



UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU
Mestrado Profissional em Engenharia Civil

**Caracterização de concretos produzidos com o aditivo
DRY D1 segundo a norma ABNT NBR 11768**

Relatório apresentado à Química
Edile do Brasil referente ao projeto
de pesquisa 08/2021.

Mestrando Leandro Barioni do Nascimento
Professor Mestre Cláudio Oliveira Silva
Professor Doutor Renan Pícolo Salvador

06 de julho de 2022

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Objetivos	4
3. Programa experimental	5
3.1. Materiais	5
3.2. Caracterização de materiais	5
3.2.1. Aditivo compensador de retração DRY D1.....	5
3.2.2. Cimento	7
3.2.3. Agregados.....	9
3.3. Dosagem e preparação de concreto	10
3.4. Dosagem e preparação de argamassa.....	12
3.5. Ensaio realizados.....	12
3.5.1. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone	12
3.5.2. Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico ..	13
3.5.3. Determinação da exsudação	13
3.5.4. Absorção de água por imersão.....	13
3.5.5. Absorção de água por capilaridade.....	13
3.5.6. Resistência à compressão	13
3.5.7. Resistência à tração por flexão	14
3.5.8. Variação dimensional	14
4. Resultados e discussão	15
4.1. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.....	15
4.2. Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico	16
4.3. Determinação da exsudação.....	16
4.4. Absorção de água por imersão	16
4.5. Absorção de água por capilaridade.....	17
4.6. Resistência à compressão.....	18
4.7. Resistência à tração por flexão	18
4.8. Variação dimensional	19
5. Conclusões	20
Referências bibliográficas	21

1. Introdução

Este relatório apresenta os resultados da caracterização de concretos produzidos com o aditivo DRY D1 segundo a norma ABNT BNR 11768. Os estudos realizados são referentes ao projeto de pesquisa 08/2021.

2. Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é caracterizar as propriedades químicas, físicas e mecânicas de concretos produzidos com o aditivo DRY D1, segundo a norma ABNT NBR 11768. Para isso, foram definidos os 3 objetivos específicos, descritos a seguir:

- Dosar concretos que atendam os critérios e requisitos da norma ABNT NBR 11768.
- Caracterizar as propriedades dos concretos produzidos no estado fresco e no estado endurecido.
- Verificar se os resultados obtidos cumprem os critérios e requisitos estipulados pela norma ABNT NBR 11768.

3. Programa experimental

A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu (USJT), em parceria com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). As etapas do programa experimental estão descritas nos itens 3.1 ao 3.5.

3.1. Materiais

Os materiais selecionados para a campanha experimental estão descritos na Tabela 1. O cimento e o DRY D1 foram armazenados em sacos plásticos vedados e mantidos em local reservado, para evitar absorção de água e carbonatação. O aditivo DRY D1 foi fornecido pela empresa Chimica Edile do Brasil. Os aditivos dispersantes foram selecionados com base nas recomendações dos fabricantes para emprego na fabricação de concretos para pisos industriais.

Tabela 1 - Materiais selecionados para a campanha experimental.

Material	Tipo	Fornecedor
Aditivo compensador de retração	Óxido de cálcio supercalcinado (DRY D1)	Chimica Edile do Brasil
Cimento	CP V ARI RS	InterCement Ijací
Agregado miúdo	Areia natural	Construsac
Agregado graúdo	Brita granítica	Pau Pedra
ADVA Cast 525	Superplastificante baseado em éter de policarboxilato	GCP
Água	Rede pública de abastecimento	USJT

3.2. Caracterização de materiais

3.2.1. Aditivo compensador de retração DRY D1

A composição química do aditivo DRY D1, determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), está na Tabela 2. Sua composição mineralógica, determinada por difração de raios-X (DRX) com refinamento de Rietveld pelo método do padrão externo, está na Tabela 3. Além disso, a distribuição do tamanho de partículas do aditivo está na Figura 1 e suas propriedades físicas na Tabela 4.

Tabela 2 - Composição química do aditivo DRY D1 determinada por FRX.

Óxido	Quantidade (% em massa)
Perda ao fogo	4,50
CaO	90,5
SiO ₂	1,14
Al ₂ O ₃	0,18
Fe ₂ O ₃	0,19
SO ₃	0,07
MgO	0,89
K ₂ O	0,02
Na ₂ O	0,01
Componentes minoritários	2,50
Total	100,0

Tabela 3 - Composição mineralógica do DRY D1 determinada por DRX.

