

Reciclagem de resíduos da produção de concreto em aplicação estrutural

Cristofer Bernardi Scremim (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) cristoferscremim@hotmail.com

Vsévolod Mymrin (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) seva6219@gmail.com

Sabrina Ligiane Galvão (Universidade Tuiuti do Paraná) sasa.ligi@gmail.com

José Dea Junior (Universidade Tuiuti do Paraná) josedea@hotmail.com.br

Resumo:

Sustentabilidade é uma realidade nos mais diversos setores produtivos, não sendo diferente na indústria da construção. A implantação de sistemas de reciclagem é fundamental para garantir competitividade às empresas. Dentre os vários resíduos gerados na cadeia produtiva do concreto foram selecionados os sedimentos provenientes do processo de lavagem do interior do balão do caminhão betoneira. Este artigo propõe a incorporação desses resíduos como agregados em concretos com finalidade estrutural. As propriedades mecânicas do concreto foram avaliadas por meio de ensaios de resistência mecânica à compressão axial, aos 3, 7, 21 e 28 dias de cura para 3 traços com 2,5%; 5,0%; 7,5% de resíduos e comparadas a um traço de referência. Os resultados obtidos nessa pesquisa afirmam o potencial de uso desse resíduo na produção de novos concretos.

Palavras chave: Reciclagem, Resíduos, Concreto.

Reuse of concrete production wastes in structural application

Abstract

Sustainability is a reality in various productive sectors, is not different in the construction industry. The implementation of recycling systems is essential to ensure competitiveness to the companies. For this study it was selected the sediments from the cleaning process of the of the cement truck.

This article proposes the incorporation of concrete production wastes as aggregate in concrete for structural purposes. The mechanical properties of concrete were evaluated by mechanical resistance to axial compression tests in 3, 7, 21 and 28 days of curing for 3 compositions with 2.5%; 5.0%; 7.5%, of concrete production wastes, compared to a standard composition. The results indicate the job mobility of this waste in concrete production. The results obtained in this study affirm the potential of this waste in concrete production.

Key-words: Recycling, Wastes, Concrete.

1. Introdução

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) no ano de 2012 a produção de concreto alcançou a marca de 51 milhões de m³. Em pesquisa divulgada pela mesma instituição há uma projeção de que a produção de concreto dosado em central chegará a 72,3 milhões de m³ no ano de 2017. De acordo com os estudo de Repette (2005) é possível estimar a geração de resíduos provenientes do processo de lavagem dos caminhões de betoneira – fração sólida - adotando um volume de 100 litros de resíduo a cada 8m³ de concreto produzido, chega-se a um volume previsto de 903,75 mil m³ para o ano de 2017. A Associação Brasileira de serviços de Concretagem (ABESC) divulgou em um estudo uma estimativa de que cerca de 2% do volume de concreto produzido no Brasil em Centrais Dosadoras retorna para as usinas e é descartado como resíduo (VIEIRA et al., 2013).

Há uma preocupação com a redução dos impactos ambientais gerados pela produção, utilização e descarte do concreto, podendo ser mensurado por meio de análise do ciclo de vida

do produto (TURK et al., 2015); (GURSEL et al., 2016). Várias são as pesquisas desenvolvidas em todo o mundo com o objetivo de incorporar resíduos de processos industriais em concretos (MOHAMMAD et al., 2016); (ALIABDO et al., 2016); (PAUL et al., 2016) esse concreto que possui resíduos em sua composição é comumente denominado “green concrete” (BLASZCZYŃSKI et al., 2015); (HUNG MO et al., 2016).

