	47
Tabela 8- Coeficiente de correção do fck.....	51

## 2.4 Lista de equações

Equação 1- Cálculo da resistência à compressão (modelo 1).....	51
Equação 2- Cálculo da resistência à compressão (modelo 2).....	51

### 3 INTRODUÇÃO

A organização americana NPCA (National Precast Concrete Association) define uma estrutura feita em concreto pré-moldado como aquela em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e adquirem um determinado grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. Por este motivo, este conjunto de peças é também conhecido pelo nome de estrutura pré-fabricada.

No Brasil, por conta de suas vantagens e aplicações nos sistemas construtivos modernos, o uso de pré-moldados vem se tornando recorrente na execução de projetos de construção civil. É de fundamental importância, portanto, um estudo criterioso dos custos que envolvem transporte, dimensões das peças, aquisição de formas, tempo de execução, arranjo das peças antes de sua montagem, equipamentos disponíveis, controle tecnológico, acabamento e qualidade.

O pré-moldado na obra civil possibilitou uma maior rapidez no processo construtivo, além de um enorme salto de qualidade nos canteiros de obras, pois através de componentes industrializados com alto controle ao longo de sua produção, com materiais de boa qualidade, fornecedores selecionados e mão de obra treinada e qualificada. A execução dos projetos proporciona maior garantia de qualidade e desempenho dos elementos estruturais. Podemos dizer que, os sistemas pré-moldados de concreto em conjunto com outras séries de inovações, transformam uma obra em uma “linha de produção” da construção civil onde os processos de montagens de diversos componentes irão resultar no produto final.

É importante lembrar que o pré-moldado é um pedaço na cadeia de evolução construtiva. Há outros tipos de terceirização da fabricação de componentes em uma obra, como o concreto, argamassa, armadura, pilares, vigas e para que haja um ganho de tempo e espaço, devemos

realizar a combinação desses elementos, junto com o pré-moldado, deixando para o local da obra a junção e montagem de todos os elementos.

#### **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para a popularização do sistema de produção de pré-moldados, houve diversos determinantes que praticamente impuseram a necessidade de maior produtividade e economia nos processos produtivos. Um deles foi a extrema necessidade de reconstrução, após a Segunda Guerra Mundial. Assim, o período de 1945 a 1950 caracterizou-se pela extraordinária demanda de construções.

Mas a escassez de recursos nos países esgotados pela guerra orientou e determinou prioridades: a reconstrução de indústrias, sistemas de comunicação, transportes, pontes, viadutos etc. A situação era de tal ordem que a Inglaterra controlava com rigor o direito de construir, já que os investimentos e os materiais necessários eram fundamentalmente canalizados para fins sociais ou de produção. Segundo BRUNA (2002), essa fase foi muito importante, pois fortaleceu a consciência da necessidade da racionalização dos componentes, e caracterizou-se por uma impressionante objetividade no uso dos materiais, bastante significativos em termos de racionalização. Esta abrangia todas as fases da obra: do projeto, passando pela estrutura, aos pormenores mínimos das instalações, com a produção de componentes desenhados criteriosamente para esse fim.

O desenvolvimento da racionalização ensejou os estudos que levaram à coordenação modular. Foi uma etapa rica no progresso da construção que posteriormente evoluiu para a substituição de componentes. É quando tem início a produção cada vez mais intensiva de componentes mediante sistemas industrializados de pré-fabricação. Um processo que começa no canteiro e progride gradativamente para a usina fixa. Há um período nessa travessia do canteiro para a usina. Alguns fatores históricos e econômicos esclarecem esse avanço da racionalização para a substituição de componentes e da pré-fabricação para a industrialização.

BRUNA (2002) cita que, em geral, a massa de trabalhadores não era qualificada e, portanto, recebia salários considerados baixos. Teve surgimento a seguinte indagação: como produzir, segundo parâmetros técnicos adequados, sem mão-de-obra capacitada? Havia duas saídas: promover sua qualificação, o que seria oneroso e demorado – e a rigor não convinha qualificar operários imigrantes, contratados temporariamente, ou introduzir um grau de competência e qualidade na construção que só a máquina poderia dar. Passou-se, então, a substituir as funções de canteiro pela mecanização, elevando o nível organizacional dos critérios de produtividade.

Cada vez mais mecanizada, a indústria da construção se tornou complexa e num certo momento, ficou claro que os investimentos nela aplicados só poderiam ser satisfatoriamente amortizados se houvessem grandes demandas – e contínuas. As políticas de evolução das técnicas, o aprimoramento dos equipamentos, resultantes de experiências e da análise de aperfeiçoamentos tecnológicos amadurecidos na prática, com absoluta competência e coerência. E os exemplos são numerosos, tanto na França, Holanda, Inglaterra quanto em outros países, inclusive o Brasil.

## 5 OBJETIVO

Este trabalho irá abordar as principais metodologias e tipos de processo de fabricação de peças estruturais de concreto pré-moldado em suas diversas modalidades (pré-moldagem *in-loco* e industrial), exibindo e desenvolvendo descritivos das boas práticas executivas e sugestões técnicas de fabricação, todas relacionadas ao escopo de produção de concreto pré-moldado, demonstrando as inúmeras vantagens e provando a viabilidade destes modelos de fabricação em várias situações possíveis. A aplicabilidade desta metodologia tem garantia crescente, visto que a indústria da construção civil no Brasil vem se desenvolvendo em uma velocidade espantosa, competindo com outras grandes potências econômicas e tecnológicas mundiais. Todo este trabalho abordará os aspectos técnicos que compõem o processo produtivo do concreto pré-moldado, e seguirá a seguinte ordem:

- Visão geral e introdução ao tema;
- Detalhamento das instalações da central de concreto;
- Sistema de fabricação e montagem de formas;
- Execução e cuidados no processo de armação;
- Procedimentos no uso do concreto;

Todas as informações citadas terão como objetivo um alcance de qualidade e ganhos tanto técnicos quanto econômicos ao longo do processo de produção das peças de concreto pré-moldado, o que neste trabalho se entende como otimização da central de concreto.

## 6 VISÃO GERAL

Visando a otimização dos processos de fabricação e de uso das instalações de uma central de concreto pré-moldado, é preciso inicialmente ter em mente alguns conceitos básicos preconizados nas normas brasileiras. A principal norma brasileira que prevê e instrui quanto ao uso desta metodologia é a **NBR 9062** (ABNT, 2001), e da mesma pode-se retirar algumas definições:

### 6.1 Definições:

A norma **NBR 9062** (ABNT, 2001) define pré-moldado da seguinte forma:

- **PRÉ-MOLDADO:** Elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade.

A mesma norma também define o pré-fabricado da seguinte forma:

- **PRÉ-FABRICADO:** Elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Complementarmente, define-se:

- **Concreto dosado em central:** *dosado, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão betoneira, transportado por caminhão betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que se processem as operações subseqüentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades especificadas* (ARAGÃO, 2003).

### 6.2 Aplicações, vantagens e desvantagens do uso de concreto pré-moldado:

- **Vantagens do concreto pré-moldado:**
  - Ganho expressivo na velocidade de execução da obra;
  - Controle de qualidade eficiente, garantindo a qualidade do produto final;
  - A totalidade da construção pode ser executada com esta metodologia;
  - Montagem eficiente das estruturas e com baixa possibilidade de falhas e erros executivos;

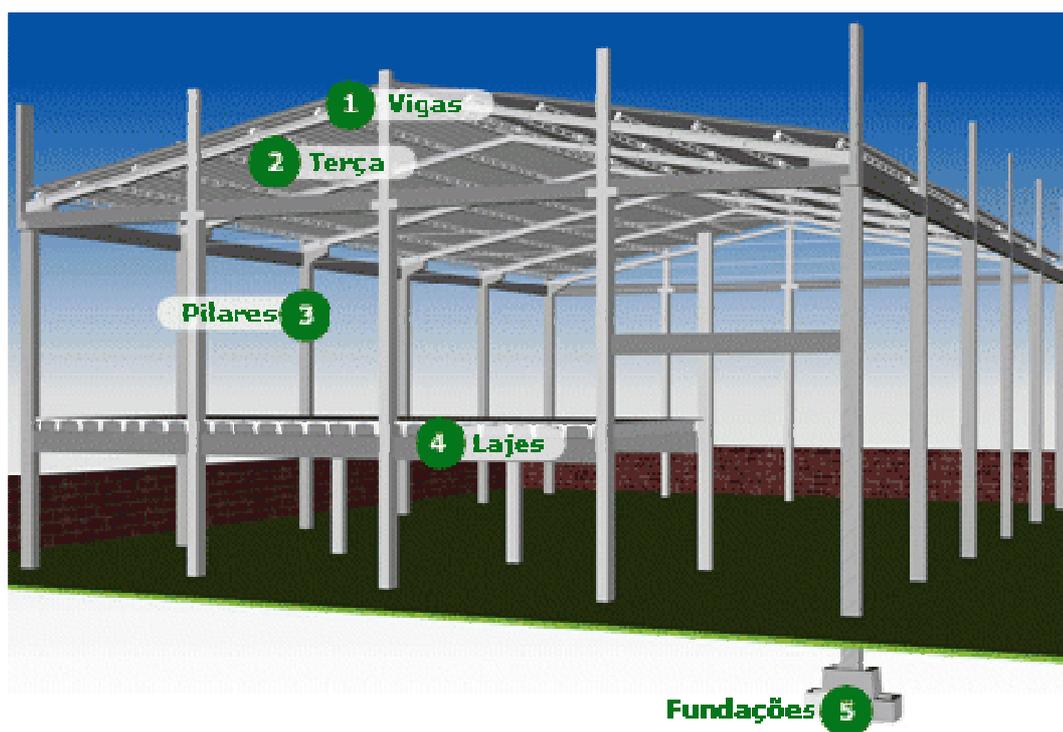
- Alta qualidade dos produtos devido ao controle constante no processo fabril das peças;
- Pré-tensionamento com execução mais fácil, reduzindo o número de peças na obra e suas respectivas dimensões.
- Desvantagens no uso do concreto pré-moldado:
  - Peso próprio das peças elevado;
  - Deflexões nas vigas e lajes, por ter menor aderência ao resto da estrutura (falta de monoliticidade da estrutura);
  - Baixa tolerância a variações dimensionais na montagem;
  - Vinculações e conexões mais complexas;
  - Redução no grau de liberdade estética das estruturas.
- Possíveis aplicações do concreto pré-moldado:
  - Estacionamentos (meio-fio, guarda-rodas, placas para o pavimento, etc.);
  - Rampas de acesso para veículos automotivos;
  - Galpões;
  - Edificações;
  - Manholes;
  - Pipe-Racks;
  - Pontes, viadutos, passarelas, edifícios, etc.