Fase	Quantidade (% em massa)
CaO	90,5
MgO	0,3
Ca(OH) ₂	5,2
CaCO ₃	1,5
CaMg(CO ₃) ₂	2,6
Soma total	100,0

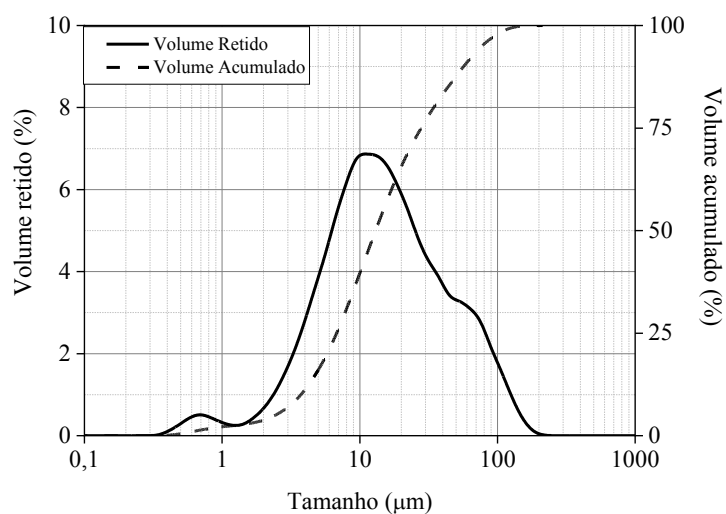


Figura 1 - Curvas de distribuição do tamanho de partícula do aditivo DRY D1.

Tabela 4 - Propriedades físicas do aditivo DRY D1.

Propriedade	Resultado
Massa específica	3,13 g/cm ³
d ₁₀	5,6 µm
d ₅₀	19,1 µm
d ₉₀	108,0 µm

A partir da análise dos resultados obtidos, conclui-se que o aditivo DRY D1 cumpre todas as especificações estabelecidas pela norma ABNT NBR 11768-1 [1], conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Propriedades do aditivo DRY D1.

Característica / propriedade	Especificação ABNT NBR 11768-1	Resultados DRY D1
Homogeneidade	Homogêneo no momento de sua utilização não apresentando separação ou sedimentação	Homogêneo, sem separação ou sedimentação
Cor	Uniforme e similar à descrição informada pelo fabricante	Branco, uniforme
Aspecto visual	Pó	Pó
Teor de álcalis totais	< 1% em massa	0,03% em massa
Teor de sulfatos	< 1% em massa	0,07% em massa
Óxido de cálcio	> 88% em massa	90,5% em massa
Perda ao fogo	< 5% em massa	4,5% em massa
Massa específica	≥ 3,1 g/cm ³	3,13 g/cm ³

3.2.2. Cimento

A composição química do cimento, determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), está na Tabela 6. Sua composição mineralógica, determinada por difração de raios-X (DRX) com refinamento de Rietveld pelo método do padrão externo, está na Tabela 7. Além disso, a distribuição do tamanho de partículas do cimento está na Figura 2 e suas propriedades físicas na Tabela 8.

Tabela 6 - Composição química do cimento determinada por FRX.

Óxido	Quantidade (% em massa)
Perda ao fogo	3,13
CaO	64,6
SiO ₂	15,4
Al ₂ O ₃	3,81
Fe ₂ O ₃	3,43
SO ₃	5,19
MgO	1,80
K ₂ O	1,02
Na ₂ O	0,35
Componentes minoritários	1,10
Total	100,0

Tabela 7 - Composição mineralógica do cimento determinada por DRX.

Fase	Quantidade (% em massa)
C ₃ S	58,9
C ₂ S	11,4
C ₃ A _c	5,8
C ₃ A _o	2,1
C ₄ AF	7,9
Ca(OH) ₂	1,2
CaCO ₃	2,7
CaSO ₄ .0,5H ₂ O	6,8
CaSO ₄	1,7
SiO ₂	1,5
Soma total	100,0

