Caracterização de Resíduos de Construção e Demolição

Robson Negri ¹,

Enori Gemelli ²,

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo o estudo de caracterização dos agregados obtidos pelo beneficiamento de resíduos de construção civil e demolição, classificados como classe A, na região de Joinville-SC. O material analisado foi coletado de cinco obras da região, sendo posteriormente beneficiado, separado e amostrado conforme metodologia proposta. Os ensaios de caracterização aplicados foram: caracterização morfológica e textura, caracterização qualitativa, caracterização granulométrica, massa específica e absorção, massa unitária, teor de materiais pulverulentos e determinação de sais de cloretos e sulfatos solúveis. Os resultados apresentaram-se favoráveis à aplicabilidade dos agregados graúdos obtidos e desfavoráveis à parcela de agregados miúdos, quando analisadas as características exigidas para a confecção de concretos e argamassas. Como principais pontos que os diferenciam em relação aos agregados naturais, pode-se destacar a maior porosidade e absorção de água e, indiretamente, menores massa específica, unitária e resistência.

Palavras-chave: resíduos RCD, concretos, construção civil.

Characterization of Construction and Demolition Waste

Abstract: The present work aimed to study the characterization of the aggregates obtained by the processing of construction and demolition waste, classified as class A, in the region of Joinville-SC. The analyzed material was collected from five works in the region, later being processed, separated and sampled according to the proposed methodology. The characterization tests applied were: morphological and texture characterization, qualitative characterization, granulometric characterization, specific mass and absorption, unit mass, powdery material content and determination of soluble chloride and sulfate salts. The results were favorable to the applicability of the coarse aggregates obtained and unfavorable to the portion of fine aggregates, when analyzing the characteristics required for making concrete and mortars. As the main points that differentiate them in relation to natural aggregates, we can highlight the greater porosity and water absorption and, indirectly, lower specific mass, unit and resistance.

Key-words: RCD waste, concrete, construction.

¹ Msc. Robson Negri – Professor da Católica de Santa Catarina – e-mail: robisonnegri@gmail.com

² Ph. D Enori Gemelli – Professor Universidade do Estado de Santa Catarina – e-mail: enori.gemelli@udesc.br

Introdução

Durante muito tempo os setores econômicos, em geral, desenvolvem suas atividades extraindo e utilizando materiais naturais não renováveis, sem a consciência de sua extinção. Na década de 80, surgem no Brasil as primeiras políticas voltadas à conservação do meio ambiente, passando os setores econômicos a considerar em seus processos produtivos os custos relativos aos recursos naturais, buscando a minimização dos desperdícios, diminuição do consumo de energia e principalmente, controle da poluição. Tais políticas e conceitos de sustentabilidade, mesmo que com um pouco mais de retardo, começam a se difundir também no setor da construção civil. (SCHENINI, BANGATI e CARDOSO, 2004)

Devido a grande demanda habitacional, os resíduos de construção e demolição estão cada vez mais presentes nas discussões ambientais, trazendo prejuízos à conservação dos recursos naturais e ao meio ambiente, principalmente pela sua má disposição. Pesquisas realizadas em várias cidades brasileiras apontam que o volume gerado de resíduos de construção e demolição de obras civis representa aproximadamente 60% a 70% do total do volume de todos os resíduos gerados nas cidades (PINTO, 1999). Nesse mesmo estudo o autor estima valores de geração entre 230 a 760 kg/hab.ano de resíduos de construção, com uma mediana de 510 kg/hab.ano.

Segundo John (1999) quanto maiores os centros urbanos, mais distantes se encontram os pontos de descarte e mais difícil a obtenção de agregados naturais, devido ao esgotamento das reservas próximas. Dessa forma, percebe-se a necessidade de conferir um uso mais racional aos resíduos, voltando à cadeia produtiva de onde foi oriundo.

