

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA A PRODUÇÃO DE CONCRETOS ESTRUTURAIS

WASTE OF CIVIL CONSTRUCTION FOR CONCRETE PRODUCTION STRUCTURAL

ANDRADE, Viviane Dias

Pesquisadora, curso de engenharia da mobilidade, Universidade Federal de Itajubá
– Campus Itabira, Itabira-MG, Brasil.
vivianeef@yahoo.com.br

TEIXEIRA, Ricardo Luiz Perez

Professor Dr., curso de engenharia de materiais, Universidade Federal de Itajubá –
Campus Itabira, Itabira-MG, Brasil.
(ricardo.luiz@unifei.edu.br)

OLIVEIRA, Carlos Augusto de Souza

Professor Dr., curso de engenharia da mobilidade, Universidade Federal de Itajubá
– Campus Itabira, Itabira-MG, Brasil.
(carlosoliveira@unifei.edu.br)
Itajubá – Campus Itabira, Itabira-MG, Brasil.
(carlosoliveira@unifei.edu.br)

RESUMO

Este trabalho visa avaliar o emprego dos resíduos da construção civil (RCC) como agregado miúdo e graúdo na produção de concretos. Foram realizados testes laboratoriais com intuito de avaliar as características do RCC e sua influência nas propriedades dos concretos e argamassas. Os principais fatores responsáveis pela redução da resistência à compressão dos concretos produzidos com RCC foram a elevação do nível de substituição e a heterogeneidade mecânica dos componentes do agregado reciclado. Os resultados dos ensaios demonstram a eficiência técnica na substituição de agregados convencionais por agregados reciclados na produção de concretos. A absorção de água para argamassa e para o concreto aumenta com a elevação do teor de substituição de RCC na mistura.

Palavras-chave: resíduo; concreto, construção civil.

CIVIL CONSTRUCTION WASTES FOR NEW STRUCTURAL CONCRETES

ABSTRACT

This work intends to evaluate the use of the civil construction wastes (CCW) as coarse aggregate in concrete production. Some laboratorial tests were performed aiming the evaluation the CCW characteristics and their influence in the concrete. The major factors associated with the compression resistance decrease of the concrete produced with CCW are the increase of the substitution level and the mechanical heterogeneity of the recycled aggregate components. The results of the essays demonstrate the technical efficiency in the replacement of common aggregates by recycled aggregates in the concrete production until the substitution level of 50%. It was found that the water absorption of the increases with the substitution level of CCW in the mixing.

Keywords: waste; concrete; civil construction

INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem sido bastante destacada em conferências mundiais e tornou-se o centro das discussões entre políticos, juristas, economistas, especialistas, ambientalistas e a comunidade como um todo [1-3]. Dentre as diversas preocupações ambientais relacionadas às atividades humanas destaca-se a necessidade de adequação da destinação final dos resíduos sólidos [4]. Em busca de soluções econômicas viáveis e ambientalmente corretas, várias pesquisas estão sendo realizadas a fim de empregar materiais resultantes de processos industriais como material alternativo nos diversos ramos da cadeia produtiva industrial e de construção, dentre outras [5-10].

Uma alternativa para conciliar uma atividade desta magnitude, com as condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável, é a reciclagem e o reaproveitamento dos diversos materiais utilizados no canteiro de obras, com responsabilidade ambiental e redução de custo [11-13]. Estes materiais, muitas vezes descartados permanentemente no meio ambiente, podem, com o devido estudo e aval técnico, ser aplicados na argamassa e no concreto e, assim, serem reutilizados em inúmeras etapas e partes físicas de uma construção, desde que satisfaça o exigido nas normas brasileiras para materiais de construção [14].

Segundo LIMA, a reciclagem dos resíduos da construção civil (RCC) é de fundamental importância ambiental e financeira no sentido de que os referidos resíduos retornem para a obra de construção em substituição as novas matérias-primas que seriam extraídas do meio ambiente [15]. Para o autor, cerca de 90% dos resíduos gerados pelas obras no Brasil são passíveis de reciclagem. O autor também destaca que a reciclagem é uma atividade que deve ser prioritariamente realizada no próprio canteiro.