Dos exemplos acima se pode perceber que as vantagens do uso do concreto pré-moldado são bastante viáveis e compensam as poucas desvantagens, que podem ser facilmente contornadas com um planejamento adequado e definições de projeto bem elaboradas. Quanto à eficiência das peças pré-moldadas, tem-se que as características mecânicas do concreto pré-moldado têm vida útil mais longa que as observadas no concreto fabricado *in loco*, demandando mais tempo para efeitos de fluência e relaxação, pois apresentam estrutura interna mais compacta e menos água disponível e a fluência é inversamente proporcional à resistência do concreto no instante de aplicação da carga.

- Fluência: *É o aumento da deformação do concreto, sem que haja variação no carregamento do mesmo* (NEVILLE, 1986);

- Relaxação: *É a diminuição das tensões atuantes na peça ao longo do tempo quando a mesma se encontra com deformação constante* (CAMACHO, 2006).

Como citado anteriormente, uma das possíveis desvantagens no uso de peças pré-moldadas de concreto é o seu elevado peso próprio. Porém, nos principais empreendimentos atuais se tem a necessidade do uso de equipamentos de carga e içamento, ou seja, uma solução pré-moldada (**figura 1**) não demandaria alterações bruscas no escopo de equipamentos, como antes ocorria nas obras industriais, onde há sempre a necessidade de transporte e montagem de equipamentos e máquinas pesadas. Outra grande vantagem é que o concreto pré-moldado não requer procedimentos diferenciados para o seu plano de *rigging* (içamento), como acontece em outros materiais (fibra de vidro, por exemplo), a fim de evitar danos estruturais às peças.



**Figura 1-Exemplo de elementos estruturais Pré-moldados (Fonte: Mamede, 2006)**

Em seguida serão abordados os principais componentes que constituem uma central de concreto pré-moldado, assim como sugestões de como se deve operá-la e premissas para um controle de qualidade eficiente, sempre visando condições ótimas de operacionalidade e redução máxima de perdas.

## 7 Instalações da central de concreto pré-moldado e políticas de controle de qualidade

Com os conceitos inerentes à metodologia de pré-moldagem bem consolidados, são necessários conhecimentos de como as instalações da central operam e do que é necessário para que todos os requisitos de qualidade sejam alcançados, cumprindo as determinações de projeto, bem como os requisitos determinados pelo cliente.

A decisão por adotar um sistema mecanizado de dosagem e fabricação de peças de concreto traz uma série de benefícios não tangíveis por outros métodos. Um efeito garantido e plenamente satisfatório é a redução de perdas de insumos básicos e maior qualidade e precisão nas dimensões e características mecânicas das peças. Pode-se obter também melhor controle tecnológico dos materiais, dosagem, resistência e consistência. Segue a tabela 1, que traça um comparativo de ganhos operacionais e técnicos devido à adoção de um sistema de fabricação de pré-moldagem:

**Tabela 1- Comparativo entre metodologias (Fonte: Mamede, 2006)**

	<b>Manufatura</b>	<b>Mecanização</b>	<b>Industrialização</b>
<b>Planejamento</b>	Improvisação	Projeto	Planificação
<b>Unidade produtiva</b>	Individual	Empresa	Fábrica
<b>Produção</b>	Unitária	Unitária com máquinas	Massiva
<b>Recursos/ investimentos</b>	Ferramentas manuais	Investimento em equipamentos	Investimento em máquinas

### 7.1 Planejamento da central de concreto pré-moldado

Para que se atinjam altos padrões de eficiência, ou seja, otimize-se a produção, é necessário criar um plano de ordenação das ações a serem tomadas, bem como definir um escopo a ser cumprido. A este conjunto de atitudes dá-se o nome de planejamento.

Segundo AOKI (2008), quando do planejamento da central dosadora, é recomendável prever uma vida útil e dimensionamento das instalações para um período mínimo de operação de 10 anos, com a capacidade produtiva compatível

com a demanda e a sazonalidade de mercado prevista para este período. Vale salientar que este mesmo período é uma estimativa que vem se mostrando bastante acertada quanto à durabilidade dos equipamentos instalados.

Tanto os procedimentos de pesagem como os de controle do concreto devem ter como foco principal de trabalho a automação, e para a eficiência ideal de trabalho deve-se atentar especialmente para:

- **Segurança e confiabilidade:** para qualquer atividade que venha a ser desenvolvida, inclusive no início das pesagens do dia, deverá ser realizada através de senha de controle com a presença de um profissional devidamente capacitado e autorizado para efetuar o acompanhamento. É o caso, por exemplo, de correções na dosagem. Este procedimento previne possíveis falhas na rastreabilidade do concreto, assim como erros na pesagem e, conseqüentemente, na resistência e qualidade final do concreto.
- **Rastreabilidade:** uma das formas mais comuns de se fazer a rastreabilidade do concreto na obra é a elaboração de mapas de concretagem, registrando exatamente onde foi utilizado cada traço. Além disso, o concreto deve ser um material controlado, ou seja, devem-se fazer corpos de prova em todas as concretagens, registrando-se os resultados. A quantidade de cada insumo aplicado poderá e deve impreterivelmente ser comparada com as quantidades teóricas do traço. Assim torna-se pouco possível a aplicação de um material não condizente com o definido no escopo do projeto, garantindo a procedência de cada traço e suas respectivas peças.
- **Controle de Estoque:** o sistema deverá controlar o estoque de todos os materiais componentes do concreto ou argamassa. Poderá ser feito por peso, volume ou misto. Por exemplo: cimento em peso e os agregados em volume.
- **Velocidade:** a velocidade de pesagem deve atender à demanda da produção. Pode ocorrer de não haver grandes produções diárias, mas demandas acentuadas em determinados períodos. Dessa forma, deve-se ter como base a pesagem de uma carga para aferir a velocidade. Segundo AOKI (2008), adota-se como padrão nas centrais a velocidade de 1,0 m<sup>3</sup> por minuto, ou 60 m<sup>3</sup> por hora. Este tempo refere-se apenas à colocação dos materiais no

misturador ou caminhão betoneira. Já o tempo de mistura é função do próprio equipamento.

- **Manutenção Preventiva:** como benefício adicional, o sistema pode fazer o controle de manutenção e calibração dos equipamentos de pesagem, tendo em vista o tempo que a central fica em operação.

Em seguida dá-se início às atividades de montagem da estrutura e equipamentos da central de concreto, abordada adiante.

## 7.2 Montagem da central

A montagem da Central (**figura 2**) é um dos fatores mais importantes do processo. Aconselha-se que esta fase seja feita pelo fornecedor, pois a garantia da produção e do bom funcionamento está diretamente relacionada à instalação do sistema. As montagens hidráulicas, pneumáticas e principalmente elétricas são elementos sensíveis para o bom funcionamento do conjunto todo. Existem poucas empresas especializadas e pode ocorrer de não conhecerem todos os tipos de centrais disponíveis no mercado.



**Figura 2- Central de concreto**

Há a opção do acompanhamento técnico pelo fornecedor. O cuidado deverá ser, neste caso, a avaliação técnica do vendedor para cada etapa, de forma a evitar problemas de mau funcionamento devido à montagem.

A automação, incluindo o painel de controle, deverá ser montada pelo fornecedor, que fará toda a configuração da operação e garantirá o funcionamento. Um fator importante no custo nesta etapa será um guindaste que fará a colocação do silo e outras peças pesadas.

Um detalhe geralmente esquecido é o fornecimento de energia, água e ar para a central. Todo o sistema, para funcionar bem, necessita de condições mínimas de pressão de água e ar, além de um quadro elétrico com potência para atender a todo o sistema. Pode ocorrer, no momento da instalação, a percepção de que a energia disponível não é suficiente para rodar todos os motores. Para prevenir, recomenda-se solicitar ao fornecedor do equipamento a especificação destas necessidades.

Independentemente da empresa a ser contratada para a montagem, o fornecedor deverá prover ao cliente o projeto completo da instalação com um plano de manutenção preventiva, desenhos e manuais.

AOKI (2008) recomenda que o adquirente da central aplique o plano de manutenção preventiva, para garantir a continuidade de operação da fábrica. Porém, apesar dos cuidados, é possível que determinadas peças ou componentes eletropneumáticos quebrem ou paralisem.

Portanto, aconselha-se negociar com o fornecedor a indicação dos pontos críticos e propor a consolidação do compromisso de fornecer, em casos de emergência, peças e componentes estratégicos dentro de um prazo que não onere a produção.

É importante estar claro no termo da proposta o processo da garantia caso a central paralise neste período e estabelecer um plano de contingenciamento – criar um plano de recuperação do sistema, considerando o tempo de espera previsto para restabelecimento da atividade.

Uma forma simples, porém não adequada, da pintura da central, como padrão, é fundo comum e esmalte sintético. É válido negociar com fundo em *primer* e tinta base poliuretano. No caso do silo de cimento, este problema fica agravado devido à temperatura do cimento ser mais elevada.

A seguir será explanada toda a estrutura de equipamentos presentes em uma central de concreto convencional, respectivamente explicados e detalhados. Sua montagem e instalação, assim como operação, devem ocorrer de acordo com as premissas citadas nos itens anteriores.

### **7.3 Componentes principais de uma central de pré-moldados**

#### Caixa e Balança de Agregados

Recomenda-se que a caixa de agregados (**figura 3**) tenha, no mínimo, quatro divisões, trabalhando da seguinte forma: duas divisões para agregado miúdo e duas para agregado graúdo. Segundo AOKI (2008), é desejável que cada saída seja feita com duas comportas, para permitir a chamada “sintonia fina” da automação. A capacidade será determinada em função do planejamento da central. Como informado anteriormente, recomenda-se dimensionar para um período mínimo de 10 anos de modo a garantir que a produção atenda a demanda até esta data. Porém, é importante preparar-se para uma eventual falha no sistema de alimentação da caixa, como por exemplo, quebra da correia de alimentação ou quebra da pá-carregadeira. Com uma boa capacidade de estocagem, será possível manter a produção enquanto se providenciam os reparos. É importante prover vibradores para as duas divisões que serão destinadas às areias. A balança de agregados deverá, preferencialmente, ter quatro células de carga e, no mínimo, um vibrador para melhorar a saída de areia.



**Figura 3- Caixa e balança de agregados**

### Balança de Água e de Aditivo

Quando a dosagem da água de amassamento é feita através de balança (**figura 4**) ao invés de hidrômetro, a precisão melhora e os problemas diminuem. Com o hidrômetro não é possível usar água de reciclagem ou da chuva, pois os detritos poderão provocar o travamento das engrenagens. Já a balança de uma célula de carga apenas facilitará a entrada e saída de todo tipo de água. Além da precisão, auxilia a configurar a automação. A entrada da água é realizada através de uma bomba e a saída por gravidade com diâmetro mínimo de duas polegadas e acionamento eletro-pneumático. O sistema primeiro aciona a água de reciclagem e quando não tem mais deste tipo de água no reservatório, aciona uma segunda bomba, de água de poço ou da rede pública.

