

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL PARA A PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND

DESCHAMPS, R., Universidade do Vale do Itajai, email: ryan.engcivil@gmail.com; BORBA, F., Universidade do Vale do Itajai, email: fernando_@hotmail.com; VENÂNCIO, C., Universidade do Vale do Itajai, email: caroline_venancio@yahoo.com.br

ABSTRACT

With the civilization advance and the growing demand for solid wastes for the cities development and infrastructure, the reuse of the wastes generated by them can become an environmental and economic alternative. Studies with Civil Construction Waste (CCW) have been increasing and indicating good results partially replaced by the aggregates. It was also noticed that the previous wetting of CCW can show even more promising results. Therefore tests were performed on mortars with 10; 20 and 30% of CCW in a 1: 1: 6 mass scale (cement, lime and aggregate). The same proportions of the respective granulometries were used 1,2; 0.6; 0.3 and 0.15 and the w/c ratio was set at 1.4. After the characterization of the aggregates and agglomerates the mortar was evaluated in the fresh and hard state. The tests were carried out with a specific mass in the fresh and hard state, consistency index, compressive strength at the 7th and 28th days, resistance to bending traction at the 28th, capillary absorption and grip. It has been found that the addition of WCC in mortars can provide improvements when observing that WCC can contribute significantly in the performance of coating mortars when substituted in certain proportions.

Key-words: Mortas. Pre-wetting. Civil construction waste (CCW).

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm causando alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Em decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos (FERREIRA; ANJOS, 2001). Os Resíduos da Construção Civil (RCC) representam um importante problema ambiental: os entulhos podem representar mais de 70 % da massa total de resíduos sólidos urbanos de uma cidade brasileira de médio e grande porte.

¹ DESCHAMPS, R., BORBA, F., VENÂNCIO, C. Análise da Influência do Resíduo da Construção Civil na substituição parcial do agregado miúdo natural para a produção de argamassas de cimento Portland. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2018, Foz do Iguaçu, PR. Porto Alegre: ANTAC, 2018.

No Brasil, esse fato é agravado pelo maciço processo de migração iniciado na segunda metade do século XX; hoje a população predominantemente se concentra nas cidades, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações (MENEZES, PONTES e AFONSO, 2011). Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (2002) os RCC são constituídos por tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica. São ainda incluídos: árvores, solo, rochas procedentes da limpeza, preparo e escavação de terrenos e ainda portas, janelas e tubulações, os quais são reaproveitados em outras obras. No Brasil, a Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) atribui responsabilidades aos geradores, transportadores e gestores públicos do RCC. O gerador dos resíduos é responsável também pela sua destinação. O RCC antes de ser destinado a um aterro para que possa ser reaproveitado no processo de reciclagem, deve ser separado conforme estabelecido pela NBR 15113:2014 (Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação). Nesse contexto, o reaproveitamento dos RCC's pode ser uma alternativa econômica-socioambiental pela possibilidade de fabricação de produtos de maior valor agregado, pela redução no consumo de energia e nos custos dos empreendimentos e pela minimização dos impactos ambientais. Isso exige pesquisas que apontem diferentes possibilidades de uso parcial dos resíduos na produção de argamassas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Analisar a influência da substituição parcial de areia natural por RCC em argamassas de cimento Portland.