Nesse contexto, sabendo que no processo produtivo da construção civil tem destaque o uso intenso de matérias-primas naturais como agregados, que acabam compondo a maior parcela dos elementos constituintes da massa dos resíduos sólidos da construção civil, estudos e atitudes que envolvam prevenção e redução do volume de resíduos gerados e/ou dispostos em aterros (emprego de tecnologias limpas e uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis), permitirão a utilização de sua parcela inerte. Tais atitudes acarretam na minimização dos impactos ambientais, tanto na extração como na disposição desses materiais, possibilitando a geração de renda, com consequentes reflexos sociais relevantes.

Assim, o emprego de parte dos Resíduos da Construção Civil como agregado reciclado, passou a ser uma ação necessária, principalmente nos grandes centros, pois tecnicamente tal procedimento oferece simplicidade operacional no beneficiamento dos materiais, com retorno financeiro direto e indireto, devido principalmente ao aumento na vida útil dos centros de disposição de Resíduos da Construção Civil (BORGES et al., 2005).

Perante os danos ambientais causados pela extração de agregados naturais nas áreas situadas próximas dos centros urbanos, o agregado mineral proveniente do resíduo da construção civil apresenta várias propriedades positivas, mas hoje ele se encontra subaproveitado, pois seu descarte direto nos aterros indica que os agentes intervenientes não vêm valorizando a expressiva parcela mineral dele constituinte, que é inerte e passível de utilização (BORGES et al., 2005).

O entulho de obra, material proveniente de construção e ou pequenas demolições durante o processo de execução, pode ser reciclado de forma manual ou mecânica na própria obra e aplicado em argamassas e concretos sem função estrutural ou ainda, adicionados em pequenas frações aos concretos convencionais para estruturas de baixas solicitações. O material pode comumente ser utilizado em concretos para contra pisos, calçadas e drenos (GRIGOLI apud ALTHEMAN, 2002).

Como é de consenso na comunidade científica, o agregado exerce função de extrema importância na confecção de compósitos, tanto do ponto de vista econômico, como sobre as propriedades finais do material.

Mehta e Monteiro (1994) comentam que depois de beneficiado o entulho da construção civil fornece fragmentos os quais podem ser utilizados como agregado, principalmente graúdo, sendo inadequado à utilização como agregado miúdo. Também comenta que as principais dificuldades em se utilizar o agregado de RCD residem no processo de britagem, graduação, controle de pós e separação de partículas indesejadas.

Para Limbachiya, et al. (2012) e Tangchirapat, et al (2013) os agregados reciclados de subprodutos com predominância de concretos e argamassas, típicos da parcela inerte de resíduos de construção e demolição, apresentam como principais características a grande porosidade e aspereza superficial, e, conseqüentemente, maior capacidade de absorção de água. Também são

produzidos agregados mais leves e com propriedades mecânicas inferiores as dos agregados naturais.

Segundo Carneiro et al. (2000), bem como Cheriaf e Rocha (1997), a análise das características físicas, geométricas e ambientais dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição pode auxiliar na minimização de sua produção, bem como na viabilização de sua reutilização.

No caso específico dos agregados reciclados dos resíduos sólidos da atividade de construção civil a heterogeneidade é notória. Devido a isso à composição e a qualidade dos materiais envolvidos variam geograficamente e sazonalmente.

Conforme Barra (1997), as principais diferenças entre os agregados convencionais e reciclados residem na maior heterogeneidade, menor resistência da matriz e maior porosidade dos agregados de RCD.

Os componentes presentes nos agregados reciclados determinam muitas de suas propriedades, tais como resistência mecânica, absorção de água e massa específica (LIMA apud ALTHEMAN, 2002).

Atualmente existem municípios que já implantaram com sucesso metodologias de reciclagem dos resíduos sólidos de construção, com coletas seletivas e processamento, obtendo resultados satisfatórios.

Com base nas informações anteriores, pode-se afirmar que, a solução dos problemas relacionados à geração de resíduos da construção urbana tem grande importância para a saúde pública, a conservação dos recursos naturais e a geração de energia, refletindo-se de modo positivo na qualidade de vida da população.