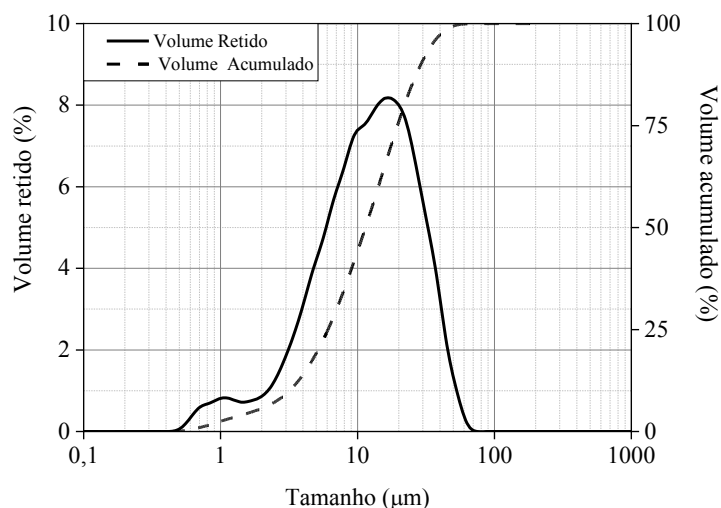


Figura 2 - Curva de distribuição do tamanho de partícula do cimento.

Tabela 8 - Propriedades físicas do cimento.

Propriedade	Resultado
Massa específica	3,05 g/cm ³
d ₁₀	3,80 μm
d ₅₀	13,6 μm
d ₉₀	34,2 μm

3.2.3. Agregados

A composição granulométrica dos agregados miúdo e graúdo foram determinadas por peneiramento com agitação mecânica e sedimentação, de acordo com a norma ABNT NBR NM 248 [2]. As curvas de distribuição do tamanho de partículas dos agregados miúdo e graúdo estão na Figura 3 e na Figura 4, respectivamente. O diâmetro máximo de partícula do agregado miúdo foi igual a 4,75 mm e do agregado graúdo igual a 9,5 mm. As massas específicas dos agregados miúdo e graúdo, obtidas conforme ABNT NBR NM 52 [3] e ABNT NBR NM 53 [4] foram 2,56 g/cm³ e 2,55 g/cm³, respectivamente.

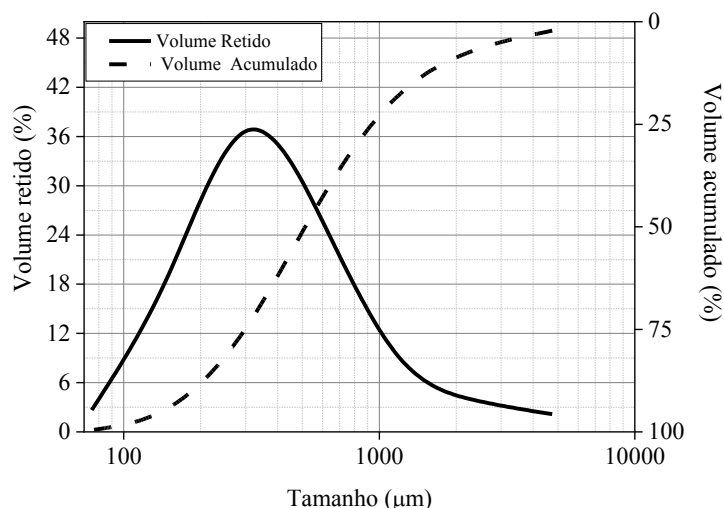


Figura 3 - Curva de distribuição do tamanho de partícula do agregado miúdo.

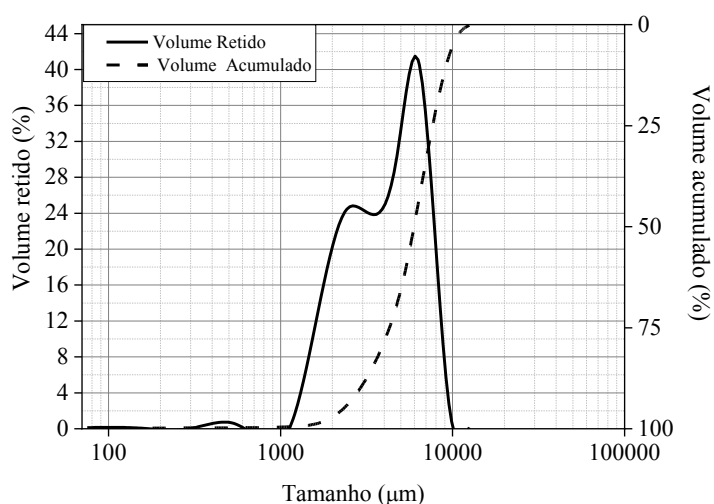


Figura 4 - Curva de distribuição do tamanho de partícula do agregado graúdo.