A balança do aditivo pode ser com copo de acrílico ou metálico, com uma célula de carga. O abastecimento é realizado com o auxílio de bomba e a saída por gravidade direta no misturador ou caminhão betoneira. Usualmente, o sistema de automação é configurado para lançar parte da água com o total do aditivo para evitar a concentração.



**Figura 4- Balança e caixa de água e aditivos**

### Silo e Balança de Cimento

Recomenda-se que no dimensionamento do silo de cimento (**figura 5**) levem-se em consideração eventuais dificuldades de abastecimento, como por exemplo, greve de caminhoneiros, falta de caminhões, queda de barreiras em estradas, péssimas situações e conservação das estradas, fila de caminhões no carregamento, etc. Ou seja, além da previsão de crescimento da produção ao longo dos anos, estas dificuldades estabelecem a possibilidade de estocagem de cimento acima do que é utilizado diariamente. A diferença de preço para adicionar um anel a mais no silo é irrisória na maioria dos casos. Porém, mesmo que a opção seja por um silo de menor capacidade, a fundação deverá ser dimensionada prevendo-se um futuro aumento de carga.

O filtro de mangas de poliéster não retém o pó que sai ao final da descarga. O ideal é usar filtros com camisas sintéticas e monitoramento eletrônico de limpeza. Apesar de elevar o custo, evitam problemas com vizinhos e órgãos ambientais. Um bom filtro garante saídas de ar – suspiros adequados. A tubulação de carga deve ser externa ao silo, para permitir uma fácil manutenção. O cone de saída de cimento deverá ser provido de insufladores de ar – no mínimo com quatro bicos distribuídos próximos à saída, e escotilha para limpeza. Recomenda-se que o tubo de saída possua válvula borboleta e mangote de borracha com estranguladora, ambos eletropneumáticos. O fechamento superior do silo deverá ter uma borda que impeça

a água de escorrer pelas paredes laterais. A saída de água deve ser realizada por tubulação de PVC até as bases da estrutura de apoio do silo.

A balança de cimento deverá ser provida apenas com mangote de borracha e estranguladora eletropneumática. A capacidade dependerá do volume de concreto ou argamassa que se quer produzir no ciclo da automação, mas o dimensionamento deverá levar em consideração estes materiais, além de uma folga de 50%. O sistema de pesagem deve ser feito com pelo menos três células de carga. A tampa de fechamento da balança deverá permitir o escoamento da água e a não acumulação de material.

Aconselha-se que a capacidade do transportador helicoidal não seja inferior a 90 t/hora. A construção deverá seguir padrões bem rígidos para evitar entupimentos. Para facilitar a automação, o transportador deverá ser provido de válvula borboleta na saída.



**Figura 5- Silo e balança de cimento**

#### **7.4 O Controle de qualidade**

Segundo o IEEE (1990): *O termo "qualidade" pode ser entendido como o grau no qual um sistema, componente ou processo satisfaz os requisitos especificados e as necessidades e expectativas do cliente. Engloba tanto a qualidade do produto (conformidade com os requisitos) quanto a qualidade do processo (grau em que o processo garante a qualidade do produto).*

Este conceito se aplica perfeitamente à prática da construção civil, mais especificamente aos processos fabris aos quais as peças de concreto pré-moldado são submetidas. Será dado enfoque adiante nos aspectos de controle qualitativo da instalação da central, assim como um esboço de política de controle da qualidade adequada e satisfatória.

- Garantia de qualidade (GQ) – *Conjunto de ações tomadas pelos profissionais qualificados para assegurar que os processos em realização estejam de acordo com os padrões aplicáveis de qualidade e as boas práticas de serviço* (BLAKRISHNAN, 2010).
- Controle de qualidade (CQ) – *Conjunto de ações tomadas pelo fabricante ou contratante a fim de obter controle sobre os processos executivos e ter autonomia de checagem em relação aos mesmos processos que compõem a fabricação das peças pré-moldadas* (BLAKRISHNAN, 2010).

Uma interrelação bem controlada e planejada entre as ações de controle da qualidade e a política de garantia de qualidade permite eficiência elevada no uso de estratégias e procedimentos relativos aos processos de deslocamento das peças, cura, ensaios de resistência, etc.. Os profissionais envolvidos nestes processos devem apresentar evidências de treinamento e capacitação em todas as suas atribuições e atividades específicas cotidianas.

Todo o pessoal encarregado do programa de controle de qualidade tem dever de concentrar seus esforços para que todos os parâmetros de projeto sejam atingidos. Por exemplo, deve ser verificado sempre se as instalações, medidores de mistura, balanças e misturadores (central ou caminhão) estão de acordo com as especificações de projeto, assim como os insumos de produção. Balanças, medidores de vazão, e outros equipamentos devem ser verificados e calibrados a cada semestre. Medidores de mistura devem ser checados diariamente. É importante salientar que todas as checagens devem ser documentadas e registradas.

Testes de composição da mistura devem sempre ser repetidos após chuvas ocasionais, assim como todos os outros tipos de controle devem ser refeitos após um novo lote de insumos ser recebido nas instalações.

Os responsáveis pelo controle de qualidade também devem atentar que uma exposição prolongada dos materiais ao processo de mistura certamente provoca perda de trabalhabilidade e menores valores no teste *slump*. Outro fator que intensifica a perda de trabalhabilidade é a demora excessiva para descarregamento do concreto no interior dos caminhões betoneira.

Para casos em que os materiais são adicionados diretamente no local de fabricação, uma mistura apropriada é indispensável atingir um grau de mistura adequado a fim de evitar a não uniformidade dos materiais e a sua segregação.

BALAKRISHNAN (2010) cita que aditivos químicos podem e devem ser utilizados quando possível para efeitos de retardamento da pega (aditivos retardadores de pega). O controle de qualidade deve sempre estar ciente deste ganho de tempo e ter controle total sobre a possibilidade de adição destes retardadores, tanto qualitativa quanto quantitativamente. Adição de água deve ser permitida apenas em casos onde há consenso entre as partes envolvidas no projeto e não pode haver variação comprometedora na relação água-cimento, fator preponderante para resistência adequada do concreto.

É imprescindível a verificação das formas, armação e outros componentes eventuais, tais como máquinas para vibração e transporte das peças estejam instaladas e em plenas condições de funcionamento diante dos procedimentos de fabricação e disposição no local definitivo.

A resistência e durabilidade ideal do concreto são obtidas apenas em casos onde o processo de cura foi respeitado. Apenas após esta etapa o produto estará liberado para destinação final e pronto para receber as solicitações e esforços previstos em projeto.

A partir deste capítulo, será dado enfoque exclusivo nos processos executivos de cada etapa da produção do concreto, com os procedimentos ideais a serem adotados, assim como as recomendações técnicas para que se obtenha um produto com o máximo de qualidade possível e com redução sensível nas perdas tanto de material quanto de tempo ao longo de sua execução.

## 8 Sistema e produção das formas

Segundo FAJERZTAJN (1986), a forma pode ser considerada como o conjunto de componentes cujas funções principais são:

- Dar forma ao concreto (molde);
- Conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência;

As formas devem apresentar algumas propriedades ou requisitos de desempenho para que possam atender a função designada, dentre as quais podemos destacar:

- Resistência mecânica à ruptura;
- Resistência à deformação;
- Estanqueidade;
- Regularidade geométrica;
- Textura superficial adequada;
- Possibilitar o correto posicionamento da armadura;
- Baixa aderência ao concreto;
- Proporcionar facilidade para o lançamento e adensamento do concreto;
- Não influenciar nas características do concreto;
- Segurança;
- Economia.

Em uma política de otimização dos processos produtivos do concreto pré-moldado, deve-se adotar o sistema de racionalização de formas. A racionalização do sistema de formas surgiu com a idéia da padronização das estruturas, ou seja, pavimentos tipos ou componentes estruturais iguais, podendo haver o reaproveitamento de um mesmo conjunto de formas em diversos momentos. O sistema de racionalização do sistema de formas tem por objetivo:

- O máximo de aproveitamento da capacidade resistente dos componentes;
- O aumento da segurança nas operações de utilização;
- O aumento da vida útil e reaproveitamento dos componentes da forma;
- A redução do consumo de mão de obra em recortes, montagens e desmontagens.

O princípio e os componentes da estrutura nesta metodologia de aplicação de

formas em comparação as formas convencionais são os mesmos, sendo que, alguns elementos diferem em razão da facilidade de resistência a montagens e desmontagens freqüentes.

De acordo com os diferentes materiais utilizados nas construções para a fabricação de formas, foi adotada a seguinte classificação, por seu mais fácil reconhecimento e uso em obras, conforme FAJERZTAJN (1986):

- Sistemas de Formas de Madeira: Sistemas nos quais os componentes são todos de madeira. Podem ser sistemas tradicionais ou racionalizados. Os diferentes subsistemas são fabricados e estruturados com moldes em tábua ou chapas de madeira compensada e escoramento em madeira serrada;
- Sistemas de Formas Metálicas: Sistemas que empregam todos os componentes metálicos. Podem ser de aço ou alumínio e são bastante utilizados em construções industrializadas e repetitivas;
- Sistemas de Formas Mistas: Sistemas que empregam elementos fabricados com materiais diferentes. Os moldes são geralmente em chapas de madeira compensada enquanto os outros elementos incorporam componentes metálicos;
- Sistemas de Formas Híbridos: São os sistemas compostos por subsistemas de materiais diferentes. Podem ser de madeira, metálicas e mistas ou soluções específicas com o uso de papelão, fibra de vidro, borracha, plástico, etc.. Os sistemas híbridos são uma combinação qualquer dos diferentes subsistemas.

