

Estudo comparativo de desempenho mecânico e operacional entre aditivos redutores de água**Comparative study of mechanical and operational performance between water reducing additives**

DOI:10.34117/bjdv6n8-552

Recebimento dos originais:08/07/2020

Aceitação para publicação:25/08/2020

Matheus Silva Corrêa

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: eng.matheus.correa@gmail.com

Pedro Gil Marques Brito

Engenheiro Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: ppedrogmb@hotmail.com

Rodrigo Rodrigues Da Cunha

Doutorando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: rodrigo.totalmix@gmail.com

Aleamar Dias Rodrigues Netto

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: alemarnetto@gmail.com

Antônio Fabrício Rodrigues De Alencar

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: afralencar@gmail.com

Franz Gernot Quirxtner Junior

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Rua Augusto Corrêa – n° 66075-110 – Belém – Pará

E-mail: jquirxtner@gmail.com

RESUMO

Os aditivos para concreto foram desenvolvidos e produzidos com a função de melhorar certas características do concreto, tanto no estado fresco quanto endurecido e muitos já o consideram como o quarto elemento do concreto. Este estudo compara e analisa o desempenho mecânico e operacional entre aditivos redutores de água para serem utilizados na produção de concretos bombeáveis de uma central dosadora na região metropolitana de Belém do Pará. Foram utilizados 4 diferentes aditivos presentes no mercado brasileiro denominados respectivamente de aditivos A, B, C e D, sendo o aditivo A de referência, pois é atualmente o utilizado na produção do concreto da central. Utilizou-se um mesmo traço para todas as amostras e dosagem fixa de aditivo, em 0,7 % em relação ao peso do cimento. Verificou-se o abatimento inicial de acordo com o estudo da dosagem, verificou-se a perda de abatimento após o concreto voltar a ser misturado durante 15 minutos e reajustou-se o traço para o abatimento inicial com a inclusão de toda a água retida no traço para fixar a relação água/cimento. Os ensaios mecânicos de compressão axial foram realizados nas idades de 1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias. Com análise dos resultados, o concreto com uso do aditivo D apresentou melhor desempenho mecânico e operacional em relação ao uso dos outros aditivos.

Palavra-Chave: Aditivo para concreto, Concreto.

ABSTRACT

Concrete additives have been developed and produced to improve certain features of concrete, both in the fresh and hardened state, and many already consider it the fourth element of concrete. This study compares and analyzes the mechanical and operational performance between water reducing additives to be used in the production of pumpable concretes of a dosing station in the metropolitan region of Belém do Pará. Four different additives present in the Brazilian market were used, namely A, B, C and D, being the reference A additive, since it is currently used in the concrete production of the plant. The same trait was used for all samples and fixed additive dosage, 0.7% based on the weight of the cement. The initial abatement was checked according to the dosage study, loss of abatement was observed after the concrete was re-mixed for 15 minutes and the trace for the initial abatement was adjusted with the inclusion of all water retained in the to fix the water / cement ratio. Mechanical axial compression tests were performed at the ages of 1, 3, 7, 14, 28 and 56 days. With the analysis of the results, the concrete with use of the additive D presented better mechanical and operational performance in relation to the use of the other additives.

Keywords: Concrete additives, Concrete.

1 INTRODUÇÃO

No mundo, na área da construção civil, o concreto é um dos materiais mais utilizados (Mehta, 2014). A razão para o uso crescente de aditivos é o fato de estes serem capazes de conferir consideráveis vantagens físicas e econômicas ao concreto. Esses benefícios incluem a utilização do concreto em situações que antes existiam dificuldades consideráveis ou mesmo insuperáveis. Eles também possibilitam uma maior variedade de componentes à mistura (Neville, A.M. Propriedades do Concreto: 5.ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2016). A norma brasileira que especifica os

requisitos para aditivos químicos, os define como: Produto adicionado durante o processo de preparo do concreto, em quantidade máxima de 5% da massa de material cimentício, com o

objetivo de modificar propriedades do concreto no estado fresco e/ou endurecido (NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland, Rio de Janeiro, 2019).

