


Universidade Federal do Espírito Santo
 Centro Tecnológico
 Departamento de Engenharia Civil
 Tecnologia da Construção Civil I

**Tecnologia do Concreto – Estruturas
 de concreto armado**

Profa. Geilma Lima Vieira
geilma.vieira@gmail.com


• Montagem da armação das lajes



Sabbatini et al. (2003)


• Montagem da armação das lajes



Sabbatini et al. (2003)


• CONCRETO - definições

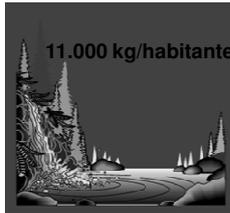
Mistura em proporções pré-fixadas de um aglomerante (cimento) com água e um agregado constituído de areia e pedra, de sorte que venha a formar uma massa compacta, de consistência plástica, e que endurece com o tempo.

Material de construção resultante da mistura de um aglomerante (cimento), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em proporções exatas e bem definidas

IMPORTÂNCIA

- Consumo de Concreto

O concreto é o segundo produto mais consumido pela humanidade



• Concreto

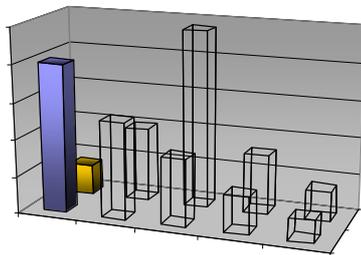
Material mais utilizado manufaturado.
Estima-se que o consumo mundial de concreto seja da ordem de 5,5 bilhões de toneladas por ano, sendo superado apenas pela água.



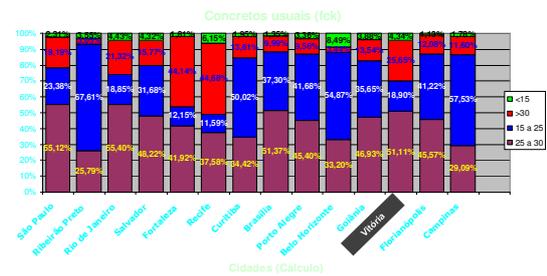
- Excelente resistência à água
- Facilidade com que os elementos estruturais de concreto podem ser executados numa variedade de formas e tamanhos
- baixo custo e facilidade de produção/aquisição

IMPORTÂNCIA

- Participação no custo da estrutura



f_{ck}'s USUAIS NO BRASIL



Dados ABESC - 2005

• Viabilidade do concreto armado

1 – trabalho conjunto do concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os dois

- Na região tracionada, em que o concreto possui resistência praticamente nula, ele sofre fissuração, tendendo a se deformar. Arrasta consigo as barras de aço forçando-as a trabalhar e absorver esforços de tração

- Na região comprimida, uma parcela de compressão poderá ser absorvida pela armadura, no caso do concreto, isoladamente, não ser capaz de absorver a totalidade dos esforços de compressão



• Viabilidade do concreto armado

2 – Os coeficientes de dilatação térmica do aço e do concreto são praticamente iguais:

- Concreto: $(0,9 \text{ a } 1,4) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ (mais frequente $1,0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)

- Aço: $1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

3 – O concreto protege de oxidação e corrosão o aço da armadura, garantido a durabilidade da estrutura:

- Dupla proteção:

- proteção física: através do cobrimento das barras protegendo-as
- proteção química: em ambiente alcalino que se forma durante a hidratação do concreto, surge uma camada inibidora em torno da armadura

• Vantagens e desvantagens do concreto armado

• VANTAGENS

1. Economia: mais barato que estrutura metálica, exceto em casos de vãos muito grandes. Não exige mão de obra especializada
2. Durabilidade: se bem projetado e executado pode durar muitos anos
3. Adaptação a qualquer forma
4. Boa resistência ao fogo
5. Impermeabilidade
6. Resistência ao desgaste mecânico (choques, vibrações)
7. Facilidade de execução

• Vantagens e desvantagens do concreto armado

• DESVANTAGENS

1. Grande peso próprio (2500 kg/m^3) – pode ser reduzido com emprego de agregados leves
2. Reforma e demolições difíceis
3. Baixo grau de proteção-conforto térmico
4. Demora de utilização