Os materiais de RCC são considerados como todo e qualquer resíduo oriundo das atividades de construção, sejam eles de novas construções, reformas, demolições, que envolvam atividades de obras de arte e limpeza de terrenos com presença de solos ou vegetação [16]. É importante destacar que alguns autores também denomina o RCC por resíduo da construção e demolição (RCD) [17].

A primeira ênfase comercial na reciclagem de RCC no Brasil ocorreu nas décadas de 80 e 90, com instalação de moinhos/argamassadeiras em canteiros de obras, para se triturar os resíduos minerais na própria obra [18,19].

Estudos desenvolvidos por PINTO registram que os resíduos oriundos das atividades construtivas chegam a representar de 41 % a 70 % dos resíduos produzidos em meios urbanos brasileiros [20]. Estudos recentes de Pires e de Sipp embasam os estudos de Pinto com bons resultados para a argamassa com RCC na forma agregado miúdo [21, 22]. Estudos desenvolvidos por Jacques, por Rodrigues e por Almeida confirmam os estudos de Pinto (1999) com bons resultados de propriedades mecânicas para o concreto com RCC na forma agregado graúdo com substituição parcial do agregado graúdo natural [23-26].

No Brasil, observam-se ainda poucas unidades de reciclagem de resíduos da construção civil instaladas. Dentre elas, destacam-se as construídas na cidade de Belo Horizonte, no estado brasileiro de Minas Gerais. Neste município foram instaladas três unidades de reciclagem de RCC. Segundo CATAPRETA essas unidades possuem capacidade de britagem que atende à quase toda produção de RCC da cidade [27]. O recebimento dos resíduos nessas unidades é gratuito e tem como objetivo estimular a adesão dos grandes geradores e transportadores.

O grande volume de resíduos gerado não traz impactos apenas ambientais e sociais, mas também econômicos. Somente na cidade do Recife (capital do estado brasileiro de Pernambuco) há um custo anual da ordem de R\$ 4,5 milhões com a coleta de resíduos volumosos e entulho dispostos de modo irregular em locais públicos, e estima-se que 1/3 desses resíduos sejam RCC [28, 29]. A necessidade de alternativas para a reutilização do RCC é indispensável a todo o setor, atingindo não só questão a ambiental, mas também econômica e social.

2. Materiais e programa experimental

Produção de Concretos

Materiais

Para a produção de concreto, adotou-se como agregado miúdo a areia natural, como agregado graúdo a brita de gnaiss e o cimento Portland de alto forno (CPIII 40 RS), pelo fato ser comumente utilizado na região.

As amostras de RCC (Figura 1) foram coletadas seguindo as prescrições da norma NBR 10007 - Amostragem de resíduos.



Figura 1 – Resíduos de RCC disposto no aterro de inerte da PMI.

Após a coleta as amostras foram beneficiadas. O beneficiamento consistiu na britagem do resíduo e separação granulométrica, com vista na produção de agregado graúdo (material passante na peneira 75 mm e retido na peneira 4,8 mm).

A distribuição granulométrica do agregado graúdo obtido do beneficiamento do RCC foi adequada à distribuição granulométrica do agregado graúdo natural (brita de gnaiss). Dessa forma, a variável distribuição do tamanho de grãos dos agregados foi equacionada.

Após a preparação dos agregados, as amostras foram reduzidas de acordo com as recomendações da norma ABNT NBR NM 27(2001) - Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório.

Foi utilizado o método de dosagem de concreto recomendado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo IPT/EPUSP, uma vez que esta metodologia mostrou-se bastante eficiente na avaliação das propriedades de concretos produzidos com agregados graúdos reciclados da construção civil, conforme o pode ser visto no trabalho apresentado por NUNES [30, 31].

Nesta pesquisa foram confeccionadas misturas de concretos isentas do agregado graúdo reciclado (concreto de referência), e com substituição de 50 % e 100 % de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado.

