



12-14 de Noviembre del 2012
Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa

O CONCRETO QUANDO UTILIZADO COM TEMPO DE MISTURA E TRANSPORTE ACIMA DOS LIMITES ESPECIFICADOS POR NORMA PODE GERAR PROBLEMAS PATOLÓGICOS NAS CONSTRUÇÕES?

E. Polesello¹, A. B. Rohden², D. C. C. Dal Molin³, A. B. Masuero⁴

(1) e (2) Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Rua Osvaldo Aranha, 99 - Centro, Porto Alegre / RS, Brasil.

(3) e (4) Professora Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Rua Osvaldo Aranha, 99 - Centro, Porto Alegre / RS, Brasil.

RESUMEN

Contratiempos en el transporte o en las obras, algunas veces, hacen que el límite de tiempo especificado por la norma de mezcla y transporte del hormigón se supera, lo que lleva a la incertidumbre acerca de los efectos que esto tiene en sus propiedades finales. Con el fin de investigar la influencia de esta extrapolación en el tiempo de mantenimiento de hormigón en estado fresco, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la resistencia a compresión a los 28 días para hormigones que permanecen en mezcla prolongada durante un período de hasta 6 horas. Durante el tiempo de mezcla se mantiene el asentamiento del hormigón, tratando de restablecer la trabajabilidad inicial con superplastificante. El estudio indica que, para la edad evaluó de 28 días, la resistencia a compresión del hormigón no es afectada cuando se mantiene en mezcla prolongada a 6 horas.

Palabras clave: tiempo de mezcla, resistencia; superplastificante.

ABSTRACT

Setbacks in transport or in buildings, sometimes, make the time limit specified by standard mixing and transport of concrete is exceeded, generating doubts about the effects of this on their final properties. With the intention of better understand the effect this extrapolation on time of maintenance of concrete in the fresh state, this study aims to evaluate the compressive strength at 28 days for concrete mixture that remained in prolonged concrete mixer truck for a period until 6 hours. During all the mixing time the slump was maintained, seeking to restore its initial workability with superplasticizer. The study indicates that, for the evaluated age of 28 days, the compressive strength of the concrete is not affected when held in prolonged mixing until 6 hours.

Keywords: mixing time; resistance; superplasticizer.

INTRODUÇÃO

Entre as patologias identificadas no concreto podem-se destacar problemas com a resistência à compressão ou ainda manifestação de nichos de concretagem decorrentes de deficiências no adensamento do concreto. Para Neville¹, a resistência do concreto, devidamente misturado em proporções adequadas, é seriamente alterada pelo grau de compacidade; portanto é importante que a consistência da mistura permita que o concreto possa ser transportado, lançado e adensado com relativa facilidade e sem segregação.

O transporte do concreto pré-misturado para o canteiro de obras deve ser feito o mais rápido possível para minimizar os efeitos de enrijecimento e de perda de trabalhabilidade e não dificultar, após o lançamento, o adensamento e o acabamento apropriados. Em condições normais, geralmente há uma perda desprezível da consistência durante os primeiros 30 minutos após o início da hidratação do cimento Portland. Quando o concreto é mantido em reduzido estado de agitação ou remisturado periodicamente, pode ocorrer alguma perda de abatimento com o tempo que, geralmente, não representa qualquer risco sério para o lançamento e adensamento do concreto fresco durante os primeiros 90 minutos. A trabalhabilidade do concreto é a propriedade que determina o esforço exigido para manipular uma quantidade de concreto fresco, com perda mínima de homogeneidade. O termo manipular inclui as operações de primeiras idades como o lançamento, adensamento e acabamento².