A produção de concreto sem a utilização de aditivos provoca diversas floculações a partir do contato do cimento com a água. Isto ocorre devido à força físico-química existente na superfície do grão do cimento, que faz com que estes atraiam uns aos outros; conseqüentemente, esses flóculos aprisionam a água em seus núcleos dificultando a hidratação dos grãos de cimento pela menor quantidade de água disponível, (Bonato; Passos, 2018). Desta forma, segundo Fernandez (2011), Um dos problemas mais encontrados em centrais de concreto usinado é a variação da resistência à compressão do concreto aplicado em obras de pequeno, médio e grande porte. Uma das maneiras de corrigir este problema é através de ajustes da trabalhabilidade ao longo do tempo com adição de água e de aditivos plastificantes.

Nesse estudo foram utilizados aditivos redutores de água, também conhecido como aditivos plastificantes. Como o seu próprio nome já indica, a sua função é reduzir o teor de água na mistura, porém esses aditivos possuem outras funções e aplicabilidades além de reduzir o teor de água, pois para uma mesma relação água/cimento, o aditivo permite modificar a consistência do concreto, aumentando o seu abatimento e sua fluidez. Além disso, também podem reduzir ou acelerar o endurecimento, mais conhecido como pega, do concreto. Desta forma, eles são classificados em três categorias, neutros (PN), quando não modificam a pega, retardadores (PR), quando retardam, e aceleradores (PA), quando aceleram a pega.

2 OBJETIVO

Destarte, o objetivo desse estudo é comparar qual o melhor aditivo plastificante ou redutor de água para a produção de concreto bombeável em uma central dosadora na região metropolitana de Belém do Pará, levando em consideração o melhor desempenho mecânico e o operacional, pois segundo fornecedores de aditivos da central, o atual aditivo presente na linha de produção é inferior aos outros apresentados.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A fim de comparar o desempenho dos aditivos no estudo, foi elaborado um cronograma experimental composto de três etapas. Foi realizada a caracterização dos materiais, o estudo da dosagem de acordo com o traço utilizado na central dosadora e os ensaios realizados.

4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

4.1 CIMENTO

O cimento utilizado nesse estudo foi o CP II F 40 regido pela norma da ABNT NBR 16697, sendo o mesmo que a central dosadora utiliza na linha de produção de concreto bombeável. Os ensaios químicos e físicos do cimento estão representados na tabela 1 e 2 respectivamente, a resistência à compressão na tabela 3 e a curva de resistência está representada no gráfico 1.

Tabela 1 – Ensaios Químicos

QUÍMICOS	
ENSAIO	CIMENTO
PERDA AO FOGO NBR 15577	5,80%
RESÍDUOS INSOLÚVEL NBR NM 15	1,80%
ÓXIDO DE MAGNÉSIO NBR 14656	5,70%
TRIÓXIDO DE ENXOFRE NBR 14656	2,40%

