



EDI-33

Materiais e Processos Construtivos

Concreto

Frank Cabral de Freitas Amaral – 1º Ten.-Eng.º
Instrutor

Março/2005



Programação

SEMANA	DATA	TÓPICOS	
1	06/mar	APRESENTAÇÃO DO CURSO	
	09/mar	TIPOS DE MATERIAIS E PROPRIEDADES	
2	13/mar	AGREGADOS	
	16/mar		
3	20/mar	AGLOMERANTES	
	23/mar		
4	27/mar	CONCRETO	
	30/mar		
5	3/abr		
	6/abr		
6	10/abr		
	13/abr		
7	17/abr		PROVA 1º BIMESTRE
	20/abr		AÇOS
8	24/abr		
	27/abr		
	29/abr a 6/mai	SEMANINHA	



Concreto de Cimento Portland

Compósito

Conglomerado artificial obtido pelo endurecimento de mistura conveniente de um aglomerante hidráulico, água, agregados e, eventualmente, adições.

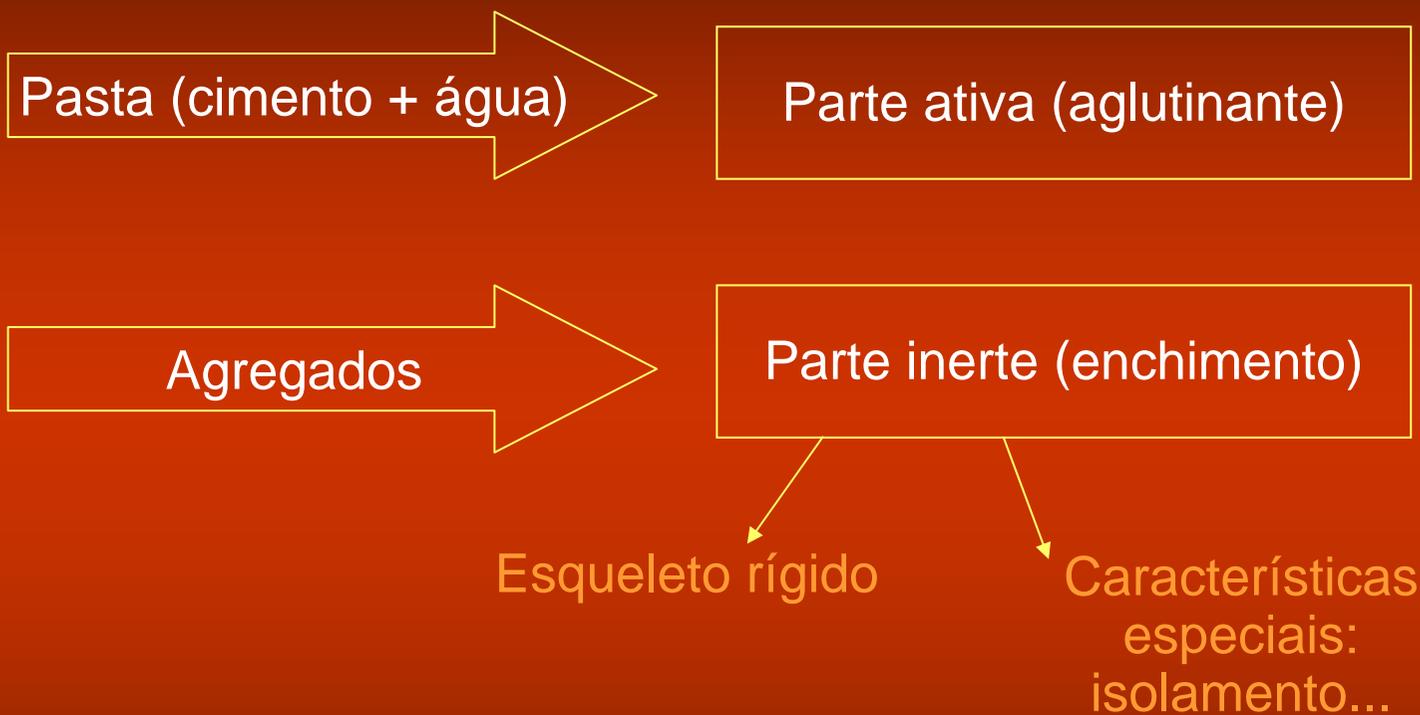


Concreto

- Concreto fresco
- Aditivos
- Concreto endurecido
 - Estrutura
 - Resistência
 - Estabilidade dimensional
- Dosagem
- Durabilidade
 - Patologia