A perda de abatimento do concreto fresco é um fenômeno normal e pode ser definida como sendo a perda de fluidez com o passar do tempo. Essa propriedade do concreto é particularmente importante no caso de concreto dosado em centrais, visto que o proporcionamento e o início da mistura dos materiais ocorrem na central, enquanto que o lançamento e/ou adensamento somente será feito alguns minutos ou horas depois, quando o caminhão betoneira chegar ao canteiro de obras³. Caso haja necessidade de correção do abatimento, esta pode ser feita por duas maneiras, com aditivos ou, como geralmente se observa em obras, com adição de água. Porém essa última prática citada, por alterar a relação água/cimento (a/c) inicial da mistura, logicamente comprometerá as propriedades finais do concreto. Esse reflexo ocorre principalmente na diminuição da resistência à compressão do concreto que é maior quanto maior for a perda da trabalhabilidade conforme registrado por Teixeira⁴, em estudo realizado numa central dosadora de concreto, para um traço de concreto com resistência pré-definida de 20,0 MPa, que quantificou a perda de resistência quando houve correção do abatimento com adição de água ao concreto, obtendo, após 2,5 horas, uma queda de 34% e ao final de 4 horas, uma redução de resistência de 44%. Erdoğdu⁵ também registrou essa queda na resistência à compressão em função da adição de água em concretos com até 150 minutos, onde em intervalos de 30 minutos o abatimento inicial foi restabelecido com a adição de água, registrando que essa redução é bastante acentuada por até 90 min de mistura e observando um ligeiro decréscimo posterior. No final de 150 min de mistura, uma perda de resistência de mais de 40% é observada em relação à resistência inicial do concreto. Segundo Ramachandran⁶, a perda do abatimento pode ser diminuída pela adição de uma dosagem maior do que normal de superplastificante ou adicionando-o em momentos diferentes à mistura. Kirca et al.⁷, procurando simular uma situação semelhante à realidade de obra em que o concreto utilizado é concreto pré-misturado e transportado com caminhão betoneira, reproduziram em laboratório concretos com duas classes de resistências mantidos em mistura prolongada por até 4 horas, analisando seu comportamento a cada hora. O abatimento inicial de 150 mm foi restabelecido nos tempos pré-determinados por quatro processos de ajustes distintos: somente com água e água com aditivo superplastificante em três diferentes dosagens (1,5%, 3,0% e 4,5% da massa de água). Com a utilização do superplastificante uma menor quantidade de água é

necessária para ajustar o abatimento, com isso as relações água-cimento finais das misturas com o aditivo são mais baixas do que se utilizada somente água pura. Assim, a diminuição da resistência à compressão destes concretos onde o abatimento foi restabelecido com aditivo superplastificante é menor do que a diminuição da resistência daqueles concretos ajustados com água pura. Mesmo pequenos aumentos são observados na resistência à compressão dos concretos que são ajustados com superplastificante (especialmente para o caso de ajuste com superplastificante 4,5%).

Situações práticas mostram sim que, muitas vezes, caminhões ficam carregados com concreto por 4 ou 5 horas, em função de atrasos no transporte ou na descarga, caracterizando um tempo bem acima do limite especificado pela norma. Face ao exposto, observa-se a necessidade de um melhor conhecimento do impacto que concretos quando mantidos em mistura prolongada geram nas estruturas, minimizando com isso manifestações patológicas no concreto. Com isso, o objetivo desse estudo é investigar a resistência à compressão e a manutenção da trabalhabilidade de concretos quando mantidos em mistura por até 6 horas com a incorporação de aditivo superplastificante.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Materiais Utilizados

Os concretos foram produzidos com cimento Portland composto (CP II Z 32), que apresentou tempo de início de pega de 185 minutos e final de pega em 235 minutos. Demais características estão detalhadas em Polesello⁸.

O agregado miúdo utilizado foi uma areia quartzosa, com massa específica de 2,62 kg/dm³ e dimensão máxima característica igual a 4,75 mm com módulo de finura de 2,54. Optou-se pela utilização de dois agregados graúdos de origem basáltica, definidos como brita 1 e brita 0, apresentando massas específicas de 2,80 kg/dm³ e 2,82 kg/dm³, respectivamente. A dimensão máxima da brita 1 foi de 19,0 mm com módulo de finura de 6,82 e a brita 0 com dimensão máxima de 9,5 mm e módulo de finura 5,70.

A água utilizada foi da rede de abastecimento da cidade de Porto Alegre e os aditivos adotados caracterizaram-se por um plastificante de pega normal, usual na produção do concreto da central dosadora, com densidade média fornecida pelo fabricante de 1,05 g/cm³ e por um aditivo superplastificante a base policarboxilato, para correção do abatimento ao longo do tempo, com densidade média de 1,08 g/cm³.

