

Análise do consumo de aditivo à base de policarboxilato e sua relação com o desempenho de concretos com resíduos de RCD

(Analysis of the consumption of polycarboxylate additive and its relation with the performance of concrete with RCD residues)

D. H. dos Santos¹; K. K. B. Rosa², M. E. B. da Silva², W. L. Repette²

¹ Departamento de Eng. Civil do IFSC - Criciúma

Rodovia SC 443, nº 845, Km 1, Bairro Vila Rica, Criciúma, Santa Catarina

² Programa de pós-graduação em Eng. Civil da UFSC

Rua João Pio Duarte da Silva, 241, Córrego Grande, Florianópolis, Santa Catarina

diego.haltier@ifsc.edu.br

Resumo

O setor da construção civil é um dos setores que mais impactam devido a elevada geração de resíduos sólidos (RCD). Desta forma o presente trabalho objetivou-se a estudar o emprego de RCDs em concretos, verificando experimentalmente a influência do aditivo superplastificante, à base de policarboxilato, na manutenção da fluidez e no comportamento mecânico à compressão aos 07, 14 e 28 dias. Para essa análise substituiu-se parcialmente a areia natural pelo RCD nas proporções de 25% e 50% com o fator água/cimento (a/c) fixo verificando experimentalmente a necessidade de incremento do consumo de aditivo superplastificante; e variando o teor de água de mistura mantendo fixa o aditivo em 0,5% em relação à massa de cimento. Com base nos resultados obtidos o uso combinado do resíduo com aditivo superplastificante à base de policarboxilato melhorou o desempenho mecânico dos concretos mantendo fluidez adequada quando fixado o fator a/c sendo, portanto, uma alternativa viável.

Palavras chave: superplastificante, policarboxilato, resíduos de construção, concreto

Abstract

The construction sector is one of the sectors that most impact due to high solid waste generation (RCD). In this way, the present work aimed to study the use of RCDs in concretes, verifying experimentally the influence of the superplasticizer additive, based on polycarboxylate, in the maintenance of fluidity and in the mechanical behavior to compression at 07, 14 and 28 days. For this analysis the natural sand was partially replaced by RCD in the proportions of 25% and 50% with fixed w/c, verifying experimentally the need to increase the consumption of superplasticizer additive; and varying the water content of the mixture keeping the additive fixed at 0.5% relative to the mass of the cement. Based on the results obtained, the combined use of the residue with polycarboxylate superplasticizer additive improved the mechanical performance of the concretes, maintaining adequate fluidity when the w/c factor was fixed, and therefore a viable alternative.

Keywords: superplasticizer, polycarboxylate, building residue, concrete

INTRODUÇÃO

Estudos sobre as questões ambientais ganham um destaque cada vez maior na sociedade atual. Acredita-se que o futuro da humanidade está dependente das ações tomadas hoje pelo homem. Portanto, a busca por soluções aos problemas ambientais no setor da construção civil, um dos setores que mais impactam o meio ambiente, como a utilização de materiais mais sustentáveis, a reciclagem de resíduos da construção civil, tornou-se indispensável.

Os resíduos da construção e demolição (RCD) são provenientes de atividades de construção, reforma ou demolição e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, sendo constituídos por um conjunto de materiais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, metais, resinas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, vidros, plásticos, entre outros (CONAMA, 2002) [1].

De acordo com a ABRELPE (2016) [2] a quantidade total de RCD coletado pelos municípios do Brasil atingiu o índice de 0,600 kg/hab/dia, valor menor que os anos anteriores indicando um melhor uso dos recursos com menores desperdícios desde 2010. A região Sul apresenta índice abaixo da média nacional (0,568 kg/hab/dia) enquanto as regiões Sudeste (0,741 kg/hab/dia) e Centro-Oeste (0,882 kg/hab/dia) apresenta os maiores índices. Estes números indicam uma elevada quantidade de resíduos que podem ser reutilizados pelo setor da construção civil.