Sendo assim, estudos sobre descritivos de caracterização dos agregados reciclados da porção mineral dos resíduos da construção civil, avaliando aspectos, qualitativos, físicos e químicos, são de fundamental importância para que o uso destes materiais seja realizado de forma consciente e com segurança.

O presente trabalho cumpre a função de contribuir na etapa de caracterização qualitativa dos agregados de reciclados de resíduos de construção e demolição, visando servir de fonte para aplicação racional dos mesmos, bem como, auxiliar como informações piloto para estudos que venham a ser desenvolvidos.

Materiais e Métodos

De maneira a possibilitar o estudo de caracterização proposta, foram coletados resíduos de construção civil provenientes de 5 obras distribuídas na região norte da cidade de Joinville - SC (Figura 1), separando somente a porção granular dos mesmos.

Figura 1 – Resíduo de Demolição Utilizado na Obtenção do Agregado de RCD.

Após o processo de britagem manual, a porção graúda foi separada da porção miúda por peneiramento.

Com base nas características visuais dos agregados obtidos, bem como as recomendações bibliográficas que indicam a inviabilidade de aplicação satisfatória dos agregados miúdos de RCD, procedeu-se o descarte da fração miúda, sendo caracterizados somente os agregados graúdos obtidos.

Todos os materiais utilizados foram secos e mantidos acondicionados dentro de tambores no interior do laboratório. Os valores de umidade foram medidos e puderam ser desconsiderados.

As amostras dos agregados foram coletadas dos tambores de armazenamento do Laboratório de Materiais de Construção da UDESC, seguindo os procedimentos de redução de amostra recomendados pela ABNT NBR 16915 (2021) - “Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório”.

O programa experimental de caracterização seguiu as normas da ABNT, sendo analisados os seguintes parâmetros: caracterização morfológica dos agregados graúdos, Caracterização Qualitativa, análise granulométrica, massa específica, massas unitárias, Teor de Material Pulverulento, Determinação de Sais de Cloretos e Sulfatos Solúveis.

A caracterização morfológica dos agregados graúdos foi realizada visualmente com auxílio de escala graduada (régua) e máquina fotográfica digital. A microtextura foi analisada no Microscópio de Varredura Zeiss, acoplado ao sistema de microanálisis EDX, com tensão de 20 kv.

A metodologia utilizada para caracterização qualitativa dos agregados reciclados de RCD foi a proposta pela ABNT NBR 15116 (2004) - “Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem fim estrutural – Requisitos”.

A técnica consiste basicamente na redução de duas amostras de aproximadamente 5 kg de agregado graúdo conforme ABNT NBR 16915 (2021). O agregado foi lavado em peneira com malha de abertura # 4,8 mm de modo a retirar pós e partículas finas. Posteriormente o agregado, foi mantido em estufa a aproximadamente 105° C, até constância de massa. Deixou-se o mesmo esfriar até que fosse possível o seu manuseio. Após a preparação os resíduos foram separados visualmente e classificados em quatro grupos:

- ✓ Concretos e argamassas – fragmentos que apresentam pasta de cimento endurecida em mais de 50% do volume;
- ✓ Pedras – fragmentos constituídos de rocha em mais de 50% do volume;
- ✓ Cerâmicos – fragmentos de cerâmica branca ou vermelha em mais de 50% do volume;
- ✓ Outros (vidro, madeira, papel, metal, plástico, amianto, etc.).

As proporções são dadas em porcentagens, com base no peso de cada fração componente do agregado. A ABNT NBR 15116 (2004) classifica os tipos de agregados reciclados em dois grupos ARC (com mais de 90% do seu material contido nos dois primeiros grupos) e ARM (com menos de 90% do seu material contido nos dois primeiros grupos).

A análise granulométrica das amostras de agregado reciclado e natural foi realizada de acordo com a ABNT NBR NM 248 (2003) - “Agregado - Determinação da Composição Granulométrica”.

A determinação da massa específica dos agregados graúdos de RCD e naturais foi realizada através dos procedimentos descritos pela ABNT NBR NM 53 (2009) – “Agregado Graúdo – Determinação da absorção e da massa específica de agregados graúdos”.