Optou-se por esses níveis de substituições de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado, a fim de comparar o desempenho mecânico e durabilidade. Outro fator responsável pela escolha dos níveis de substituições de agregado graúdo natural por graúdo reciclado foi que os teores de substituições propostos foram adotados por outros pesquisadores, permitindo assim, realizar comparações entre os resultados obtidos nesta pesquisa com os da literatura.

Métodos

Caracterização dos agregados graúdos

Na determinação da massa unitária das amostras de agregados graúdos foi adotada a metodologia proposta pela norma brasileira NBR 7251 - Agregado no estado solto - Determinação da massa unitária [32].

A composição granulométrica e o módulo de finura das britas foram determinados de acordo com as normas técnicas brasileiras: NBR 7211(2009) - Agregado para concreto – especificação e NBR 7217 (1987) - Agregados – determinação da composição granulométrica [33].

Na avaliação do Índice de absorção de água dos agregados graúdos foi adotada a seguinte metodologia:

- Lavagem das amostras e secagem em estufa na temperatura de (105 ± 5) °C, até constância de massa;
- Retirada das amostras da estufa e resfriamento na temperatura ambiente;
- Pesagem de 5 (cinco) amostras de 1 kg (M_i) e submersão em água nos períodos de 5 min, 15 min, 30 min, 45 min e 1 hora;
- Pesagem (M_f) das 5 amostras após os períodos de submersão em água;
- Determinação do índice de absorção de água (Abs) das amostras nos respectivos tempos de submersão, através da fórmula:

$$\text{Abs (\%)} = [(M_f - M_i) / M_i] \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos Concretos Trabalhabilidade pelo abatimento do cone (Slump test)

Os abatimentos do tronco de cone dos concretos foram medidos segundo a NBR NM 67 (1998) – Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone [34]. Realizou-se essa análise com o objetivo de avaliar a influência do agregado graúdo de RCC na trabalhabilidade e na textura do concreto.

Resistência à compressão

A resistência à compressão axial dos concretos endurecidos foi avaliada de acordo com a norma NBR 5739 (2007) – Ensaio de compressão de corpos-de-prova de concretos cilíndricos [35]. Para cada traço e tipo de concreto analisado foram ensaiados 3 corpos-de-prova com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, por idade, rompidos nas idades de 7, 14 e 28 dias. Adotou-se essas idades com objetivo de se avaliar o comportamento dos concretos com a evolução da idade.

Na determinação da resistência à compressão foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca EMIC, modelo DL-20.000 - NO 10736 - NS 077.

Módulo de elasticidade estático

Na avaliação do módulo de elasticidade estático dos concretos foram seguidas as prescrições da norma NBR 8522 – Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão – deformação [36]. Para cada traço e

tipo de concreto analisado foram ensaiados 3 (três) corpos-de-prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, aos 28 dias de idade.

3. Resultados e discussões

Caracterização dos agregados

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados da caracterização dos agregados utilizados nesta pesquisa.

Tabela 1 – Caracterização do agregado miúdo.											
Ensaio	Resultados										
	Abertura (mm)					Porcentagem Retida (em massa)					
Composição granulométrica						Individual		Acumulada			
	4,8						0,00		0		
	2,4						3,19		1		
	1,2						105,60		28		
	0,6						128,84		61		
	0,3						94,21		85		
	0,15						44,14		93		
	(<0,15)					15,85		100			
DMC*						2,4mm					
Modulo de finura (MF)						2,71					
Massa unitária						1,37 kg/dm ³					
Massa específica						2,59 kg/dm ³					
*DMC: Dimensão Máxima Característica											
Tabela 2– Caracterização do agregado graúdo natural.											
Ensaio	Resultados										
	Abertura (mm)					Porcentagem Retida (em massa)					
Composição granulométrica						Individual		Acumulada			
	19,0						17,4		17		
	12,5						42,6		60		
	9,5						17,6		78		
	6,3						6,8		85		
	4,8						2,5		87		
	2,4						2,7		90		
	1,2						1,3		91		
	0,6						1,2		92		
	0,3						2,2		94		
0,15						3,0		97			
Fundo						2,7		100			
Agregados graúdos	Brita de gnaisse					Brita de RCC					
DMC						25mm					
Massa unitária (kg/dm ³)	1,54					1,10					
Massa específica* (kg/dm ³)	2,75					2,68					
Absorção de água (%)	Tempo (min)										
	5	15	30	45	60	5	15	30	45	60	
	5,1	4,9	4,7	4,6	4,9	14,1	13,8	13,2	13,6	14,1	
	*Picnometria a hélio										

A absorção de água do agregado graúdo de RCC foi de 14 % enquanto a da brita de gnaiss foi de 5%. A maior absorção de água do agregado graúdo de RCC pode ser devido à presença de materiais cerâmicos na sua composição.