Os resíduos incorporados podem participar da mistura como agregado miúdo (TIWARI et al., 2016); (NOVÁKOVÁ et al., 2016); (IMAN et al., 2016) como agregado graúdo (YAZDANBAKHSI et al., 2016) como substituto parcial do cimento (GIRSKAS et al., 2016); (EVI APRIANTI, 2016) como adição de finos (BOUDALI et al., 2016). Embora grande parte das pesquisas abordem concretos convencionais (ANDAL et al., 2016), é possível destacar que há aplicações em concreto de alto desempenho (ZEGARDLO et al., 2016); (SOLIMAN et al., 2016) concretos refratários (STONYS et al., 2016) concretos leves (MAKUL et al., 2016) concretos auto cicatrizantes (SEÑAS et al., 2016) dentre outros. O foco das pesquisas está direcionado a duas questões principais, sendo elas a avaliação da interferência provocada pelo emprego de resíduos nas propriedades do produto final e; proposição de soluções para minimizar as interferências mensuradas.

Os resíduos gerados no processo de produção de concreto são três: (i) lavagem do caminhão betoneira; (ii) limpeza das instalações e controle tecnológico e; (iii) o concreto no estado fresco resultante de sobras de obra. Para o caso (i) ainda pode-se preparar novos concretos com a fração líquida – água (ASADOLLAHFARDI et al., 2016); (PAULA et al., 2014); (PAULA et al., 2015); (UCKER et al., 2013) e também aproveitar a fração sólida (XUAN et al., 2016); (AZEVEDO et al., 2014).

No Brasil ainda não há uma legislação específica para incorporação de resíduos em concretos com finalidade estrutural, no entanto a NBR 15116 (ABNT, 2004) contempla as características e parâmetros para produção de concretos sem finalidade estrutural. Este artigo tem por objetivo analisar influência da incorporação de resíduos da produção de concreto nas propriedades mecânicas de concretos estruturais.

2. Materiais e programa experimental

A presente pesquisa avaliou propriedades do resíduo da produção de concreto (R_{PCON}) resultante do processo de limpeza dos balões dos caminhões betoneira bem como as propriedades mecânicas do concreto com resíduo incorporado em sua composição. Foram avaliadas as propriedades do concreto no estado fresco e no estado endurecido.

Para determinar os teores de resíduo a ser incorporado na mistura, foram definidos os limites de abrangência dessa pesquisa, tendo em vista: propor viabilidade técnica e econômica para uso contínuo dentro do processo de produção. Para isso o R_{PCON} foi substituído na fração de agregado miúdo da mistura, mais especificamente na porção de areia artificial em um produto de grande demanda pelo mercado local.

As amostras foram coletadas em uma empresa localizada em Curitiba, capital do estado do Paraná. Foi adotado um procedimento de coleta que possibilite a incorporação do processo sem que haja mudanças significativas nos equipamentos, evitando altos investimentos na unidade de produção. A atividade de limpeza dos tanques de decantação (Figura 1a e Figura 1b) é uma atividade com periodicidade diária, na unidade onde foram coletadas as amostras. O R_{PCON} foi retirado com o auxílio de uma pá carregadeira e depositado em uma baia de agregados (Figura 3), com piso de concreto e paredes laterais de contenção, ficando isolado de contaminações por outros materiais.



(a)



(b)

Figura 1 – Pontos de coleta – tanques de decantação

A porção líquida do material foi descartada pelo sistema de captação e drenagem superficial da usina, dessa forma, a porção sólida ficou retida para secagem em condições ambientes durante um período de 24 horas. Para acelerar o processo de secagem, o material foi disposto em uma camada de aproximadamente 20 cm de altura.



Figura 2 – Condições de secagem à condições ambientes.

As amostras foram retiradas por meio do processo de quarteamento para a execução dos corpos de prova. Como foi detectado que o material ainda possuía alto teor de umidade, o resíduo foi submetido à secagem em estufa por um período de 24 horas em uma temperatura de 105°C. O teor de umidade do R_{PCON} foi calculado conforme a equação 1.

$$U = (M_{SAT} - M_S)/M_S \quad (1)$$

Em que:

U é o teor de umidade do material, expresso em %;

M_{SAT} é a massa saturada – após 24 horas de secagem em condições ambientes e;

M_S é a massa seca após secagem em estufa.