3.3. Dosagem e preparação de concreto

Um traço de concreto foi produzido seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 11768-1 [1], descritas na Tabela 9. A composição do concreto produzido está na Tabela 10. Para atingir a consistência e o abatimento prescritos, foi necessário utilizar o aditivo superplastificante ADVA CAST 525 a 1,2% sobre a massa de cimento. Foram produzidos concretos de referência (sem aditivo DRY D1) e com 3,0% e 5,0% de DRY D1 sobre a massa de cimento.

Tabela 9 - Recomendações para a dosagem de concretos para o ensaio de aditivos [1].

Requisito	Critério
Teor de argamassa seca	(52 ± 3) % em massa
Quantidade de agregado graúdo ($d_{\text{máx}}$ 9,5 mm)	≤ 30 % em massa
Quantidade de água	≤ 230 L/m ³
Consumo de cimento por m ³ de concreto	(350 ± 5) kg
Abatimento de tronco de cone	(150 ± 10) mm
Aspecto visual	Coeso, sem tendência de segregação

Tabela 10 - Dosagem de materiais para a produção de 1 m³ de concreto.

Material	Quantidade (kg/m³)	Traço unitário em massa
Cimento	355	1,00
Agregado miúdo	806	2,27
Agregado graúdo	917	2,58
Água	214	0,60
DRY D1	10,7 e 17,8	0,030 e 0,050
Aditivo dispersante	4,26	0,012

Lotes de 50 L de concreto foram produzidos em uma betoneira com capacidade de 250 L, segundo a norma ABNT NBR 12821 [5]. O processo iniciou com a mistura 1/3 da água com o agregado graúdo por 1 min. Em seguida, foram adicionados o cimento e mais 1/3 da água, que foram misturados por 2 min. Depois disso, foram adicionados o agregado miúdo e o restante da água, sendo misturados por 2 min. Então, o superplastificante foi adicionado e a mistura feita por mais 2 min. Por fim, o aditivo DRY D1 foi adicionado e misturado por 2 min. Após a finalização da mistura, o concreto foi destinado para a caracterização das propriedades do estado fresco e para a moldagem de corpos de prova.

Para cada concreto, foram moldados 16 corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura e 3 corpos de prova prismáticos de 100 mm de altura, 100 mm de largura e 400 mm de comprimento, seguindo as recomendações da norma ABNT NBR 5738 [6]. Os corpos de prova desmoldados 1 dia após a produção e curados por imersão em solução saturada de hidróxido de cálcio até um dia antes da idade dos ensaios mecânicos.

3.4. Dosagem e preparação de argamassa

Argamassas foram produzidas com o traço unitário 1,0 : 2,7 : 0,47 (cimento : agregado miúdo : água). O aditivo DRY D1 foi utilizado nos teores de 3,0% e 5,0% sobre a massa de cimento. As argamassas foram preparadas em argamassadeira planetária com capacidade de 20 L, com a pré-mistura do cimento e do aditivo por 30 s a 136 rpm, adição e mistura da água por 60 s a 281 rpm e adição e mistura da areia por 90 s a 281 rpm. Após a mistura, as argamassas foram destinadas à preparação de corpos de prova prismáticos de 75 mm de largura, 75 mm de altura e 285 mm de comprimento, para realização do ensaio de variação dimensional pela norma ASTM C157 [7].

3.5. Ensaio realizados

Os ensaios realizados estão mostrados na Tabela 11 e suas descrições estão apresentadas subsequentemente.

Tabela 11 - Ensaio realizados na campanha experimental.

Ensaio	Matriz	Idade / Período	Referência
Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone	Concreto fresco	5 min após a mistura	[8]
Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico	Concreto fresco	5 min após a mistura	[9]
Determinação da exsudação	Concreto fresco	Até 3 h	[10]
Absorção de água por imersão e índice vazios	Corpos de prova cilíndricos de concreto	28 dias	[11]
Absorção de água por capilaridade	Corpos de prova cilíndricos de concreto	21 dias	[12]
Resistência à compressão	Corpos de prova cilíndricos de concreto	1 e 28 dias	[13]
Resistência à tração por flexão	Corpos de prova prismáticos de concreto	28 dias	[14]
Variação dimensional	Corpos de prova prismáticos de argamassa	1 a 180 dias	[7]

3.5.1. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

A determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 16889 [8], com uma amostra de concreto fresco, 5 min após a finalização mistura.