As massas unitárias dos agregados graúdos reciclados foram obtidas seguindo as prescrições da ABNT NBR NM 45 (2006) - “Agregado – determinação da massa unitária e do volume de vazios”.

Para o cálculo da porcentagem de material pulverulento dos agregados graúdos foi seguido o procedimento descrito pela ABNT NBR 16915 (2003) – “Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem”.

Para a utilização dos agregados de RCD na confecção de concretos, a ABNT NBR 15116 (2004) exige a verificação da concentração de sais de cloreto e sulfato solúveis, estabelecendo seus limites. Na pesquisa realizada optou-se pela terceirização dessas análises com o laboratório do Instituto de Pesquisa Clínicas de Joinville, que procedeu os ensaios conforme descrito na ABNT NBR 9917 (2009) – “Agregados para concreto – Determinação de sais, cloreto e sulfatos solúveis”, segundo as metodologias apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Metodologias Utilizadas

Descrições dos Parâmetros	Metodologias Utilizadas
Sais de Cloretos	Titulometria
pH - Medido no Extrato Solubilizado	Eletrometria
Sulfetos Solúveis	E. UV-Vis

Resultados e discussões

Verificou-se uma maior predominância de subprodutos de concretos e argamassas, que conferem aos agregados boas condições de aplicabilidade, principalmente em concretos não estruturais.

Granulométricamente os agregados artificiais apresentaram uma distribuição contínua, bem distribuída, se enquadrando na faixa de aplicação como brita 1.

A textura, absorção e massa específica dos agregados reciclados apresentam-se bem diferentes dos agregados convencionais. Os agregados reciclados são asperos e agulosos, possuindo maior absorção e menor massa específica que os agregados convencionais obtidos pela britagem de rochas.

Outro aspecto relevante é o baixo teor de material pulverulento, geralmente indesejado para aplicação em concretos.

Na sequência serão apresentados os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados graúdos obtidos dos RCD das 5 obras estudadas.

O agregado graúdo de RCD apresenta superfície sem um sentido de clivagem definido, diferentemente do agregado graúdo natural. Isso é justificado pela anisotropia dos materiais que o constituem, ficando claro quando analisada a Figura 2.

Sua forma é extremamente variada e irregular e suas partículas possuem maior heterogeneidade de tamanhos do que o agregado graúdo convencional. A forma rugosa com reentrâncias e sem superfície de clivagem definida, a difere sensivelmente da areia natural.

Verifica-se uma maior aspereza desses agregados e também a presença de material pulverulento envolvendo as partículas.

Figura 2 – Foto Digital do Agregado Graúdo de RCD - Pode ser verificada a Variada das Partículas, Sem Aparente Lógica Direcional e a Alta Dispersão de Tamanhos.

Analisando a Figura 3 também é perceptível a rugosidade da superfície do agregado, tendo sua textura classificada como alveolar.

Figura 3 – Micrografia da Superfície das Partículas do RCD, Grande Presença de Material Pulverulento em Superfície Áspera, Sem Presença de Seção de Clivagem.

Conforme descrito na ABNT NBR 16915 (2021) foi amostradas duas porções de agregados graúdos de RCD e aplicada à metodologia proposta, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Foto Digital do Agregado Graúdo de RCD - Processo de Classificação.

Os resultados encontrados na análise foram semelhantes aos apresentados na revisão bibliográfica, sendo que se destacaram na composição os materiais pertencentes ao grupo de concretos e argamassas, com praticamente 78% em peso.

Os materiais cerâmicos (Grupo 2) foram encontrados em menor quantidade, e praticamente somente uma pequena parcela do agregado de RCD se constituiu de pedras soltas (Grupo 3).

Os resultados podem ser vistos na Tabela 2 e graficamente na Figura 5.