Funções





Concreto *fresco*

- ✓ Concreto antes da pega
- ✓ Depende:
 - ✓ Relação água/cimento
 - ✓ Relação pasta/agregado (traço)
- ✓ Pasta:
 - ✓ Envolvimento dos agregados
 - ✓ Preenchimento de vazios intergranulares



Concreto *endurecido*

- ✓ Concreto após fim da pega
- ✓ Agregados:
 - ✓ Transmissão de esforços
 - ✓ Economia
 - ✓ Redução de variações volumétricas
- ✓ Pasta:
 - ✓ Resistência mecânica
 - ✓ Durabilidade



Propriedades

- ✓ Fresco: trabalhabilidade, consistência, segregação, exsudação, compacidade, massa específica, ar incorporado.
- ✓ Endurecido: compacidade, resistência mecânica, elasticidade, retração, fluência, durabilidade, massa específica, propriedades térmicas, absorção, permeabilidade, difusão.



Controle de qualidade

- ✓ Seleção de materiais
- ✓ Dosagem
Traço, percentual dos constituintes
- ✓ Produção
Mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e desmolde



Concreto Fresco - Propriedades

- ✓ Trabalhabilidade
(*Consistência*)
- ✓ Segregação
- ✓ Exsudação
- ✓ Compacidade
- ✓ Massa específica
- ✓ Ar incorporado
- ✓ Ar aprisionado



Trabalhabilidade

É a propriedade do concreto fresco que identifica sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perder sua homogeneidade.

- ✓ Propriedade mais importante no concreto fresco!
- ✓ Integridade ligada aos processos de *transporte, lançamento e adensamento*.
- ✓ Fatores de influência
 - Intrínsecos: atrito interno, coesão, viscosidade...
 - Extrínsecos: dimensões das peças, quantidade e disposição de armaduras, equipamentos...



Trabalhabilidade

- ✓ Consistência
 - função da quantidade de água
 - resistência à deformação
- ✓ Compacidade
 - função da quantidade de vazios
 - relacionada com o adensamento
- ✓ Travamento
 - função da quantidade de finos e da continuidade dos grãos
 - relacionada com a manutenção da homogeneidade



Trabalhabilidade

- ✓ Métodos de medida
 - Através da deformação causada a uma massa de concreto fresco, pela aplicação de uma força
 - Através da medida do esforço necessário para causar um deformação

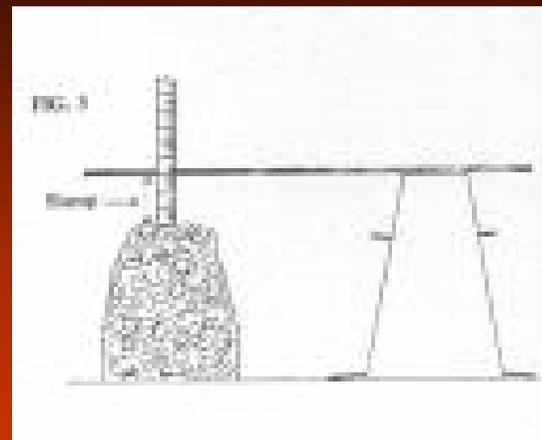
Todos os métodos de ensaio avaliam alguma propriedade correlata e não a trabalhabilidade em si!

- Abatimento do tronco de cone (*slump test*)
NBR 7223



Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone (*Slump Test*)

- ✓ Coletar uma amostra de 30 litros de concreto, aproximadamente, depois de descarregar 0,5 m³ de concreto do caminhão, para o caso do concreto usinado e coletar a mesma amostra do meio da betoneira para o concreto feito na obra;
- ✓ Colocar o tronco de cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoiar os pés sobre as abas inferiores do molde;
- ✓ Preencher o molde em 3 camadas iguais, aplicando 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada;
- ✓ Adensar a primeira camada de forma que a haste de socamento penetre em toda a sua espessura. No adensamento das camadas seguintes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente;
- ✓ Após a compactação da última camada, retirar o excesso de concreto e alisar a superfície com uma colher de pedreiro;
- ✓ Retirar o tronco de cone verticalmente, com velocidade lenta e constante, tendo-se cuidado para não esbarrar no concreto;
- ✓ Colocar a haste sobre o tronco de cone invertido e medir com uma régua metálica a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros.





