



Materiais constituintes do Concreto

< Ricardo Ferreira >



Aditivos para concreto

◀ Ricardo Ferreira ▶

Fonte: Rubens Curti, ABCP
www.basf-cc.com.br
www.sika.com.br
Cement Concrete & Aggregates Australia

Tipos de aditivos para concreto

■ Redutores de água

- plastificantes
- superplastificantes
- hiperplastificantes

■ Incorporadores de ar

■ Modificadores de pega

- aceleradores
- retardadores

■ Ação combinada/**Polifuncional**

- plastificante retardador
- plastificante acelerador

■ **Acelerador de resistência**

■ **Aditivos Não-normalizados**

- Inibidores de corrosão
- Redutores de retração
- Expansores
- Impermeabilizantes
- Redutores de ar incorporado
- **Modificadores de viscosidade**
- Redutores de expansão álcali-agregado
- Promotores de adesão
- Fungicidas, inseticidas e bactericidas
- Agentes de cura



Aditivos

Tipos	Efeitos	Vantagens	Desvantagens
Plastificante	<ul style="list-style-type: none">▪ > índice de consistência▪ ↓ da água (≥ 5%)	<ul style="list-style-type: none">▪ > trabalhabilidade (= resistência)▪ < consumo de cimento(= resistência e = trabalhabilidade) → < calor	<ul style="list-style-type: none">▪ retarda o início de pega para dosagens elevadas do aditivo▪ risco de segregação
Superplastificante	<ul style="list-style-type: none">▪ >> índice de consistência▪ ↓ da água (≥ 12%)	<ul style="list-style-type: none">▪ > resistência (= trabalhabilidade)▪ < consumo de cimento → < calor▪ Melhor lançamento, adensamento e acabamento▪ < retração▪ > durabilidade	<ul style="list-style-type: none">▪ risco de segregação▪ efeito do fluidificante se dá em tempo menor que o plastificante▪ pode elevar a perda de consistência.
Incorporador de ar	<ul style="list-style-type: none">▪ Incorpora pequenas bolhas de ar	<ul style="list-style-type: none">▪ > durabilidade ao congelamento (= consumo de cimento)▪ < teor de água▪ < permeabilidade	<ul style="list-style-type: none">▪ controle cuidadoso do teor de ar incorporado (%) e do tempo de mistura
Acelerador de pega	<ul style="list-style-type: none">▪ pega mais rápida▪ > resistência inicial	<ul style="list-style-type: none">▪ > resistência em baixas temperaturas▪ < tempo de desenforma	<ul style="list-style-type: none">▪ risco de fissuração térmica▪ risco de corrosão de armaduras
Retardador de pega	<ul style="list-style-type: none">▪ > tempo de início de pega	<ul style="list-style-type: none">▪ = trabalhabilidade (↑ temperatura)▪ retarda a elevação do calor de hidratação▪ > tempo de aplicação	<ul style="list-style-type: none">▪ risco de exsudação▪ > retração plástica
Plastificante e retardador (plastificante + retardador)	<ul style="list-style-type: none">▪ Efeito combinado	<ul style="list-style-type: none">▪ < perda de consistência em climas quentes e úmidos.	<ul style="list-style-type: none">▪ > exsudação▪ > retração plástica▪ risco de segregação
Plastificante e acelerador (plastificante + acelerador)	<ul style="list-style-type: none">▪ Efeito combinado	<ul style="list-style-type: none">▪ < quantidade de água▪ ganho mais rápido de resistência	<ul style="list-style-type: none">▪ risco de corrosão de armaduras



Aditivos redutores de água

◀ Ricardo Ferreira ▶

Histórico

Inglaterra
primeira patente

1904

Lignossulfonato (LS)
(Rixom; Mailvaganam,
1999)

EUA

1938

Policondensado de
naftaleno
(Aïtcin, 1998)

Japão e EUA
pesquisas

fim dos anos 60

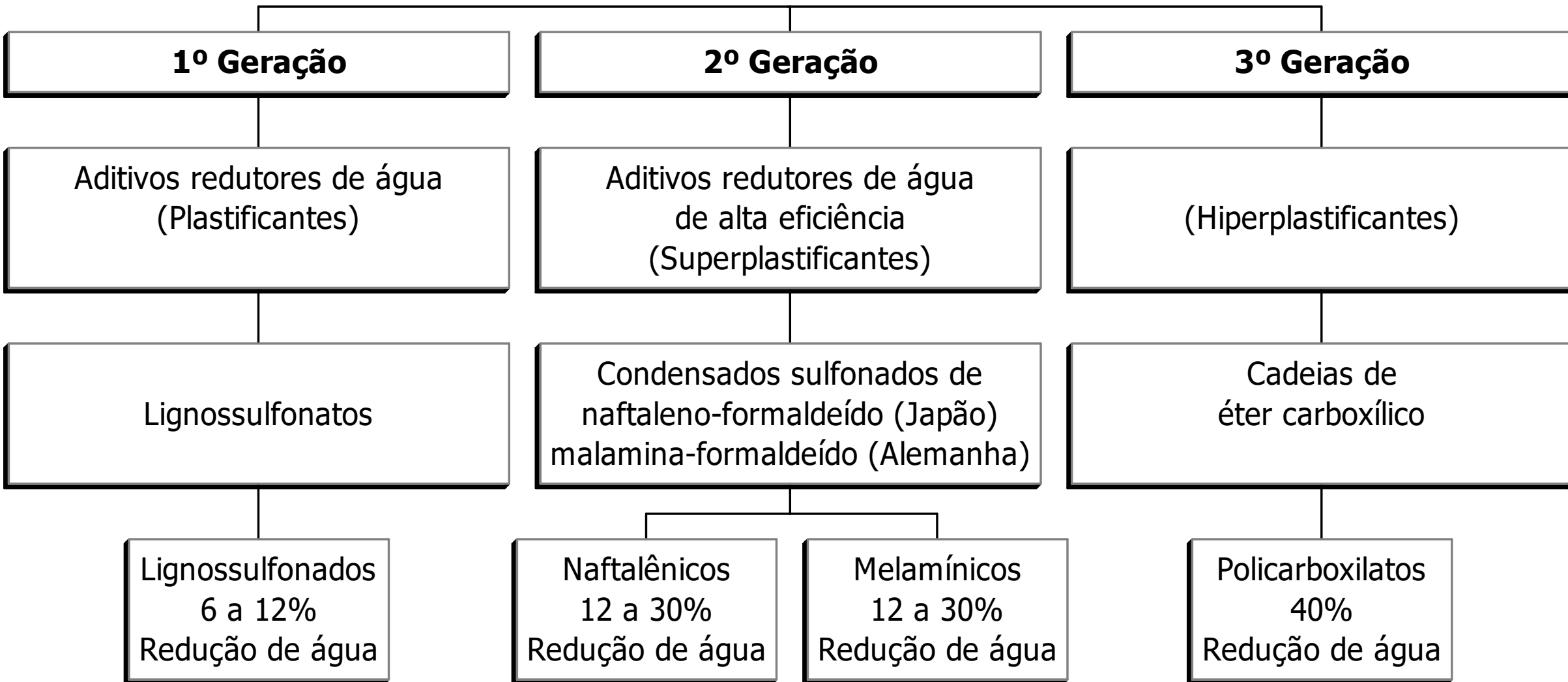
Melamina (MS) e
Naftaleno (NS)
(Rixom; Mailvaganam,
1999)