Para a composição do concreto, foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento Portland (CP II-F 40);
- Areia de Quartzo (Fornecedor Stanski);
- Areia Artificial (Fornecedor Votorantim);
- Agregado Graúdo Tipo 0 (Fornecedor Votorantim);
- Agregado Graúdo Tipo 1 (Fornecedor Votorantim);
- Resíduos da Produção de Concreto (RPCON);
- Aditivo Plastificante (Eucon® PL310)

As propriedades dos agregados, atendendo NBR NM 26 E NBR 7211, ABNT (2009) utilizados na pesquisa estão resumidas na tabela 1.

Tipo de agregado	Absorção de água (%)	Massa específica (g/cm ³)	Dimensão Máxima (mm)	Módulo de Finura
Brita nº0	0,8	2,72	9,5	5,45
Brita nº1	0,5	2,76	25	6,9
Areia Natural	-	2,62	2,36	1,97
Areia Artificial	-	2,81	2,4	3,06

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 1 – Características dos agregados

Para definição das quantidades de cada material componente da mistura, foi adotado um traço de referência, ou seja, sem R_{PCON} . Essa composição foi adotada levando em consideração o produto com maior demanda no mercado local, segundo os dados da empresa em que o R_{PCON} foi coletado. As quantidades de cimento, agregado graúdo número um e zero, agregado miúdo natural e aditivo plastificante foram mantidas constantes, sendo que os parâmetros variáveis se limitaram à relação água/cimento (A/C) e a quantidade de areia artificial substituída parcialmente pelo resíduo da produção de concreto. Baseado nessas informações, bem como nas propriedades dos materiais utilizados pela empresa, os traços foram definidos. Foi adotado um teor de incorporação de ar na mistura de 2%, ou seja, 20 litros para o traço de 1m³ com relação A/C de 0,7368. Conforme os consumos de materiais por m³ de concreto foram obtidos as composições conforme a Tabela 2.

Composição	Cimento CP II F (kg)	Água (kg)	Areia Natural (kg)	Areia Artificial (kg)	R_{PCON} (kg)	Agregado graúdo nº 0 (kg)	Agregado graúdo nº 1 (kg)	Aditivo (kg)
#1 - 0% R_{PCON}	228	168	539	388	0	214	857	1,62
#2 - 2,5% R_{PCON}	228	168	539	378	9,70	214	857	1,62
#3 - 5% R_{PCON}	228	168	539	369	19,40	214	857	1,62
#4 - 7,5% R_{PCON}	228	168	539	359	29,10	214	857	1,62
Umidade (%)*	0,00	100,00	5,60	2,25	61,20	1,50	0,00	-
Densidade (g/cm ³)	3,09	1,00	2,62	2,81	2,50	2,72	2,76	1,18

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 2 – Consumo de materiais para 1 m³ de concreto em massa seca

As misturas foram reduzidas proporcionalmente para 20l (Tabela 2), utilizando o consumo de materiais por m³ informado na Tabela 1, realizando a correção da umidade dos

materiais e a adição de água (2% de acréscimo a cada 2,5% de resíduo acrescido na mistura) necessária para atingir a trabalhabilidade estabelecida – *slump* ± 10 .

Composição	Cimento CP II F (kg)	Água (kg)	Areia Natural (kg)	Relação A/C	Areia Artificial (kg)	R _{PCON} (kg)	Agregado grauído nº 0 (kg)	Agregado grauído nº 1 (kg)	Aditivo (g)
#1 - 0% R _{PCON}	4,56	2,35	10,78	0,51	7,76	0	4,28	17,14	32,4
#2 - 2,5% R _{PCON}	4,56	2,39	10,78	0,52	7,57	0,194	4,28	17,14	32,4
#3 - 5% R _{PCON}	4,56	2,43	10,78	0,53	7,37	0,388	4,28	17,14	32,4
#4 - 7,5% R _{PCON}	4,56	2,46	10,78	0,54	7,18	0,582	4,28	17,14	32,4
Umidade (%)	0,00	100,00	5,60	-	2,25	61,20	1,50	0,00	-
Densidade (g/cm ³)	3,09	1,00	2,62	-	2,81	2,50	2,72	2,76	1,18

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 2 – Consumo de materiais para 20 litros de concreto com umidade corrigida

A confecção dos corpos de prova foi realizada em betoneira de eixo vertical, com a seguinte sequência: colocação do agregado grauído nº 0 e nº 1, depois a areia natural e artificial, depois acrescido o cimento e cerca de 2/3 da água necessária e o aditivo plastificante, o procedimento transcorreu por período de 10 minutos, sendo acrescida a quantia de água restante à mistura. Após esse período, foi realizada a medição do “*slump*”. A betoneira foi novamente acionada a fim de corrigir a trabalhabilidade, ajustando o abatimento.