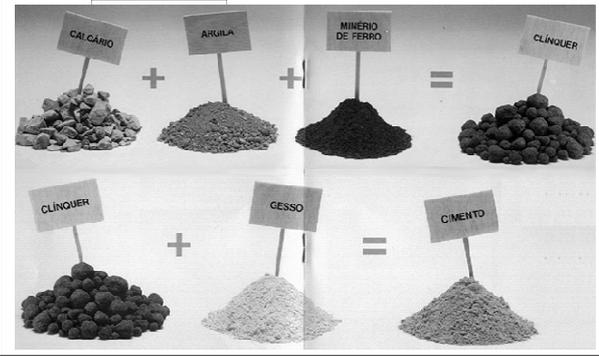
• **Materiais componentes**

• **CIMENTO**

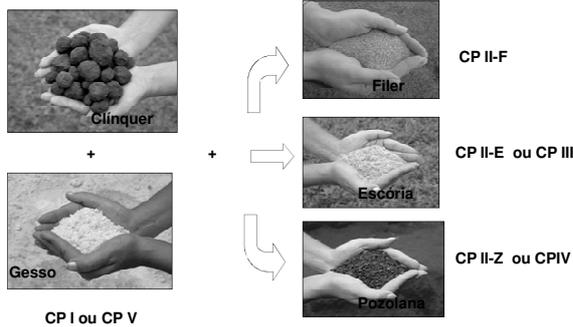
Aglomerante hidráulico constituído de uma mistura de CLÍNQUER PORTLAND e GESSO

• **Materiais componentes**

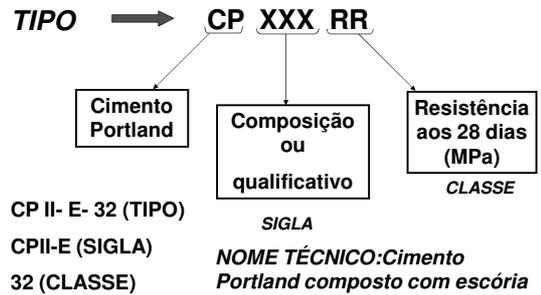
• **CIMENTO**



Adições ao Cimento Portland



Cimento : Nomenclatura



• **CIMENTO – Especificações**

Sigla	Designação	Classe *
CP I	Cimento Portland Comum	25, 32, 40
CP I - S	Cimento Portland Comum c/ Adição	25, 32, 40

Sigla	Designação	Classe *
CP II - E	Cimento Portland com Escória	25, 32, 40
CP II - Z	Cimento Portland com Pozolana	25, 32, 40
CP II - F	Cimento Portland com Filler	25, 32, 40

Sigla	Designação	Classe *
CP III	Cimento Portland de Alto-Forno	25, 32, 40

Sigla	Designação	Classe *
CP IV	Cimento Portland Pozolânico	23, 32

• **CIMENTO – Especificações**

- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (EB 2 / NBR 5733):
 - Sigla: CP V - ARI
 - Deve apresentar o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade de 34 MPa.
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos (EB 903 / NBR 5737):
 - Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de "RS". Exemplo: CP III 32 RS ; CP V-ARI-RS
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (NBR 13116):
 - Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de "BC". Exemplo: CP IV-32 BC
- Cimento Portland Branco (NBR 12989)
 - Estrutural: CPB - 32
 - Não Estrutural: CPB

• **Materiais componentes**

• **CIMENTO – Especificações**

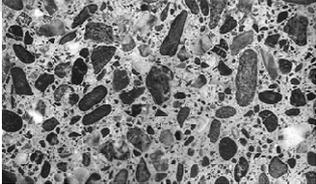


• **Materiais componentes**

• **CIMENTO**



- **Materiais componentes**
- **Agregados – Especificações**



Mehta e Monteiro (2008)

Ocupam de 75 à 80% do volume de concreto

AREIA BRITA

- **Materiais componentes**
- **Agregados – Especificações**



1. FUNÇÃO

ECONÔMICA: Diminuição do custo, material inerte.

TÉCNICA: Diminuir consumo de cimento
2. CLASSIFICAÇÃO

↳ Quanto à função: Isolante acústico com baixa resistência (vermiculita e isopor); Para peças estruturais (Seixo, brita e areia); -Isolante térmico e acústico com alta resistência (Argila expandida)

✧ Quanto as dimensões:

 - Agregado Graúdo (50% do $V_{concreto}$): $D_{max} > 4,80$ mm
 - Agregado Miúdo: $4,80$ mm $\leq D_{max} < 0,075$ mm

- **Materiais componentes**
- **Agregados – Especificações**



3. OBTENÇÃO

NATURAIS: aluviais, residuais, eólicas (areias).