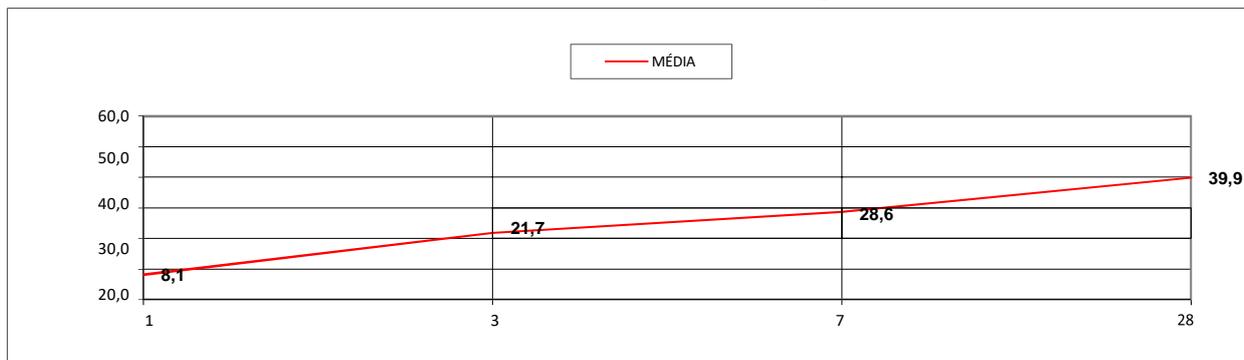
Tabela 2 – Ensaios Físicos

FÍSICOS	
ENSAIO	CIMENTO
MASSA ESPECÍFICA NBR NM 23	3,03 g/cm ³
FINURA #200 NBR 11579	0,70%
INICIO PEGA NBR NM 65	213 min
FIM PEGA NBR NM 65	273 min

Tabela 3 - Resistência à Compressão (MPa) - NBR 7215/2019

Nº. DE CP'S	DATA DO ENSAIO	DATA	IDADE	RESISTÊNCIA(MPa)	RESISTÊNCIA (MPa)	MÉDIA
1	21/01/2019	22/01/2019	1	4,3		8,1
1	21/01/2019	24/01/2019	3	19,4		21,7
2	21/01/2019	28/01/2019	7	26,8	27,1	28,6
2	21/01/2019	18/02/2019	28	39,4	39,8	39,9

Gráfico 1 – Curva de Resistência à Compressão



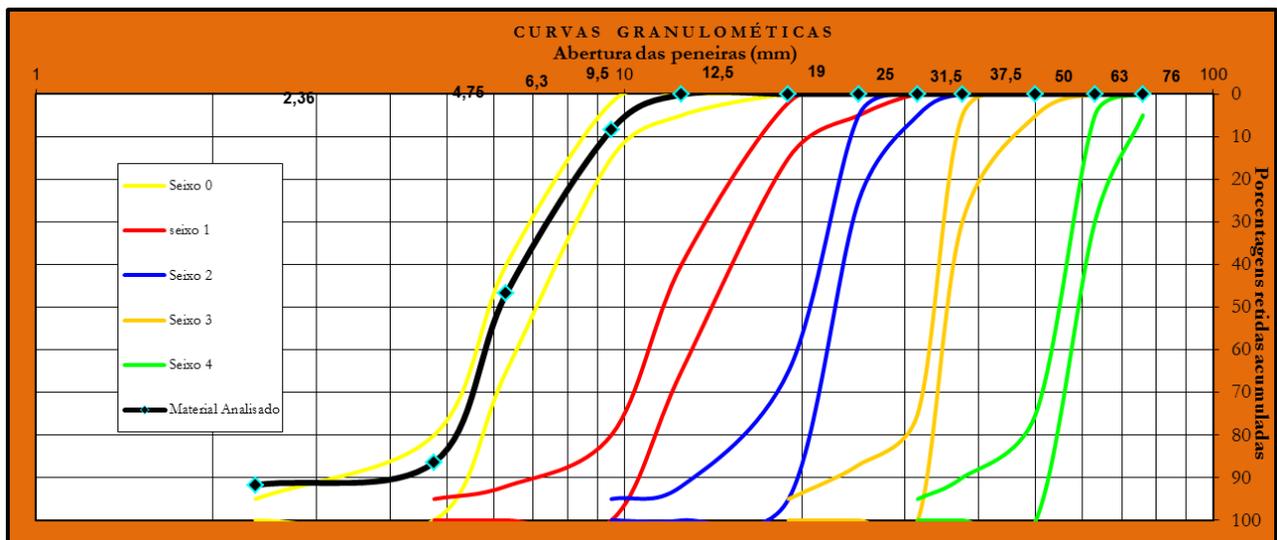
4.2 AGREGADO GRAÚDO

O material utilizado nesse estudo como agregado graúdo foi um seixo de granulometria fina, de origem sedimentar, proveniente do intemperismo e da erosão. O material é de origem do município de Ourém - PA sendo o mesmo utilizado na usina. A caracterização do material é apresentada na tabela 4 e sua curva granulométrica no gráfico 2.