A forma dos grãos da brita de gnaiss tende a ser arredondadas enquanto os grãos dos agregados de RCC apresenta formas bastante distintas, em função da grande variedade de materiais constituintes (pedaços de telhas, concreto, argamassa, brita, rochas e tijolos) no RCC

Para evitar perda de trabalhabilidade dos concretos devido à absorção de água dos agregados, levou-se em consideração no cálculo da quantidade de água empregada nas misturas, a absorção de água das britas, em massa.

Trabalhabilidade

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da trabalhabilidade dos concretos.

Teor de substituição do RCC (%)	Relação a/c	Água corrigida (km/m ³)	Abatimento (mm)
0		210*	52
50	0,50	238*	43
100		228*	37

*Considerando 5% de absorção do agregado graúdo natural

**Considerando 14% de absorção de água do agregado graúdo de RCC e 5% de absorção da brita de gnaiss

***Considerando 14% de absorção de água do agregado de RCC

Os concretos produzidos apresentaram boa trabalhabilidade e acabamento. Com auxílio de uma colher de pedreiro, percebeu-se maior dificuldade no manuseio nos concretos frescos produzidos com o agregado graúdo de RCC. Isso pode ser atribuído à forma dos grãos de RCC que acarretou no aumento do atrito interno das misturas durante as operações de manuseio e nova mistura (remistura).

Resistência à compressão

Os valores de resistência à compressão axial de corpos-de-prova rompidos nas idades de 7, 14 e 28 dias estão relacionados na Tabela 4. Na figura 2, pode-se visualizar graficamente os resultados.

Tabela 4 – Resultados de resistência à compressão axial dos concretos						
Teor de substituição RCC (%)	Resistencia à compressão					
	7 dias		14 dias		28 dias	
	Individu al (MPa)	Média (MPa)	Individua l (MPa)	Média (MPa)	Indivi dual (MPa)	Média (MPa)
0	22,44	21,1	24,22	25,5	27,45	26,9
	19,39		26,95		27,57	
	22,70		26,33		27,42	
50	17,73	16,4	19,78	19,3	25,90	26,4
	15,88		20,06		25,99	
	15,46		18,10		28,93	
100	12,22	13,7	19,94	16,0	18,36	17,8
	14,95		16,67		16,67	
	14,85		12,21		19,35	