De acordo com NEVILLE e BROOKS (2013) [3] os superplastificantes são utilizados para produzir concreto fluído em situações em que é necessário o lançamento em locais inacessíveis, em pisos ou lajes, ou onde é necessário um lançamento rápido. Uma segunda utilização é na produção de concreto de alta resistência e com trabalhabilidade normal, mas com relação água/cimento muito baixa.

Atualmente o mercado disponibiliza aditivos superplastificantes de terceira geração que possuem como base éteres policarboxílicos. Esses aditivos, além de serem quimicamente diferentes dos aditivos de segunda geração, normalmente baseados em melamina e naftaleno sulfonado, também possuem mecanismo de ação diferentes, provocando a dispersão do cimento por estabilização estérica em vez da repulsão eletrostática, sendo, portanto, mais eficientes (Aïtcin e Flatt, 2016) [4].

Os aditivos dispersantes à base de policarboxilato pode ser definidos como polímeros contendo uma estrutura combinada e apresentam uma cadeia principal que se adsorve, em argamassas e concretos, às partículas de cimento e que, por sua vez, estabilizam o sistema por impedimento estérico (FLATT et al., 2009) [5].

A aplicação de concretos com resíduos de construção e demolição (RCD), podem contribuir com a tecnologia dos materiais de construção e favorecer o desenvolvimento sustentável. Desta forma buscou-se o estudo de materiais que produzam menor impacto ambiental e que melhorem as características físico-mecânicas de concretos para fins estruturais. O objetivo foi analisar o uso de aditivos superplastificantes e sua demanda quando utilizados em conjunto com os RCDs, em diferentes proporções, verificando no estado fresco a fluidez e trabalhabilidade e no estado endurecido se há acréscimo de resistência mecânica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

O cimento utilizado como aglomerante para produção dos concretos desenvolvidos nesta pesquisa foi CP IV - 32 fabricado pela empresa Pozosul. Este cimento pode ser considerado um dos mais ecológicos pois utiliza 15 a 50% de resíduos diversos com características pozolânicas que além de economizar recursos ambientais não renováveis, energia do processo, redução de CO₂ ainda gera concretos e argamassas menos permeáveis, mais resistentes e duráveis. O cimento CP IV - 32 da Pozosul é produzido com resíduo gerado após a queima do carvão mineral, matéria prima abundante na região Sul de Santa Catarina, usado como fonte de energia térmica para produção de energia elétrica pela empresa Tractebel, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

O agregado miúdo de referência utilizado para produção dos concretos foi a areia natural proveniente da bacia hidrográfica do Rio Urussanga no município de Morro da Fumaça e recebeu nomenclatura de AN. Como substituição parcial a areia natural de rio foi utilizado um resíduo da construção de demolição, adotado como nomenclatura RCD, processado e beneficiado pela empresa 3R's localizada no município de Criciúma. O agregado graúdo adotado foi proveniente da rocha basáltica e disponível em grande quantidade em toda a região, usando como nomenclatura Brita. Este material foi o mesmo para todos os traços adotados.

O superplastificante utilizado foi o CQ FLOW 3740 da empresa Camargo Química sendo um éter policarboxilato isento de cloretos. Classificado como Superplastificante tipo SP-II, indicado para reduzir grande quantidade de água de amassamento e conferir excelente trabalhabilidade sem alterar o tempo de pega. O aditivo possui aspecto de um líquido castanho, com pH variando entre 4,5 a 6,5 e sua densidade entre 1,03 e 1,07 g/cm³. O aditivo atende aos requisitos das normas NBR 11768 (tipo P e SP) e ASTM C494 (tipo A e F). A dosagem indicada pelo fabricante é de 0,5 a 1,0% em relação a massa de cimento, devendo ser dosado após a adição de 70% da água de amassamento. Dessa forma, a redução da água de amassamento aproximada do aditivo é de até 40%, podendo variar de acordo com a dosagem do aditivo, o tipo de cimento e traço utilizado.

