

*concreto de cimento Portland*  
**propriedades**



**ZEA1045 Construções Rurais**

*Prof. João Adriano Rossignolo*

*concreto de cimento Portland*

---



**relembrando**

*materiais*

*aglomerantes, agregados, aditivos e adições*

**propriedades**

*dosagem (lab.)*

*produção*

*controle tecnológico*

*pré-dimensionamento*

*concretos especiais*

### *concreto de cimento Portland*

---

O concreto é um material de construção composto, constituído por uma mistura de um aglomerante (cimento Portland) com um ou mais materiais inertes (agregados miúdos e graúdos) e água, em proporções adequadas.

Quando recém-misturado deve oferecer condições de plasticidade que facilitem seu manuseio e lançamento nas fôrmas.

Com o passar do tempo, em decorrência das reações de hidratação entre o aglomerante e a água, o material endurece e adquire grande resistência mecânica.

### *concreto*

---



*concreto*

---



*concreto*

---



*concreto*



*concreto*



*infra estrutura urbana  
túneis  
ornamentos*

## *generalidades*

### Particularidades

Flexibilidade de propriedades e forma  
 Resistência à água\*  
 Armadura  
 Propriedades  
 Agressividade do meio  
 Custo  
 Disponibilidade  
 Mão-de-obra  
 Sistema artesanal e industrializado



## *materiais constituintes*

Cimento

Agregado graúdo e miúdo

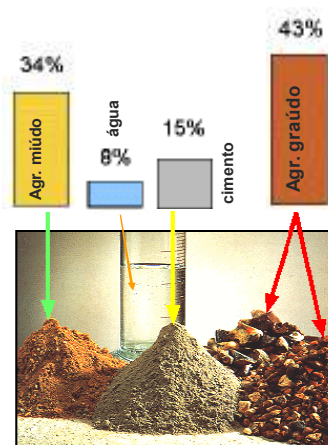
Água

Aditivos

Superplastificantes, incorporador de ar, tempo de pega, expansor,...

Adições

Fibras, pozolanas, cargas minerais,...





*cimento  
Portland*

*cimento Portland*

---

**a) Cimento Portland Comum (EB 1/NBR 5732)**

- CP I - Cimento Portland comum
- CP I S - Cimento Portland Comum com Adição

**b) Cimento Portland Composto (EB 2138/NBR 11578)**

- CP II E - Cimento Portland Composto com Escória
- CP II Z - Cimento Portland Composto com Pozolana
- CP II F - Cimento Portland Composto com Filer

**c) Cimento Portland de Alto Forno - CP III (EB 208/NBR 5735)**

**d) Cimento Portland Pozolânico - CP IV - (EB 758/NBR 5736)**

**e) Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI (EB 2/NBR 5733)**

**f) Cimento Portland Resistente a Sulfatos - (EB 903/NBR 5737)**

São designados pela sigla original de seu tipo acrescida de "RS"

**g) Cimento Portland Branco (Projeto de Norma 18:101.01-008/91)**

CPB (Cimento Portland Branco - Estrutural e Não Estrutural)