Programa Experimental

A produção dos concretos realizou-se em uma central dosadora de concreto, para três relações a/c (água/cimento), analisando-se o concreto em cinco diferentes tempos de mistura, conforme detalha a figura 1.

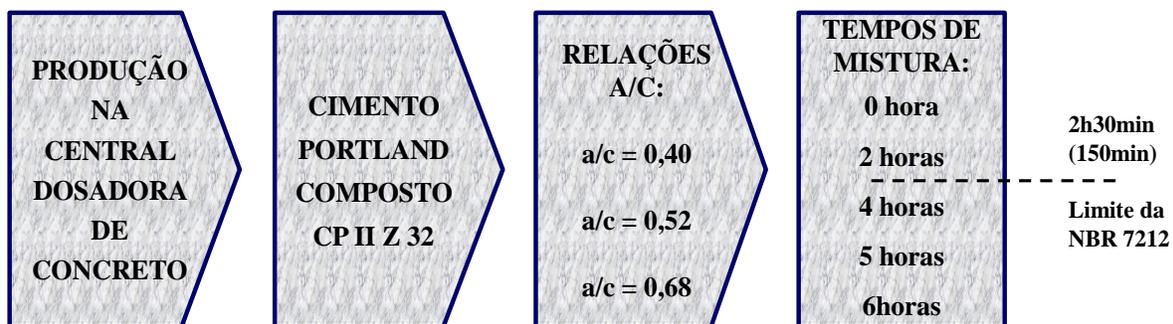


Figura 1: estruturação das variáveis do programa experimental

As relações a/c foram escolhidas por apresentarem consumos de cimento bem diferenciados, com a finalidade de avaliar o comportamento em três faixas de resistências distintas. Polesello⁸ detalha as dosagens adotadas que se caracterizam pela composição, em massa, de cimento, areia natural, brita 0, brita 1, água e aditivo plastificante. O agregado graúdo é composto por 85% com brita 19 mm e 15% de brita 9,5 mm e a dosagem do aditivo plastificante é de 0,6% sobre a massa de cimento. O abatimento foi fixado em 120±20 mm.

Além do concreto quando recém-misturado e no tempo de mistura de 6 horas, adotaram-se outros pontos intermediários para conhecer melhor o comportamento durante esses primeiros tempos de mistura. Optou-se por intervalos de tempos de 2 horas, porém como havia possibilidade de outro tempo adicional adotou-se 5 horas e não 3 horas por entender que quanto mais o concreto permanecer misturando maior a probabilidade de ocorrer alteração nas propriedades analisadas. A trabalhabilidade do concreto no estado fresco foi determinada através do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme a NBR NM 67¹⁰. A proposta da pesquisa é manter a trabalhabilidade do concreto com a utilização de aditivo superplastificante à base policarboxilato ao longo de um período de 6 horas a partir da mistura inicial dos materiais, onde há o primeiro contato das partículas de cimento com a água.

Posterior à adição e homogeneização total dos materiais fez-se a verificação da trabalhabilidade da mistura. O concreto permaneceu no caminhão betoneira em rotação mínima ao longo de todo tempo estudado com agitação em rotação máxima antes de cada verificação do abatimento por um período de 5 minutos que ocorreu nos tempos de 120 (2h), 180 (3h), 240 (4h), 300 (5h) e 360 (6h) minutos. Depois de verificado, através da incorporação de aditivo superplastificante, adotou-se o procedimento do restabelecimento do abatimento à condição inicial da mistura (120±20 mm), conforme detalhado pela figura 2.