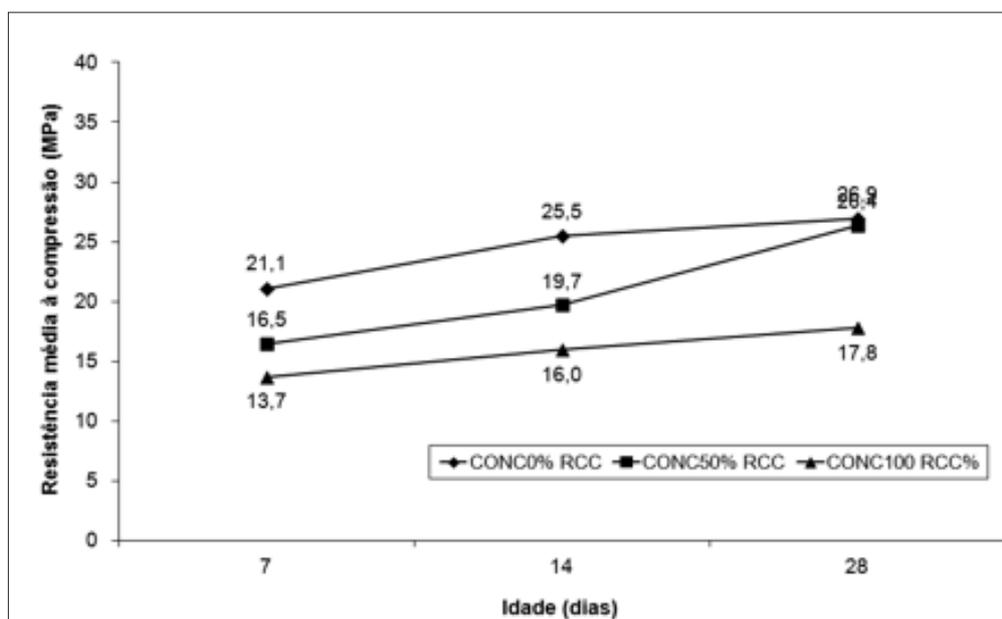


Figura 2 – Comportamento dos concretos com relação a resistência à compressão em função da idade.

Os resultados mostram que a resistência à compressão aumenta com a idade de rompimento dos concretos. Para as idades de 7 e 14 dias verificou-se que as resistências à compressão dos concretos reduziram à medida que se elevou-se o teor de agregado graúdo de RCC nas misturas.

Em comparação com o concreto de referência, na idade de 7 dias a redução da resistência à compressão dos concretos com 50 % de RCC e com 100 % de RCC foi de 21,8 % e 35,1 %, respectivamente. Para a idade de 14 dias a redução foi de 23,7 % e 36,9%, respectivamente.

Para a idade de 28 dias a resistência do concreto de referencia (0% RCC) e do concreto com 50% de RCC se aproximaram. Já a resistência à compressão dos concretos com 100% de RCC apresentou uma redução de 33,8 % em relação ao concreto de

referência.

Em análise visual aos corpos de prova rompidos na idade de 7 dias, constatamos que para os concretos produzidos com RCC a superfície de ruptura se deu junto aos agregados de origem cerâmica. A baixa resistência da fase agregado gráudo de origem cerâmica pode ter sido uma das causas da redução da resistência à compressão dos concretos produzidos com RCC.

Módulo de elasticidade

Os valores de módulo de elasticidade estático dos concretos, medidos nas idades de 7, 28 e 128 dias estão relacionados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultados do módulo de elasticidade dos concretos						
Teor de substituição RCC (%)	Módulo de elasticidade					
	7 dias		28 dias		128 dias	
	Individual (GPa)	Média (GPa)	Individual (GPa)	Média (GPa)	Individual (GPa)	Média (GPa)
0	21,6		24,4		31,5	
	20,6	20,6	23,9	24,2	32,0	31,6
	20,4		24,3		31,2	
50	21,1		23,1		27,2	
	21,4	20,2	22,7	22,8	29,2	28,0
	18,0		22,6		27,5	
100	18,0		20,8		23,2	
	18,5	18,5	21,6	21,3	28,2	25,1
	19,0		21,5		23,8	

Os resultados da Tabela 5 mostra que o módulo de elasticidade do concreto aumenta com a idade dos corpos de prova.

Para todas as idades verificou-se que o módulo de elasticidade dos concretos reduziu à medida que se elevou o teor de agregado gráudo de RCC nas misturas. Esse comportamento pode estar relacionado a rigidez dos grãos que compõem o agregado gráudo de RCC.

4. Conclusões

O RCC estudado é majoritariamente de origem mineral. A composição da fração mineral do RCC é variável, pois é uma mistura de componentes construtivos como concretos, argamassas, cerâmicas, rochas naturais, entre outros. Ela depende da origem do resíduo.

Para fins estruturais, considerando a resistência mínima de 20 MPa, valor recomendado pela norma brasileira 6118 (2003), os ensaios realizados demonstraram a eficiência técnica na substituição do agregado gráudo de referência por agregado gráudo reciclado (agregado do RCC) na produção de concretos até o teor de substituição de 50 % [37,38]. Portanto, o emprego de RCC como agregado gráudo na produção de concretos, assim como em argamassas, demonstra viabilidade técnica de seu uso em construções civis.