*Cimento*

*clinker*

+

*adições*

➔ *agregados*

*agregados - classificação*

**Bloco de rocha**

> 1m

**Matacão**

250mm a 1m

**Pedra de mão**

250 a 75mm

**Pedregulhos**

75 a 4,8mm

**Areias**

4,8mm a 50 $\mu$ m

**Brita 3**

até 38-50mm

**Brita 2**

até 25-38mm

**Brita 1**

até 19-25mm

**Brita 0**

até 12,5-19mm

**Pedrisco**

até 9,5mm

**Pó de pedra e areia**

< 4,8mm

**Areia grossa**

até 4,8-6,3mm

**Areia média**

até 1,2-2,4mm

**Areia fina**

até 0,6-0,15mm

**Materiais  
pulverulentos**

< 75 $\mu$ m

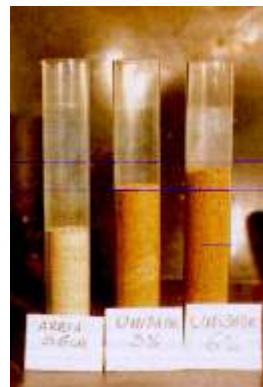
**Siltes** 50-5 $\mu$ m

**Argilas** < 5-2  $\mu$ m

## *agregados*

### **Ensaio e especificações**

- Absorção (ASTM-128)
- Massa específica absoluta (NBR-9776)
- Abrasão Los Angeles (NBR-6465)
- Forma do grão (Índice de forma NBR-7809)
- Durabilidade (MB-1065)
- Resistência à compressão simples (MB-892)
- Durabilidade (ASTM-88)
- Material pulverulento (NBR-7219)
- Torrões de argila (NBR-7218)
- Reatividade álcalis carbonato (método acelerado NBR)
- Análise química
- Análise petrográfica
- Análise granulométrica (NBR-7217)
- Estudo de desempenho do agregado em concreto e argamassa.



*aditivos*



*aditivos*

---



- Impermeabilizante (hidrofugante)
- Expansor
- Acelerador de pega
- Retardador de pega
- Incorporador de ar
- Retentor de água
- Redutores de água**
- Plastificantes**
- Superplastificantes**

*concreto de cimento Portland*

---



*propriedades*

### *generalidades*

---

Estado fresco: trabalhabilidade

Comportamento estrutural

- Peso próprio
- Solicitações mecânicas externas
  - Cargas permanentes, uso e acidentais
- Agentes ambientais
  - Umidade, insolação, neve, vento,...

**Propriedades mecânicas adequadas**

**Deformações aceitáveis**

**Durabilidade**

### *propriedades*

---

#### Estado Fresco

- Trabalhabilidade
- Tempo de trabalhabilidade
- Tempo de pega
- Coesão
- Segregação

#### Estado Endurecido

- Massa específica
- Resistência à mecânica
- Deformabilidade
- Estabilidade dimensional
- Durabilidade

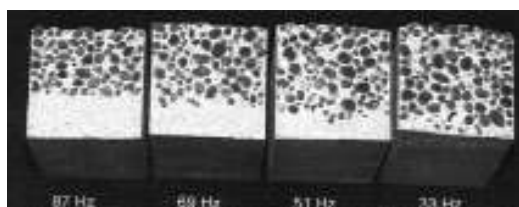
*propriedades – estado fresco*

**Comportamento inicial desejável**

- Homogeneidade
- Coesão
  - Exsudação
  - Segregação
- Trabalhabilidade
  - Tempo adequado



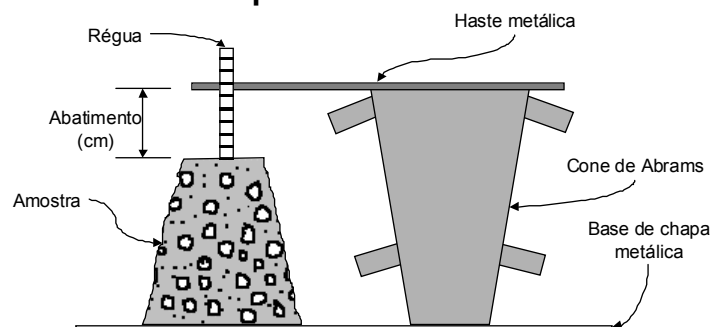
Influência:  
materiais  
relação a/c



*trabalhabilidade*

*Abatimento do  
Tronco de Cone  
(SLUMP TEST)*

**Slump test**



*trabalhabilidade*

*Abatimento do  
Tronco de Cone  
(SLUMP TEST)*



*trabalhabilidade*

*Abatimento do  
Tronco de Cone  
(SLUMP TEST)*

**Limite de abatimento no Slump-test**

(adaptado de RIPPER, 1995)