O processo para a escolha de um determinado sistema de fôrmas é fundamentalmente de ordem econômica. Não há um “sistema universal” que possa ser aplicado a todos os tipos de obra (SEARBY, 1986). Geralmente se utilizam dois tipos principais de formas, as convencionais de madeira e as metálicas. Um comparativo entre estes dois modelos de formas pode ser conferido a seguir (**tabela 2**):

**Tabela 2- Formas de madeira X Formas metálicas (Fonte: Téchne, Julho 2005)**

AS CARACTERÍSTICAS DE CADA SISTEMA

Tipo	Aplicações comuns	Vantagens	Desvantagens
Metalica	Pilares e lajes planas	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Precisão geométrica</li> <li>■ Não gera resíduos</li> <li>■ Projeto padronizado</li> <li>■ Maior quantidade de reutilizações</li> <li>■ Industrialização</li> <li>■ Redução da mão-de-obra</li> <li>■ Estanqueidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Exigem mais cuidados no manuseio</li> <li>■ Projeto mais detalhado</li> <li>■ Eventual necessidade de arremates em madeira</li> <li>■ Pouca flexibilidade</li> </ul>
Madeira	Pilares, vigas e lajes	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reaproveitamento em outras peças</li> <li>■ Maior adaptabilidade</li> <li>■ Grande flexibilidade de uso</li> <li>■ Menor custo (matéria-prima)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Maior geração de resíduos</li> <li>■ Menos reutilizações</li> <li>■ Exigem carpintaria em canteiro</li> </ul>

A escolha de um sistema produtivo de formas dentre os vários possíveis e existentes exige cuidados minuciosos para prever e planejar com antecedência todas as condições que interferem direta e indiretamente no resultado da concretagem. Deve-se atentar para o risco de optar pelo sistema tecnicamente correto e econômico, porém incompatível com o grau de treinamento e capacitação técnica dos profissionais envolvidos nas atividades. Segue exemplificação dos principais fatores que servem de orientação:

- Características físicas, geométricas e especificações da estrutura;
- Dimensão dos elementos, formato, número de repetições;
- Insumos e serviços técnicos disponíveis na região;
- Viabilidade de equipamento operacional de transporte vertical e horizontal. Gruas, guindastes, etc.;
- Prazo de execução estabelecido Materiais adquiridos ou locados.

O enfoque mais importante é o da adequabilidade. Deve-se optar pelo processo e sistema que atenda os objetivos, sempre sob visão sistêmica. Atendido a este quesito, evidentemente, a escolha recairá no mais econômico, que na maioria dos casos não significa o mais barato, como no caso das formas metálicas (**figura 6**).



**Figura 6- Modelo de forma metálica**

O projeto de produção de forma, como também os procedimentos, são produtos naturalmente decorrentes do planejamento e definição do processo de execução. Portanto, o projeto de produção e os PES (procedimentos de execução dos serviços) e PIS (procedimento de inspeção dos serviços) são ferramentas técnicas de gestão do processo, sem os quais, o elo entre planejamento e execução fica interrompido.

Nele são definidas todas as medidas de confecção de todos componentes da forma e especificação do cimbramento e escoras remanescentes. Além disso, todas as informações operacionais, tais como: seqüência e detalhes de montagem, de desforma e de descimbramento. Os PES / PIS integrado a cada sistema é uma necessidade. Eles complementam as informações fundamentais para o bom desempenho. O projeto completo de produção de forma deve contemplar, no mínimo:

- Desenhos de montagem da forma, sendo as principais:
  - Planta de locação dos eixos e ganchos;
  - Planta de cimbramento;
- Desenhos de confecção da forma;
- Especificação técnica dos materiais e Normas básicas operacionais.

Como já definido anteriormente, a forma é um equipamento, e como tal, precisa das seguintes características:

- Praticidade: Manuseio fácil na montagem, desforma e transporte;
- Eficiência: Bom desempenho aliado à boa produtividade;
- Durabilidade: Ter a vida útil prevista;
- Economia: Melhor custo total. (inicial + operacional + manutenção + indireto).

Os insumos básicos utilizados na fôrma são: madeira, metal (aço e alumínio), plásticos, fibra de vidro e concreto. Os mais usuais, no entanto são as madeiras, principalmente as chapas compensadas específicas para fôrma, produto normalizado pela **NBR 9532** – Chapas de madeira compensada - especificação e **NBR 9490** – Lâmina e compensado – terminologia, e as madeiras serradas. Citam-se algumas vantagens da adoção de formas de madeira (**figura 7**):

- Pode ser obtida em grandes quantidades a preço competitivo, existindo reservas para renovação do material;
- Pode ser produzida em peças com dimensões estruturais que podem ser rapidamente desdobradas em peças de pequenas dimensões;
- Permite ser trabalhada com ferramentas simples e ser empregada várias vezes;
- Foi o primeiro material empregado capaz de resistir tanto a esforços de compressão como de tração;
- Tem baixa massa específica e alta resistência mecânica;
- Permite fáceis ligações e emendas;
- Não estilhaça quando golpeada. Sua resiliência permite absorver choques que romperiam ou fendilhariam outro material.

No entanto, como desvantagens é possível citar:

- Heterogeneidade e anisotropia;
- Vulnerabilidade a agentes externos;
- Combustibilidade.



**Figura 7- Formas de madeira**

O completo dimensionamento do sistema de formas exige dois estudos distintos. O primeiro é o da forma e cimbramento, onde os cálculos são para proporcionar a rigidez e resistência necessária a cada um dos componentes do sistema, e o segundo, mais complexo, é a análise das ações construtivas que ocorrem sobre as estruturas moldadas, na maioria delas, ainda na fase prematura de cura do concreto.

Para o primeiro estudo, o projetista utiliza-se dos conhecimentos técnicos de engenharia e também, o do comportamento dos materiais a serem utilizados, principalmente das madeiras serradas, diferenciadas para cada variedade existente no país. Estes, mesmo com a identificação da espécie, devem-se levar em consideração os fatores físicos botânicos, tais como: idade da madeira, umidade, existência de nós e falhas, etc. A obtenção destas características físicas confiáveis é tarefa para instituições especializadas, impossíveis de realização no canteiro de obra.

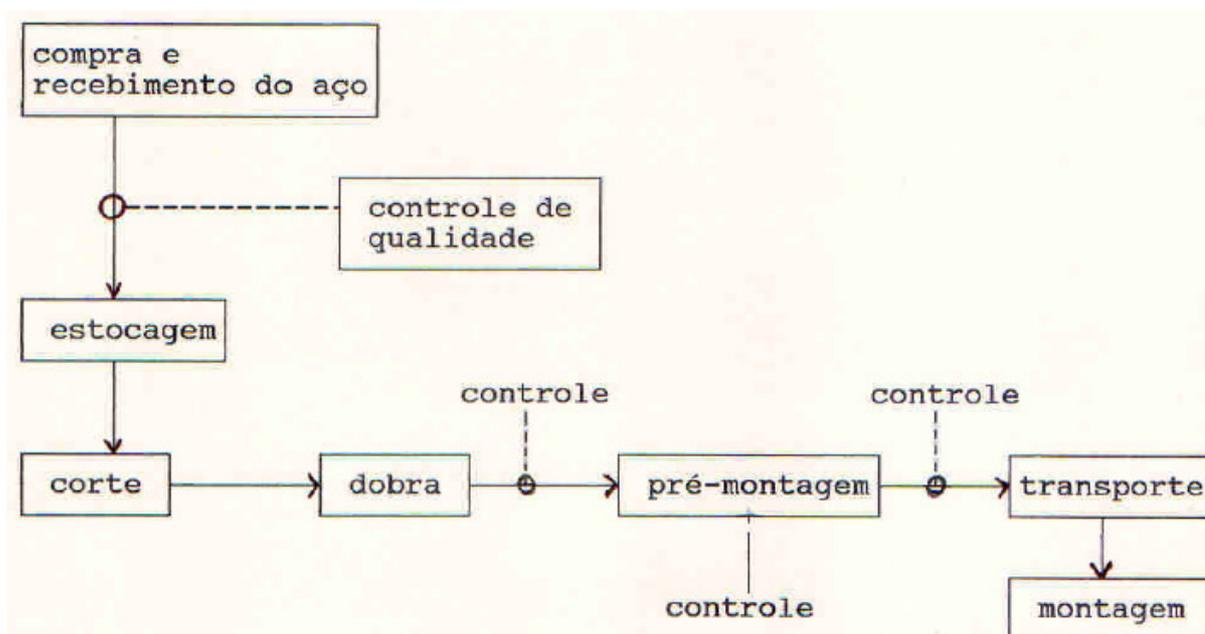
O modelo matemático que envolve o dimensionamento da fôrma é extenso. Deve-se considerar todo o conjunto de ações que atuam em cada elemento da fôrma, tais com: peso próprio do concreto, os empuxos que atuam nos painéis verticais, cargas de armação, de movimentação dos operários, dos equipamentos utilizados, altura de lançamento e vibração do concreto, etc.

## 9 Execução das armações

Seguem algumas definições básicas:

- Armação: *Atividades de preparação e posicionamento correto do aço estrutural na peça a ser concretada* (MESQUITA, 2006);
- Armadura: *Conjunto dos componentes manipulados durante a armação com o intuito de promover reforço na resistência da peça de concreto* (MESQUITA, 2006).

Abaixo está descrito graficamente o fluxograma básico (**figura 8**) das atividades que culminam na confecção da armadura a ser utilizada no projeto onde a peça de concreto será aplicada.



**Figura 8- Fluxograma de atividade de armação (Fonte: Barros, 1998)**

O concreto tem boa resistência à compressão, com valores convencionais da ordem de 35 MPa, enquanto o aço tem excelente resistência à tração e à compressão da ordem de 500 MPa chegando em aços especiais para concreto protendido a 2000 MPa. No entanto, a resistência à tração dos concretos é muito baixa, cerca de 10% da sua resistência a compressão, o que explica o seu emprego solidariamente com o aço. Deve-se também citar a proteção oferecida pelo meio alcalino resultante da reação de hidratação do cimento, que aumenta a durabilidade do aço. O concreto armado é, portanto, a aliança de materiais com características

(**tabela 3**) mecânicas diferentes e complementares, por isso seu emprego em estruturas como as de nosso estudo.

**Tabela 3- Vantagens do concreto armado**

Concreto	Aço	Concreto Armado
Boa resistência à compressão	Excelente resistência à tração	Versatilidade
Meio Alcalino	Necessita Proteção	Durabilidade
Rigidez	Esbeltez	Economia

As barras de aço normalmente têm 12 m de comprimento. A carreta que transporta estas barras, portanto, de grandes dimensões e seu estacionamento e manobra no desembarque do aço devem ser planejados. Este tipo de preocupação é bastante importante no caso de obras localizadas em avenidas de grande movimento, por exemplo.

O transporte do aço dentro do canteiro, quando não existem equipamentos de maior porte como guindastes, é bastante lento e demorado. Segundo BARROS (1998), o tempo necessário para realizar esta atividade varia conforme a motivação do servente e conforme a localização do estoque em relação ao pátio de descarregamento.

Logo, pode-se prever que o número de homens-hora que são gastos para a organização do aço dentro do canteiro, muito grande. Observa-se que a organização do canteiro e em especial o posicionamento do estoque de aço, são de fundamental importância para se conseguir a racionalização do trabalho e boa fluidez da produção. Isto vale tanto para o desembarque do aço como para todo o trabalho relativo à sua utilização.