2.2 Objetivos específicos

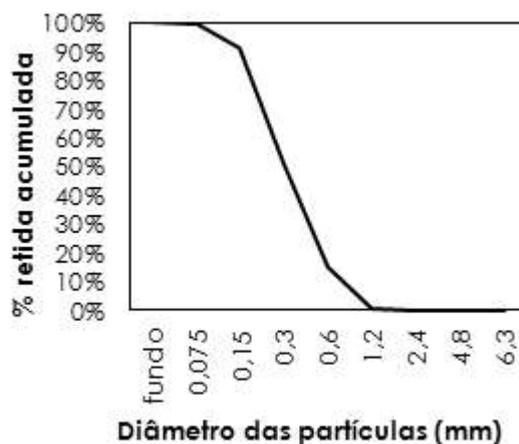
- Otimização de um traço para produção das argamassas através de substituição parcial dos resíduos;
- Analisar o desempenho mecânico das argamassas com substituição de resíduo (RCC), fixando a relação a/c;
- Analisar a durabilidade das argamassas por meio do ensaio de absorção de água por capilaridade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram areia fina, adquirida no vale do Itajaí, cimento Portland CP II – Z – 32 e a cal Hidratada CH – II. O resíduo da construção civil utilizados é proveniente de obras realizadas na cidade de Itajaí-SC e região, com a cor predominante cinza, característica de materiais cimentícios.

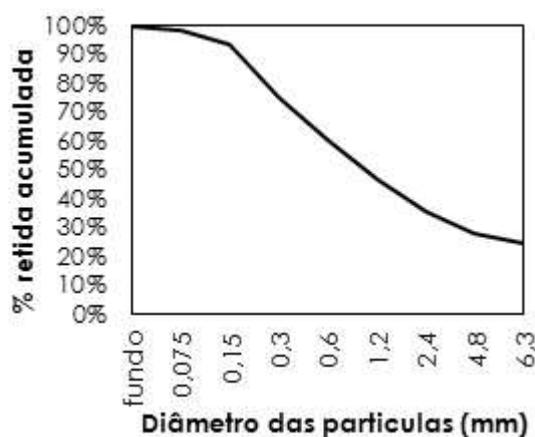
As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente as curvas granulométricas da areia fina e do RCC.

Figura 1 – Curva granulométrica areia.



Fonte: Os autores

Figura 2 – Curva Granulométrica RCC.



Fonte: Os autores

O RCC foi seco em estufa por um período de 24 horas, submetido ao processo de britagem, separado do material retido na peneira de abertura 6,3 mm e então, os ensaios de caracterização dos agregados foram realizados com a fração miúda (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização dos agregados.

Ensaio	Areia fina	RCC
Módulo de finura	1,57	3,38
Diâmetro Máximo Característico (mm)	1,2	> 6,3
Diâmetro Mínimo Característico (mm)	< 0,075	0,075
Coefficiente de Uniformidade	2,68	11,08
Coefficiente de Curvatura	0,96	0,44

Massa unitária (Kg/dm ³)		1,58	1,23
Massa específica (Kg/dm ³)		2,46	2,35
Teor de material pulverulento (%)		1,27	10,71
Inchamento	Umidade crítica (%)	6,1	-
	Inchamento médio	1,57	-

Fonte: Os autores

Diante dos resultados de caracterização, os agregados foram selecionados de acordo com a sua granulometria. Quatro frações foram escolhidas para a composição do agregado a ser utilizado na produção das argamassas, fazendo com que a composição granulométrica e as características do resíduo, como por exemplo o grau de uniformidade, não influenciasse nos resultados de absorção de água por capilaridade. As frações utilizadas foram os grãos retidos na peneira de abertura 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm e 0,15 mm.

O traço definido para a argamassa foi de 1:1:6 (cimento, cal e agregado) em massa e a relação água cimento (a/c) foi fixada em 1,40. A fixação da relação a/c foi importante para avaliar apenas as características físicas dos grãos de RCC que podem influenciar na rede porosa, durante o ensaio de absorção de água por capilaridade e durante o ensaio de resistência mecânica.

A substituição de agregado natural por RCC foi de 10, 20 e 30 % em massa. Anteriormente à utilização do RCC, realizou-se a molhagem prévia do RCC. O resíduo foi saturado durante 48 horas e adicionado às argamassas na condição de saturado superfície seca (SSS), para eliminar o grande excesso de água na superfície dos grãos. Na produção das argamassas, o teor de umidade dos agregados na condição de SSS, foi determinado para que a quantidade de água presente no agregado fosse descontada da quantidade de água do traço. O Quadro 1 apresenta os traços propostos e os seus respectivos valores reais.