Japão e EUA

1990

Policarboxilatos (PC)
(Leidhodt, et al., 2000)

Evolução



Objetivos e Mecanismos de ação

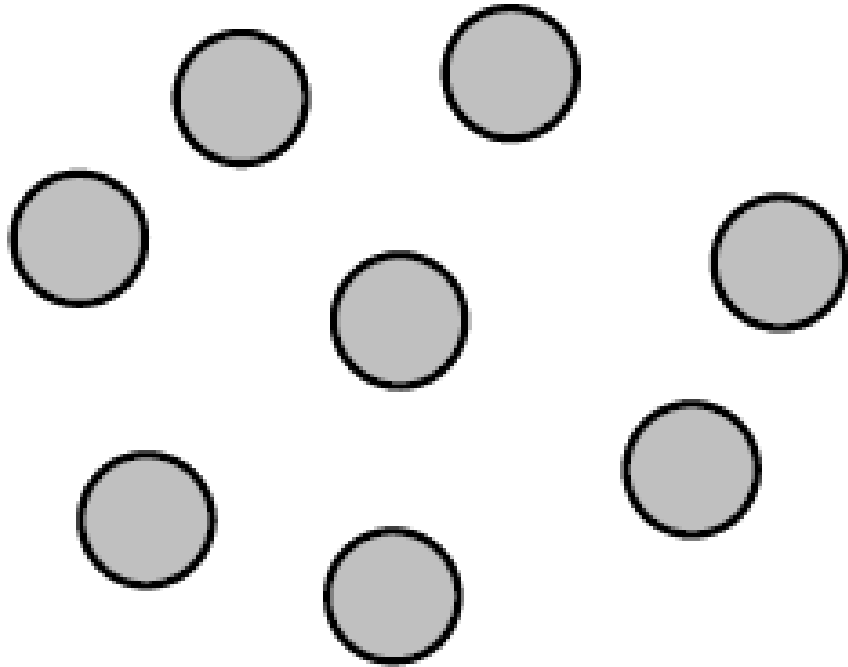
- Objetivo → diminuir água
 - ↑ resistência à compressão
 - ↓ permeabilidade
 - ↓ retração hidráulica
 - ↓ exsudação
 - ↓ consumo de cimento para = fc
 - nem todos os benefícios podem ser obtidos ao mesmo tempo
- Mecanismo de Ação
 - dispersante → eletrostática
 - lubrificante → ↓ tensão superficial (tensoativos)
 - coesivo → ar



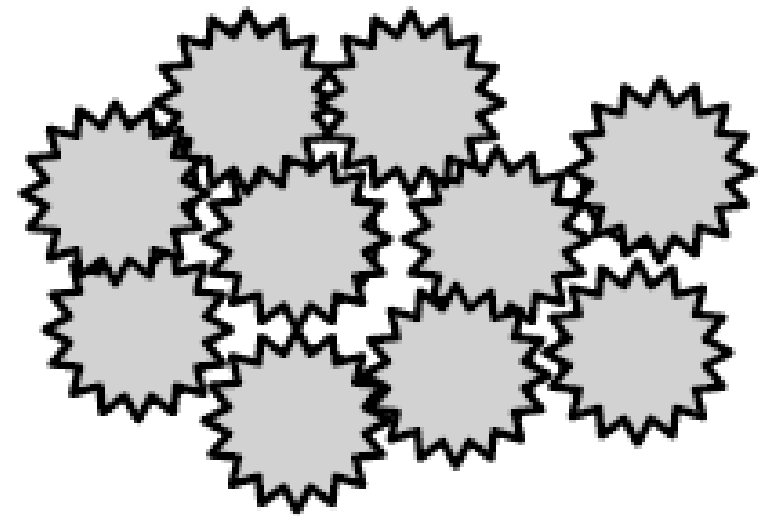
Mecanismos de ação

Sistema sem redutor de água

CEMENT GRAINS



Further growth of hydration products will cause stiffness and **LOSS OF WORKABILITY**