Crítica ao ensaio

Neste ensaio, como em outros de amostras de concreto obtidas antes do lançamento, os corpos de prova podem não representar verdadeiramente a qualidade do concreto na estrutura, devido à possibilidade de erros de amostragem e diferenças nas condições de cura e adensamento

- Medida: ensaios não-destrutivos “in situ”



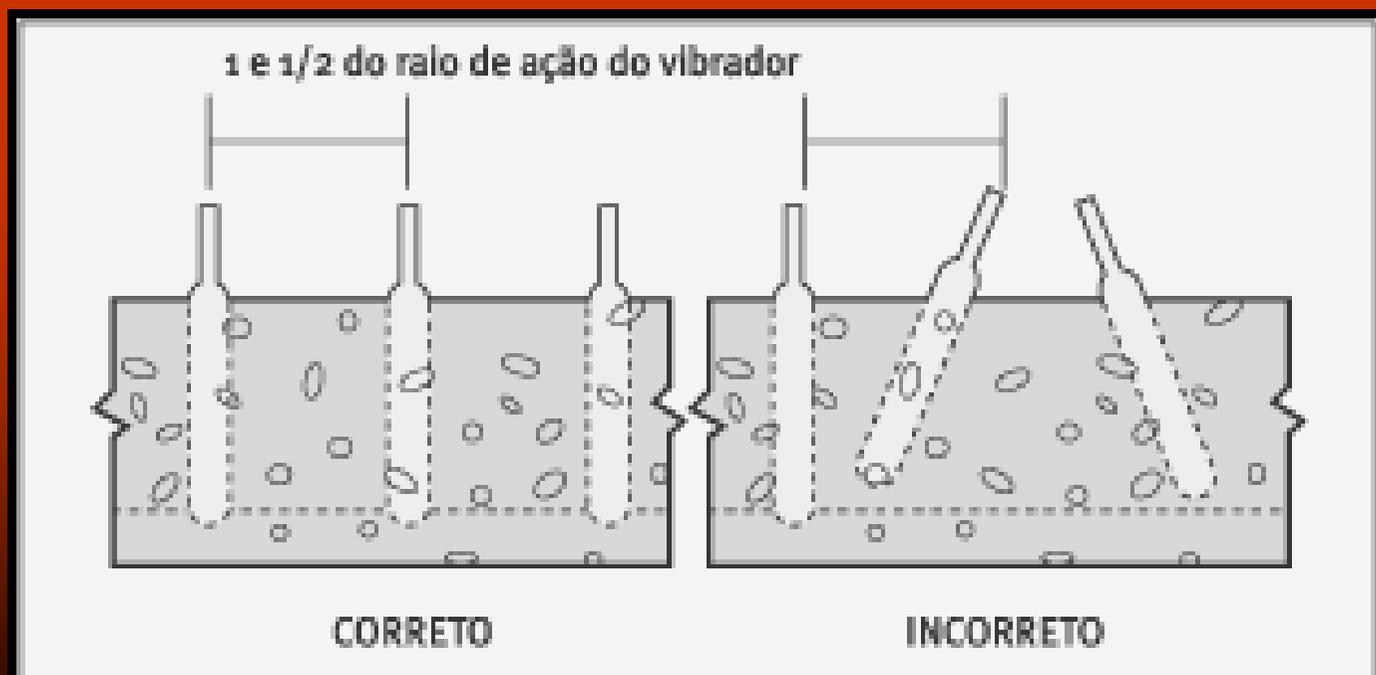
Segregação

- ✓ O que é:
Separação dos constituintes, antes do início da pega
- ✓ Causas:
 - Diferença de densidade:
Argamassa = 2,2
Agregados graúdos = 2,7
 - Excesso de água
 - Excesso de vibração / adensamento
 - Falta de cuidado no lançamento



Segregação - *cuidados*

- ✓ Lançamento
 - Molhagem de formas
 - Camadas horizontais com espessura uniforme
 - Cuidados especiais com alturas $> 2,5\text{m}$
 - Adensamento da camada antes do lançamento da próxima
 - Lançamento da próxima quando a primeira ainda estiver plástica – *evitar juntas de concretagem, que levam ao favorecimento de planos de fratura*
- ✓ Adensamento
 - Vibrador – 5 a 30 segundos
 - Movimentos lentos





Exsudação

- ✓ O que é:
Excesso de água na mistura provoca migração de finos, formando nata de cimento na parte superior
- ✓ Conseqüências:
 - Fissuras na parte superior do concreto
- ✓ Correção:
 - Aumentar o teor de finos
 - Utilizar aditivos plastificantes

Se for executar camada superior, deve-se retirar as fissuras provenientes da exsudação sob pena de perda da aderência!