3.5.2. Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico

A determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 9833 [9], com uma amostra de concreto fresco, 5 min após a finalização mistura.

3.5.3. Determinação da exsudação

A determinação da exsudação foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 15558 [10], com 10 L de concreto fresco, durante 3 h.

3.5.4. Absorção de água por imersão

O ensaio tem o intuito de verificar a influência do aditivo na porosidade acessível à água da matriz. Foi realizado com 5 corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura por dosagem de concreto aos 28 dias, seguindo a ABNT NBR 9778 [11]. Os corpos de prova foram imersos em água por 27 dias (durante todo o período de cura) e sua massa saturada foi determinada. Então, foram secos a 60 °C por 3 dias e sua massa seca foi medida. A absorção de água foi calculada pela diferença entre a massa saturada e seca, em valores percentuais em relação à massa seca.

3.5.5. Absorção de água por capilaridade

O ensaio tem o objetivo de verificar a influência do aditivo na penetração de água por capilaridade em corpos de prova de concreto. Foi realizado com os 3 corpos de prova utilizados para o ensaio de resistência à compressão, na idade de 21 dias, seguindo a ABNT NBR 9779 [12]. Os corpos de prova foram secos a 60 °C por 3 dias e sua massa seca foi medida. Após a secagem, foram colocados dentro de um recipiente, sobre suportes, com nível de água atingindo 5 mm de altura a partir da sua face inferior. A massa saturada dos corpos de prova foi medida após 3, 6, 24, 48 e 72 h, contadas a partir da colocação em contato com a água.

3.5.6. Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão tem o intuito de verificar a influência do uso do aditivo na resistência mecânica de concretos. O ensaio foi realizado com 4 corpos de prova

cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura retificados, nas idades de 1 e 28 dias. Foi utilizada uma prensa universal Solotest de capacidade igual a 100 tf. A velocidade de aplicação de pressão foi igual a 0,45 MPa/s, seguindo a norma ABNT NBR 5739 [13].

3.5.7. Resistência à tração por flexão

O ensaio de tração por flexão foi realizado seguindo as recomendações da ABNT NBR 7222 [14]. O ensaio foi realizado com 3 corpos de prova prismáticos de 100 mm de altura, 100 mm de largura e 400 mm de comprimento, na idade de 28 dias. Foi utilizada uma prensa universal de capacidade igual a 100 tf, com velocidade de aplicação de carga igual a 1,0 MPa/min e com carregamento em 4 pontos.

3.5.8. Variação dimensional

O processo de cura dos corpos de prova foi realizado conforme determinado por Nunes et al. [15], adaptando a metodologia proposta na norma ASTM C157 [7]. Nesse ensaio, os corpos de prova foram cobertos com plástico filme e colocados em câmara úmida imediatamente após a moldagem. Depois de 1 dia, os corpos de prova foram retirados da câmara úmida e desformados. Nesse momento, a primeira leitura da variação dimensional foi realizada, mantendo a posição do corpo de prova de acordo com a indicação de seta, conforme mostra a Figura 5. Os corpos de prova foram mantidos na câmara seca durante todo o período de medição, que foi realizada diariamente durante os 7 primeiros dias e a cada 7 dias depois disso.



Figura 5 - Aparato para determinação da variação dimensional. A seta azul indica a posição do corpo de prova durante o ensaio.

4. Resultados e discussão

4.1. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

A Figura 6 apresenta os resultados do abatimento dos concretos frescos em função do teor do aditivo DRY D1. A Tabela 12 apresenta os resultados da determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone dos concretos produzidos. Todos os concretos apresentaram aspecto coeso, sem tendência de segregação e exsudação, devido à dosagem racional dos materiais. Vale ressaltar que os concretos foram produzidos com as mesmas quantidades de água e aditivo dispersante.