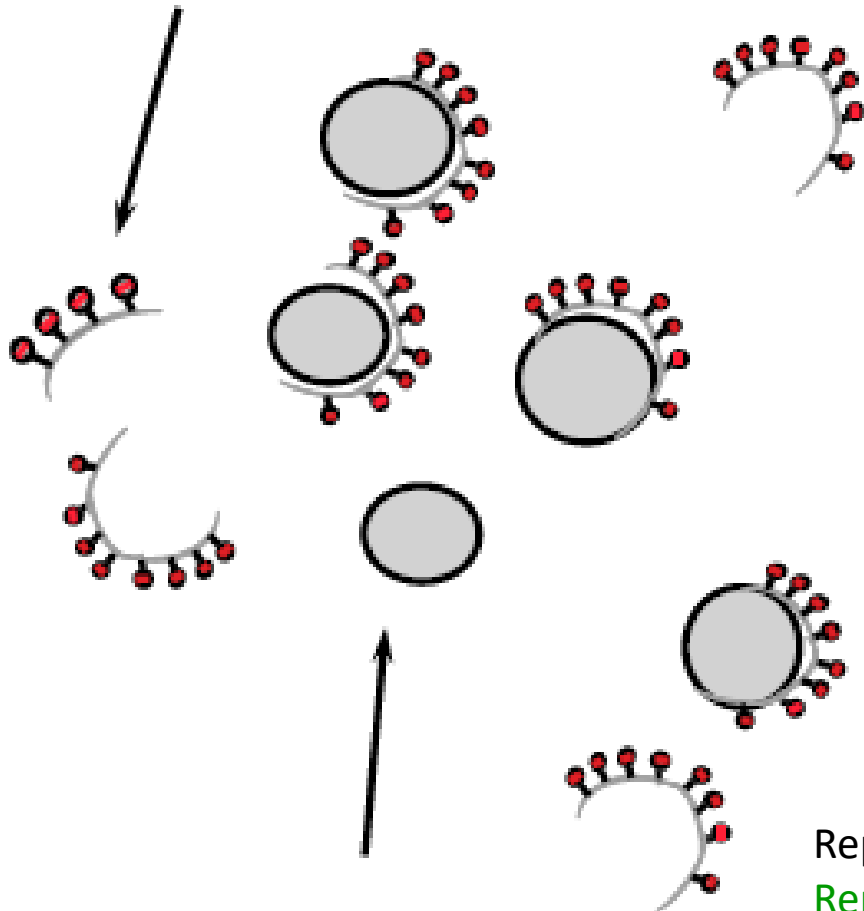


Attractive forces between cement grains will give **flocculation** with **LOSS OF FLUIDITY**