Métodos

A amostra de RCD foi coletada na empresa 3R's, obedecendo os procedimentos prescritos na NBR NM26/09 [6] e NBR NM27/01 [7]. Todos os agregados, miúdos e graúdos, foram previamente homogeneizados, secos em estufa a 105±5°C por 24h, hermeticamente embalados e acondicionados em local adequado.

Para a caracterização granulométrica dos agregados miúdos e graúdos, os materiais foram devidamente preparados e ensaiados conforme prescrições da norma NBR NM 248/03 [8].

A massa específica dos agregados miúdos foi obtida por meio dos procedimentos prescritos na NBR NM 52/09 [9] enquanto o ensaio realizado para o agregado graúdo ocorreu em conformidade com a NBR NM 53/2009 [10].

Para a produção dos concretos adotou-se como referência o traço 1:2:2 (cimento:agregado miúdo:agregado graúdo) e um slump de 10±1 cm. O fator água/cimento (a/c) para produzir a fluidez desejada sem a utilização do superplastificante foi de 0,50 sendo este traço denominado de T0. Produziu-se em seguida o traço T0a, utilizando uma proporção de 0,5% de

superplastificante dosado em relação a massa de cimento, onde o fator a/c foi obtido experimentalmente para a fluidez desejada resultou em 0,41.

Iniciou-se então a substituição parcial do agregado miúdo natural por RCD nas proporções de 25% e 50%, com o fator a/c fixo em 0,41 e obtendo experimentalmente a dosagem de superplastificante necessária para a fluidez desejada. Estes traços receberam, respectivamente, a nomenclatura de T25a e T50a.

Por fim fixou-se a quantidade de superplastificante em 0,5% e aumentou-se o fator a/c até a que fluidez adotada fosse atingida nos traços com 25% e 50% de RCD, recebendo a nomenclatura, respectivamente, de T25b e T50b.

Como procedimento de mistura todos os agregados secos foram misturados por 2min com metade da água, adicionando o cimento com mais 20% da água e misturando por 1min e por fim, foi colocado o aditivo com 30% da água de amassamento misturando por mais 1min e totalizando 4min de mistura. Após este procedimento realizava-se o slump test. Alguns traços foram redosados misturando o aditivo ao concreto por mais 1 min.

Para todos os traços adotados neste trabalho foram moldados 9 corpos de prova (CP's) cilíndricos de 10x20 cm, sendo 3 CP's por idade, desmoldados após 24h da moldagem e realizada cura submersa em tanque de água com cal hidratada até a idade de ruptura. A Tabela 1 apresenta as dosagens desenvolvidas neste trabalho.

Os corpos de prova foram retirados da cura, retificados e rompidos nas idades de 7,14 e 28 dias seguindo os procedimentos normativos da NBR 5739/ 07 [11].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos das massas retidas em cada uma das peneiras foi possível traçar a curva de distribuição granulometria, ilustrada na Figura 1, e calcular a Dimensão Máxima Característica (DMC) e o Módulo de Finura (MF) de cada uma das amostras.