Quadro 1 – Traços propostos.

TRAÇO	a/c	% real de substituição	% de água contida na amostra	Traço real (cim:cal:agregado)
Referência	1,4	-	-	1:1:6
RCC10%	1,4	7,84	21,60	1:1:5,87
RCC20%	1,4	17,32	13,41	1:1:5,84
RCC30%	1,4	22,76	24,12	1:1:5,57

Fonte: Os autores

Após a produção das argamassas foram realizados os ensaios no estado fresco (índice de consistência e massa específica) e no endurecido (resistência à compressão, resistência à tração na flexão e absorção de água por capilaridade). Com os resultados de absorção de água por

capilaridade, determinou-se a velocidade de absorção da água por meio da sorptividade. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as suas respectivas normas, encontradas no referencial teórico.

4 RESULTADOS

Os resultados de massa específica das argamassas no estado fresco e o índice de consistência das argamassas estão apresentados no Quadro 2. Foram produzidos nove corpos de prova para cada traço, totalizando 36 amostras.

Quadro 2 – Resultados no estado fresco.

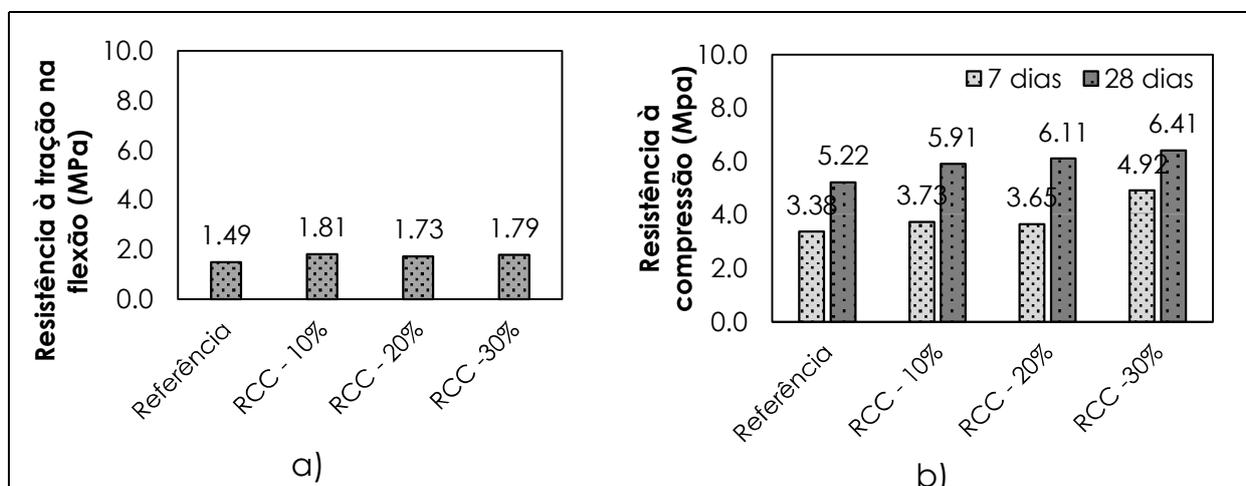
Ensaio	Argamassa			
	REFERÊNCIA	RCC10%	RCC20%	RCC30%
IC (mm)	282,7	281,1	278,7	248
ME (g/cm ³)	2,047	2,044	2,021	2,008

Fonte: Os autores

Como foi possível verificar no Quadro 2, as argamassas com até 20% de substituição da areia por RCC apresentaram um índice de consistência de aproximadamente 280 mm. Com 30% de substituição de areia por RCC este índice de consistência diminuiu, fato este que poderia acarretar numa menor trabalhabilidade da argamassa, dificultando a utilização desta argamassa para revestimentos. No entanto, não ocorreu dificuldade de moldagem das argamassas com o maior teor de substituição, fato este comprovado pela massa específica das argamassas (Quadro 2).