A variabilidade de materiais encontrados nos resíduos da construção civil gera agregados miúdos e graúdos com diferentes propriedades físicas. Desta forma, torna-se um desafio prever o comportamento das argamassas e concretos. Assim, recomenda-se a realização de testes laboratoriais, para se obter um determinado desempenho.

O RCC, assim, é um material alternativo e viável pelas propriedades mecânicas de uso na indústria da construção civil.

5. Agradecimentos

À Fapemig pelo apoio financeiro para realização desse trabalho e ao Grupo de pesquisa MATCIME e a UNIFEI Campus Itabira pelo apoio a esta pesquisa.

6. Referências bibliográficas

[1] MARCATTO, Thammy Ivantes; LIMA, Larissa Aparecida. SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA E O PROTOCOLO DE QUIOTO: O MUNDO EM PROL DO MEIO AMBIENTE. CONNEXIO-ISSN 2236-8760, v. 2, n. 2, p. 41-63, 2013.

[2] ALMEIDA, Wilson; RODRIGUES, Débora; SANTANA, Hadassah Sousa. O posicionamento do Brasil nas negociações internacionais sobre temas de meio ambiente. Revista do Direito Público, v. 9, n. 2, p. 183-202, 2014.

[3] JÚNIOR, Clodomiro José Bannwart; DE SOUZA, Sharon Cristine Ferreira. Política ambiental brasileira e sua regulação jurídica conforme os ditames da Ordem Econômica Constitucional. Revista de Direito da Cidade, v. 5, n. 2, p. 277-334, 2013.

[4] de MEDEIROS JERÔNIMO, C.E.; FENTANES, L. PAINEL DE INDICADORES DE RESÍDUOS PARA ATIVIDADES INDUSTRIAIS: BALANCED SCORECARD MANAGEMENT OF WASTE (BSMW). Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 2, 2014.

[5] dos SANTOS, L.L.; da SILVA, B.J.P.; MOREIRA J.W.; DAMASCENO, J.C. O AGREGADO RECICLADO E SUA ACEITAÇÃO NO MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: ANAIS DO 56º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-12, 2014.

[6] de SOUZA, L.M.; DE ASSIS, C.D.; SOUTO, S.B.G. AGREGADO RECICLADO: UM NOVO MATERIAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 1, p. 273-278, 2014.

[7] RAMOS, M.A.; DOS PASSOS PINTO, A.C.; DE OLIVEIRA MELO, A.A. O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DE DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 2, n. 2, p. 45-68, 2013.

[8] OLIVEIRA, C. A. S.; MORAVIA W. G. Caracterização do Resíduo da Extração do Quartzito Visando a Sua Aplicação na Indústria da Construção Civil. INTERNATIONAL CONFERENCE ON NON-CONVENTIONAL MATERIALS AND TECHNOLOGIES, 2007.

- [9] SOUTSOS, M.N.; TANG, K.; MILLARD, S.G. THE USE OF RECYCLED DEMOLITION AGGREGATE IN PRECAST CONCRETE PRODUCTS - PHASE III: CONCRETE PAVEMENT FLAGS. *Construction and Building Materials*, Vol.36, pp.674-680, 2012.
- [10] MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Élcio Duduchi. A RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO BRASIL: 1986-2008. *Ambiente Construído*, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.
- [11] SALES, A.T.C.; ALFERES FILHO, R.S. THE EFFECT OF CERAMIC WASTE POWDER AS ACTIVE ADDITION FOR CONCRETE. *AMBIENTE CONSTRUÍDO*, v. 14, n. 1, p. 113-125, 2014.
- [12] MELO, A.V.S.; FERREIRA, E.A.S.M.; COSTA, D.B. CRITICAL FACTORS IN THE PRODUCTION OF RECYCLED AGGREGATE IN CDW RECYCLING PLANTS IN BRAZIL'S NORTHEAST REGION. *Ambiente Construído*, v. 13, n. 3, p. 99-115, 2013.
- [13] PINTO, T. P. Bacias de Captação de Resíduos Sólidos – Instrumento Para Uma Gestão Sustentável Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana, In: III SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, junho, 2000, São Paulo, SP. ANAIS... São Paulo, junho, 2000 PCC/USP, IBRACON. p 25-34.
- [14] GRIGOLI, A. S. Entulho de obra - Reciclagem e consumo na própria obra que o gerou. In: ENATA - MODERNIDADE E SUSTENTABILIDADE, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO MEIO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. Anais.... Bahia, 2000.
- [15] LIMA, J. A. R. Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos. 1999. 223f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- [16] ANGULO, S. C. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados ea influência de suas características no comportamento de concretos. São Paulo, v. 167, 2005.
- [17] de ARAÚJO, N. N.; BARROS R.M.M.; ARAÚJO, R. A.; de SÁ, M. V. V. A. DESEMPENHO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO PRODUZIDAS COM AGREGADOS RECICLADOS DA GRANDE NATAL/RN. In: Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-18, 2014.
- [18] MIRANDA, L. F. R. Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassa de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos Classe A da construção civil. 2005. 439p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2005.
- [19] PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- [20] PINTO, T. P. Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas. 1986. 140p. Dissertação (mestrado). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