Tabela 2 – Caracterização Qualitativa do RCD – ABNT NBR 16915 (2021)

	Amostra 1		Amostra 2		Média
	Massa (g)	(%)	Massa (g)	(%)	
Concretos e Argamassas	3734,7	77,9	3810,0	79,5	78,7
Cerâmicas	693,5	14,5	702,8	14,7	14,6
Pedras	366,9	7,7	347,2	7,2	7,4
Total	4795,1	100	4860,0	100	100

Figura 5 – Representação Gráfica da Composição Média do RCD.

Desta forma, pode-se afirmar que o material, apesar de sua variedade, apresenta características físicas semelhantes à do concreto, possuindo assim qualidades interessantes para sua utilização, no próprio concreto, como agregado reciclado.

O agregado graúdo de RCD possui características granulométricas um pouco diferentes dos agregados naturais, refletindo num diâmetro máximo de agregado maior e distribuição granulométrica mais fechada. A Figura 6 apresenta os resultados encontrados. O agregado obtido pode ser classificado como Brita 1. O Módulo de Finura calculado foi 6,85 e a Dimensão Máxima Característica encontrada foi 25,0 mm.

Figura 6 – Curva Granulométrica do Agregado Graúdo de RCD.

Para o agregado graúdo de RCD, conforme esperado, os valores encontrados para a massa específica do agregado e absorção foram, respectivamente, 2,06 g/cm³ e 8,76%. Outros estudos encontraram valores de massa específica entre 2,00 e 2,50 g/cm³ e absorção entre 5% e 6%. O valor limite de absorção requerido pela ABNT NBR 15116 (2004) é de 12%, estando o presente agregado atendendo suas prescrições.

A massa específica do agregado reciclado é em torno de 25 % menor que a do agregado natural. Isso é apresentado devido os materiais constituintes do agregado de RCD terem densidades menores que a do agregado natural. Outro fator que influencia no presente resultado é a maior porosidade do agregado de RCD, fator esse que corrobora para um aumento também na capacidade de absorção de água destes agregados. A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio realizado.

Tabela 3 – Massa Específica e Absorção do Agregado Graúdo de RCD – ABNT NBR NM 53 (2009)

Dados do Ensaio	Amostra 1	Amostra 2
Massa Específica Seco (g/cm ³)	2,05	2,06
Massa Específica Seco Média (g/cm³)	2,06	
Absorção (%)	9,04%	8,48%
Média da Absorção do Agregado (%)	8,76%	

Para o agregado graúdo de RCD, possivelmente também influenciada pela forma e distribuição granulométrica do mesmo, apresentou um valor de massa unitária solta 29% menor do que o valor teórico esperado para o agregado de graúdo natural. Os valores de referência apresentados na revisão bibliográfica foram aproximadamente de 1,10 g/cm³, bem próximo do resultado obtido e apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Massa Unitária Solta do Agregado Miúdo de RCD – ABNT NBR NM 45 (2006)

Dados do Ensaio	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Massa Unitária Solta do Agregado (g/cm ³)	1,07	1,10	1,07
Média da Massa Unitária Solta (g/cm³)	1,09		

Como comentado no item anterior, os valores do teor de materiais pulverulentos no agregado graúdo de RCD são bem inferiores aos encontrados para o agregado miúdo. Os valores são apresentados na Tabela 5 e também estão bem abaixo dos recomendados pelas ABNT NBR 15116 (2004), sendo que se encontram em valores inferiores aos recomendados para agregados naturais.

Tabela 5 – Teor de Materiais Pulverulentos do Agregado Graúdo de RCD — ABNT NBR 15116 (2004)

Dados do Ensaio	Amostra 1	Amostra 2
Material Pulverulento (%)	0,86%	0,95%
Teor Médio de Material Pulverulento (%)	0,90%	

Os valores encontrados nas análises dos agregados de RCD, apresentados na Tabela 6 mostram não existirem influências de sais de sulfatos e cloretos nos concretos confeccionados com os presentes agregados.

O pH da solubilização dos agregados apresentou tendências básicas, tradicionais quando se trata de materiais cimentícios.

A umidade pode ser desconsiderada, como já foi citado na metodologia.