Tabela 4 – Caracterização Seixo

Massa específica do grão		Massa unitária		Torrões de argila (%)	Material pulverulento (%)	Absorção (%)	Impurezas orgânicas NBR NM 49
M.E.R (t/m ³)	Porosidade (%)	Solta (kg/dm ³)	Compactada (kg/dm ³)				
2,627	0,400	1,463	-	0,000	7,24%	0,21%	Não Reagente
NBR NM 52	(NBR-7418)	NBR NM 45	NBR 7810	NBR 7218	NBR 7219	NBR NM 30	NBR NM 49

Gráfico 2 – Curva Granulométrica Seixo



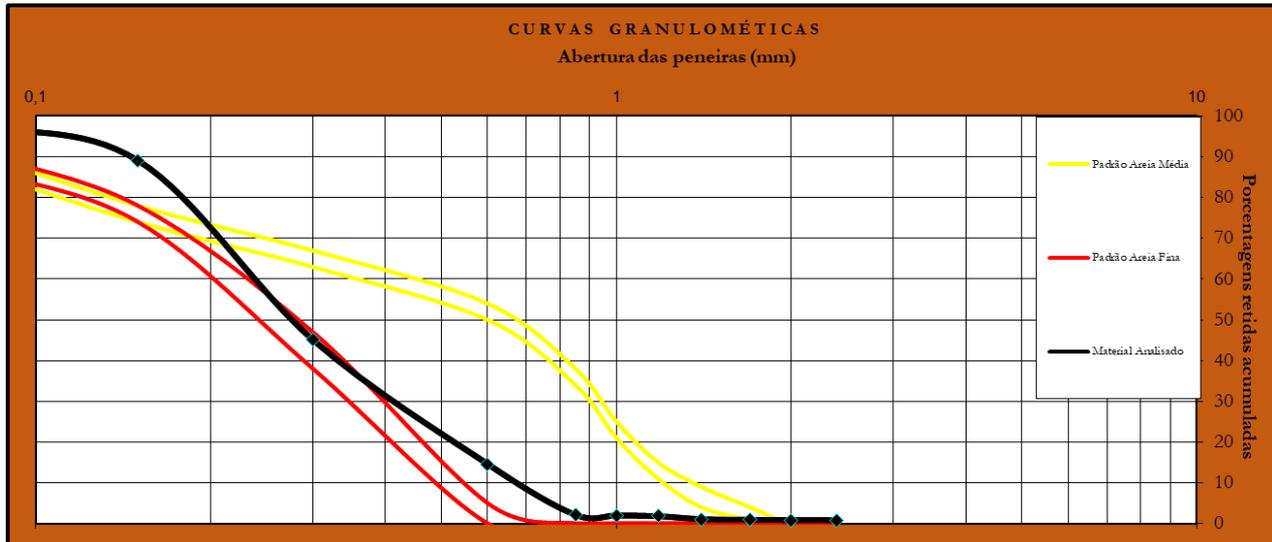
4.3 AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo utilizado nesse estudo foi areia natural de origem da rocha quartzo do tipo dióxido de silício, resultante da fragmentação de rochas por erosão através de processos de sedimentações. A procedência do agregado miúdo é do município de castanhal da região metropolitana de Belém-PA, sendo a mesma utilizada para a produção de concreto na usina. A caracterização do material está apresentada na tabela 5 e a curva granulométrica no gráfico 3.

Tabela 5 – Caracterização Areia

Massa específica do grão		Massa unitária		Torrões de argila (%)	Material pulverulento (%)	Absorção (%)	Impurezas orgânicas NBR NM 49
M.E.R (t/m ³)	Porosidade (%)	Solta (kg/dm ³)	Compactada (kg/dm ³)				
2,600	0,720	1,291	-	0,000	1,95%	0,21%	Não Reagente
NBR NM 52	(NBR-7418)	NBR NM 45	NBR 7810	NBR 7218	NBR 7219	NBR NM 30	NBR NM 49

Gráfico 3 – Curva Granulométrica Areia



4.4 ÁGUA

A água utilizada nessa pesquisa foi a distribuída pela companhia de água de Belém-PA.