Mecanismos de ação

Repulsão eletrostática

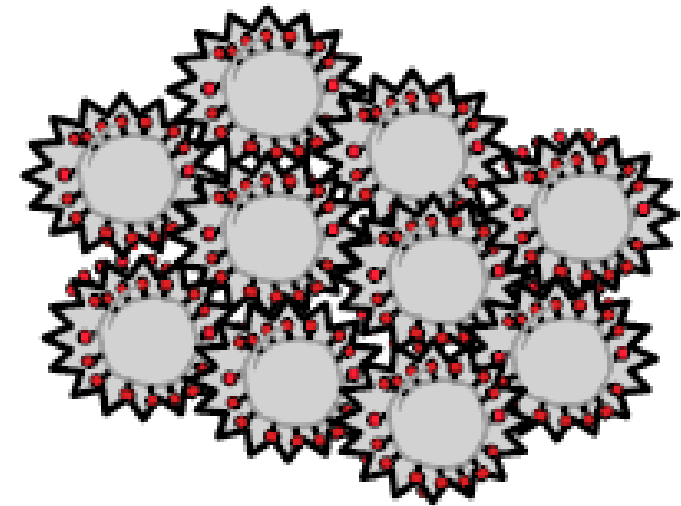
Dispersant molecules



Cement particles

Dispersion

caused by electrostatic repulsion
decrease of the W/C ratio



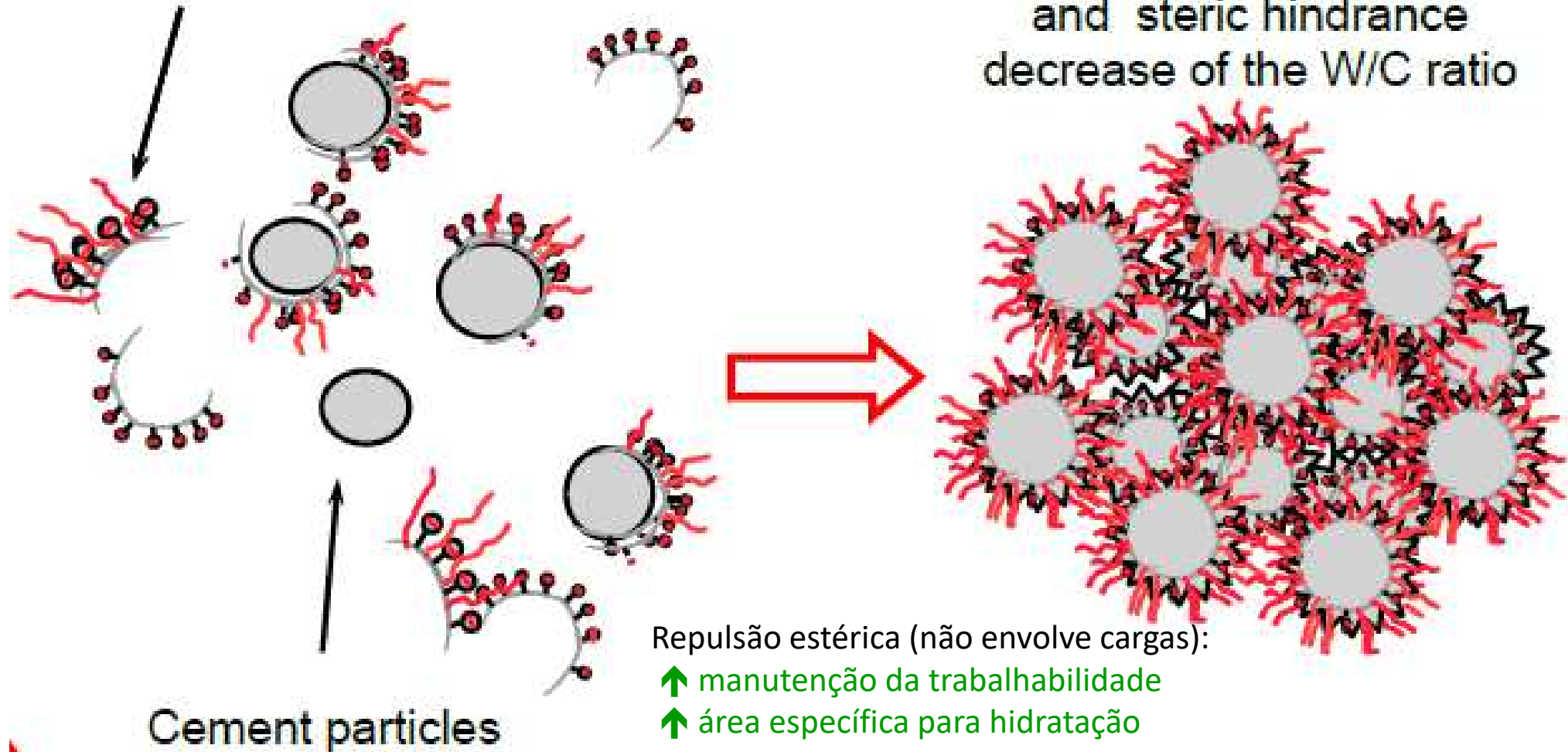
Repulsão eletrostática (cargas = sinal):
Repulsão → Dispersão (libera a água
aprisionada entre grãos)

Mecanismos de ação

Repulsão eletrostática + estérica

Polycarboxylate dispersant molecules

Dispersion
caused by electrostatic repulsion
and steric hindrance
decrease of the W/C ratio

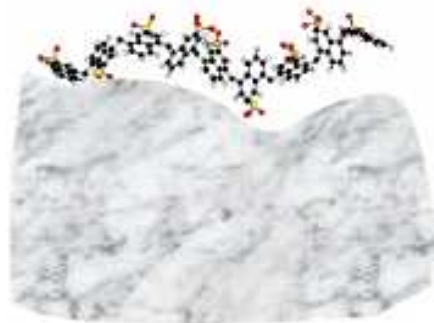
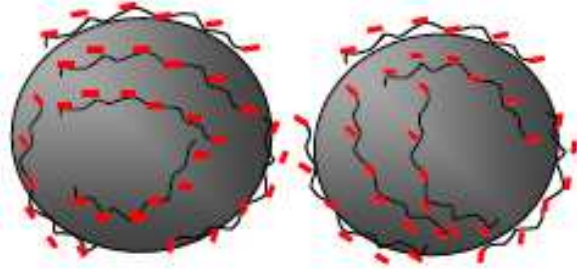


Mecanismos de ação

Conventional Water Reducer

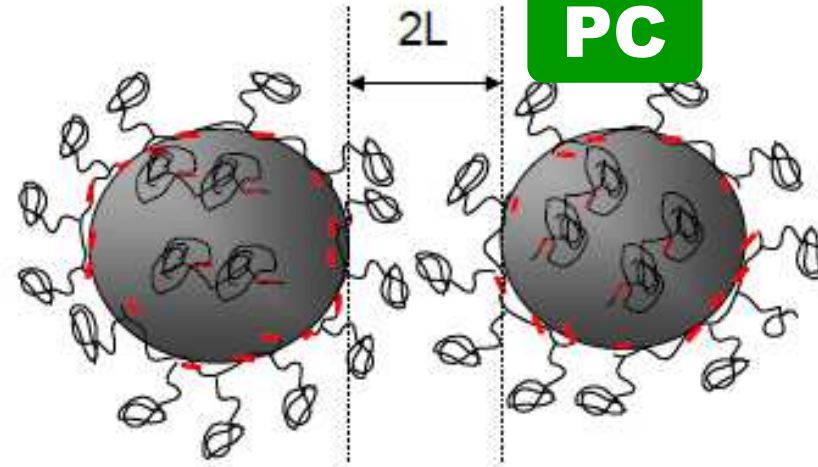
NS

MS



Polycarboxylate Water Reducer

PC



Plastificantes (1ª geração)

- Natureza Química

- **lingnosulfonato** → subproduto da celulose
- ácidos hidroxí-carboxílicos (glucônico, salicílico etc.)