A Figura 3 apresentam respectivamente os resultados obtidos através ensaios de resistência à flexão e à compressão e a idade dos corpos de provas ensaiados.

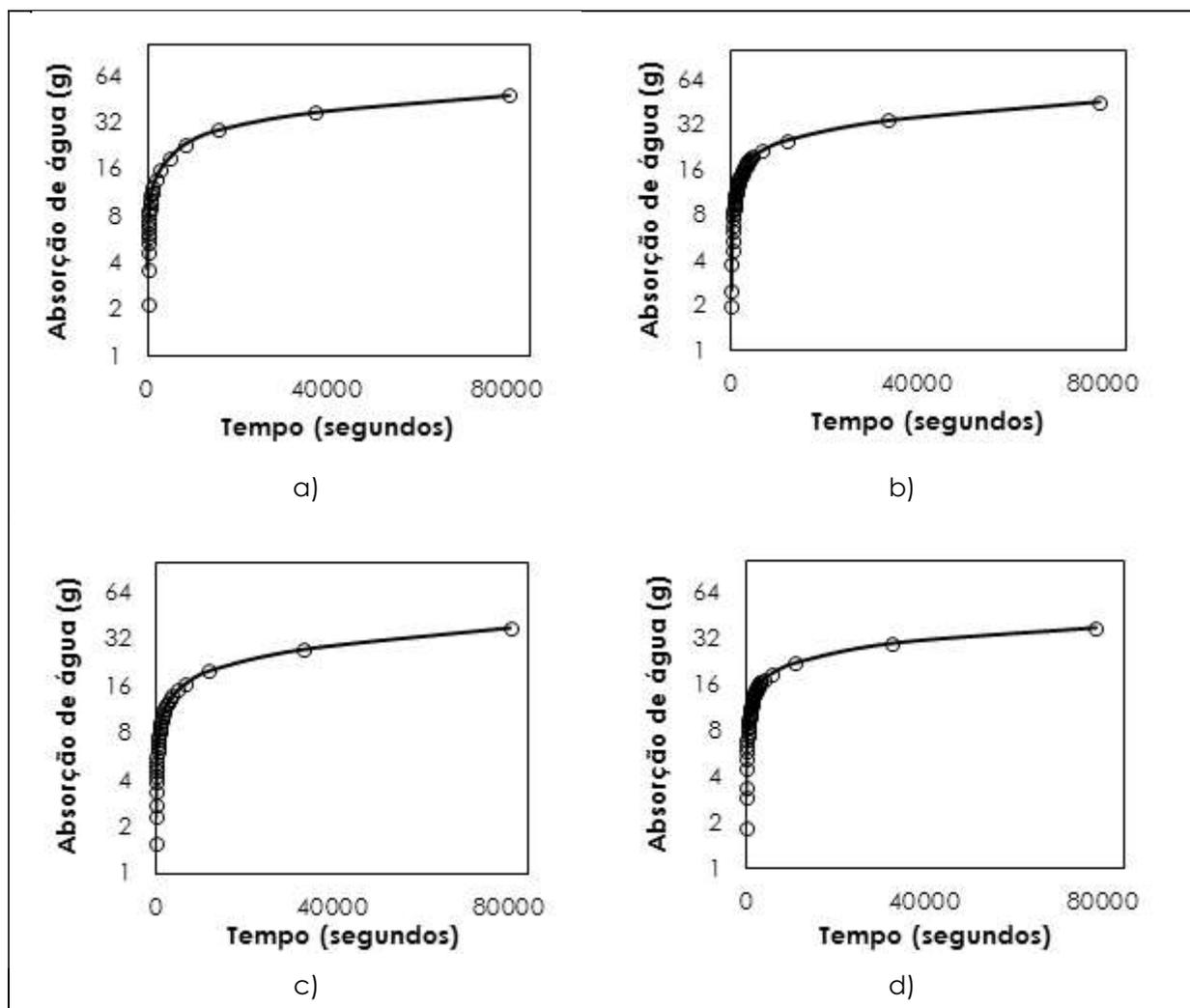
Figura 3 – Desempenho mecânico das argamassas com RCC. a) Resistência à tração na flexão das argamassas; b) Resistência à compressão das argamassas aos 7 e 28 dias de cura.