4.5 ADITIVOS PLASTIFICANTES

Foram utilizados 4 aditivos nesse estudo, denominados de A, B, C e D.

4.5.1 Aditivo A

O aditivo A é Plastificante Retardador (PR), de cor marrom escuro e de densidade no valor de 1,20 g/cm³.

4.5.2 Aditivo B

O aditivo B é um Plastificante Retardador (PR), de cor marrom escuro e de densidade 1,10 g/cm³.

4.5.3 Aditivo C

O aditivo C é um Plastificante de pega normal (PN), de cor marrom escuro e de densidade 1,08 g/cm³.

4.5.4 Aditivo D

O aditivo D é um plastificante Retardador (PR), de cor marrom escuro e de densidade 1,13 g/cm³.

Figura 1 – Aditivos usados no estudo



5 PROGRAMA DE DOSAGEM DO CONCRETO

Foram utilizados nessa pesquisa 4 diferentes aditivos plastificantes de diversos fornecedores para a produção dos traços, sendo denominados de aditivos A, B, C e D sendo o aditivo A o aditivo de referência, pois é atualmente o utilizado na usina para produção de concreto. Todos os traços com os diferentes aditivos foram dosados de acordo com a carta traço usual da central, de 1:2,02:3,01 para um Fck de 25 MPa, com abatimento inicial para todos de 100 +- 20 mm, teor de argamassa de 50 %, relação água/cimento de 0,65 e dosagem fixa de aditivo em 0,7% sobre o peso do cimento.

Tabela 6 – Dosagem dos Materiais de acordo com carta da usina

Traço Unitário :	1:2,02;3,01
PESAGEM DOS MATERIAIS (Kg) :	
Cimento :	14,000
Areia :	28,141
Seixo :	42,142
Àgua :	9,100
Aditivo Plastificante :	0,70%
A/C :	0,65
Teor de Argamassa :	50%

6 PROCEDIMENTO

6.1 DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL

Nas etapas preliminares a execução do estudo, em reuniões formadas por um comitê técnico composto por representante da usina, dos fornecedores dos aditivos e por especialistas da tecnologia do concreto, foi definida como parâmetro de desempenho operacional, a verificação da fluidez através do ensaio de abatimento do tronco de cone em tempo pré-determinado, com retenção de

parte da água de amassamento no início da mistura e reajuste da água no final da mistura, para uma simulação da adição de água do caminhão betoneira na obra. Para todos os traços foram seguidos esse procedimento, para que o estudo comparativo pudesse ser válido mediante as comparações técnico-operacionais.

As medições do abatimento do concreto foram realizadas de acordo com o programa:

1. Medição do abatimento inicial de acordo com o estudo de dosagem com retenção de parte da água de amassamento.
2. Medição da perda do abatimento com 15 minutos da mistura rodando na betoneira.
3. Medição do abatimento final após o concreto ser remisturado durante 1 minuto, descansado 10 minutos e voltar a ser misturado durante 2 minutos com adição de toda a água retida na mistura para fixar a relação A/C.

Figura 2 – Ensaio de Abatimento



Figura 3 – Abatimento Inicial



Figura 4 – Perda do Abatimento



Figura 5 – Abatimento Final



6.2 DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO

Os corpos de prova desse estudo foram moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT 2015) com dimensões de 100x200 mm. Foi determinado o desempenho mecânico dos concretos pela resistência à compressão de acordo com a NBR 5739 (ABNT 2018). Os corpos de provas foram

ensaiados nas idades de 1, 3, 7, 14, 28 e 56 dias, com um total de 12 corpos de provas para cada traço com os aditivos.

Figura 6 – Moldagens dos corpos de provas



Figura 7 – Preparo dos corpos de provas



7 RESULTADOS E DISCURSÕES

7.1 DESEMPENHO OPERACIONAL

Tabela 7 – Resultados do Desempenho Operacional.