- Cuidados

- a **super dosagem pode ocasionar o retardamento do endurecimento** do concreto (↓ resistência inicial)

- ABNT NBR 11768:2011: redução $\geq 5\%$ (usual de 5% a 10%)

Superplastificantes (2ª geração)

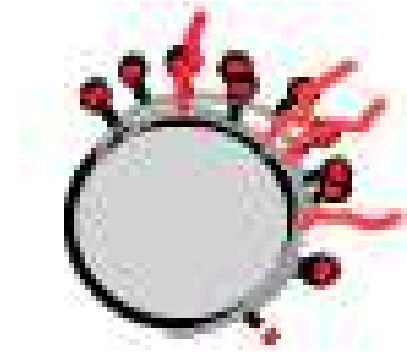
- Natureza Química
 - naftalenossulfonatos
 - trimetil-melamina sulfonada
- Principal Vantagem
 - concretos bombeáveis
 - resistência de 1 dia pode ser aumentada de 180% a 220%
- Dosagem usual: 0,5% a 1,5%
- Atenção!
 - pequena vida útil
 - risco de exsudação
 - custo x benefício
- ABNT NBR 11768:2011: redução $\geq 12\%$ (usual de 15% a 20%)



Hiperplastificantes (3ª geração)

- Natureza Química

- **policarboxilato** éter
- possuem grupos carboxílicos COOH
- cadeia lateral longa



- Principal vantagem

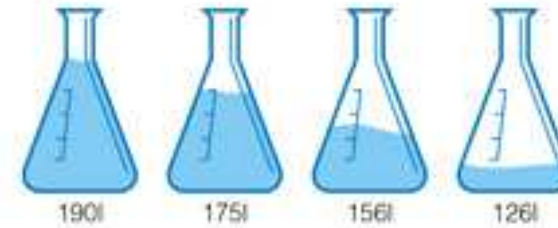
- concretos auto-adensáveis de demorada aplicação
- alta resistência inicial

- ABNT NBR 11768:2011: redução $\geq 20\%$ (usual de 20% a 30%)

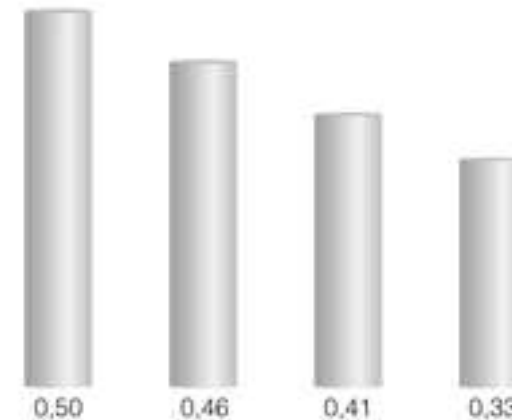
Efeitos



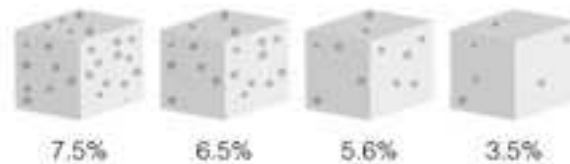
REDUÇÃO DE ÁGUA EM ATÉ 45%



REDUÇÃO DO FATOR ÁGUA/CIMENTO



REDUÇÃO DE POROSIDADE



Efeitos



Sem aditivo



Com aditivo



Aditivos incorporadores de ar

◀ Ricardo Ferreira ▶

Aditivos incorporadores de ar

■ Objetivos:

- Aumentar a plasticidade por diminuir o atrito entre os sólidos.
- Aumentar a durabilidade por reduzir a demanda de água para dada trabalhabilidade e por reduzir a permeabilidade (poros não conectados).
- Reduzir a segregação e exsudação.
- Aumentar a resistência do concreto ao fenômeno gelo-degelo.
 - As bolhas deixam espaço para a formação dos cristais de gelo.
 - Aumento do volume da água em cerca de 9%.

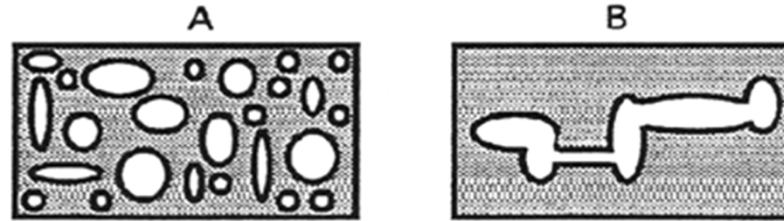


Optical microscope image of an air entrained concrete

Aditivos incorporadores de ar

■ Natureza química

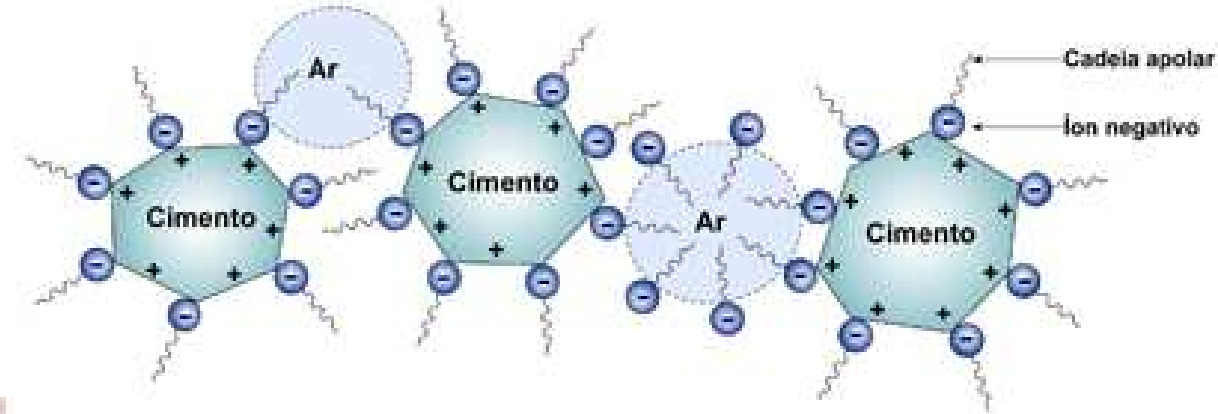
- resina vinsol
- lignossulfonato
- **sabões** sódicos ou alcalinos



■ Ações secundárias

- ↑ resistência a gelo-degelo
- ↑ trabalhabilidade
- ↑ coesão
- ↓ exsudação
- ↓ segregação
- ↓ retração plástica → fissuração
- perda de resistência (para cada 1% de ar incorporado → $\approx 4\%$ de fc)