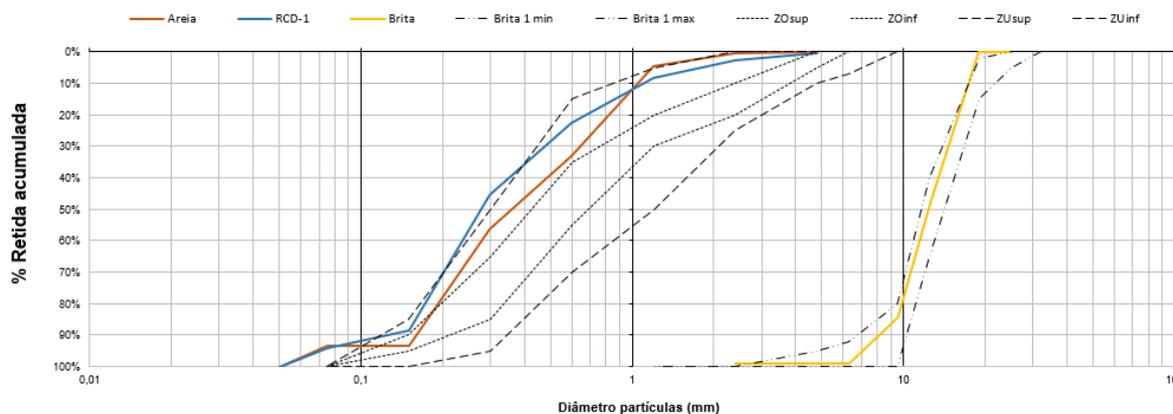


Figura 1: Distribuição granulométrica dos agregados

Tanto a areia natural quando o RCD apresentaram um DMC de 2,4 mm e a brita um DMC de 12,5 mm. O módulo de finura da amostra AN foi de 1,9 e do RCD de 1,7 e para a brita o valor foi de 6,8. Todas as amostras apresentaram-se bem distribuídas, com granulometria contínua, no entanto os agregados miúdos apresentaram aproximadamente 6% de partículas menores que 0,075mm.

A massa específica dos agregados além de influenciar na densidade dos concretos nos estados fresco e endurecido podem facilitar a segregação dos concretos durante o lançamento na fôrma e indicar a viabilidade em usos específicos.

Os resultados obtidos para os agregados miúdos e graúdos, podem ser visualizados na Figura 2, e segundo MEHTA e MONTEIRO (2008) [12] conferem com os valores obtidos para muitas rochas comumente utilizadas na construção civil (como granitos, gnaisses, basaltos, arenitos e calcários).

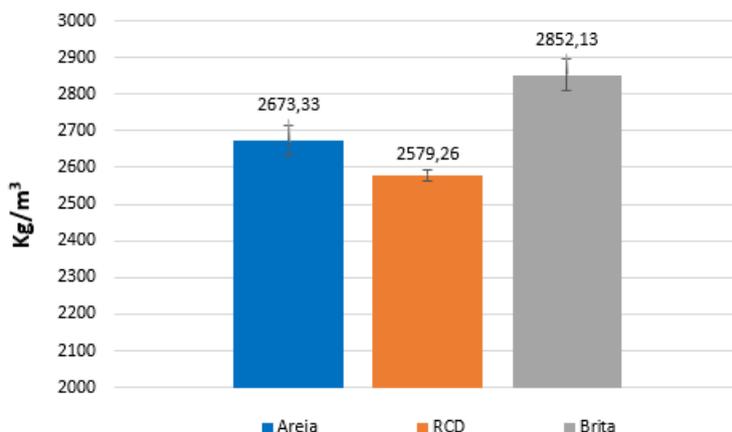


Figura 2: Massa específica dos agregados

As dosagens finais obtidas para cada um dos traços são apresentadas na Tabela 1 a seguir. Observa-se que o uso de 0,5% do superplastificante reduziu o fator a/c, para o traço com areia natural, em 18% mantendo a mesma fluidez.

Tabela I: Dosagens finais obtidas para a produção dos concretos

TRAÇO	CIM	AN	RCD	BRITA	ÁGUA	ADIT.	SLUMP (cm)
T0	1	2	0	2	0,50	0,0%	10,0
T0a	1	2	0	2	0,41	0,5%	10,5
T25a	1	1,5	0,5	2	0,41	0,7%	9,0
T50a	1	1	1	2	0,41	1,1%	10,0
T25b	1	1,5	0,5	2	0,48	0,5%	10,0
T50b	1	1	1	2	0,61	0,5%	9,5

Adotando como referência o traço T0a, a substituição de 25% da areia AN por RCD (T25a) demandou um acréscimo de 40% de aditivo superplastificante atingido um teor de 0,7%. Ao substituir 50% da areia por RCD (T50a), essa demanda aumentou em 120% em relação ao T0a chegando a um teor total de 1,1% (próximo ao limite máximo de 1,0% recomendado pelo fabricante).