Fonte: Os autores

Na Figura 4 são apresentados os resultados de absorção capilar das argamassas. Neste ensaio, a absorção de água por capilaridade foi monitorada ao longo do tempo. Assim, com os dados de absorção de água em relação à raiz quadrada do tempo, em segundos, correspondem à velocidade de absorção da água por capilaridade, ou seja, a sorptividade das argamassas com RCC.

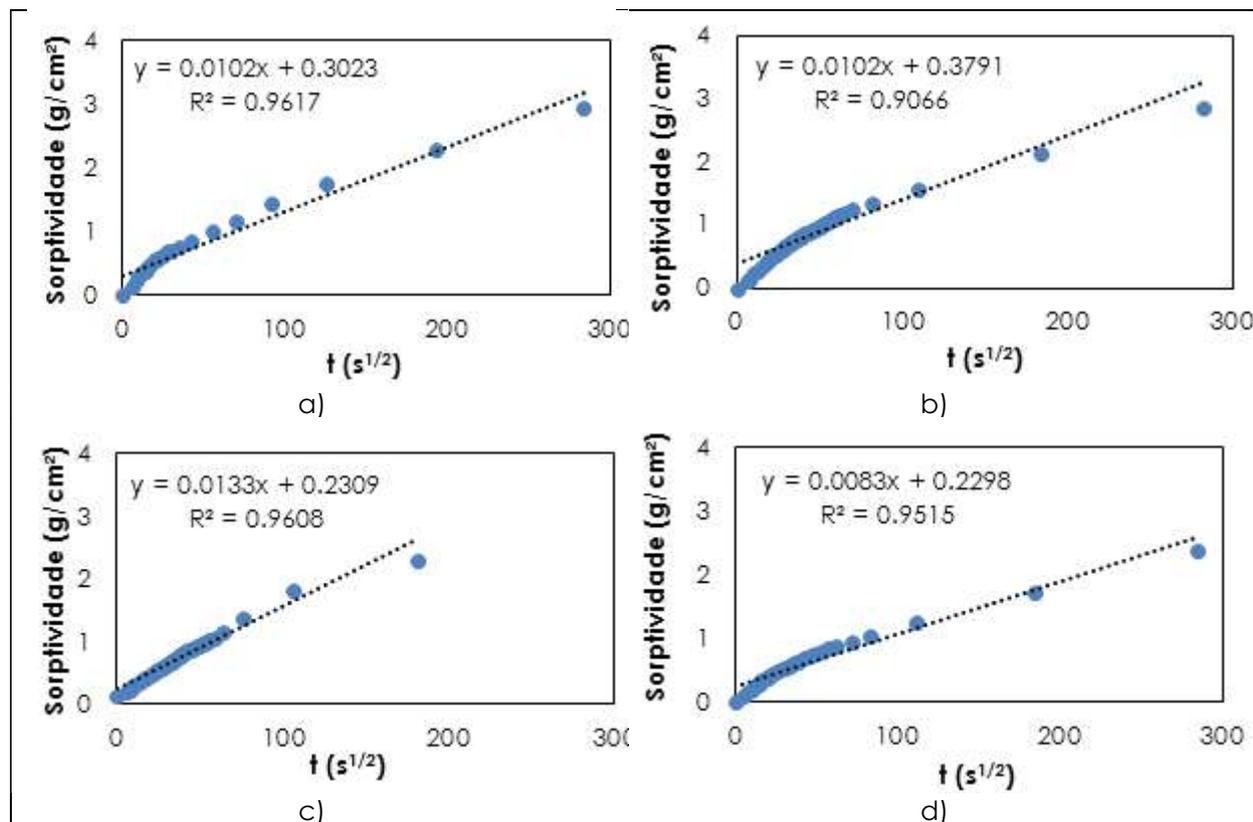
Figura 4 – Absorção de água por capilaridade das argamassas a) de referência; b) com substituição parcial de 10% do agregado natural por RCC; c) com substituição parcial de 20% do agregado natural por RCC; d) com substituição parcial de 30% do agregado natural por RCC.