ARTIFICIAS: trituração ou britagem (brita, pedrisco, etc.)
4. INDICES DE QUALIDADES

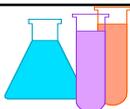
- **Materiais componentes**
- **Agregados – Especificações**



4. INDICES DE QUALIDADES
 - Resistência mecânica
 - Esmagamento
 - Friabilidade
 - Forma dos grãos

• **Materiais componentes**

ADITIVOS



Nomenclatura (NBR 11768):

- Tipo P → Plastificante
- Tipo R → Retardador
- Tipo A → Acelerador
- Tipo PR → Plastificante retardador
- Tipo PA → Plastificante acelerador
- Tipo IAR → Incorporador de ar
- Tipo SP → Superplastificante
- Tipo SPR → Superplastificante retardador
- Tipo SPA → Superplastificante acelerador
- Tipo Modificador de Viscosidade

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

É CONSIDERADA A PROPRIEDADE FUNDAMENTAL DO CONCRETO, POIS DÁ UMA INDICAÇÃO GERAL DA QUALIDADE DO CONCRETO



Devido a variedade de fatores que interferem na preparação, transporte, lançamento e cura do concreto sua resistência mecânica apresenta grande variação

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

No Brasil, a resistência mecânica é medida através do Ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos

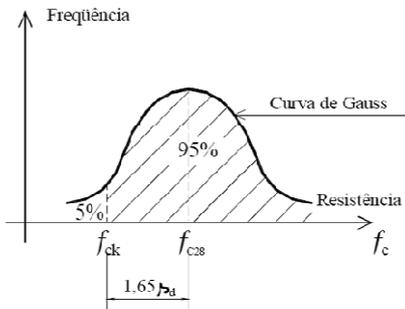


RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

Se foi moldado um volume de concreto e foi retirada uma amostra com “n” corpos de prova que serão rompidos, pode-se tabular os resultados de resistência à compressão e traçar o polígono de frequência. À medida que aumenta a quantidade de corpos de prova o polígono se aproxima da curva de Gauss

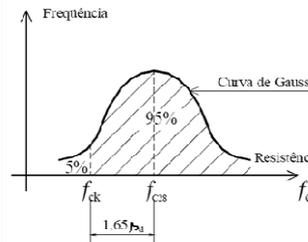
O que isso significa?

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO



A resistência à compressão do concreto é uma variável aleatória contínua que obedece à distribuição normal

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO



onde:
 f_{c28} = média aritmética das resistências dos n corpos de prova = resistência média do concreto à compressão aos 28 dias de idade
 n = número de corpos de prova ensaiados
 f_c = resistência à compressão de cada corpo de prova
 s_d = desvio padrão do lote ensaiado

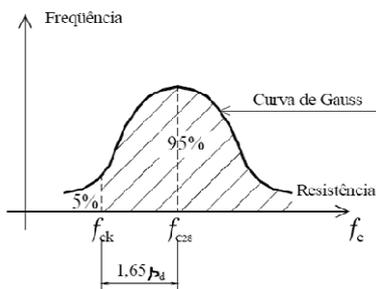
$$f_{c28} = \sum f_{ci} / n$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{c28})^2}{n - 1}}$$

RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

Que valor de referência deverá ser adotado para a resistência do concreto à compressão no dimensionamento de estruturas?

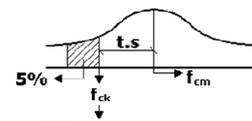
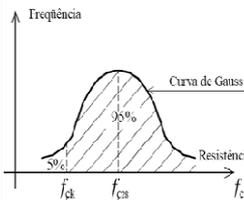
f_{c28} ? →



