

## Desempenho mecânico de tubos de concreto produzidos com DRY D1

### 1. Objetivos

- Caracterizar a influência do DRY D1 na cinética de hidratação de pastas de cimento.
- Avaliar a influência do DRY D1 nas propriedades mecânicas de concretos de consistência seca.
- Caracterizar as propriedades físicas e mecânicas de tubos de concreto fabricados com DRY D1.

### 2. Metodologia experimental

#### 2.1. Materiais

Os materiais utilizados estão na tabela 1. A composição mineralógica do aditivo DRY D1, determinada por DRX [1], está na tabela 2.

#### 2.2. Composição de pastas e de concretos

Pastas de cimento foram compostas por cimento e água, com relação a/c igual a 0,45. O aditivo DRY D1 foi adicionado nas dosagens de 1, 2, 3, 4, 5 e 6% sobre a massa de cimento.

Tabela 1. Materiais utilizados na campanha experimental.

Material	Tipo
Cimento	CP V ARI RS
Agregado miúdo	Areia artificial (0 - 4,75 mm)
Agregado graúdo	Brita granítica (4,75 - 9,5 mm; 4,75 - 12,5 mm)
Água	Deionizada (pastas); rede de abastecimento (concretos)
Aditivo compensador de retração	Óxido de cálcio supercalcinado (DRY D1)

Tabela 2. Composição mineralógica do aditivo DRY D1.

Composto	% em massa
CaO	90,5
MgO	0,3
Ca(OH) <sub>2</sub>	5,2
CaCO <sub>3</sub>	1,5
CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,6

A dosagem de concretos está apresentada na tabela 3, desenvolvida para tubos de concreto tipo PA2 com reforço de armadura metálica ( $\alpha = 65,6\%$ ;  $H = 6,6\%$ ). O aditivo DRY D1 foi adicionado nas dosagens de 3,0 e 5,0% sobre a massa de cimento (9,3 e 15,5 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente).

### 2.3. Ensaio realizados

Os ensaios realizados estão na tabela 4. Corpos de prova de concreto (d: 100 mm; h: 200 mm) foram produzidos segundo a ABNT NBR 16312-2 [2]. Tubos de concreto (d: 1000 mm; l: 1500 mm) foram produzidos segundo a ABNT NBR 8890 [3].

### 3. Resultados e discussão

As curvas de fluxo de calor estão na Figura 1. O DRY D1 acelera a cinética de reações de hidratação do cimento. Quanto maior o teor de aditivo, menor é o tempo de indução, maior a intensidade do pico principal e maior a energia liberada pelos processos de hidratação. Isso ocorre devido à promoção da formação e da precipitação de C-S-H na matriz [7].

Tabela 3. Dosagem de concreto.

Material	Dosagem (kg/m <sup>3</sup> )	Traço unitário
Cimento	310,0	1,00
Agregado miúdo	1131,5	3,65
Brita (4,75 - 9,5 mm)	226,3	0,73
Brita (4,75 - 12,5 mm)	530,1	1,71
Água	145,7	0,47

Tabela 4. Ensaio realizados com pastas e concretos.

Ensaio	Amostra	Idade	Referência
Calorimetria isotérmica	Pasta fresca	0 - 24 h	[4]
Absorção de água por imersão	CP de concreto	28 dias	[5]
Resistência à compressão	CP de concreto	1, 3 e 28 dias	[6]
Resistência à tração por compressão diametral	Tubo de concreto	28 dias	[3]

Os resultados de absorção de água por imersão e de resistência à compressão estão na tabela 5. Concretos produzidos com o aditivo apresentaram maiores resistências à compressão que o concreto referência em todas as idades analisadas. Empregando 3% de aditivo, a resistência à compressão aumenta 9,2, 25,5 e 8,8% nas idades de 1, 3 e 28 dias, respectivamente. Concretos produzidos com 5% do aditivo apresentaram valores de resistência a compressão 17,7, 31,5 e 15,7% superiores ao concreto referência nas idades de 1, 3 e 28 dias, respectivamente.

Conforme observado nos resultados de calorimetria isotérmica, o aditivo compensador de retração contribui para acelerar a cinética de hidratação do cimento, o que é capaz de aumentar o preenchimento dos poros da matriz cimentícia. Assim, essa aceleração contribui para aumentar a velocidade de formação e precipitação de C-S-H na matriz. Com isso, o emprego do aditivo promove aumento na resistência à compressão do concreto.

As curvas carga-deslocamento do ensaio de compressão diametral de tubos estão na figura 2. Os resultados obtidos a partir destas curvas estão na tabela 6. Em síntese, tubos de concreto com DRY

D1 apresentaram maiores resistências no ensaio de compressão diametral, em relação aos tubos sem aditivo. Tal fato é observado principalmente nos resultados de carga mínima de trinca.