Embora o teor de partículas menores que 0,075mm seja idêntico nos agregados miúdos, o fato do RCD ser um pouco mais fino que o agregado AN, associado à sua forma mais irregular que a areia natural, certamente contribuíram para o aumento na demanda de aditivo superplastificante observado.

Analisando agora, os traços T25b e T50b onde foram fixados o teor de superplastificante em 0,5% e aumentado o fator de a/c para obter a mesma fluidez do traço de referência, T0a, nota-se que a incorporação de 25% do RCD demanda um acréscimo de aproximadamente 17% de água ($a/c=0,48$) e a incorporação de 50% do RCD necessita de uma acréscimo de aproximadamente 49% de água ($a/c=0,61$).

Pode-se observar a verificação do abatimento dos traços de concreto através do ensaio de slump test, ilustrado pela Figura 3, em que os mesmos obtiveram resultados satisfatórios dentro da faixa desejada que foi de 10 ± 1 cm. O uso do aditivo superplastificante de terceira geração mostrou-se eficaz produzindo concretos com textura mais lisa e compacta, maior coesão entre os materiais e sem segregação.



Figura 3: Verificação do abatimento dos traços de concreto

Os corpos de prova após o processo de cura foram submetidos ao ensaio de resistência mecânica à compressão axial, nas idades de 07, 14 e 28 dias, e podem ser visualizados na Figura 4 a seguir. Observa-se que o uso de 0,5% de aditivo superplastificante no concreto com agregado AN resulta em um incremento de resistência de aproximadamente 10,5% aos 14 dias e 19% aos 28 dias. Esse aumento de resistência pode resultar em menor consumo de cimento reduzindo o custo de produção e contribuindo ambientalmente.

A substituição parcial da areia natural por RCD ocasionou em perda de resistência mecânica. Em relação ao traço T0a, o traço T25a foi aproximadamente 23% menor e o traço T50a foi aproximadamente 18% menor. No entanto os traços utilizando RCD apresentaram resistência superior a 35MPa com ampla possibilidade de utilização estrutural nas obras. Vale ressaltar que o traço T25a, com 50% de RCD, apresentou um aumento de 6% em relação ao traço T25a, utilizando 25% de RCD, possibilitando maior incorporação de resíduos, reduzindo custos com insumos e gerando maiores benefícios ambientais.

Entretanto, a estratégia de manter o uso de aditivo fixo em 0,5% e alterar o fator a/c, gerou queda de resistência mecânica significativa. O Traço T25b foi proximamente 58% e 45% menor em relação aos traços T0a e T25a, respectivamente. Já o traço T50b apresentou uma melhora com reduções de 40% e 26% menor em relação aos traços T0a e T50a, respectivamente. Novamente o uso de maior quantidade de RCD (T50b) apresentou resultados mecânicos

melhores, com aumento de 43% em relação ao T25b, indicando seu uso e contribuindo ambientalmente.

A diferença mecânica entre os traços utilizando resíduos e aditivo superplastificante é menor quando o fator a/c é reduzido, diminuindo a influência negativa do excesso de água adicionado aos concretos para promover a fluidez.