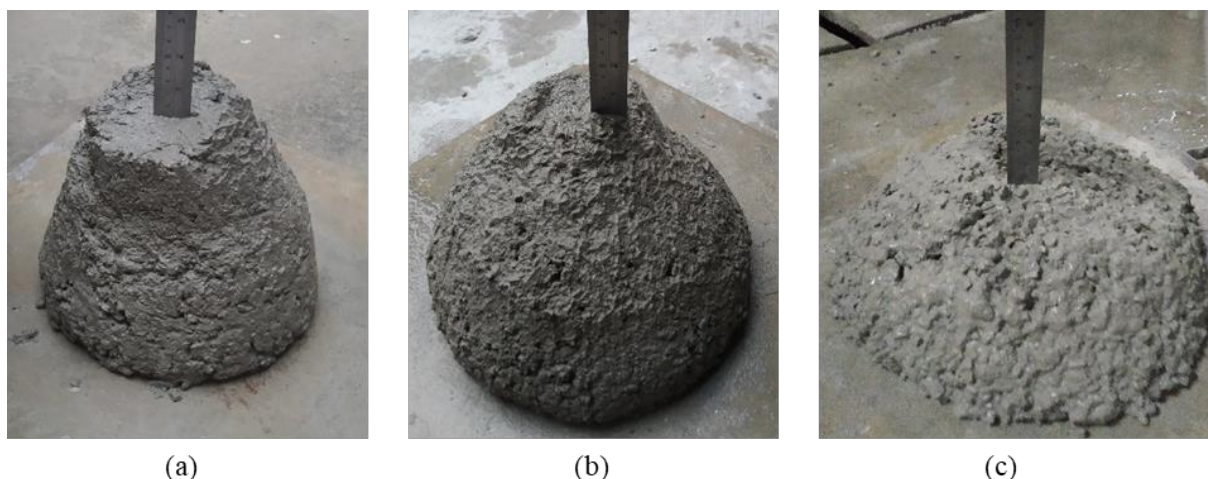


Figura 6 - Abatimento de tronco de cone dos concretos: referência (a); 3% de DRY D1 (b); 5% de DRY D1 (c).

Tabela 12 - Resultados da determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone dos concretos.

Concreto	Abatimento	Aumento de abatimento (mm)	Aumento de abatimento (%)
Referência	120	-	
3% DRY D1	150	30	25
5% DRY D1	190	70	58

Com a incorporação do aditivo DRY D1, constata-se uma melhoria na consistência do concreto plástico, na sua coesão e na trabalhabilidade. Os concretos com 3% e 5% de DRY D1 apresentaram aumento de abatimento iguais a 30 e 70 mm, respectivamente. Com tal melhoria, torna-se possível a redução do consumo de água ou da dosagem do aditivo dispersante, para manter a consistência igual à do concreto referência. Com a redução do consumo de água, é

possível atingir maiores resistências mecânicas e maior durabilidade, devido à redução da relação a/c.

4.2. Determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico

Os resultados da determinação da massa específica e teor de ar dos concretos estão na Tabela 13. Observa-se que a utilização do aditivo DRY D1 não influencia a massa específica e o teor de ar incorporado do concreto fresco significativamente. Os valores do teor de ar incorporado estão dentro do intervalo ($\pm 2\%$) estabelecidos na norma ABNT NBR 11768-1 [1].

Tabela 13 - Resultados da determinação da massa específica e do teor de ar incorporado dos concretos.

Concreto	Massa específica teórica (kg/m ³)	Massa específica real (kg/m ³)	Teor de ar incorporado (%)
Referência	2276,8	2231,8	2,0
3% DRY D1	2279,7	2219,6	2,6
5% DRY D1	2281,6	2243,9	1,7

4.3. Determinação da exsudação

Os resultados da determinação da exsudação dos concretos estão na Tabela 14. Observa-se que a utilização do aditivo DRY D1 reduz significativamente a quantidade de água exsudada do concreto. Com isso, ocorre uma melhoria nas propriedades do concreto, principalmente na redução da quantidade de poros interconectados na matriz.

Tabela 14 - Resultados da determinação da exsudação dos concretos.

Concreto	Massa de água exsudada (g)	Massa de água exsudada (% em relação à massa de água de amassamento)	Redução da exsudação (%)
Referência	27,5	3,8	-
3% DRY D1	23,3	3,2	15,8
5% DRY D1	15,9	2,2	36,8

4.4. Absorção de água por imersão

Os resultados da determinação da absorção de água por imersão estão na Tabela 15. Concretos produzidos com 3,0 e 5,0% de DRY D1 apresentaram menores valores de absorção

de água que o concreto sem aditivo. Tal fato é devido à expansão volumétrica que ocorre na hidratação do aditivo é à promoção da formação e da precipitação de C-S-H na matriz, conforme discutido no relatório da primeira parte do projeto [16]. Ambos os processos contribuem para preencher os poros da matriz.

Tabela 15 - Resultados da determinação da absorção de água dos concretos.