Excesso de água

- ✓ Exsudação
- ✓ Formação de poros
 - Canais capilares
 - Ar aprisionado (bolhas)

- ✓ Conseqüências
 - Permeabilidade
 - Durabilidade

Há que se encontrar um ponto ótimo, pois é necessário usar mais água que o necessário para as reações químicas, para se ter trabalhabilidade, ou seja, poros são inevitáveis!



Compacidade

- ✓ O que é:
Grau de adensamento do concreto
- ✓ Obtenção:
Relação entre massa específica aparente (medição) e massa específica teórica (cálculo)
- ✓ Número de poros totais
- ✓ Maior que 0,98 indica concreto fortemente adensado

Possui relação direta com a resistência mecânica!



Massa específica (concreto fresco)

- ✓ Concretos leves: $< 1,8 \text{ kg / dm}^3$
- ✓ Concretos normais: $2,2 \text{ a } 2,5 \text{ kg / dm}^3$
- ✓ Concretos pesados: $3,2 \text{ a } 3,5 \text{ kg / dm}^3$

- ✓ Massa específica teórica:
Consideração de $V_v = \text{Zero}$

Para concreto armado, massa específica teórica igual a $7,85 \text{ kg / dm}^3$



Ar aprisionado x incorporado

- ✓ Aprisionado
 - Residual do adensamento (~1,4%)
 - Indesejável

- ✓ Incorporado
 - Intencionalmente provocado com uso de aditivos
 - Distribuição homogênea
 - Percentual ~ 5 a 6%
 - Concretos leves



Cura úmida

- ✓ Manter umidade dias após a concretagem
 - A água é indispensável às reações químicas que ocorrem durante o endurecimento*
- ✓ Objetivos:
 - Impedir perda precoce de umidade
 - Controlar temperatura
- ✓ Velocidade de endurecimento
 - Função da temperatura*
- ✓ Evitar sol e vento
 - Aceleram a evaporação*
- ✓ Usual: sacos de cimento, serragem, lonas, sacos de estopa, areia...



Contaminação

- ✓ Agregados
- ✓ Água
- ✓ Equipamentos
- ✓ Ferramentas
- ✓ Mão-de-obra



Contaminação - agregados

- ✓ Materiais
 - Torrões de argila
 - Materiais pulverulentos
 - Materiais carbonosos
 - Resíduos orgânicos
 - Lascas de madeiras
 - Resíduos plásticos



Contaminação - água

- ✓ Materiais
 - Matéria orgânica
 - Resíduos sólidos
 - Sulfatos
 - Cloretos
 - Açúcar



Aditivos

Produtos que adicionados em pequenas quantidades a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.



Aditivos - *tipos*

- P plastificante
- R retardador
- A acelerador
- PR plastificante retardador
- PA plastificante acelerador
- SP superplastificante
- SPR superplastificante retardador
- SPA superplastificante acelerador
- IAR incorporador de ar



Aditivos - *uso*

- Análise de custo-benefício
(*curto e longo prazo*)
- Pequena proporção em relação ao cimento
- Importância da homogeneização
- Dissolução na água de amassamento



Aditivos tensoativos

As substâncias tensoativas consistem essencialmente de moléculas orgânicas de cadeias longas, com uma extremidade hidrófila (que atrai moléculas de água) e uma hidrófoba (que repele água).

- Incorporador de ar
- Plastificante



Mecanismo sem tensoativo

Quando uma pequena quantidade de água é adicionada ao cimento, sem a presença de tensoativos, não se obtém um sistema bem disperso, primeiro porque a água possui tensão superficial elevada (pontes de hidrogênio) e segundo porque as partículas de cimento tendem a formar flocos e se aglomerarem.



Aditivo incorporador de ar

- Hidrocarboneto não polar com um grupo polar aniônico
- Melhora da trabalhabilidade

Especialmente para concretos com: pouco cimento e água, agregados com textura rugosa ou agregados leves

- Aplicação: concretos leves
- Uso excessivo:
 - Retardo excessivo da hidratação do cimento
 - Porosidade alta
 - Redução da resistência e durabilidade



Aditivo plastificante

- Grupo polar aniônico ligado a uma cadeia de hidrocarboneto polar ou hidrófila (ex: OH⁻)

Quando um tensoativo com uma cadeia hidrófila é adicionado, ocorre uma diminuição da tensão superficial da água e torna a partícula de cimento hidrófila o que evita a floculação e gera um sistema com boa dispersão. O mecanismo está baseado na orientação das extremidades polares e apolares da cadeia em direção à água.