Tabela 6 – Determinação de Sais de Cloretos e Sulfatos Solúveis no RCD – ABNT NBR 9917 (2009)

Descrições dos Parâmetros	Resultados	Valores Máximos Permitidos
Sulfatos	< 0,00005%	1 %
Cloretos	0,15 %	1 %
pH - Medido no Extrato Solubilizado	7,65	-
Teor de Umidade	0,44%	-

Conclusões

Os agregados graúdos provenientes do beneficiamento dos resíduos sólidos de construção apresentaram características físicas e químicas diferentes dos agregados convencionais, no entanto, atenderam aos requisitos exigidos pelas normas da ABNT.

Basicamente os agregados de RCD apresentaram maior absorção de água e, consequentemente, maior porosidade. Esse fato refletiu em uma diminuição dos valores da massa específica real e peso unitário.

Os agregados de RCD apresentam superfícies mais ásperas, forma e tamanho de partícula mais variada. O teor de materiais pulverulentos dos agregados de RCD é relativamente maior, principalmente nos agregados miúdos.

A adição de agregado de RCD na massa do concreto tende a diminuição na trabalhabilidade da mesma, devido às características de absorção, peso unitário e textura do agregado.

A adição de agregado miúdo de RCD não é recomendada pela grande quantidade de material pulverulento e interferências na trabalhabilidade.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado - Determinação da Composição Granulométrica, ABNT NBR NM 248. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem, ABNT NBR NM 46. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado – Determinação da Massa Unitária, e do volume de vazios, ABNT NBR NM 45. Rio de Janeiro, 2006.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregado Graúdo – Determinação da Absorção e da Massa Específica de Agregados Graúdos, ABNT NBR NM 53. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados para Concreto – Determinação de Sais, Cloreto e Sulfatos Solúveis, ABNT NBR 9917. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Redução de Amostra de Campo de Agregados para Ensaio de Laboratório, ABNT NBR 16915. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos, ABNT NBR 15116. Rio de Janeiro, 2004.
- ALTHEMAN, D. Avaliação da Durabilidade de Concretos Confeccionados com Resíduos da Construção Civil. 2002. 102 p. Relatório Final de Iniciação Científica. Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil - FEC-UNICAMP. Campinas, 2002.
- BARRA, M. Dosagem de concretos com agregados reciclados: aspectos particulares. In: Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para Proteção Ambiental, 1997, São Paulo. PCC-USP, 1997.
- BORGES, I. J. P. et al. Plano de Gestão dos Resíduos da Construção Civil para o Município de Joinville. OAP Consultores Associados Ltda. Prefeitura Municipal de Joinville, Joinville, 2005. p. 1 – 71.

- CHERIAF, M.; ROCHA, J. C. Caracterização dos Resíduos Industriais do Estado de Santa Catarina e as Possibilidades de Valorização na Construção Civil. In: ENCONTRO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1., 1997, Canela. Anais... Canela, 1997.
- JOHN, V. M. Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: Contribuição para Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento. 1999. 120 p. Tese (Livre Docência) Departamento de Engenharia de Construção Civil -USP. São Paulo, 1999.
- LIMBACHIYA, M., MEDDAH, M. S., OUCHAGOUR, Y. "Use of recycled concrete aggregate in fly-ash concrete", Construction and Building Materials, v. 27, n. 1, pp. 439-449, Feb. 2012.
- MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais, 1a. ed., São Paulo: Pini, 1994. p. 1 – 384.
- PINTO, T. P. Metodologia para a gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. 1999. 189 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil -USP. São Paulo, 1999.
- SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. Gestão de Resíduos da Construção. Artigo COBRAC 2004. UFSC. Florianópolis, 2004.
- TANGCHIRAPAT, W., RATTANASHOTINUNT, C., BURANASING, R., et al., "Influence of Fly Ash on Slump Loss and Strength of Concrete Fully Incorporating Recycled Concrete Aggregates", Journal of Materials in Civil Engineering, v. 25, n. 2, pp. 243-251, Feb. 2013.