Para a análise das propriedades mecânicas do concreto, foram moldados de 20 corpos de prova conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003) para cada composição. A resistência mecânica à compressão foi avaliada conforme as recomendações da NBR 5739 (ABNT, 2007) nas idades de 3, 7, 21 e 28 dias, sendo 5 corpos de prova para cada idade, conforme recomendações da NBR 12655 (ABNT, 2006), totalizando 80 corpos de prova com dimensões aproximadas de 10 x 20 cm. Sendo que nas primeiras 24 h os corpos de prova ficaram sujeitos à cura em condições ambientes e após ser retirados dos moldes ficaram totalmente imersos nos tanques de cura com temperatura controlada que varia de 23 a 25°C até as idades de ruptura. Os corpos de prova foram retificados com equipamento específico e posteriormente ensaiados até a ruptura em uma prensa manual digital com capacidade de 100 tf.

3. Resultados e discussões

Os resultados dos ensaios de resistência mecânica à compressão média nos diferentes tempos de cura avaliados estão apresentados na tabela 3.

Composição		Tempo de cura (dias)			
		3	7	21	28
#1 - 0% R_{PCON}	Média	19,03	26,32	32,10	30,60
	Desvio Padrão	-	-	±0,26	±2,26
#2 - 2,5% R_{PCON}	Média	18,36	24,93	29,89	28,60
	Desvio Padrão	-	-	±0,26	±0,37
#3 - 5,0% R_{PCON}	Média	18,07	23,43	28,59	28,77
	Desvio Padrão	-	-	±0,62	±0,89
#4 - 7,5% R_{PCON}	Média	17,97	22,85	29,36	29,78
	Desvio Padrão	-	-	±0,16	±1,26

Fonte: Os autores (2017)

Tabela 3 – Resistência média à compressão do concreto aos 3, 7, 21 e 28 dias de cura.

Comparando os resultados dos concretos com R_{PCON} incorporado com o traço de referência foi possível observar uma redução progressiva para as idades iniciais. Aos 3 dias de cura, a variação foi de 3,52; 5,04 e 5,57%, para 7 dias de cura a variação foi de 5,28; -10,98 e -13,18%. Já para as idades de 21 e 28 dias de cura não houve comportamento semelhante, sendo determinadas as variações de 6,89; 10,92 e 8,52% aos 21 dias e 6,54; 5,98 e 2,68% aos 28 dias de cura do concreto.

Assim como no trabalho de Gonçalves et al. (2012), com o avanço na idade de cura dos concretos, há um aumento da resistência à compressão, bem como quanto há aumento da relação água/cimento, a resistência à compressão diminui. Portanto, em todas as idades de cura, os concretos com R_{PCON} apresentam o desempenho mecânico inferior à composição padrão.

Na figura 3, estão apresentados os resultados da análise de correlação entre o teor de resíduo na composição *versus* resistência mecânica à compressão.