Além da questão da localização, outros cuidados devem ser tomados quanto à estocagem do aço. Mesmo profissionais com anos de experiência de obra estão sujeitos a confusão quando tentam visualmente identificar a espessura das barras. É imprescindível, portanto, que as barras sejam rigorosamente separadas segundo seu diâmetro, de maneira a evitar possíveis enganos.

Ainda com relação à estocagem do aço, devem-se evitar as condições que podem propiciar o desenvolvimento da corrosão. É aconselhável evitar o contato direto permanente do aço com o solo e ainda, dependendo das condições ambiente e do tempo em que o aço permanecer estocado, muitas

vezes, em caso de grande agressividade do meio, deve-se evitar que o estoque de aço fique sujeito a intempéries.

A primeira etapa para preparo da armadura é corte dos fios e barras. Os fios e barras são cortados com talhadeiras, tesourões especiais, máquinas de corte (manuais ou mecânicas) e, eventualmente discos de corte.

Terminada a operação de corte do aço, é necessário que se preceda o controle da mesma, verificando as dimensões do cortado, com o especificado em projeto. Esse procedimento é importante para que não haja nenhuma peça fora das especificações. Após a liberação da armadura cortada, dá-se início o processo de dobra. Esse processo é realizado sobre uma bancada de madeira com pregos (pinos) e com a ajuda de uma ferramenta própria para essa função.

Assim como para corte, também temos máquinas de dobramento automático, que tem o uso justificado num pedido ou numa obra de grandes proporções, pois além de apresentar uma maior qualidade, ainda gera um grande rendimento do serviço por ela executado.

Após a dobra das peças é feita a montagem (**figura 9**) do aço na forma já preparada onde a armadura deverá ser posicionada corretamente através de espaçadores, que garantirão a posição correta e o cobrimento do concreto.



**Figura 9- Armadura para peça pré-moldada**

Uma medida que tem como finalidade o aumento da produtividade e racionalização dos materiais é a terceirização dos serviços de corte e dobra do aço. Atualmente os principais fornecedores de aço para a construção oferecem uma série de serviços tanto de execução de corte e dobra como serviços de acompanhamento de execução do serviço, como por exemplo, a Gerdau. Algumas vantagens na terceirização são:

- É possível determinar o consumo final de aço no início do projeto;
- O espaço que seria reservado para estoque de barras, instalação de equipamentos e bancadas para corte e dobra pode ser utilizado para outras finalidades;
- Tanto no armazenamento como na montagem dos elementos, o sistema facilita a identificação e a utilização das peças estruturais através de etiquetas padronizadas;
- Permite a programação das etapas estruturais da obra, de acordo com o cronograma executivo e com datas de entrega definidas. Além disso, o sistema fornece romaneios detalhados a cada entrega, facilitando a conferência no recebimento do aço na obra;
- Uma equipe faz a conferência prévia de toda a relação das peças constantes nos projetos, detectando anormalidades antecipadamente, sem prejuízo do cronograma de execução da etapa estrutural da obra.

**Tabela 4- Vantagens na terceirização do corte e dobra do aço**

Características	Vantagens
Peças fornecidas em diversos tamanhos e formas	Dispensa o uso de bancadas para preparação das armações
Corte preciso nas dimensões estipuladas em projeto	Redução das perdas por sobra de pontas e extravios (+/- 10% menos aço a ser comprado)
Recebimento de kits para montagem e amarração na obra	Dispensa o manuseio de vergalhões em barras longas
Fornecimento de acordo com o cronograma da obra	Diminuição do capital de giro, pois os fornecimentos são realizados de acordo com o cronograma da obra
Controle de recebimento	Romaneios com informações detalhadas são enviados junto com a nota fiscal.
Assistência Técnica	Realizada por engenheiros especializados em toda a região

## 10 Mistura, adensamento, cura e aditivos para o concreto

Concreto é o material resultante da mistura de cimento, água, agregado (areia e pedra), e de forma cada vez mais presente, aditivos (**figura 10**). A função da presença do cimento e da água é a criação de uma pasta responsável por promover a coesão dos agregados quando a mistura estiver endurecida. Este composto endurecido é conhecido como concreto. Para que o concreto atenda aos requisitos de qualidade e às exigências de projeto, são necessárias várias medidas e controles de qualidade que visam garantir a obtenção de qualidade ótima do material (VANDERLEI, 2004).

Estas medidas englobam desde a escolha dos insumos básicos de fabricação (os já citados cimento, areia, brita e possíveis aditivos), a proporção em que estes insumos devem estar presentes na mistura (chamada de “traço” do concreto), a homogeneização da mistura, a fim de evitar segregação dos componentes e promover maior eficiência na hidratação do cimento, o que garante maior resistência ao concreto.

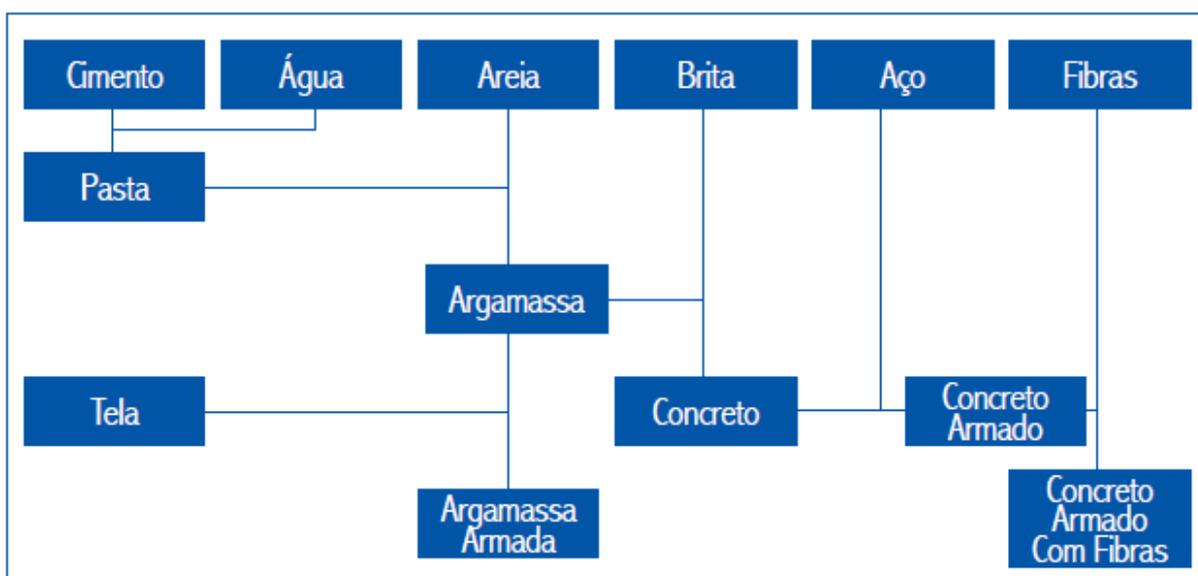


Figura 10- Fluxograma da produção de concreto (Fonte: Vanderlei, 2004)

A dosagem do concreto em central traz consigo inúmeras vantagens, dentre as quais podemos destacar mais enfaticamente:

- Menores perdas quantitativas dos insumos de produção;
- Maior automação e redução da mão-de-obra requerida;

- Maior velocidade produção;
- Garantia e controle de qualidade padronizados e constante.

No Brasil, algumas normas são responsáveis pela orientação e definições básicas que norteiam os processos de produção e aplicação do concreto, são elas:

- **NBR 6118** (Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado);
- **NBR 7212** (Execução do Concreto Dosado em Central);
- **NBR 12654** (Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto);
- **NBR 12655** (Preparo, Controle e Recebimento de Concreto),
- **NBR 8953** (Concreto para Fins Estruturais – Classificação por Grupos de Resistência).

### 10.1 Procedimentos de concretagem

É o conjunto de procedimentos que devem ser tomados e ações planejadas que precedem a execução da mistura e lançamento do concreto. A tabela 5 esquematiza os procedimentos de forma cronológica e com foco no ganho de produtividade e qualidade (ABESC, 2010):

**Tabela 5- Plano de concretagem (Fonte: ABESC, 2010)**

FÔRMAS E ESCORAMENTO	ARMADURAS	LANÇAMENTO	ADENSAMENTO	CURA
CONFERÊNCIA	CONFERÊNCIA (BITOLA / QUANTIDADES)	PROGRAMAÇÃO (VOLUME, INTERVALOS, ACESSOS)	VIBRADORES (AGULHA, RÉGUA, PLACA)	DURAÇÃO (INÍCIO / TÉRMINO)
CAPACIDADE DE SUPORTE	POSICIONAMENTO	EQUIPE	ESCORAMENTO	PROCESSOS (UMIDA / PELÍCULA, VAPOR)
ESTANQUEIDADE	AMARRAÇÃO	DESCONTINUIDADE (JUNTAS, ENCONTROS)	TREINAMENTO	
LIMPEZA E DESMOLDANTE	COBRIMENTOS (PASTILHAS ETC.)	TIPO (BOMBA, CAÇAMBA, CONVENCIONAL)		
SUPERFÍCIE (SOLO / CONCRETO)	LIMPEZA	EQUIPAMENTOS (JERICAS, GUINCHOS ETC)		
		PLANO (POSIÇÃO, CAMADA, ALTURA ETC)		

## 10.2 Mistura do concreto

É o processo cujo objetivo é a homogeneização da mistura dos materiais, onde a pasta forma pelo cimento, areia e água deve ter contato total com a água, formando uma substância homogênea que envolve todos os agregados. Duas características fundamentais que devem ser observadas e garantidas ao longo do processo de mistura são:

- Homogeneidade: Composição com distribuição igual da mistura e composição idêntica em todo o seu volume;
- Integridade: Toda a massa de cimento deve ser hidratada pela água presente;

Abordaremos as duas metodologias para o processo de mistura (**figura 11**) do concreto:

- **Mistura manual:** Quando as peças de concreto forem de pequeno porte e dimensões reduzidas, a mistura manual torna-se economicamente viável, pois a automação e equipamentos indicados para a tarefa tornam-se exageradamente representativos para efeitos de orçamento. A mistura manual é realizada com ferramentas básicas, como pás e enxadas. O controle de homogeneização do concreto é feito visualmente, assim como a adição de água é gradual. Deve-se ter cuidado redobrado quanto à adição de água, pois há uma tendência de adicionar mais água para facilitar o processo de mistura, devido a maior fluidez do material. Porém, como já citado anteriormente, a relação água-cimento deve ser preservada para não comprometer a resistência do concreto (PÁDUA, 2011).
- **Mistura mecanizada:** A mistura é realizada em equipamento específico, onde os componentes do concreto são introduzidos via tombamento dos mesmos. O equipamento rotacional axialmente, e em seu interior aletas são responsáveis pela movimentação dos insumos (PÁDUA, 2011). Para a metodologia de mistura mecânica, deve-se atentar para:
  - Tempo de mistura;
  - Velocidade de rotação do equipamento;
  - Cuidados no tombamento dos materiais.