Portanto, conclui-se que o aditivo DRY D1 gerou aumento de resistência mecânica nos tubos de concreto. O aditivo acelera a cinética de hidratação do cimento, contribuindo para a formação e precipitação de C-S-H, preenchendo os poros da matriz cimentícia.

#### 4. Conclusões

- O aditivo DRY D1 acelera as reações de hidratação do cimento, contribuindo para a formação de C-S-H na matriz.
- Devido à promoção da geração de C-S-H, o aditivo DRY D1 contribui para reduzir a porosidade da matriz. Consequentemente, a resistência mecânica do concreto aumenta.
- O aditivo DRY D1 promove aumento na resistência mecânica de tubos de concreto, principalmente na carga mínima de trinca.

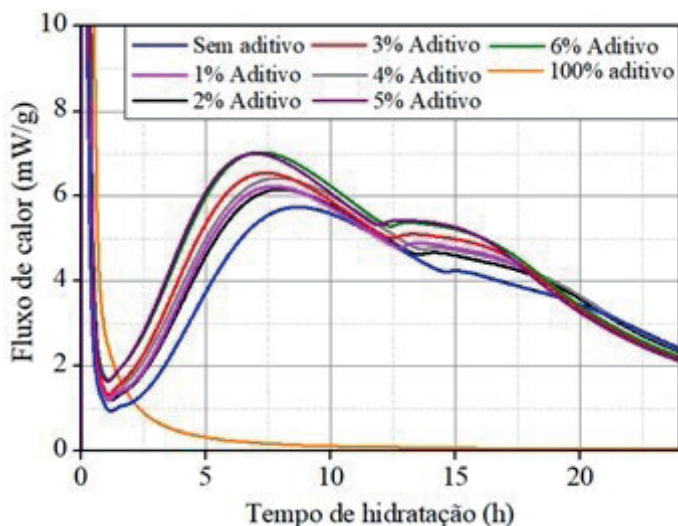


Fig. 1. Curvas de calor de hidratação de pastas de cimento.

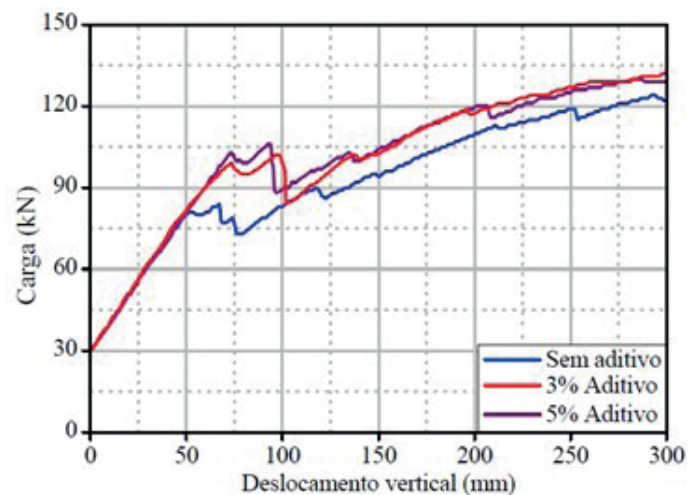


Fig. 2. Curvas de carga-deslocamento de tubos de concreto.

Tabela 5. Absorção de água e resistência à compressão.

Ensaio	Sem DRY D1	3% DRY D1	5% DRY D1
Absorção (%)	7,6 ± 0,2	7,2 ± 0,1	7,0 ± 0,1
$f_{cm,1}$ (MPa)	11,9 ± 0,6	13,0 ± 0,4	14,0 ± 0,5
$f_{cm,3}$ (MPa)	14,9 ± 0,2	18,7 ± 0,5	19,7 ± 0,6
$f_{cm,28}$ (MPa)	18,1 ± 0,8	19,6 ± 0,4	20,9 ± 0,3

Tabela 6. Resultados de compressão diametral de tubos.

Resultado	Sem DRY D1	3% DRY D1	5% DRY D1
Carga mínima de trinca (kN/m)	55,1 ± 4,0	69,6 ± 6,2	70,2 ± 3,9
Carga mínima de ruptura (kN/m)	85,8 ± 5,8	91,6 ± 11,9	89,1 ± 7,5

## Referências

[1] R. SNELLINGS, X-ray powder diffraction applied to cement, in: **A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials** . London: CRC Press, p. 107–176, 2015.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16312-2** : Concreto compactado com rolo - Parte 2: Preparação em laboratório. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8890** : Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

[4] SALVADOR, R. P. et al. Influence of accelerator type and dosage on the durability of wet-mixed sprayed concrete against external sulfate attack. **Construction and Building Materials** , v. 239, p. 117883, 2020.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778** : Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739** : Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

[7] RUBIO, C. F. **Desarrollo de materiales con retracción compensada a partir del óxido de calcio (CaO)** . Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Politécnica da Catalunha, Barcelona, 2017.