Mecanismo de ação



Optical microscope image of an air entrained concrete





Aditivos modificadores de pega

◀ Ricardo Ferreira ▶

Aceleradores de pega

- Objetivo
 - Antecipar o endurecimento e a resistência inicial do concreto.
- Natureza química
 - silicatos
 - carbonatos de sódio
 - cloreto de cálcio
- Ações secundárias
 - ↓ resistência final
 - corrosão de armaduras, se possuir cloreto na composição

Retardadores de pega

- Objetivo
 - maior tempo de manuseio do concreto
- Natureza química
 - lignossulfonatos (cálcio + sódio + amônia) → plastificante
 - **carboidratos**
 - fosfatos
- Forma de ação
 - C_3S e C_3A → inibe a dissolução da superfície
- Atenção!
 - dosagem → temperatura
 - compatibilidade



Aditivos modificadores de viscosidade e anti-washout

◀ Ricardo Ferreira ▶

Modificadores de viscosidade e anti-washout

■ Objetivo

- Aumentar a viscosidade da água na mistura
- Isto resulta num aumento da tixotropia e melhora da resistência à segregação

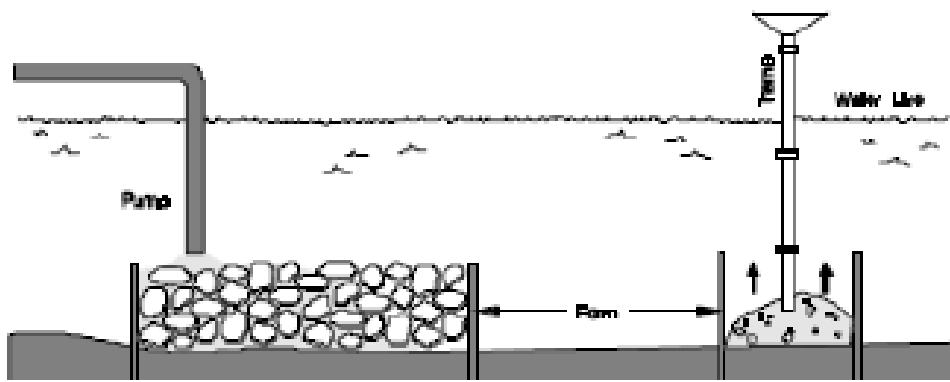
■ Natureza química

- Éter celulose solúvel em água ou polímeros de base acrílico

■ aplicações:

- concretagem submersa
- concreto auto adensável
- aumentar a coesão em caso de misturas de agregadas com falta de um ou mais $D_{\text{máx}}$

Modificadores de viscosidade e anti-washout



Viscosity Modifying Agents (VMA)





Requisitos normativos

◀ Ricardo Ferreira ▶

NBR 11768:2011

Requisitos gerais

Propriedade	Método de ensaio	Requisito
Homogeneidade ^a	Exame visual	Homogêneo no momento de sua utilização. A presença de materiais insolúveis não pode ultrapassar os limites fixados pelo fabricante em sua especificação
Cor ^a	Exame visual	Uniforme e similar à descrição informada pelo fabricante
Massa específica ^a (d) (somente para líquidos)	ABNT NBR 10908	Se $d > 1,10$, a tolerância é $\pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ Se $d \leq 1,10$, a tolerância é $\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ Onde d corresponde ao valor de massa específica fixado pelo fabricante
Teor de resíduos sólidos ^a (r)	ABNT NBR 10908	Se $r \geq 20 \%$, a tolerância é de $\pm 5 \%$ de r Se $r < 20 \%$, a tolerância é de $\pm 10 \%$ de r Onde r corresponde ao valor de resíduos sólidos fixado pelo fabricante, em porcentagem de massa
pH ^a	ABNT NBR 10908	Valor fixado pelo fabricante com tolerância de ± 1
Cloretos solúveis em água (Cl ⁻) ^a	ABNT NBR 10908	$\leq 0,15 \%$, em massa ^b , ou não maior que o valor fixado pelo fabricante no caso de aditivos para uso em concreto simples (não armado)
<p>^a O valor declarado pelo fabricante deve ser informado por escrito.</p> <p>^b Teor de cloretos menor ou igual a 0,15 %, em massa, corresponde a aditivo isento de íons cloretos.</p>		

NBR 11768:2011

Requisitos específicos: PR, PA e PN

Requisitos para aditivo redutor de água/ plastificante (PR, PA, PN) Ensaio mantendo a consistência do concreto

Propriedade		Método de ensaio	Requisito
Redução de água medida pelo abatimento do tronco de cone		ABNT NBR NM 67	Concreto em ensaio com redução de água $\geq 5\%$ em relação ao concreto de referência ^b
Teor de ar no concreto fresco		ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar $\leq 2\%$ em volume em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
Tempo de pega ^a	Aditivo retardador (PR)	ABNT NBR NM 9	Quando retardador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \geq 90$ min — fim de pega: $\Delta t \leq 360$ min Requisito aplicável a aditivo redutor de água/retardador de pega e a aditivo plastificante/retardador de pega (PR)
	Aditivo acelerador (PA)		Quando acelerador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \leq 30$ min Requisito aplicável a aditivo redutor de água/acelerador de pega e a aditivo plastificante/acelerador de pega (PA)
	Aditivo neutro (PN)		Quando não tem a função de modificar a pega, com relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $30 \text{ min} \leq \Delta t \leq 90$ min Requisito aplicável a aditivo redutor de água e a aditivo plastificante (PN)
Resistência à compressão		ABNT NBR 5739	Resistência do concreto em ensaio $\geq 110\%$ da resistência ^b do concreto de referência, nas idades de 7 d e 28 d
^a O intervalo de tempo requerido em função do aditivo utilizado (Δt) é obtido pela seguinte equação: $\Delta t = t_e - t_r$ onde t_e é o tempo de início de pega requerido da argamassa em ensaio; t_r é o tempo de início de pega da argamassa de referência. ^b O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.			