Concreto	Absorção de água (%)
Referência	3,0 ± 0,2
3% DRY D1	2,8 ± 0,1
5% DRY D1	2,7 ± 0,2

4.5. Absorção de água por capilaridade

Os resultados de absorção média de água por capilaridade dos corpos de prova de concreto na idade de 21 dias estão na Figura 7. A Tabela 16 mostra os resultados de sorptividade média dos corpos de prova ensaiados. Observa-se ligeiro aumento na absorção de água por capilaridade e na sorptividade dos corpos de prova com o aumento da dosagem de DRY D1 nos concretos. Tal fato ocorre porque a pressão capilar dos concretos produzidos com o DRY D1 é maior, devido à redução do tamanho dos poros da matriz pela hidratação do aditivo e pela promoção da geração de C-S-H.

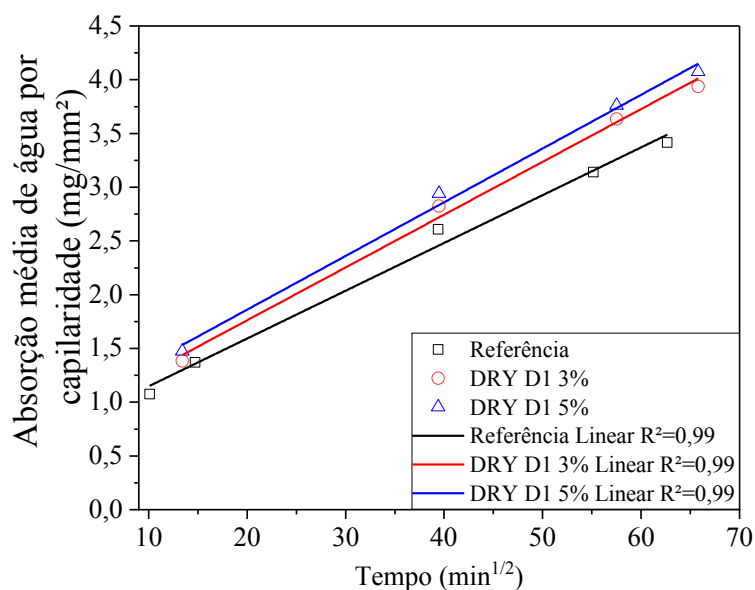


Figura 7 - Resultados de absorção média de água por capilaridade dos corpos de prova de concreto.

Tabela 16 - Resultados médios de sorptividade dos corpos de prova de concreto.

Concreto	Sorptividade média ($\text{mg}/\text{mm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)
Referência	$0,045 \pm 0,005$
3% DRY D1	$0,048 \pm 0,003$
5% DRY D1	$0,050 \pm 0,004$

4.6. Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão de corpos de prova nas idades de 1 e 28 dias estão na Tabela 17. Com a utilização do DRY D1, observa-se um aumento na resistência à compressão do corpo de prova nas 2 idades ensaiadas. Concretos produzidos com 3,0% de DRY D1 apresentaram valor médio de resistência à compressão 6,7% e 7,3% maior que o concreto referência nas idades de 1 e 28 dias, respectivamente. Já nos concretos produzidos com 5,0% de DRY D1, o aumento não foi significativo na idade de 1 dia, mas foi de 3,3% na idade de 28 dias. O aumento na resistência à compressão é devido ao maior preenchimento de poros e à geração de C-S-H quando o DRY D1 é utilizado [16]. Em todos os casos, o índice de multiplicação (IM) estabelecido pela norma ABNT NBR 11768-1 [1] foi superior a 0,95.

Tabela 17 - Resultados médios de resistência à compressão.

Concreto	$f_{c,1}$ (MPa)	$f_{c,28}$ (MPa)
Referência	$11,9 \pm 1,3$	$27,4 \pm 0,3$
3% DRY D1	$12,7 \pm 1,1$ (IM* = 1,07)	$29,4 \pm 0,5$ (IM* = 1,07)
5% DRY D1	$12,0 \pm 0,9$ (IM* = 1,0)	$28,3 \pm 1,9$ (IM* = 1,03)

*IM: índice de multiplicação. quociente entre o resultado do ensaio do concreto de referência com aditivo pelo resultado do concreto de referência sem aditivo.