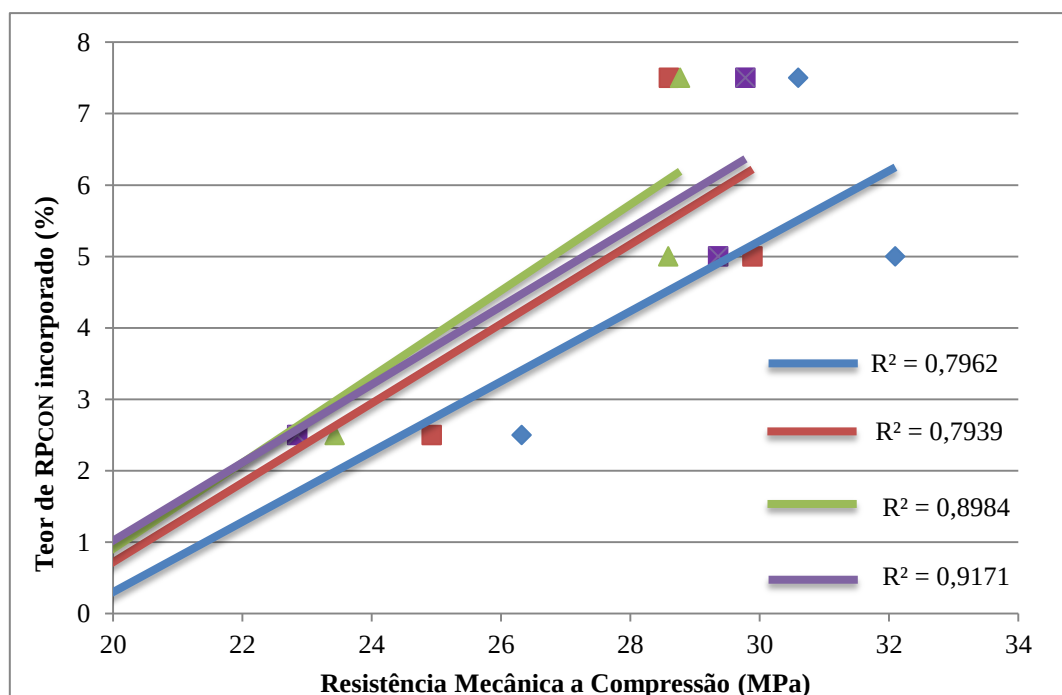


Figura 3 – Correlação entre a resistência mecânica à compressão e o percentual de R_{PCON} incorporado nas idades de 3, 7, 21 e 28 dias de cura.

Com base nas informações ilustradas na Figura 3 é possível afirmar que há um elevado nível de correlação entre as variáveis. Fato que permite afirmar que há de fato uma influência do teor de resíduos na composição sobre sua resistência mecânica à compressão.

4. Conclusões

A adição de água realizada para ajustar a trabalhabilidade do concreto influenciou diretamente as propriedades mecânicas do concreto, impactando principalmente sua resistência mecânica à compressão, com a modificação da relação A/C original para o traço de referência, assim como relatado por Silva (2016).

Os resultados dos ensaios de resistência mecânica à compressão apontam que há uma baixa variabilidade para os diferentes teores de R_{PCON} avaliados, tendo como base o traço de referência, que não continha quaisquer tipo de resíduos em sua composição.

A incorporação dos resíduos da produção de concreto em seu próprio processo produtivo gera uma redução no consumo da matéria prima natural, reduzindo custos com aquisição de novos materiais bem como as despesas do descarte do resíduo. Assim, o resíduo se transforma em um recurso com viabilidade técnica, ambiental e econômica para a finalidade proposta.

Como sugestão a pesquisas futuras, é possível estudar as propriedades dos concretos estruturais desenvolvidos em micronível, por meio de métodos de pesquisa como Difractometria de Raios-X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) bem como o método de Espectroscopia de raios-X por dispersão em energia (EDS) sendo assim possível avaliar a influência da incorporação do resíduo na estrutura do material.

5. Agradecimentos

BBL Concretos e CAPES.

Referências

ABCP. *Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto.* Disponível em <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto>. Acesso em: 12 de setembro de 2016.

ALIABDO, A. A. ELMOATY, A. ABOSHAMA, A. Y. *Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete*, Construction and Building Materials, Volume 124, 2016, Pages 866-877, ISSN 0950-0618.

ANDAL, J. SHEHATA, M. ZACARIAS, P. *Properties of concrete containing recycled concrete aggregate of preserved quality*, Construction and Building Materials, Volume 125, 2016, Páginas 842-855, ISSN 0950-0618.