Tipo de obra/serviço	Consistência Trabalhabilidade	Concreto com controle razoável agregados medidos em volume vibração manual ou mecânica	
		mínimo (cm)	máximo (cm)
Fundações e muros não armados	firme	2,0	6,0
Fundações e muros armados	firme a plástico	3,0	7,0
Estruturas usuais e Lastros	plástico	5,0	7,0
Peças com alta densidade de armaduras	plástico a mole	7,0	9,0
Concreto aparente	plástico a mole	6,0	8,0
Concreto bombeado até 40 m	mole	8,0	10,0
Concreto bombeado + 40 m	muito mole	9,0	13,0

*trabalhabilidade**Abatimento do  
Tronco de Cone  
(SLUMP TEST)**propriedades – estado endurecido***Características Físicas**

- Massa específica, vazios (permeabilidade), características térmicas e acústicas

**Resistência Mecânica \***

- Compressão, tração, flexão, desgaste, deformabilidade

**Durabilidade**

- Permeabilidade, agentes agressivos, armadura.

**Estabilidade dimensional**

- Retração e fluência

### *massa específica*

*leve, normal ou pesado*

Concreto tradicional → 2400 kg/m<sup>3</sup>

Leve < 2000 kg/m<sup>3</sup>

Pesado > 3000 kg/m<sup>3</sup>

### *resistência à compressão*



“Propriedade característica”

- Projetos europeus (mais itens)

Parâmetro para outras propriedades



Valor usual - 20 MPa

E-tower (SP) - 120 MPa (Pilares)

Pós-reativos - 200 MPa

- Corpos-de-prova cilíndricos  
10x20 e 15x30 cm

## resistência à compressão

NBR6118 – Projetos de estruturas de concreto (2004)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração de estrutura
I	Fraca	Ruiz	Insuficiente
		Submersa	
II	Moderada	Urbano <sup>1,2</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>3</sup>	Grande
		Industrial <sup>1,2</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1,2</sup>	Elevado
		Risco de maré	

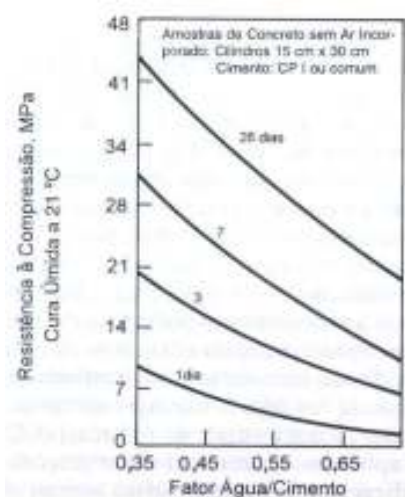
Concreto	Classe de agressividade				
	Tipo	I	II	III	IV
Relação a/c (em massa)	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

## resistência à compressão

### Fatores principais

- Qualidade e quantidade de materiais
- Granulometria e tamanho dos agregados
- Compactação e Ar incorporado
- Condição de cura\*
- Idade
- **Relação A/C**

### resistência à compressão



### aula prática (2006)

Concreto de cimento Portland (Brita 1)  
Traço 1: 1,7 : 1,3 : 1,3  
Consumo de cimento  $\pm$  350 kg/m<sup>3</sup>

**A/C = 0,42**

$f_{c28}$  CP1 = 37,7 MPa  
CP2 = 40,6 MPa  
CP3 = 40,7 MPa } **39,7 MPa**

Slump Test = 7cm

**A/C = 0,55**

$f_{c28}$  CP1 = 25,5 MPa  
CP2 = 28,5 MPa  
CP3 = 27,1 MPa } **27,0 MPa**

Slump Test \*

Aumento de **24%** da relação água/cimento  
Redução de **32%** da resistência à compressão

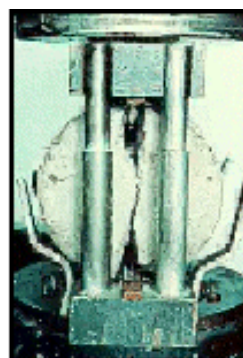
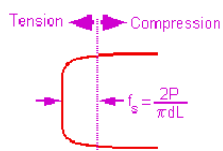
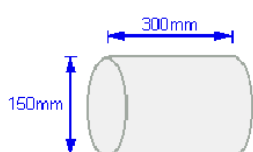