NBR 11768:2011

Req. Esp.: SP-I R, SP-I A e SP-I N

Requisitos para aditivo de **alta redução de água** e **superplastificante tipo I**
(SP-I R, SP-I A e SP-I N)
Ensaio **mantendo a consistência do concreto**

Propriedade	Método de ensaio	Requisito
Redução de água medida pelo abatimento do tronco de cone	ABNT NBR NM 67	Concreto em ensaio com redução de água $\geq 12\%$ em relação ao concreto de referência ^b
Teor de ar no concreto fresco	ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar $\leq 2\%$ em volume em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
Tempo de pega ^a	Aditivo retardador (SP-I R)	Quando retardador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \geq 90$ min — fim de pega: $\Delta t \leq 360$ min Requisito aplicável a aditivo de alta redução de água/retardador de pega e a aditivo superplastificante tipo I/retardador de pega (SP-I R)
	Aditivo acelerador (SP-I A)	Quando acelerador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \leq 30$ min Requisito aplicável a aditivo de alta redução de água/acelerador de pega e a aditivo superplastificante tipo I/acelerador de pega (SP-I A)
	Aditivo neutro (SP-I N)	Quando não tem a função de modificar a pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $30 \text{ min} \leq \Delta t \leq 90 \text{ min}$ Requisito aplicável a aditivo de alta redução de água e a aditivo superplastificante tipo I (SP-I N)
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739	Aos 28 dias: resistência do concreto em ensaio $\geq 115\%$ da resistência do concreto de referência ^b
		Adicionalmente, quando o aditivo não retarda a pega, na idade de 1 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 140\%$ da resistência do concreto de referência ^b
		Adicionalmente, quando retardador de pega, aos 7 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 115\%$ da resistência do concreto de referência ^b

NBR 11768:2011

Req. Esp.: SP-I R, SP-I A e SP-I N

Requisitos para aditivos de **alta redução** de água e **superplastificante** tipo I (SP-I R, SP-I A e SP-I N)
Ensaio mantendo a relação água/cimento

Propriedade		Método de ensaio	Requisito
Consistência		ABNT NBR NM 67	Abatimento ≥ 160 mm (abatimento inicial de $40 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$, sem aditivo)
Teor de ar no concreto fresco		ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar ≤ 2 % em volume, em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
Resistência à compressão		ABNT NBR 5739	Aos 28 d: resistência do concreto em ensaio ≥ 100 % da resistência do concreto de referência
Perda de consistência ^a	Aditivo retardador (SP-I R)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo tem função de retardar a pega, o abatimento após 60 min da incorporação do aditivo não pode ser inferior ao concreto de referência ^b
	Aditivo acelerador (SP-I A)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo tem função de acelerar a pega, o abatimento após 30 min da incorporação do aditivo não pode ser inferior ao concreto de referência ^b
	Aditivo neutro (SP-I N)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo não modifica a pega, o abatimento após 30 min da incorporação do aditivo não pode ser inferior ao concreto de referência ^b
^a Em qualquer caso, a consistência do concreto em ensaio não pode ser inferior ao valor inicial da consistência do concreto de referência. ^b O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.			
NOTA A dosagem de superplastificante usada para cumprir com os requisitos da Tabela 3 não é necessariamente a mesma usada para cumprir com os requisitos desta Tabela..			

NBR 11768:2011

Req. Esp.: SP-II R, SP-II A e SP-II N

Requisitos para aditivos de **alta redução de água e superplastificante** tipo II (SP-II R, SP-II A e SP-II N)
Ensaio mantendo a consistência do concreto

Propriedade		Método de ensaio	Requisito
Redução de água medida pelo abatimento do tronco de cone		ABNT NBR NM 67	Concreto em ensaio $\geq 20\%$ de redução de água sobre concreto de referência ^b
Teor de ar no concreto fresco		ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar $\leq 2\%$ em volume em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
Tempo de pega ^a	Retardador (SP-II R)	ABNT NBR NM 9	Quando retardador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \geq 90$ min — fim de pega: $\Delta t \leq 360$ min
	Acelerador (SP-II A)		Quando acelerador de pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $\Delta t \leq 30$ min
	Neutro (SP-II N)		Quando não tem a função de modificar a pega, em relação à argamassa de referência ^b : — início de pega: $30 \text{ min} \leq \Delta t \leq 90 \text{ min}$
Resistência à compressão		ABNT NBR 5739	Aos 28 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 125\%$ da resistência do concreto de referência ^b
			Adicionalmente, quando o aditivo não retarda a pega, na idade de 1 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 150\%$ da resistência do concreto de referência ^b
			Adicionalmente, quando retardador de pega, aos 7 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 125\%$ da resistência do concreto de referência ^b
^a O intervalo de tempo requerido em função do aditivo utilizado (Δt) é obtido pela seguinte equação: $\Delta t = t_e - t_r$ onde t_e é o tempo de início de pega requerido da argamassa em ensaio; t_r é o tempo de início de pega da argamassa de referência. ^b O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.			