A figura a seguir exemplifica e sugere uma forma tecnicamente segura de se fazer a mistura mecanizada do concreto:

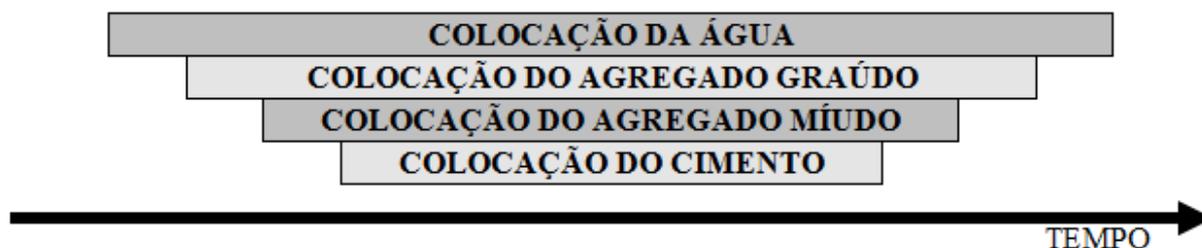


Figura 11- Distribuição de atividades durante a mistura do concreto

### 10.3 Adensamento do concreto

Consiste na agitação do concreto visando a eliminação de possíveis vazios que podem ocorrer durante seu lançamento. Com a agitação, o concreto torna-se mais compacto, com menor permeabilidade e com maior resistência. Assim como a mistura, o adensamento do concreto pode ser realizado de forma manual e automatizado:

- Adensamento manual: São utilizados soquetes (podem ser de madeira ou de aço) para empurrar o concreto para as regiões mais baixas da forma, expulsando o ar no interior e conseqüentemente eliminando os vazios.
- Adensamento mecânico: O conceito é idêntico ao do adensamento manual, porém ao invés de soquetes, adota-se um vibrador de agulha, que é imerso na mistura. A agulha é uma peça metálica ligada diretamente a uma mangueira flexível em cujo interior existe um eixo ligado a um motor de vibração. O raio de influência do vibrador é função do diâmetro da agulha e será mostrado na tabela a seguir (**tabela 6**):

Tabela 6- Raio de influência da agulha (Fonte: MULTQUIP, 2007)

<b>DIÂMETRO DA AGULHA</b>	<b>RAIO DE AÇÃO</b>
<b>Dimensão em mm</b>	<b>Dimensão em mm</b>
31	100
54	250
75	400
100	500
140	850

A ação do vibrador é mais eficiente se o mesmo agir em função de “camadas” de concreto, além de alguns cuidados citados abaixo:

- Vibração em camadas de altura não superior ao comprimento da agulha;

- Distâncias entre introduções da agulha de no máximo 10 vezes o diâmetro da agulha;
- Duração da imersão pequena, para não dispersar os agregados graúdos (brita);
- Distanciamento das formas, para não haver deslocamento das mesmas;
- Procurar introduzir a agulha perpendicularmente ao plano do concreto;

Um bom indicativo da intensidade de vibração (**figura 12**) é o aparecimento de uma superfície brilhante. Isto é um indicativo de que a água está começando a separar-se dos agregados, devendo então ser terminado o processo (MULTIQUIP, 2007). Outro indicativo é o respingo da nata na agulha que indica também o excesso de vibração. Existem alguns processos especiais de vibração tais como:

- Vibradores de forma que são afixadas nas paredes externas das formas que tem a mesma eficiência dos vibradores de agulha. Como têm pouca mobilidade são menos utilizadas em obras;
- Vibradores de placas que são especiais para pavimentos onde placas ligadas à vibradores transmitem a vibração à pastas previamente espalhadas;
- Réguas vibratórias que são placas de 30 à 40 cm de largura e 3 à 4 metros de comprimento que são puxadas por funcionários por meio de cabos de aço sendo a operação similar à placa porém com área de atuação menor;
- Mesas vibratórias onde são colocadas as peças a serem vibradas. Usadas em peças pré-moldadas com pequeno tamanho.



Figura 12- Vibração do concreto

#### 10.4 Cura do concreto

A cura do concreto consiste basicamente no controle de desidratação do mesmo, evitando retrações e permitindo que exista água suficiente na mistura para que ocorra toda a reação química do cimento (**figura 13**).



Figura 13- Reação de hidratação do cimento (Fonte: Aragão, 2007)

A perda de água do concreto ocorre por razões variadas, tais como:

- Exposição ao sol, vento, exsudação, etc.

Caso ocorra a perda excessivamente rápida de água no concreto, a ocorrência de fissuração no mesmo é praticamente certa.

O fator mais importante na cura do concreto é promover uma ação que garanta água suficiente para que todo o processo de reação química do cimento se complete. Se o concreto não for curado, ficará sujeito a fissuras em sua superfície. Um concreto não curado, ou mal curado, pode ter resistência até 30% mais baixa, além de ser muito vulnerável aos agentes agressivos, devido a grande quantidade de fissuras que se formam, às vezes imperceptíveis a olho nu (ABESC, 2010). Os tipos de retração que provocam as fissuras são:

- Antógena: Redução do volume da pasta;
- Hidráulica: Perda de água não fixada ao cimento;
- Térmica: Devido à reação exotérmica de hidratação do cimento;
- Carbonática: Formação de carbonato de cálcio por conta da reação da cal livre com os óxidos de carbono no ar.

Métodos para evitar a retração excessiva e o aparecimento de fissuras:

- Molhar a superfícies aparente diversas vezes ao dia;
- Proteção da superfície com tecidos umedecidos;
- Lonas plásticas que evitem a evaporação (evitar lona preta);
- Emulsões que criem um “filme” envoltório impermeável que impeça a saída de água.

### **10.5 Aditivos para concreto**

Todo produto que adicionado em pequena proporção em argamassas ou concretos, no momento da mistura, com a finalidade de modificar, no sentido favorável, as propriedades desse conglomerado, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido (VANDERLEI, 2004). A tabela a seguir exemplifica e classifica os principais tipos de aditivo (**tabela 7**) utilizados atualmente na produção de concreto usinado:

Tabela 7- Tipos e usos de aditivos (Fonte: ABESC, 2010)

ADITIVOS				
USOS				
TIPOS	EFEITOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	EFEITOS NA MISTURA
Plastificantes (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumenta o índice de consistência</li> <li>• possibilita redução de no mínimo 6% da água de amassamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maior trabalhabilidade para determinada resistência</li> <li>• maior resistência para determinada trabalhabilidade</li> <li>• menor consumo de cimento para determinada trabalhabilidade e resistência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• retardamento do início de pega para dosagens elevadas do aditivo</li> <li>• riscos de segregação</li> <li>• enrijecimento prematuro em determinadas condições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeitos significativos da mistura nos três casos (uso) citados.</li> </ul>
Retardadores (R)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumenta o tempo de início de pega</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mantém trabalhabilidade a temperaturas elevadas</li> <li>• retarda a elevação do calor de hidratação</li> <li>• amplia os tempos de aplicação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pode promover exsudação</li> <li>• pode aumentar a retração plástica do concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• retardamento do tempo de pega</li> </ul>
Aceleradores (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pega mais rápida</li> <li>• resistência inicial mais elevada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• concreto projetado</li> <li>• ganho de resistência em baixas temperaturas</li> <li>• redução do tempo de desforma</li> <li>• reparos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• possível fissuração devido ao calor de hidratação</li> <li>• risco de corrosão de armaduras (cloreto)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• acelera o tempo de pega e a resistência inicial</li> </ul>
Plastificantes e Aceleradores: (PA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeito combinado de (P) e (A)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• reduz a água e permite ganho mais rápido de resistência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riscos de corrosão de armadura (cloreto)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeitos iniciais significativos. Reduz os tempos de início e fim de pega</li> </ul>
Plastificante e Retardador: (PR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeito combinado de (P) e (R)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• em climas quentes diminui a perda de consistência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento da exsudação e retração plástica</li> <li>• segregação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeitos iniciais significativos. Reduz a perda de consistência</li> </ul>
Incorporadores de ar: (IAR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• incorpora pequenas bolhas de ar no concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumenta a durabilidade ao congelamento do concreto sem elevar o consumo de cimento e o conseqüente aumento do calor de hidratação</li> <li>• reduz o teor de água e a permeabilidade do concreto</li> <li>• bom desempenho em concretos de baixo consumo de cimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• necessita de controle cuidadoso da porcentagem de ar incorporado e do tempo de mistura</li> <li>• o aumento da trabalhabilidade pode ser inaceitável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeitos iniciais significativos</li> </ul>
Superplastificantes: (SP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elevado aumento do índice de consistência</li> <li>• possibilita redução de, no mínimo, 12% da água de amassamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tanto como eficiente redutor de água como na execução de concretos fluidos (auto-adensáveis)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• riscos de segregação da mistura</li> <li>• duração do efeito fluidificante</li> <li>• pode elevar a perda de consistência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• efeitos iniciais significativos</li> </ul>

## 11 Controle de qualidade do concreto

A seguir serão apresentados alguns parâmetros de estudo para o controle e avaliação da qualidade do concreto, tanto em seu estado fresco quanto endurecido:

### 11.1 Concreto no estado fresco

#### 11.1.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade do concreto pode ser definida como a propriedade do concreto fresco que determina sua capacidade de ser homogeneizado, moldado e lançado mais facilmente. A obtenção de um concreto com trabalhabilidade adequada não depende unicamente da quantidade de água utilizada. Nem sempre o acréscimo de água na mistura leva a uma maior trabalhabilidade, podendo, muitas vezes, levar à exsudação, à segregação, ou simplesmente, a um aumento do abatimento. A trabalhabilidade depende de uma seleção e proporção adequada dos materiais e muitas vezes do uso de adições e aditivos. Uma forma de controlar e determinar quantitativamente a trabalhabilidade do concreto é por meio do ensaio de abatimento de tronco de cone, mais comumente conhecido como *Slump Test* (ABESC, 2010).

- *Slump test*: No ensaio (**figura 14**), coloca-se uma massa de concreto dentro de uma forma tronco-cônica, em três camadas igualmente adensadas, cada uma com 25 golpes. Retiramos o molde lentamente, levantando-o verticalmente e medimos a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto depois de assentada.