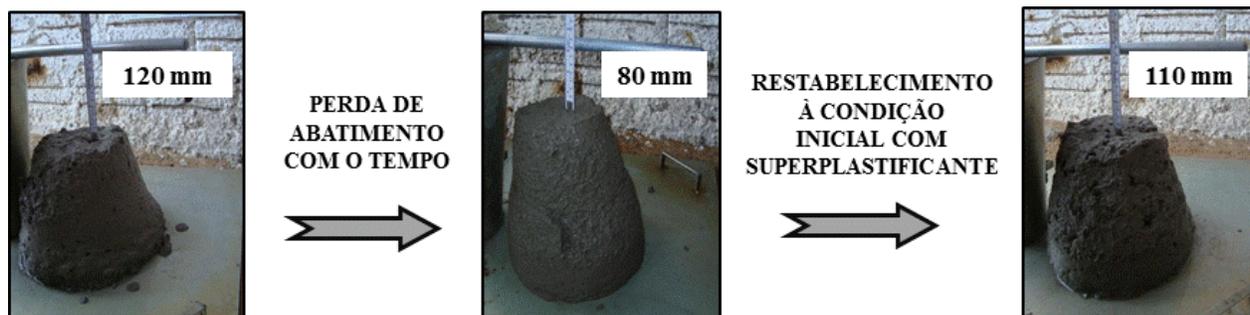


Figura 2 – verificação do abatimento com restabelecimento à condição inicial (120±20mm) através da incorporação de aditivo superplastificante à mistura ao longo do período de 6 horas

Após a verificação e restabelecimento do abatimento, conforme processo detalhado acima foi moldado os corpos de prova, para verificação da resistência à compressão, e blocos de concreto, para análise do comportamento do concreto em relação ao lançamento e adensamento (figura 3).



Figura 3 – moldagem dos corpos de prova e concretagem dos blocos de concreto após a incorporação do aditivo superplastificante, em cada tempo estudado

Os corpos-de-prova, após a moldagem, permaneceram em local protegido cobertos com lona plástica durante as primeiras 24 horas para evitar saída de água por evaporação, quando então foram desmoldados e devidamente identificados. Após identificação foram colocados num tanque de água saturada com cal a uma temperatura de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, na câmara climatizada do laboratório do NORIE/UFRGS para sua cura até a idade de ensaio, aos 28 dias, conforme prescreve a norma NBR 5738¹¹.

A resistência à compressão foi verificada aos 28 dias acordo com a NBR 5739¹² e o preparo das bases dos corpos-de-prova, buscando garantir a planicidade e perpendicularidade entre elas, foi realizado através de processo de retificação no dia anterior ao ensaio de compressão. O ensaio de compressão foi realizado utilizando-se uma máquina servo controlada Shimadzu de 2.000 KN a uma velocidade de aplicação de tensão de 0,45 MPa/s, que foi mantida constante durante todo o ensaio.

RESULTADOS

Resistência à Compressão

Os resultados médios obtidos aos 28 dias de idade, assim como o desvio padrão e o coeficiente de variação no ensaio à compressão estão expressos na tabela 1. O comportamento das resistências médias obtidas pode melhor ser visualizado pela figura 4.

Tabela 1 – resultado médio de resistência à compressão, desvios e coeficientes de variação obtidos aos 28 dias

		0h	2h	4h	5h	6h
a/c=0,68	Média (MPa)	27,5	26,4	25,7	25,3	25,2
	Desvio (MPa)	0,4	0,7	0,7	0,6	0,6
	Coef. Var. (%)	1,6	2,8	2,6	2,3	2,2
a/c=0,52	Média (MPa)	40,1	40,8	41,3	38,3	40,0
	Desvio (MPa)	1,9	1,7	1,0	2,3	2,1
	Coef. Var. (%)	4,7	4,3	2,4	6,0	5,3
a/c=0,40	Média (MPa)	50,1	48,3	47,9	47,4	48,0
	Desvio (MPa)	1,9	2,7	1,8	2,2	2,0
	Coef. Var. (%)	3,7	5,7	3,8	4,7	4,2