- [21] PIRES, G.O; PICANÇO, M.S.; Macedo, A.M.; CORDEIRO, L.; MARINHO, C.C.M.; QUEIROZ, J.M. CONCRETO PRODUZIDO COM AGREGADO GRAÚDO PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: Anais do 56° Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-15, 2014.
- [22] SIPP, G.; MEDEIROS, R.; DELFINO, T.; ANSELMO, B. AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO PARCIAL DE AGREGADO RECICLADO PARA FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA. In: Anais do 56° Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-20, 2014.
- [23] ALMEIDA JÚNIOR, P.O.B.; CERVO, T.C.; TEIXEIRA, D.L.K.; PEREIRA, D.S.; BATAGLIN, F.S. UTILIZAÇÃO DE AGREGADO GRAÚDO RECICLADO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM PAVIMENTOS DE CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA. In: Anais do 56° Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-16, 2014.
- [24] JACQUES, J.R.; SOKOLOVICZ, B.C. ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO GRAÚDO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND. In: ANAIS DO 56° Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2014 - 56CBC, Natal, 1-15, 2014.
- [25] RODRIGUES, C.R.S.; FUCALE, S. EXPERIMENTAL MIX PROPORTION OF CONCRETE MADE WITH RECYCLED AGGREGATE FROM CIVIL CONSTRUCTION WASTE. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2014.
- [26] CARNEIRO, J.A.; LIMA, P.R.L.; LEITE, M.B.; TOLEDO FILHO, R.D. COMPRESSIVE STRESS-STRAIN BEHAVIOR OF STEEL FIBER REINFORCED-RECYCLED AGGREGATE CONCRETE. *Cement and Concrete Composites*, February 2014, Vol.46, p.65-72.
- [27] CATAPRETA, A. A. C., PEREIRA, C. J., ALMEIDA, H. A., Avaliação do desempenho das usinas de reciclagem de resíduos de construção civil de Belo Horizonte, Brasil. In: XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS. Santiago – CHILE. Centro de Eventos Casa Piedra . 12 – 15 Octubre de 2008.
- [28] GUSMÃO, A D. Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Recife: Gráfica Editora, 2008. p. 140.
- [29] PACHECO-TORGAL, Fernando et al. (Ed.). Handbook of recycled concrete and demolition waste. Elsevier, 2013.
- [30] HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1993.
- [31] NUNES, W. C. Influência do agregado graúdo reciclado de resíduos da construção predial nas propriedades do concreto fresco e endurecido. Goiânia: UFG, 2007. 200p. (Dissertação mestrado). Escola de engenharia civil da universidade federal de Goiás.
- [32] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7251 – Agregado no estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- [33] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7211 – Agregados para concreto. Rio de Janeiro. 1987, 5 p.

[34] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 67 – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

[35] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

[36] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 8522 – Determinação de deformação estática e diagrama – Tensão-Deformação. Rio de Janeiro, 1984.

[37] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13.281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

[38] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, 2007