ADITIVO	ABATIMENTO (mm)			PERDA (mm)
	1° LEITURA	2° LEITURA	3° LEITURA	
PLASTIFICANTE A	120,0	45,0	120,0	75,0
PLASTIFICANTE B	120,0	30,0	110,0	90,0
PLASTIFICANTE C	120,0	50,0	145,0	70,0
PLASTIFICANTE D	120,0	80,0	150,0	40,0
Média	120,0	51,3	131,3	68,8
Desvio Padrão	0,00	18,16	16,72	18,16
Coeficiente de Variação	0,00	0,35	0,13	0,26

Com os dados apresentados na tabela de desempenho operacional, o concreto de referência com o aditivo plastificante A, apresentou desempenho inferior aos concretos dosados com os aditivos C e D, pois houve mais perda de abatimento da mistura aos 15 minutos na betoneira comparados aos outros dois. Para o aditivo A houve uma perda de 75 milímetros, contra 70 do aditivo C e 40 do aditivo D e também houve um menor abatimento quando no ajuste com toda a água de amasamento da mistura para a fixação da relação água/cimento do concreto.

O aditivo A utilizado na usina apresentou um desempenho operacional superior somente em relação ao aditivo B, pois comparando os resultados, o concreto dosado com o uso do aditivo B apresentou um valor de perda de 20% a mais.

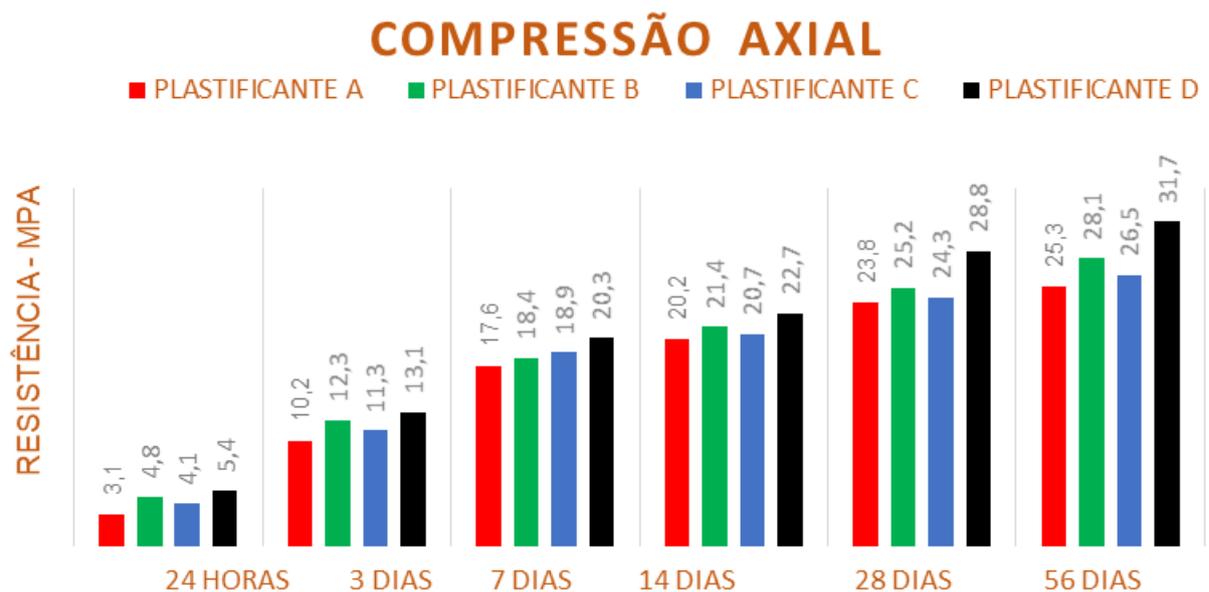
O aditivo D apresentou o melhor valor de desempenho operacional, com a menor perda de abatimento entre os aditivos do estudo e um maior valor de abatimento no ajuste com a água de amassamento.

7.2 DESEMPENHO MECÂNICO

Tabela 8– Resistência à compressão de todos os corpos de provas.