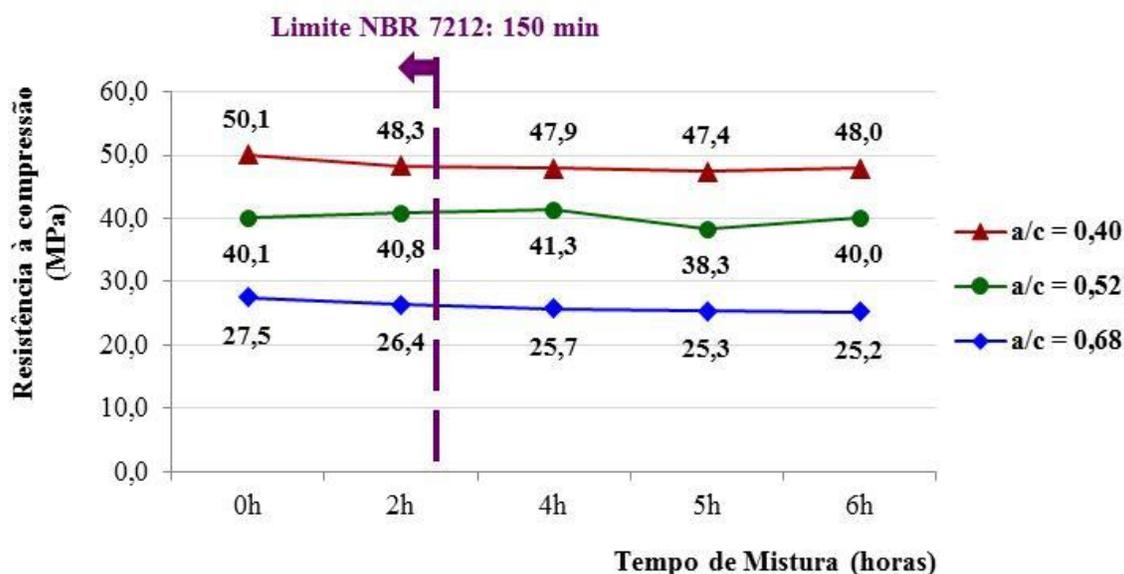


Figura 4 – resultado médio obtido de resistência à compressão em cada tempo estudado

Pelos resultados apresentado observa-se que mesmo após 6 horas de mistura houve uma manutenção da resistência à compressão, com baixa variação dos resultados conforme se observa pelos coeficientes de variação determinados. Esse comportamento foi confirmado estatisticamente pela análise de variância (ANOVA), apresentado pela tabela 2, onde o tempo de mistura não se mostrou significativo. Concretos com até 6 horas de mistura, quando mantido o abatimento com a incorporação de aditivo superplastificante, apresentam resultado de resistência à compressão estatisticamente igual se comparados com concretos recém-misturados.

Tabela 2 - resultados da ANOVA para resistência à compressão

FONTE	SQ	GDL	MQ	TESTE F	PROB.	SIGNIFICÂNCIA
A: Relação a/c	3819,51	2	1909,75	677,88	0,00%	S
B: Tempo de Mistura	24,89	4	6,22	2,21	8,36%	NS
AB	13,88	8	1,74	0,62	75,97%	NS
Erro	84,52	30	2,82			
TOTAL	3942,79	44				

SQ - Soma Quadrada GDL - Graus de Liberdade MQ - Média Quadrada TESTE F - Valor calculado de F
 PROB. - Nível de Significância associado ao valor calculado de F S - Significativo NS - Não Significativo

Manutenção da Trabalhabilidade

A manutenção do abatimento foi garantida com a incorporação do aditivo superplastificante à mistura em cada tempo avaliado buscando o restabelecimento à condição inicial. Esse comportamento está ilustrado na figura 5.