Figura 14- Ensaio de abatimento do concreto

### 11.1.2 Segregação e exsudação

A segregação é definida como sendo a separação dos componentes do concreto fresco de tal forma que sua distribuição não seja mais uniforme. Existem, basicamente, duas formas de segregação (**figura 15**). Na primeira, típica de concretos pobres e secos, os grãos maiores do agregado tendem a separar-se dos demais durante as operações de lançamento com energia demasiada ou vibração excessiva. A segunda, comum nas misturas muito plásticas, manifesta-se pela nítida separação da pasta da mistura, sendo também conhecida por exsudação. Esse fenômeno é provocado pela impossibilidade dos constituintes sólidos fixarem toda a água da mistura e depende, em grande escala, das propriedades do cimento. Como resultado da exsudação, tem-se o aparecimento de água na superfície do concreto após o mesmo ter sido lançado e adensado, além do surgimento e da manifestação de inúmeros outros problemas como o enfraquecimento da aderência pasta-agregado (zona de transição), aumento da permeabilidade do concreto e, se a água for impedida de evaporar, pela camada que lhe é superposta, poderá resultar em uma camada de concreto fraca, porosa e de pouca durabilidade (ABESC, 2010).



**Figura 15- Concreto segregado**

Não existem ensaios normalizados para de medir a segregação. Dessa forma, a observação visual da coesão do concreto no estado fresco ou endurecido, assim como a extração de testemunhos do concreto endurecido são indicados para a avaliação do comprometimento da estrutura por este fenômeno. Salienta-se, também, que concretos mal dosados conduzem a eventuais segregações e exsudações.

### 11.1.3 Ar incorporado

Ar incorporado: Podem-se encontrar vazios preenchidos por ar dentro do concreto de duas formas: através de bolhas de ar incorporado ou através de vazios de ar aprisionado. As bolhas de ar incorporado possuem dimensões entre 100µm e 1mm de diâmetro, enquanto os vazios de ar aprisionado são maiores, ficando entre 1mm e 10 mm. Os vazios de ar aprisionado, que na maioria das vezes são causados por deficiência nas dosagens e escolha dos materiais, são comprometedores em relação à qualidade final do concreto, podendo comprometer as propriedades mecânicas de resistência à compressão e módulo de elasticidade. Quanto às bolhas de ar incorporado, podem ter duas origens. A primeira, com a natural incorporação de pequenas quantidades de ar, disseminadas através de microbolhas na massa do concreto. A segunda, através da utilização de aditivos incorporadores de ar ao concreto. A incorporação através de aditivos se dá em casos especiais com os objetivos de redução do tamanho das macrobolhas (vazios de ar aprisionado), aumento da trabalhabilidade do concreto, redução do consumo de cimento e melhoria da qualidade do concreto quanto à ação de gelo e degelo. O controle do teor de ar incorporado é fundamental ao controle da qualidade do concreto, quer seja para verificar limites máximos e mínimos desejáveis de ar incorporado, ou para identificar teores de vazios de ar no concreto. No Brasil a **NBR 11686/1990** – Concreto Fresco – Determinação do Teor de Ar pelo Método Pressométrico, é o ensaio utilizado para a obtenção do valor do ar incorporado e/ou aprisionado no concreto.

### 11.2 Concreto endurecido

Para o concreto endurecido, o principal requisito para atendimento às exigências qualitativas de produção é o ensaio de resistência à compressão axial. A seguir será abordada uma metodologia de controle e ensaios:

- O espaço amostral é definido de acordo com seguintes requisitos:
  - Para  $f_{ck} \leq 50$  MPa: mínimo de 6 exemplares de corpo de prova;
  - Para  $f_{ck} \geq 50$  MPa: mínimo de 12 exemplares de corpo de prova;
- O  $f_{ck}$  estimado é calculado segundo duas condições:

- Para um número de corpos de prova maior que 6 e menor que 20, estima-se o valor da resistência (**equação 1**) à compressão da seguinte forma:

**Equação 1- Cálculo da resistência à compressão (modelo 1)**

$$f_{ck_{est}} = 2 \frac{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$$

Onde “m” é 50% do número de corpos de prova, e caso o número de exemplares seja ímpar, despreza-se o maior valor. Deve-se atentar para a seguinte condição: o valor do  $f_{ck}$  não deve jamais ser inferior à  $\Psi_{6.f_1}$ , onde  $\Psi_6$  (**tabela 8**):

**Tabela 8- Coeficiente de correção do fck**

Condição de preparo	Valores de $\psi_6$ , em função do número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,02
OBS: valores de n entre 2 e 5 são adotados em casos excepcionais											

- Para números de exemplares maior ou iguais a 20, adotamos o seguinte critério (**equação 2**):

**Equação 2- Cálculo da resistência à compressão (modelo 2)**

$$f_{ck_{est}} = f_{cm} - 1,65.S_d$$

- Onde o  $f_{cm}$  é a resistência média dos exemplares do lote, em MPa;
- $S_d$  é o desvio padrão do lote, também em MPa.

O valor calculado da resistência, segundo o modelo matemática acima citado, deve obedecer a um comportamento de distribuição de probabilidade Gaussiana (**figura 16**), com incerteza pré-estabelecida de 5%, conforme figura a seguir:

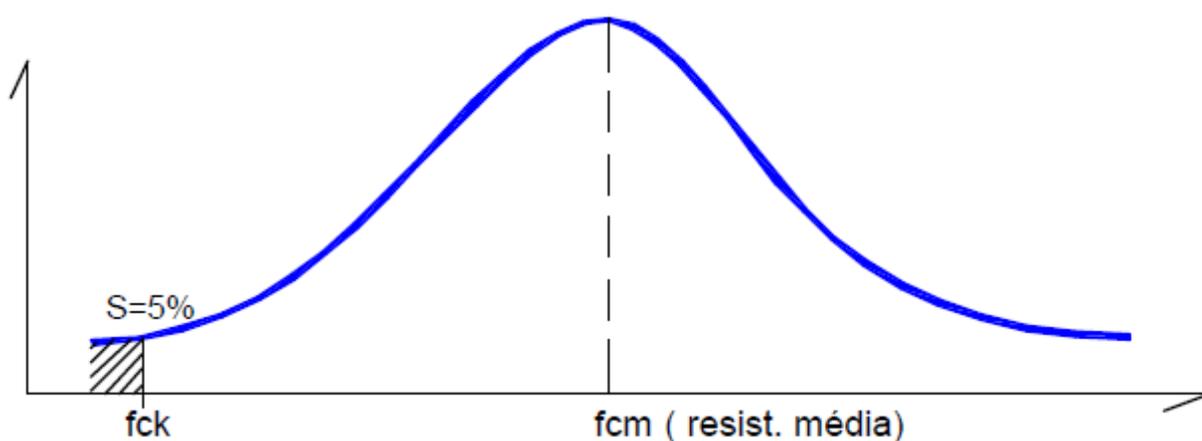


Figura 16- Curva normal de distribuição de probabilidade

### 11.2.1 Ensaio de resistência à compressão

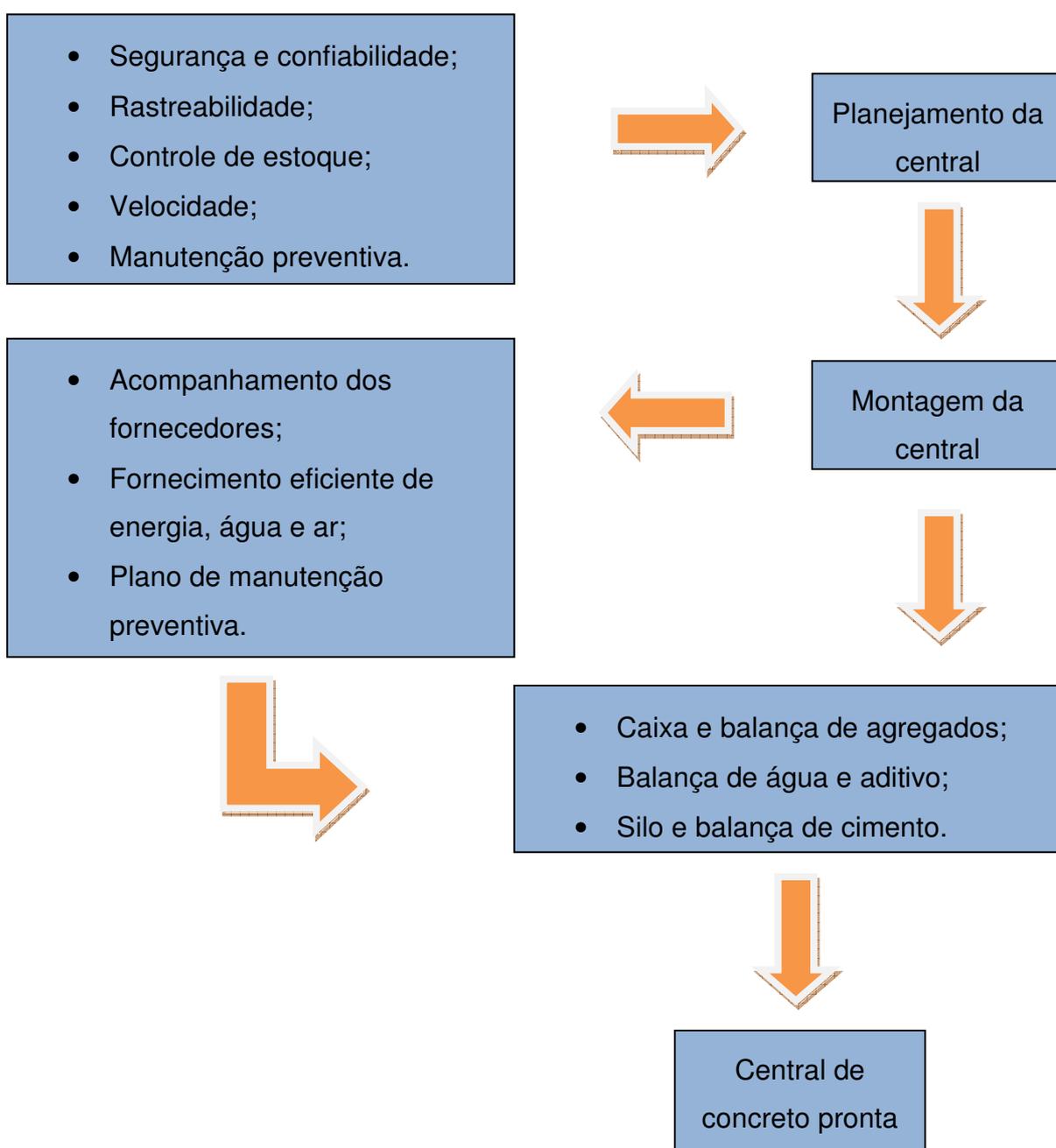
A resistência à compressão axial é considerada a propriedade mais importante do concreto. Os ensaios de resistência à compressão axial (**figura 17**) são realizados segundo os procedimentos da **NBR 5739** (ABNT, 2007) que prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados a compressão os corpos de prova cilíndricos de concreto e moldados conforme **NBR 5738** (ABNT, 2003). O equipamento para o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos deve ser constituído de dois pratos de aço, formato circular, cuja superfície de contato com o corpo de prova tenha sua menor dimensão em 4 % superior ao maior diâmetro do corpo de prova a ser ensaiado.