ADITIVO	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)					
	1 DIA	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS	56 DIAS
PLASTIFICANTE A	3,1	9,9	17,6	20,2	23,8	25,3
	2,9	10,2	17,5	18,4	22,1	24,8
PLASTIFICANTE B	4,8	12,3	18,4	21,4	25,2	28,1
	4,3	11,4	18,2	19,8	25,0	27,3
PLASTIFICANTE C	4,1	11,3	18,9	20,7	24,3	26,5
	3,8	10,9	18,8	19,5	23,7	25,4
PLASTIFICANTE D	5,4	13,1	20,3	22,3	28,8	31,7
	4,9	12,8	20,1	22,7	28,6	31,1
Média	4,2	11,5	18,7	20,6	25,2	27,5
Desvio Padrão	0,87	1,17	1,04	1,45	2,37	2,63
Coefficiente de Variação	0,21	0,10	0,06	0,07	0,09	0,10

Gráfico 4 – Resistência à Compressão Axial



O concreto com o uso do aditivo plastificante A, apresentou resultados de resistência à compressão menor comparado ao uso dos outros aditivos em todas as idades de ensaio. Para os concretos dosados com os aditivos A e C, os valores de resistência foram inferiores ao Fck estimado no estudo de dosagem, alcançando o valor do Fck apenas na idade de 56 dias.

O resultado da não conformidade da resistência do concreto de referência utilizado na usina caracteriza que a dosagem da central, para esses materiais, abatimento, resistência e o uso desse plastificante precisa ser reavaliada para uma adequação da conformidade da produção do concreto com esse tipo de aditivo.

O concreto com o uso do plastificante B que embora apresentou um desempenho mecânico de 5,9 % e 11,1 % superior nas idades de 28 e 56 dias respectivamente, possui um desempenho operacional inferior ao uso do aditivo A, como já mencionado no tópico 6.1. O concreto com aditivo C que também não apresentou conformidade para a resistência de 25 MPa, apresentou um valor de 2,1 % e 4,7 % de resistência superior nas idades de 28 e 56 dias respectivamente comparando com o aditivo de referência.

O concreto com o uso do aditivo D apresentou o maior valor de resistência em relação ao uso dos outros aditivos, alcançando um desempenho mecânico superior de 21,0 % aos 28 dias e 25,3 % aos 56 dias em relação ao concreto de referência.

7.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DO DESEMPENHO MECÂNICO

Para verificar se existem influências significativas do uso dos diferentes aditivos na variável resposta resistência à compressão, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA).

Análise de variância é uma técnica estatística que permite verificar afirmações sobre as médias de populações ou amostras, com o objetivo de analisar se existe uma diferença significativa de um ou mais fatores (também chamados de variáveis de entrada, ou variáveis X) comparando as médias das variáveis de resposta em diferentes níveis dos fatores. A hipótese nula afirma que todas as médias das populações (médias dos níveis dos fatores) são iguais, enquanto a hipótese alternativa afirma que pelo menos uma é diferente.

A partir da análise de variância da resistência à compressão do concreto é possível verificar se existem diferenças significativas entre os tratamentos (Teixeira; Andrade; Bonifácio, 2015). Segundo Casella et al (2010), a análise de variância que é utilizada para analisar a variabilidade nas médias.

Tabela 9 – ANOVA fator único para resistência á compressão de todas as idades

VARIÁVEL	CATEGORIA	MÉDIA	VARIÂNCIA	F	valor-P	F crítico
24 H	A	3,00	0,02	21,3492	0,00635	6,5914
	B	4,55	0,13			
	C	3,95	0,04			
	D	5,15	0,13			
3 DIAS	A	10,05	0,04	20,8087	0,00666	6,5914
	B	11,85	0,41			
	C	11,10	0,08			
	D	12,95	0,04			
7 DIAS	A	17,55	0,01	200,1333	8,2E-05	6,5914
	B	18,30	0,02			
	C	18,85	0,00			
	D	20,20	0,02			
14 DIAS	A	19,30	1,62	3,9982	0,10698	6,5914
	B	20,60	1,28			
	C	20,10	0,72			
	D	22,50	0,08			
28 DIAS	A	22,95	1,45	30,0490	0,00334	6,5914
	B	25,10	0,02			
	C	24,00	0,18			
	D	28,70	0,02			
56 DIAS	A	25,05	0,13	51,2791	0,00119	6,5914
	B	27,70	0,32			
	C	25,95	0,61			
	D	31,40	0,18			