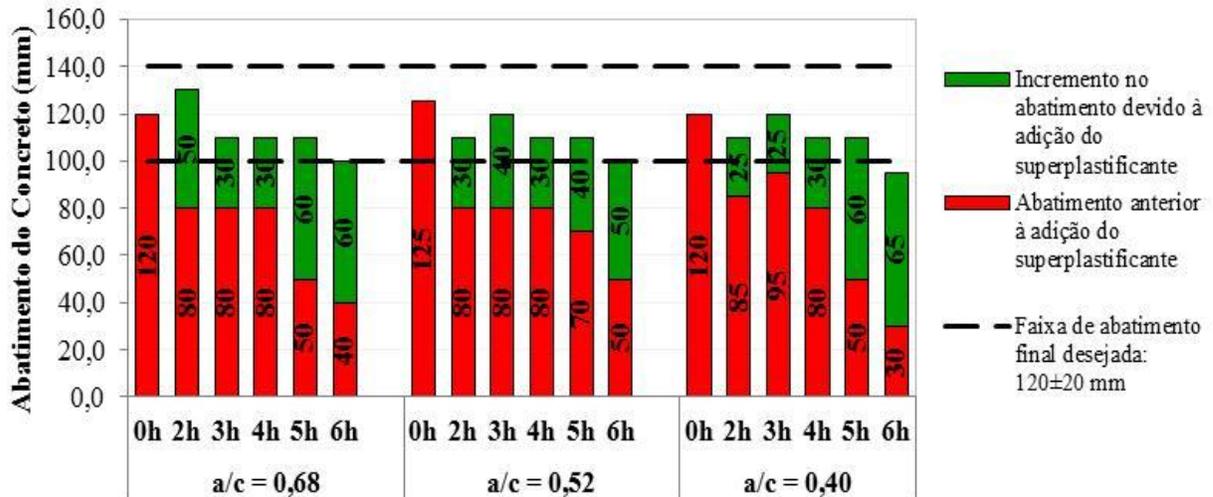


Figura 5 – abatimento e incremento no abatimento pela adição do aditivo para cimento tipo CP II de concretos produzidos em central de concreto

A dosagem total do aditivo superplastificante até o tempo de 6 horas, em todas as situações apresentadas, respeitou o limite especificado pelo fabricante para esse aditivo que está entre 0,2% a 1,0%.

Como pode ser observado foi possível a manutenção da trabalhabilidade do concreto por até 6 horas com a utilização do aditivo superplastificante à base policarboxilato. Essa manutenção no abatimento permitiu um adequado lançamento e adensamento do concreto quando no estado fresco. Essas boas condições para lançamento e adensamento foram, posteriormente, confirmadas pela análise do acabamento final obtido nos blocos de concreto, visualizado após sua desforma, conforme ilustra a figura 6, correspondente ao concreto com a maior relação água/cimento ($a/c=0,68$).



Figura 6 – acabamento obtido nos blocos de concreto

CONCLUSÕES

Com a manutenção do abatimento do concreto através da incorporação de aditivo superplastificante, verificou-se que é possível a utilização e aplicação de concretos com até 6 horas de mistura, excedendo limites especificados por norma, sem que ocorram problemas patológicos relacionados a perdas de resistências à compressão e ocorrência de nichos de concretagem pela dificuldade de lançamento e adensamento. Cabe salientar que os resultados aqui apresentados foram obtidos para os materiais caracterizados nesse artigo. Diferentes materiais, principalmente cimentos e o aditivo utilizado na manutenção do abatimento, devem ser previamente testados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NEVILLE, A.M. Propriedades do Concreto. Tradução Salvador E. Giammusso. 2 ed. São Paulo: PINI, 1997.
2. MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
3. WEIDMANN, D. F.; OLIVEIRA, A. L.; SOUZA, J.; PRUDÊNCIO JR, L. R.; BIACHINI, M. Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água para o uso em centrais de concreto: estudo de caso, 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves-RS, IBRACON, 2007.
4. TEIXEIRA, R. B.; PELISSER, F. Análise da perda de resistência à compressão do concreto com adição de água para correção da perda de abatimento ao longo do tempo. 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves-RS, IBRACON, 2007.
5. ERDOĞDU, S. Effect of retempering with superplasticizer admixtures on slump loss and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing. Cement & Concrete Research 35, 907-912, 2005.
6. RAMACHANDRAN, V. S. Effect of retarders / water reducers on slump loss in superplasticized concrete. American Concrete Institute Special Publication 68, 393-407, 1981.
7. KIRCA, Ö.; TURANLI, L.; ERDOĞAN, T. Effects of retempering on consistency and compressive strength of concrete subjected to prolonged mixing. Cement & Concrete Research 32, 441-445, 2002.
8. POLESELLO, E. “Avaliação da resistência à compressão e da absorção de água de concretos utilizados após o tempo máximo de mistura e transporte especificado pela NBR 7212”, Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7212: Execução de concreto dosado em central. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 7p.
10. _____ NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 8p.
11. _____ NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3p.
12. _____ NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. São Paulo, 2007. 9p.