4.7. Resistência à tração por flexão

Os resultados de resistência à tração por flexão de corpos de prova prismático na idade de 28 dias estão na Tabela 18. Todas as rupturas ocorreram no terço médio do corpo de prova. Com a utilização do DRY D1, não se observa influência significativa nos valores de resistência à tração por flexão determinados. Em todos os casos, o índice de multiplicação (IM) estabelecido pela norma ABNT NBR 11768-1 [1] foi superior a 0,95.

Tabela 18 - Resultados médios de resistência à tração por flexão.

Concreto	$f_{ct,28}$ (MPa)
Referência	$4,3 \pm 0,1$
3% DRY D1	$4,3 \pm 0,2$ (IM* = 1,0)
5% DRY D1	$4,4 \pm 0,3$ (IM* = 1,0)

*IM: índice de multiplicação. quociente entre o resultado do ensaio do concreto de referência com aditivo pelo resultado do concreto de referência sem aditivo.

4.8. Variação dimensional

Os resultados obtidos na análise de variação dimensional estão apresentados na Figura 8. Observa-se que houve uma redução da variação dimensional nas amostras com aditivos, em relação à amostra referência. Assim, argamassas produzidas com o aditivo apresentaram maior estabilidade volumétrica, quando comparadas às argamassas referência.

A redução de retração aos 28 dias de idade foi de 3,4 e 7,9% (IM = 0,96 e IM = 0,92) com o emprego de 3,0 e 5,0% de aditivo sobre a massa de cimento, respectivamente. Observa-se que a maior redução do valor de variação dimensional foi de 0,008% para 7 dias, a partir da comparação entre o concreto referência e o concreto com 5,0% de aditivo. A redução de variação dimensional foi similar entre as leituras a partir de 7 dias.

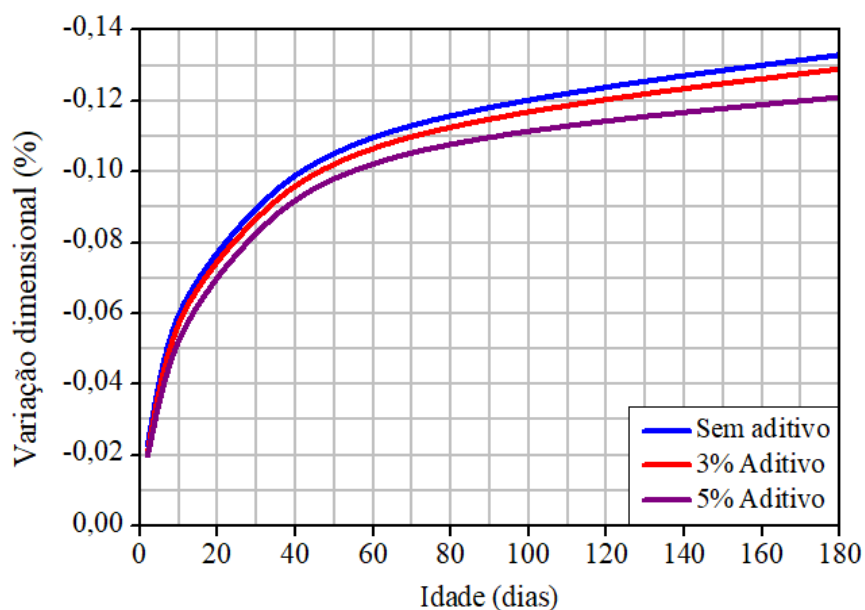


Figura 8 - Variação dimensional de argamassas.

5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que:

- O uso de DRY D1 contribui para melhorar as propriedades de concretos no estado fresco e endurecido.
- No estado fresco, observa-se melhoria na consistência dos concretos, tornando-o mais coeso, uniforme e mais trabalhável.
- No estado endurecido, ocorre um aumento na resistência à compressão de concretos, devido à redução da porosidade da matriz.
- Os resultados obtidos demonstram que os critérios propostos pela norma ABNT NBR 11768-1 para concretos produzidos com aditivos compensadores de retração são cumpridos.

Referências bibliográficas

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11768-1: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Parte 1. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- [7] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM C 157/C 157M - 17: Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete. West Conshohocken: ASTM, 2017.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- [10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15558: Concreto - Determinação da exsudação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- [11] 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.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

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

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7222: Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

[15] N. Nunes, A. Figueredo. Retração do concreto de cimento portland. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC/452, 59 p., 2007.

[16] C.U. Oliveira, C.O. Silva, R.P. Salvador. Caracterização de aditivos compensadores de retração para aplicação em tubos de concreto - Relatório final. São Paulo, 2020.