Essa verificação pode ser realizada comparando os valores de F com os valores de F crítico, sendo que se o valor de F for maior, a variabilidade é significativa e caso o F crítico seja o maior, essa mesma hipótese não é comprovada. Além disso, outra forma de se realizar a mesma análise, é comparando o valor de p com o valor de α . Sendo essa ANOVA realizada com análise onde o intervalo de confiança é de 95%, α vale 5%, ou seja, 0,05. Desta maneira, caso o p valor seja menor que a α , o efeito é significativo.

Portanto, para todas as idades, exceto 14 dias, é possível perceber que como o F é maior que o F crítico, da mesma maneira que o p valor é menor que 5% (α), para as interações, o efeito entre os tipos de aditivos são significativos. Desta forma, podemos afirmar que o concreto produzido com estes diferentes aditivos estudados, proporciona resistências diferentes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Valores obtidos por Corrêa (2010) indicam um aumento da resistência à compressão de concretos produzidos com 0,8% de aditivo plastificante quando comparados com concretos produzidos sem aditivos; e o trabalho de Gasparin (2017) também comprova isto. Desta maneira, neste estudo utilizando-se de uma mesma dosagem de 0,7% para todos os traços, provavelmente a característica físico-química do redutor de água que diferencia o concreto que atinge a maior resistência mecânica à compressão.

Apesar da não conformidade do concreto de referência com a utilização do aditivo redutor de água A, ocasionado pela dosagem de acordo com o traço usual da central, o resultado comparativo de desempenho mecânico e operacional desse estudo não foi influenciado, visto que para todos os outros aditivos, a dosagem foi a mesma.

Após análises dos resultados da resistência mecânica à compressão para todas as idades podemos observar que o concreto com aditivo D, obteve desempenho superior aos aditivos B e C e ao aditivo de referência A, chegando a um desempenho mecânico de 25,3 % a mais na idade de 56 dias, comparado ao traço de referência. No desempenho no estado fresco (perda de abatimento em 15 minutos), o aditivo D também obteve o melhor índice, perda de 40 mm. Portanto, o concreto com o uso do aditivo D, apresentou os melhores resultados de desempenhos técnicos, em relação ao uso dos outros aditivos redutores de água.

Logo, este estudo teve como objetivo comparar qual o melhor aditivo plastificante ou redutor de água para a produção de concreto bombeável em uma usina na região metropolitana de Belém.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland: Determinação da resistência a compressão.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10342: Concreto — Perda de abatimento — Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.

Neville, A.M; J.J Brooks. Tecnologia do concreto: 2.ed.Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

Mehta, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. Concreto: microestrutura, propriedade e materiais. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

Casella, G; Berger R. L. Inferência Estatística. 2ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. P. 465.

Passos, A. A; Renata; Bonato, M. M. Efeitos da utilização de aditivos na produção de concretos convencionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2018, Foz do Iguaçu.

CORRÊA, A. C. A.. Estudo do desempenho dos aditivos plastificantes e polifuncionais em concreto de cimento Portland tipo CPIII-40. Dissertação de pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

FERNANDES, F. M.; SILVA, B. V. Influência da adição de aditivo plastificante e água para manter o abatimento ao longo do tempo na resistência à compressão do concreto. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2011.

GASPARIN, L. Avaliação da influência do aditivo plastificante multifuncional redutor de água na resistência mecânica do concreto dosado pelo método ABCP. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.

Teixeira, R. F; Andrade, P. C. R; Bonifácio, E. D. Análise estatística da resistência a compressão do concreto. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três corações, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015.

Lins, L. N; Barreto, A. G.O. Avaliação de diferentes aditivos no concreto permeável para permitir a mistura e transporte no caminhão betoneira. *Brazilian journal of Development.* v.15, N. 8. P, 12623-12655, 2019.