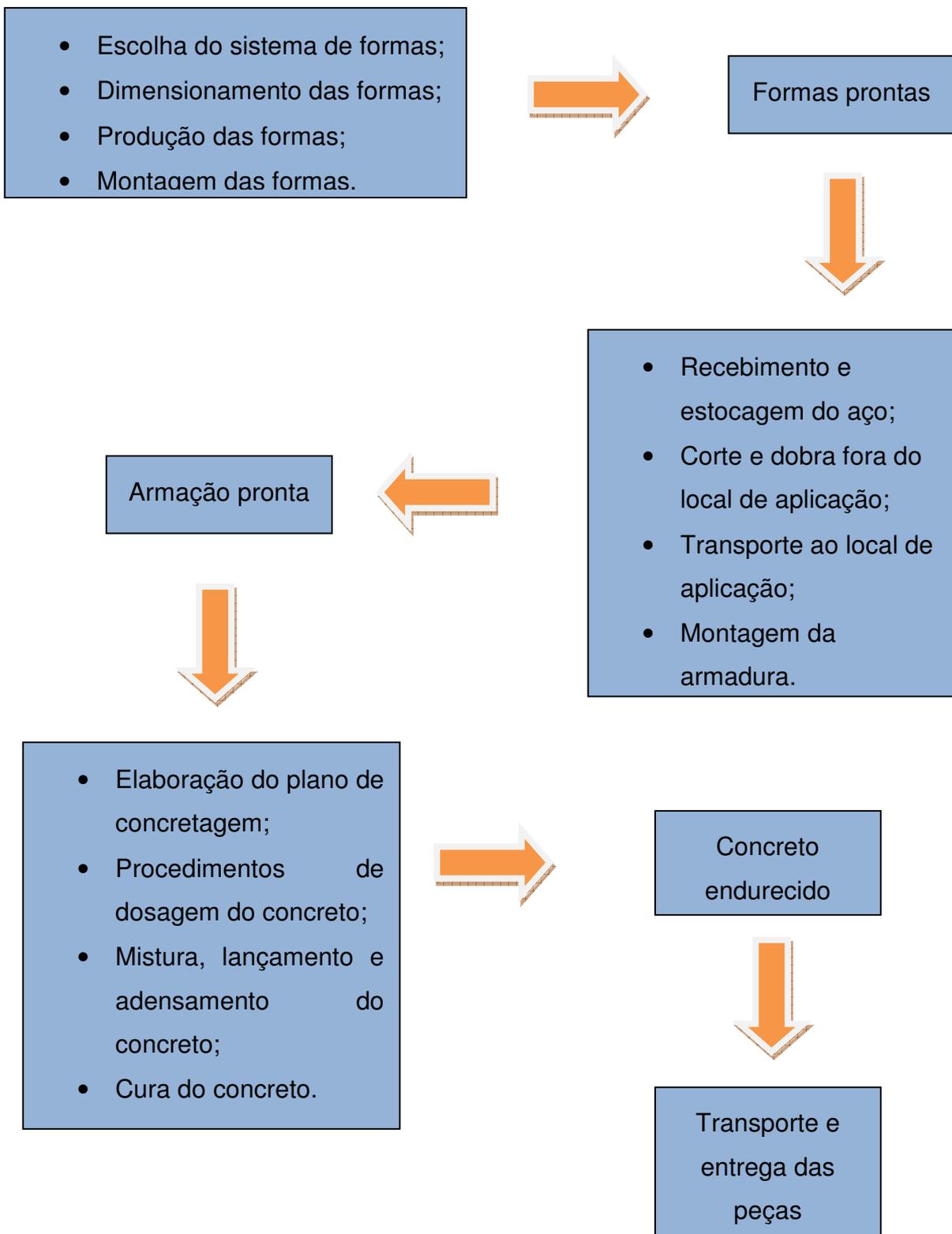
Figura 17- Prensa hidráulica para rompimento dos corpos de prova

## 12 Considerações a respeito de uma central de concreto pré-moldado otimizada

Diante de todos os tópicos e informações expostas anteriormente, torna-se possível adotar critérios e estabelecer procedimentos para que todas as etapas e atividades ligadas à produção de peças de concreto pré-moldado sejam realizadas de forma tecnicamente correta e economicamente viável. No fluxograma a seguir será desenvolvido um esquemático das etapas preliminares para o início da operação da central de concreto, sintetizando e demonstrando visualmente a importância e interdependência de cada uma delas.



Com a central de concreto pronta para operar, entram em ação todos os controles e procedimentos executivos desenvolvidos nos capítulos anteriores, conforme fluxograma 2.



Para todas as etapas acima, se aplicam os procedimentos de controle e verificação da qualidade, seguindo uma filosofia PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), ou seja, um ideal de melhoria contínua e revisão constante dos processos (**figura 18**).

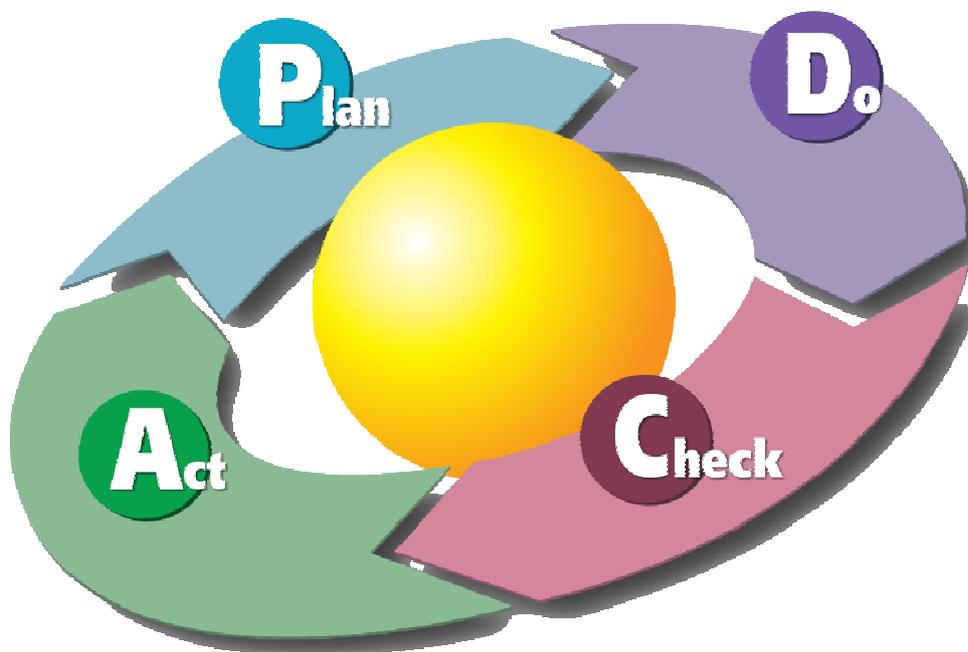


Figura 18- O ciclo PDCA (Fonte: Wikipédia)

### 13 Conclusão

Para empreendimentos em que os prazos e custos são fatores cruciais, o sistema pré-fabricado tem se mostrado a solução mais viável a ser adotada, ainda mais por contribuir para a racionalização dos insumos básicos de produção. Para garantir a eficiência e qualidade desejada do fornecimento dos pré-moldados, torna-se necessário que se adote um sistema de controle e acompanhamento, como foi explicado detalhadamente nos itens anteriores deste trabalho.

Este trabalho serviu para, primeiramente, identificar os processos de funcionamento e produção de uma central de pré-moldados, onde podemos identificar três etapas básicas: planejamento, programação e controle. Os processos realizados em cada etapa foram agrupados de acordo com a seqüência cronológica de execução na produção. Por se tratar de um sistema industrializado, o uso de pré-moldados acelera a realização da obra por eliminar a etapa de confecção das peças no local de aplicação. A padronização das estruturas pré-moldadas valoriza esse sistema e atinge melhores resultados por causa da reutilização dos mesmos moldes para a sua confecção. Em contrapartida, a certeza da viabilidade do sistema pré-moldado está estreitamente aliada a um rígido controle e boas práticas de produção, o que neste trabalho ficou definido como otimização da central, o que nada mais é que a redução ao máximo das perdas e eficiência intensificada pelos procedimentos executivos.

Foi dada ênfase a todas as etapas que podem e devem ser aperfeiçoadas, com exemplos de fácil aplicação, que corretamente entendidos e aplicados a uma situação real promovem vantagens significantes nos aspectos mais importantes do projeto, que são:

- Qualidade;
- Escopo;
- Prazo;
- Custo.

## 14 Referências Bibliográficas

- ABESC, Associação Brasileira das empresas de serviços de concretagem do Brasil. Livro: **Manual do concreto dosado em central**, 2010;
- Aoki, J. Artigo: **Dicas para aquisição e montagem de central de concreto**, 1ª e 2ª Ed., Pub. Cimentos Itambé, 2008;
- Aragão, Maj M. Notas de aula: **Materiais de Construção Civil II** (IME), 2007;
- Balakrishnan, Manoj. Livro: **Quality Assurance and Quality Control in PreCast Concrete Production**, 2010;
- Barros, Mércia. Artigo: **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**, 1998;
- Bruna, Paulo. J. V. Livro: **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento** (Editora Perspectiva);
- Camacho, Jefferson. Notas de aula: **Curso de concreto armado (NBR 6118/2003): Introdução** (UNESP), 2006;
- Fajerztajn, H. Artigo: **A escolha do sistema de formas**, 1986;
- IEEE. Norma: **“Standard Glossary of Software Engineering Terminology”**, Document Number: IEEE 610.12-1990. **Institute of Electrical and Electronics Engineers**, May/1990;
- Mesquita, Júlio. Notas de aula: **Introdução ao estudo do concreto armado**, UNESP, 2006;
- MULTIQUIP. Artigo: **Manual de vibração**, 2007;
- Neville, A. Livro: **Creep of plain and structural concrete**, 1986;
- Pádua, Marcos. Livro: **Produção dos concretos**, 2011;
- Searby, A. **Simpósio Internacional de Tecnologia da Construção: Fôrmas para Estruturas de Concreto**, São Paulo, 1986. Epusp;
- Vanderlei, Romel. Livro: **Utilização de concretos especiais em áreas urbanas**, 2004;
- BROCKA, Bruce ; BROCKA, M. Suzanne. Livro: **Gerenciamento da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1994