NBR 11768:2011

Req. Esp.: SP-II R, SP-II A e SP-II N

Requisitos para aditivos de **alta redução** de água e **superplastificante** tipoll
(SP-II R, SP-II A e SP-II N)
Ensaio **mantendo a relação água/cimento**

Propriedade	Método de ensaio		Requisito
Consistência	ABNT NBR NM 67		Abatimento ≥ 220 mm (abatimento inicial de 40 mm \pm 10 mm sem aditivo)
Teor de ar no concreto fresco	ABNT NBR NM 47		Concreto em ensaio com teor de ar ≤ 2 %, em volume em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739		Aos 28 d: resistência do concreto em ensaio ≥ 100 % da resistência do concreto de referência ^b
Perda de consistência ^a	Retardador (SP-II R)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo tem função de retardar a pega, o abatimento após 90 min da incorporação do aditivo não pode ser menor que o abatimento do concreto de referência ^b
	Acelerador (SP-II A)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo tem função de acelerar a pega, o abatimento após 30 min da incorporação do aditivo não pode ser inferior ao concreto de referência ^b
	Neutro (SP-II N)	ABNT NBR NM 67	Quando o aditivo não modifica a pega, o abatimento após 60 min da incorporação do aditivo não pode ser inferior ao concreto de referência ^b

NBR 11768:2011

Requisitos específicos: IA

Propriedade	Método de ensaio	Requisito ^a
Teor de ar no concreto fresco (ar incorporado)	ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio $\geq 2,5$ % em volume acima do concreto de referência ^d Teor de ar total do concreto de ensaio: 4 % a 6 % ^b
Características dos poros de ar no concreto endurecido (facultativo)	EN 480-11 ^c	Fator de espaçamento na mistura em ensaio $\leq 0,200$ mm
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739	Aos 28 d: resistência do concreto em ensaio ≥ 75 % da resistência do concreto de referência
<p>^a Todos os requisitos se aplicam ao mesmo concreto em ensaio.</p> <p>^b A dosagem do aditivo deve ser ajustada para obter o teor de ar desejado.</p> <p>^c A determinação das características dos poros de ar no concreto endurecido se aplica somente quando for necessária a comprovação da durabilidade de concreto a ciclo de gelo/degelo. Nesses casos pode ser utilizado o método prescrito pela EN 480-11.</p> <p>^d O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.</p>		

Requisitos para aditivos incorporadores de ar (IA)

Ensaio mantendo a consistência

NBR 11768:2011

Requisitos específicos: AP

Propriedade	Método de ensaio	Requisito
Tempo de início de pega ^a	ABNT NBR NM 9	Argamassa em ensaio $\Delta t \leq 30$ min em relação à argamassa de referência ^b
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739	Aos 28 d: Concreto em ensaio ≥ 80 % concreto de referência ^b Aos 90 d: Concreto em ensaio maior ou igual à resistência do concreto em ensaio aos 28 d
Teor de ar no concreto fresco	ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar ≤ 2 %, em volume em relação ao concreto de referência ^b , salvo indicação contrária do fabricante
<p>^a O intervalo de tempo requerido em função do aditivo utilizado (Δt) é obtido pela seguinte equação:</p> $\Delta t = t_e - t_r$ <p>onde</p> <p>t_e é o tempo de início de pega requerido da argamassa em ensaio;</p> <p>t_r é o tempo de início de pega da argamassa de referência.</p> <p>^b O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.</p>		

Requisitos para aditivos aceleradores de pega (AP)

Ensaio mantendo a consistência

NBR 11768:2011

Requisitos específicos: RP

Propriedade	Método de ensaio	Requisito
Tempo de pega	ABNT NBR NM 9	Início de pega: $\Delta t \geq 90$ min Fim de pega: $\Delta t \leq 360$ min
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739	Aos 28 d: Concreto em ensaio ≥ 100 % concreto de referência ^b
Teor de ar no concreto fresco	ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio ≤ 2 %, em volume acima do correspondente valor relativo ao concreto de referência, salvo indicação contrária do fabricante

^a O intervalo de tempo requerido em função do aditivo utilizado (Δt) é obtido pela seguinte equação:

$$\Delta t = t_e - t_r$$

onde

t_e é o tempo de início de pega requerido da argamassa em ensaio;

t_r é o tempo de início de pega da argamassa de referência.

^b O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.

Requisitos para aditivos retardadores de pega (RP)

Ensaio mantendo a consistência

NBR 11768:2011

Requisitos específicos: AR

Propriedade	Método de ensaio	Requisito
Resistência à compressão	ABNT NBR 5739	Ensaio realizado na idade de 24 h: resistência do concreto em ensaio $\geq 120\%$ da resistência do concreto de referência ^a Ensaio realizado na idade de 28 d: resistência do concreto em ensaio $\geq 90\%$ da resistência do concreto de referência ^a
Teor de ar no concreto fresco	ABNT NBR NM 47	Concreto em ensaio com teor de ar $\leq 2\%$, em volume em relação ao concreto de referência ^a , salvo indicação contrária do fabricante
^a O concreto de referência no caso dos ensaios previstos nesta Tabela deve estar de acordo com a Tabela A.2.		

Requisitos para aditivos aceleradores de resistência (AR)

Ensaio mantendo a consistência

NBR 11768:2011

Requisitos para concreto de referência

Tabela A.2 – Requisitos para concreto de referência

Concreto de referência	Conteúdo de cimento kg/m ³	Consistência do concreto de referência (controle - sem aditivo) Abatimento ^a mm	Aditivo
I	350 ± 10	100 ± 20	Superplastificante (ensaios com redução de água mantendo a consistência) Tabelas 3 e 5
II	300 ± 10	100 ± 20	Redutor de água e plastificante (ensaios com redução de água mantendo a consistência) Incorporador de ar Modificador de pega Tabelas 2, 7, 8, 9 e 10
III	350 ± 10	40 ± 10	Superplastificante (ensaios mantendo a relação a/c e avaliando a consistência) Tabelas 4 e 6

^a O abatimento deve ser determinado de acordo com a ABNT NBR NM 67.