APRIANTI, E. S. *A huge number of artificial waste material can be supplementary cementitious material (SCM) for concrete production – a review part II*, Journal of Cleaner Production, 2016, ISSN 0959-6526.

ASADOLLAHFARDI, G. ASADI, M. JAFARI, H. MORADI, A. ASADOLLAHFARDI, R. *Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete*, Construction and Building Materials, Volume 98, 2015, Páginas 305-314, ISSN 0950-0618.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR NM 26 *Agregados – Amostragem*, 2009.

_____, **ABNT NBR 5738** *Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*, 2008.

_____, **ABNT NBR 5739** *Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndrico*, 2007.

_____, **ABNT NBR 7211** *Agregados para concreto - Especificação*, 2009.

_____, **ABNT NBR 12655** *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento*, 2006.

_____, **ABNT NBR 15116** *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos*, 2004.

AWOYERA, P. O. AKINMUSURU, J. O. NDAMBUKI, J. M. *Green concrete production with ceramic wastes and laterite*, Construction and Building Materials, Volume 117, 2016, Páginas 29-36, ISSN 0950-0618.

AZEVEDO, M. V. VICENZI, L. F. UCKER, F. E. *Aproveitamento do lodo gerado em sistema de decantação para o traço de concreto não estrutural*. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. e-ISSN 2236 1308 - V. 13, N. 5 (2014): Edição Especial LPMA/UFSM, p. 3786-3792.

BLASZCZYŃSKI, T. KRÓL, M. *Usage of Green Concrete Technology in Civil Engineering*, Procedia Engineering, Volume 122, 2015, Páginas 296-301, ISSN 1877-7058.

BOUDALI, S. KERDAL, D.E. AYED, K. ABDULSALAM, B. SOLIMAN, A.M. *Performance of self-compacting concrete incorporating recycled concrete fines and aggregate exposed to sulphate attack*, Construction and Building Materials, Volume 124, 2016, Páginas 705-713, ISSN 0950-0618.

GIRSKAS, G. SKRIPKIŪNAS, G. ŠAHMENKO, G. KORJAKINS, A. *Durability of concrete containing synthetic zeolite from aluminum fluoride production waste as a supplementary cementitious material*, Construction and Building Materials, Volume 117, 2016, Páginas 99-106, ISSN 0950-0618.

GONÇALVES, M.; CAVALHEIRO, A. P.; KULAKOWSKI, M. P.; KAZMIERCZAK, C. S. *Reciclagem de resíduos de concreto na pré-fabricação: análise da viabilidade técnica em escala laboratorial*. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - 29 a 31 Outubro 2012 - Juiz de Fora.

GURSEL, A. P. MARYMAN, H. OSTERTAG, C. *A life-cycle approach to environmental, mechanical, and durability properties of “green” concrete mixes with rice husk ash*, Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 1, 2016, Páginas 823-836, ISSN 0959-6526.

MAKUL, N. SUA-IAM, G. *Characteristics and utilization of sugarcane filter cake waste in the production of lightweight foamed concrete*, Journal of Cleaner Production, Volume 126, 2016, Páginas 118-133, ISSN 0959-6526.

MO, K. H. ALENGARAM, J. U. JUMAAT, M. Z. YAP, S. P. LEE, S. C. *Green concrete partially comprised of farming waste residues: a review*, Journal of Cleaner Production, Volume 117, 2016, Páginas 122-138, ISSN 0959-6526.

NIKBIN, I. M. RAHIMI S. R. ALLAHYARI, H. DAMADI, M. *A comprehensive analytical study on the mechanical properties of concrete containing waste bottom ash as natural aggregate replacement*, Construction and Building Materials, Volume 121, 2016, Páginas 746-759, ISSN 0950-0618.

NOVÁKOVÁ, I. MIKULICA, K. *Properties of Concrete with Partial Replacement of Natural Aggregate by Recycled Concrete Aggregates from Precast Production*, Procedia Engineering, Volume 151, 2016, Páginas 360-367, ISSN 1877-7058.