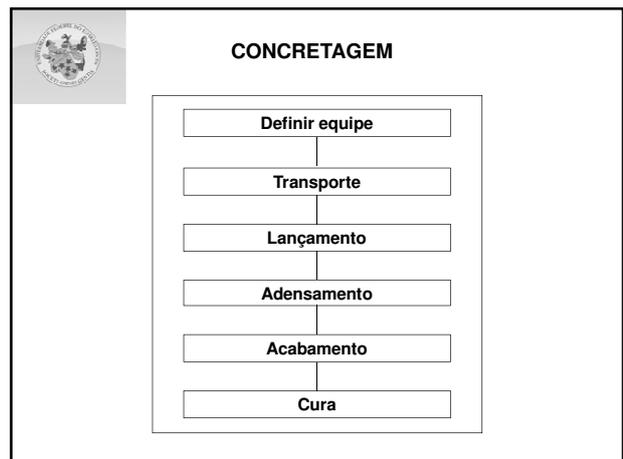
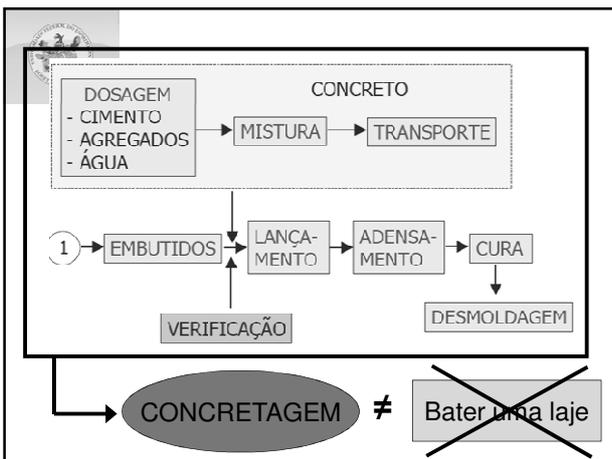
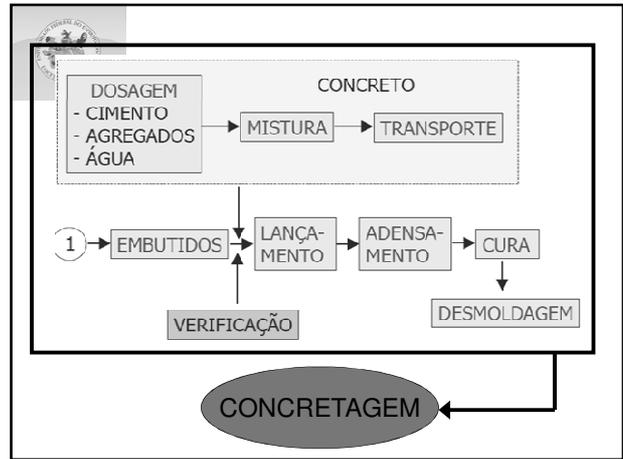
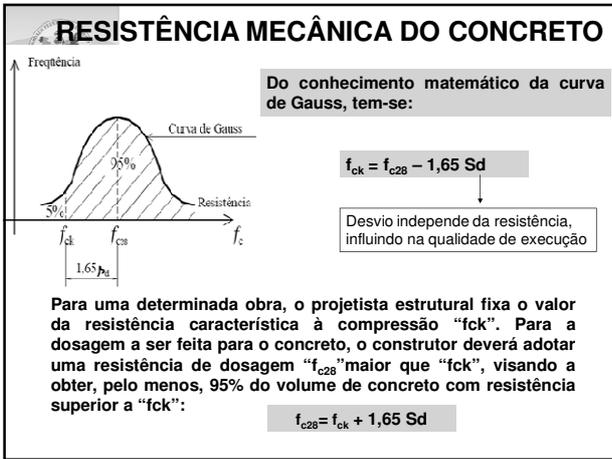
RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

Que valor de referência deverá ser adotado para a resistência do concreto à compressão no dimensionamento de estruturas?

Em âmbito mundial é adotado a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}). Aquela abaixo da qual só corresponde um total de 5% dos resultados obtidos (um valor de 95% de probabilidade de ocorrência)



95% de certeza de que os resultados estão acima deste valor



DEFINIÇÃO DE EQUIPES



Quantas pessoas são necessárias?

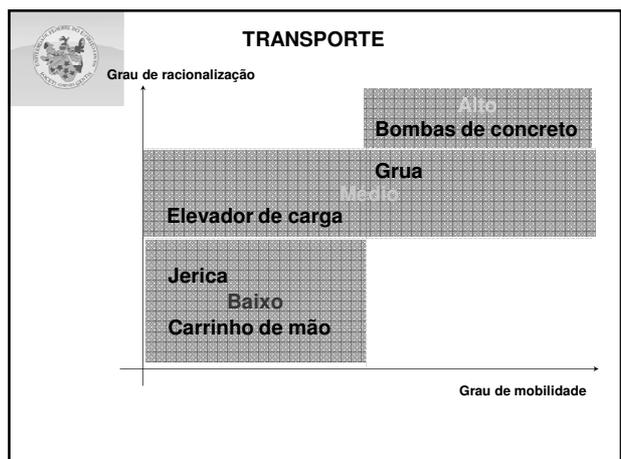
TRANSPORTE



Que sistema de transporte utilizar?