### resistência à tração compressão diametral



Resistência à tração por compressão diametral

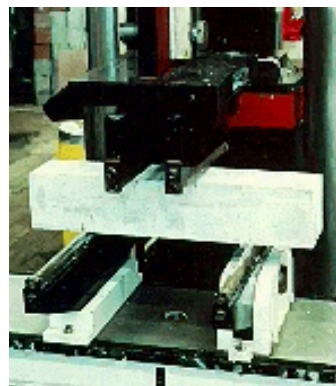
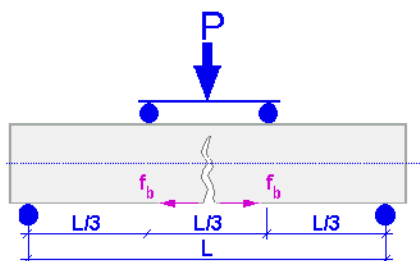
- 7 - 10% da resistência à compressão



### resistência à tração - flexão

Resistência à tração na flexão

- 10 - 15% da resistência à compressão



## módulo de deformação ( $E_c$ )

### Deformações das estruturas

$$E_{cl} = 5\,600 f_{ck}^{1/2}$$

$$20 \text{ MPa} \rightarrow 25 \text{ GPa}$$



## durabilidade

### NBR6118 – Projetos de estruturas de concreto (2004)

#### 6.3 Mecanismos de envelhecimento e deterioração

##### 6.3.1 Generalidades

Dentro desse enfoque devem ser considerados, ao menos, os mecanismos de envelhecimento e deterioração da estrutura de concreto, relacionados em 6.3.2 a 6.3.4.

##### 6.3.2 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

- a) lixiviação: por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- b) expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado;
- c) expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- d) reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

##### 6.3.3 Mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura

- a) despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera;
- b) despassivação por elevado teor de íon cloreto (cloreto).

##### 6.3.4 Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita

São todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação.

*durabilidade*

---

**parâmetros fundamentais:**

*qualidade dos materiais*

*controle da relação a/c*

*consumo de cimento (> 300 kg/m<sup>3</sup>)*

*cobrimento da armadura (NBR 6118)*

*dimensionamento do concreto em função da exposição*

*manutenção*

*\*uso de aditivos e adições*

*durabilidade*

---

**Durabilidade:** manter desempenho mínimo durante a vida útil

Fatores

Permeabilidade

Agentes agressivos

Condições de exposição

**Concreto armado**

Concreto + Armadura (corrosão)

*durabilidade*

---

**Cobrimento da armadura (NBR6118)**

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>2)</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>2)</sup>	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido <sup>1)</sup>	Todos	30	35	45	55

*durabilidade*

---

**Análises experimentais:**

*Absorção de água por imersão*

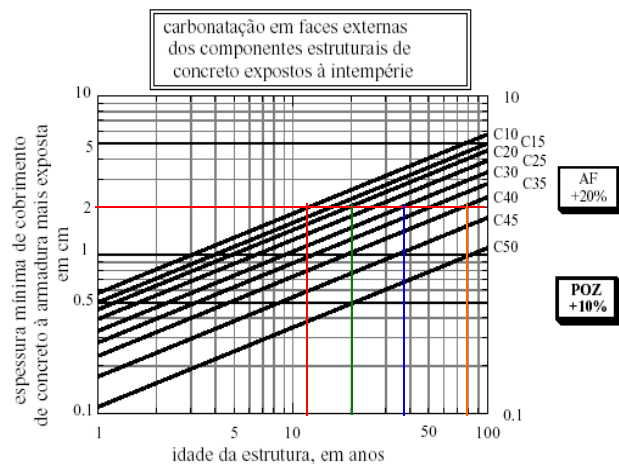
*Absorção de água por capilaridade*

*Coefficiente de permeabilidade (água, oxigênio, Cl<sup>-</sup>)*

*Carbonatação*

*durabilidade*

*Carbonatação*



*estabilidade dimensional*

*retração e fluência*