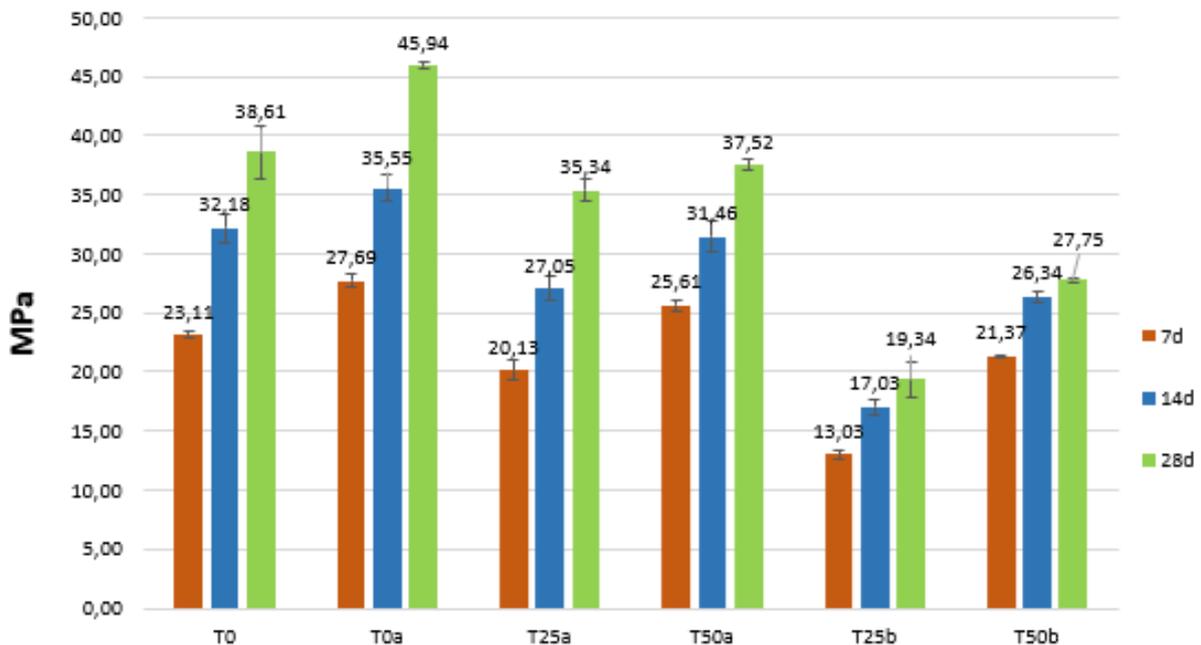


Figura 4: Resistência à compressão axial dos concretos

CONCLUSÕES

Analisando os agregados, o resíduo RCD é um pouco mais fino que a areia natural, no entanto as amostras estão dentro do limite inferior normativo. O resíduo RCD é mais leve que a areia natural o que pode contribuir para reduzir a densidade dos concretos. O aditivo superplastificante mostrou-se eficaz para manter a fluidez do concreto, reduzindo o fator a/c das dosagens, independente dos agregados utilizados, mostrando-se eficaz também para uso de até 50% de resíduos sólidos de construção e demolição analisados neste trabalho. Do ponto de vista da resistência mecânica a incorporação do RCD reduz a resistência do concreto em relação ao uso de agregados naturais, no entanto os valores obtidos são de uso convencional em grande quantidade de obras. O uso de 50% do RCD combinado com 1,1% de aditivo superplastificante gerou resultados satisfatórios, sendo mecanicamente igual ao concreto produzido com areia natural sem aditivo, e desta forma o traço T50a foi o mais indicado para uso e reprodução em obras.

AGRADECIMENTOS

A 3R's Reciclagem de resíduos da construção civil, Cimentos Pozosul e Camargo Química pela doação dos materiais. Ao IFSC-Criciúma e PPEGEC-UFSC pelo suporte e apoio.

REFERÊNCIAS

- [1]. CONAMA, Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Diário Oficial da União, (2002).
- [2]. ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, ano 2016. ISSN 2179-8303. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em 17 de agosto de 2018.
- [3]. NEVILLE, A. M.; BROOKS. J. J. Tecnologia do Concreto. Tradução Ruy Alberto Cremonini. 2ª edição, editora Bookman, São Paulo, 2013.
- [4]. AÏTCIN, P. C., FLATT, J. R., Science and Technology of Concrete admixtures. Cambridge, Woodhead Publishing, 2016.
- [5]. FLATT, R. J. et al. Conformation of Adsorbed Comb Copolymer Dispersants. Langmuir, v. 25, p. 845-855, 2009.
- [6]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 26 - Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2009.
- [7]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 27 - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001.
- [8]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 248 - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [9]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 52 - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [10]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 53 - Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.
- [11]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739 - Concreto - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.
- [12]. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. 3ª edição, São Paulo/SP, Editora Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2008.