TRANSPORTE

Transporte	Capacidade	Características
Carrinho de mão	< 80 l	Improdutivo Uma roda > dificuldade de equilíbrio
Jerica	110 a 180 l	Evolução do carrinho de mão Facilita a movimentação horizontal
Grua e caçamba	350 a 500 l	Movimentação horizontal e vertical Abastecimento descontinuado Libera elevador
Bomba	7 a 40 m ³ /h	Continuidade no fluxo Reduz mão-de-obra



TRANSPORTE

Elevador + Jericas

- Pior produtividade
- Necessita de mais mão-de-obra



Quando utilizar?

- A obra não tem grua
- Dificuldade de acesso da bomba de concreto
- Pequeno volume de concretagem

TRANSPORTE

Sistema de transporte: elevador + jericas



TRANSPORTE

Grua

- Necessidade de duas caçambas
- Mais eficiente que bombeamento em concretagem de pilares e vigas



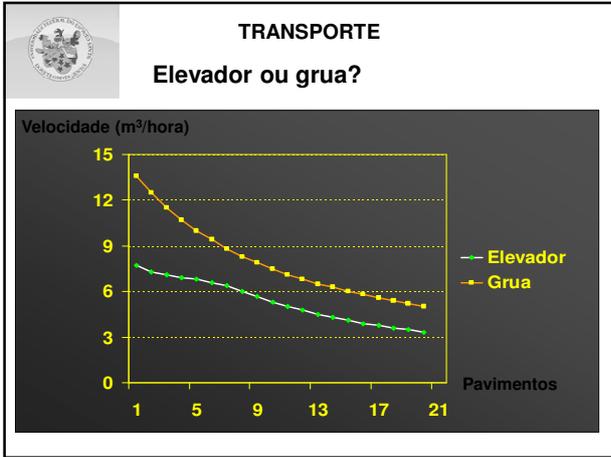
Quando utilizar?

- Obras que possuam guias para o uso com diversos serviços

TRANSPORTE

Sistema de transporte: grua





TRANSPORTE

Bombeamento

- Utiliza pouca mão-de-obra
- Necessidade de duas frentes de trabalho – espalhamento e adensamento
- Produtivo em concretagem de lajes



Quando utilizar?

- Facilidade de acesso da bomba
- Garantia de fornecimento constante de caminhões
- Grandes volumes de concretagem

TRANSPORTE

Sistema de transporte: bomba



Velocidade de concretagem \approx 7,0 a 40,0 m³/h \approx f = {

- peça concretada
- equipe envolvida
- vibração
- sistema
- fôrma

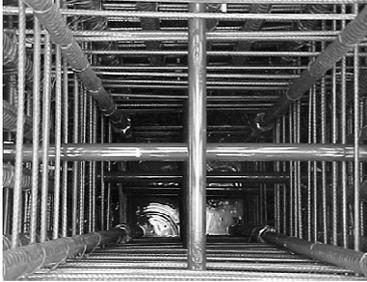
LANÇAMENTO

Molhar a forma previamente





LANÇAMENTO



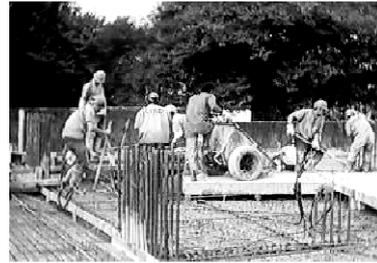
Tomando o cuidado para não acumular água no fundo da fôrma



LANÇAMENTO

Uso de passarelas ou caminhos

- Não danificar as instalações
- Otimizar a logística



LANÇAMENTO

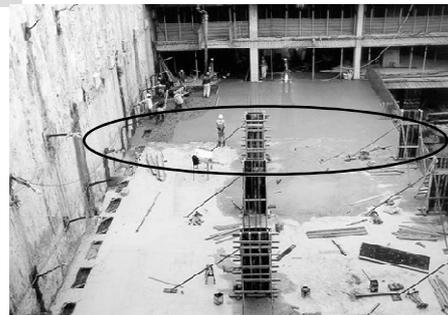
LAJES E VIGAS

NÃO formar montes separados de concreto e distribuir posteriormente



LANÇAMENTO

Juntas: paradas de concretagem





ADENSAMENTO

Adensamento manual

- Exige experiência do operário
- Baixa eficiência
- Somente em serviços de pequeno porte
- Abatimento superior a 8 cm
- Espessura máxima do concreto de 20 cm