Aditivo plastificante

- Aumento da fluidez sem aumento da água
- Reduzir teor de água para uma mesma consistência (*aditivos redutores de água*)
 - Redução da relação água/cimento
 - Redução do consumo de cimento
- Teor: 0,2 a 0,5% da massa do cimento (*laboratório*)
- Período de eficiência: bem limitado (*logo após o início das reações de hidratação, compostos já se formam e estes aprisionam os tensoativos*)
- Excesso: retardo demasiado da pega



Aditivo plastificante - *aplicações*

- Concretagem de peças com grande concentração de ferros ou outras situações em que seja necessário um concreto mais fluido sem que seja prejudicada a sua resistência
- A redução da relação água/cimento acarreta várias vantagens como maior resistência mecânica, menor permeabilidade, menor retração e maior expectativa de durabilidade
- Redução do consumo de cimento e conseqüentemente o custo do concreto
- Estruturas mais leves, com peças mais esbeltas, pela elevação da resistência do concreto, e também com isso uma diminuição das fundações
- Estruturas de concreto com pouca ou nenhuma falha de concretagem, as chamadas “bicheiras”, devido à plasticidade obtida, sendo muito utilizado nas estruturas em concreto aparente
- Bombeamento de concreto a grandes alturas



Aditivo superplastificante

- Tensoativos de cadeia longa, massa molecular elevada com grande número de grupos polares

Quando adsorvidos pelas partículas de cimento, o tensoativo confere uma forte carga negativa a qual auxilia a reduzir consideravelmente a tensão superficial da água circundante a aumentar acentuadamente a fluidez do sistema



Aditivo superplastificante

- Redução do teor de água de 3 a 4 vezes em relação aos redutores comuns
- Teor: 1 a 3% da massa do cimento (*laboratório*)
- Aplicação:
 - Conc. fluidos alto-andesáveis (*estruturas delgadas, verticais, grandes alturas ou desenho complexo*)
 - Resistência inicial elevada
- Período de eficiência: muito limitado (*provoca excelente dispersão das partículas de cimento na água o que leva a uma aceleração da taxa de hidratação do cimento*)



Modificadores de pega

- Substâncias solúveis
- Velocidade de reações:
 - ionização dos compostos do cimento
 - cristalização dos produtos de hidratação
- Velocidade de pega e endurecimento
- Mecanismo
 - Ânions: silicatos e aluminatos
 - Cátions: cálcio



Modificadores de pega

- Acelerador
 - Promove a dissolução dos cátions e ânions do cimento*
- Retardador
 - Impede a dissolução dos cátions e ânions do cimento*
- Consequência
 - Acelerador: *Resistência inicial superior*
 - Retardador: *Resistência final superior*
- Aplicação
 - Acelerador: *prazos curtos*
 - Retardador: *tempo de transporte, altas temperaturas*



Modificadores de pega

- Cátions monovalentes K^+ ou Na^+

Diminuem a solubilidade do cálcio (efeito favorecido em pequenas concentrações) e aumentam a dos ânions (efeito favorecido em grandes concentrações)

- Ânions monovalentes Cl^- ou NO_3^-

Diminuem a solubilidade dos silicatos e aluminatos (efeito favorecido em pequenas concentrações) e aumentam a do cálcio (efeito favorecido em grandes concentrações)



Aditivos - outros

- Impermeabilizantes

É indicado para a impermeabilização de solos, cortinas, poços de elevadores, muros de arrimo, reservatórios, estruturas sujeitas à infiltração do lençol freático, etc

- Expansores

Provoca uma ligeira expansão ainda no estado fresco durante a pega (3 a 8% do volume dependendo do produto e da marca), aumentando a aderência e a impermeabilidade



Visita à Tupi Concreto

- 13:30 – em frente à biblioteca
- Vestuário
- Relatório
 - Individual
 - Esquema do processo de fabricação
 - Volume de produção
 - Controle de qualidade dos insumos (cimento, agregados, água)
 - Uso de aditivos
 - Ensaios realizados (normas)
 - Aplicação (clientes)
 - Observações, críticas