PAULA, H. ILHA, M. M. S. O. *Qualidade da água residuária de usina de concreto para fins de aproveitamento*. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Volume 7, Número 3 2014 p. 349-366 • ISSN 1983-4195

PAULA, H. M. FERNANDES, C. E. *Gestão da água em usina de concreto: análise do risco das atividades e monitoramento da qualidade da água residuária para fins de reuso*. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 10 - nº 1 (2015). ISSN: 2179-0612 D.O.I. 10.521/reec.V9i4.32759.

REPETTE, W. L., *Reciclagem de água de lavagem de caminhão-betoneira para a produção de concreto*. Formulário para a apresentação de projeto PIBIC/CNPq – BIP/UFSC 2005/2006.

SEÑAS, L. PRIANO, C. MARFIL, S. *Influence of recycled aggregates on properties of self-consolidating concretes*, Construction and Building Materials, Volume 113, 2016, Páginas 498-505, ISSN 0950-0618.

SHAFIGH, P. NOMELI, M. A. ALENGARAM, J. U. MAHMUD, H. B. JUMAAT, M. Z. *Engineering properties of lightweight aggregate concrete containing limestone powder and high volume fly ash*, Journal of Cleaner Production, Volume 135, 2016, Páginas 148-157, ISSN 0959-6526.

SILVA, D. O. F. da. *Reaproveitamento de lamas residuais do processo de fabricação do concreto*. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2016. 84p.

SOLIMAN, N.A. TAGNIT-HAMOU, A. *Development of ultra-high-performance concrete using glass powder – Towards ecofriendly concrete*, Construction and Building Materials, Volume 125, 2016, Páginas 600-612, ISSN 0950-0618.

STONYS, R. KUZNETSOV, D. KRASNIKOVS, A. ŠKAMAT, J. BALTAKYS, K. ANTONOVIČ, V. ČERNAŠĚJUS, O. *Reuse of ultrafine mineral wool production waste in the manufacture of refractory concrete*, Journal of Environmental Management, Volume 176, 2016, Páginas 149-156, ISSN 0301-4797.

TIWARI, A. SINGH, S. NAGAR, R. *Feasibility assessment for partial replacement of fine aggregate to attain cleaner production perspective in concrete: A review*, Journal of Cleaner Production, Volume 135, 2016, Páginas 490-507, ISSN 0959-6526.

TURK, J. COTIČ, Z. MLADENOVIČ, A. ŠAJNA, A. *Environmental evaluation of green concretes versus conventional concrete by means of LCA*, Waste Management, Volume 45, 2015, Páginas 194-205, ISSN 0956-053X.

UCKER, F. E. GOLDFELD, A. P. F. B. HARAGUCHI, M. T. SANTOS, F. C. V. REIS, A. KEMERICH, P. D. C. *Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos em concreteira*. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. e-ISSN 2236 1170 - v. 15 n. 15 Out. 2013, p. 2990- 2997.

VIEIRA, L. B. P., Figueiredo, A. D. *Reaproveitamento do concreto com uso de aditivo estabilizador de hidratação em concreteira*, São Paulo: Anais do 55º Congresso Brasileiro do Concreto, IBRACON – ISSN 2175-8182, 2013.

XUAN, D. ZHAN, B. POON, C. S. ZHENG, W. *Innovative reuse of concrete slurry waste from ready-mixed concrete plants in construction products*, Journal of Hazardous Materials, Volume 312, 2016, Pages 65-72, ISSN 0304-3894.

YAZDANBAKHS, A. BANK, L. C. CHEN, C. *Use of recycled FRP reinforcing bar in concrete as coarse aggregate and its impact on the mechanical properties of concrete*, Construction and Building Materials, Volume 121, 2016, Páginas 278-284, ISSN 0950-0618.

ZEGARDŁO, B. SZELAĞ, M. OGRODNIK, P. *Ultra-high strength concrete made with recycled aggregate from sanitary ceramic wastes – The method of production and the interfacial transition zone*, Construction and Building Materials, Volume 122, 2016, Páginas 736-742, ISSN 0950-0618.