ADENSAMENTO

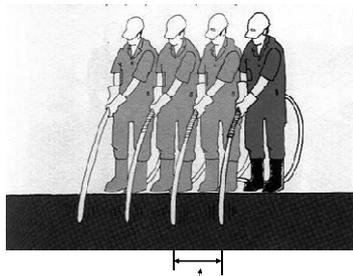
ADENSAMENTO MECÂNICO

- Não vibrar a armadura



ADENSAMENTO

DISTÂNCIAS ENTRE PONTOS DE VIBRAÇÃO



6 a 10 vezes o diâmetro da agulha



ADENSAMENTO

PILARES

- Uso do martelo de borracha, conjuntamente, para facilitar a descida do concreto ao longo da armadura





ADENSAMENTO

CUIDADOS COM VIBRADORES DE AGULHA

- Escolher um vibrador com o diâmetro compatível com a armadura
- Utilizar camadas de espessuras máximas entre 40 cm e 50 cm
- Imergir apenas a "agulha" do vibrador no concreto
- Verificar a distância entre os pontos de vibração
- Não forçar o vibrador contra as fôrmas e a armadura
- Não utilizar o vibrador como martelo
- Utilizar a "agulha" sempre na posição vertical ou no máximo até 45°
- Sempre atingir a camada subjacente
- Não dobrar a mangueira
- Não puxar o motor acionador pela mangueira
- Limpar o equipamento e guardar em local apropriado

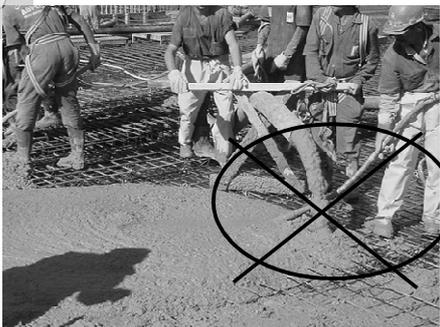


ADENSAMENTO

Agulha na posição vertical ou, no máximo, inclinado a 45°



ADENSAMENTO



Vibrador não é enxada para espalhar o concreto



ADENSAMENTO

Quando o concreto está suficientemente vibrado?



Ao lançar, a superfície tem aspecto áspero



ADENSAMENTO



Superfície mais brilhante e começa a borbulhar: vibração suficiente



ACABAMENTO

Rolo assentador de agregados



ACABAMENTO

Float



ACABAMENTO



Helicóptero
O concreto deve suportar o peso do operário



CURA

TIPOS DE CURA

- Cura por molhagem

Inicia-se tão a superfície do concreto não seja mais danificada pelo contato com a água

- Cura química

A pulverização do produto de cura deve ser iniciada depois que tenha cessado a ascensão de água à superfície do concreto por exsudação



CURA

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CURA

- Cura favorece a hidratação do cimento e, portanto, o aumento das resistências do concreto
- A cura evita o processo de fissuração por retração plástica e proporciona ao concreto menor permeabilidade
- Período de cura
 - Lajes: período mínimo de 7 dias
 - Vigas e pilares: 3 dias após a desforma



CURA

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE CURA

- Resistências iniciais, até 3 dias de um concreto curado e de um mantido em ambiente seco, são equivalentes
- Resistência aos 14 dias do concreto curado é cerca de 2,5 vezes maior que a do concreto mantido em ambiente seco
- Resistência de um concreto curado cresce até 180 dias



CURA

Molhagem



- Facilidade de execução
- Necessidade de molhar várias vezes ao dia
- Não há garantia de molhagem de toda a área



CURA

Lâminas d'água



- Utilizado em lajes (planos horizontais)
- Facilidade de execução
- Em climas quentes, monitorar constantemente



CURA

Aspersão



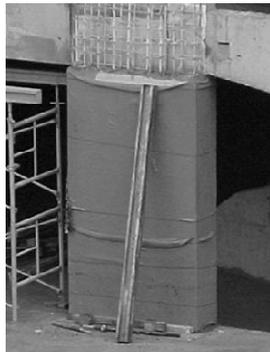
- Grande praticidade
- Melhor controle da área de molhagem
- Maior custo



CURA

Recobrimento

- Mantém a superfície úmida por mais tempo
- Recomendado para pilares



CURA

Recobrimento em lajes



Utilizado em lajes também



CURA

Química

- Indicada para grandes áreas
- Não há necessidade de umedecer várias vezes uma mesma região