Fonte: Os autores

Na Figura 5 os dados de sorptividade das argamassas são apresentados, ao longo do tempo.

Figura 5 – Sorptividade das argamassas a) de referência; b) com substituição parcial de 10% do agregado natural por RCC; c) com substituição parcial de 20% do agregado natural por RCC; d) com substituição parcial de 30% do agregado natural por RCC.



Fonte: Os autores

Uma vez fixada a relação a/c e as frações granulométricas dos agregados, as argamassas com a substituição parcial de areia por RCC apresentaram menor índice de consistência, mesma massa específica e no estado endurecido, menor absorção de água. Em alguns estudos (SCHAEFFER, C., O., 2007; MESQUITA, I. P., 2008; JOCHEM, L., F., 2012), a inserção do resíduo de construção civil nas argamassas exigiu uma maior relação a/c e esta propriedade altera a porosidade das argamassas, prejudicando o comportamentos mecânico e a durabilidade dos materiais cimentícios.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos nesta pesquisa, notou-se a viabilidade da inserção de resíduos de construção civil em substituição parcial do agregado natural, ressaltando que não foi feita análise estatística.

Para o ensaio de resistência à compressão aos 28 dias, a argamassa RCC30% apresentou resistência de 6,41 MPa enquanto a referência apresentou 5,22 MPa.

A produção das argamassas com frações granulométricas bem definidas e com uma mesma relação a/c diminuiu o índice de consistência das argamassas com uma maior substituição parcial da areia por RCC, diminuindo a trabalhabilidade das mesmas. No entanto, a absorção de água das argamassas com RCC, por capilaridade, foi menor em relação à

argamassa de referência. As propriedades das argamassas também foram menores nos maiores teores de substituição, propriedade esta que interfere diretamente na durabilidade e vida útil do material cimentício.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaríamos de agradecer à nossa Professora e Orientadora Caroline Venâncio, da Universidade do Vale do Itajaí, por todo conhecimento transmitido e por todas as orientações. Continuando, gostaríamos de agradecer nossos familiares, em especial aos nossos pais por tornarem real este momento.

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Gui básico de utilização do cimento portland** 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106). Disponível em:<http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf>. Acesso em 18 de maio de 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991

_____.**NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____.**NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____.**NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005

_____.**NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____.**NBR 5734**: Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989.

_____.**NBR 6473**: Cal virgem e hidratada – Análise química. Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR 7200**: Revestimento de paredes e tetos com argamassas – Materiais, preparo, aplicação e manutenção – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

_____.**NBR 7219**: Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987.

_____.**NBR 7225**: - Materiais de pedra e agregados naturais - Classificação e terminologia. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NM 46**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003

_____. **NM 52**: Determinação da massa específica e da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307**. 2002. p.571-574. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados a gestão dos resíduos sólidos municipais. Caderno Saúde Pública, 2001, v.17, n.3, p. 689-696.

JOCHEM, L., F. Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de RCD: Características físicas e propriedades da microestrutura. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina. 2012.

MENEZES, M. de S., PONTES, F. V. M.; AFONSO, J. C. Panorama dos resíduos de construção e demolição. Revista de química industrial, (733), 17–21, 2011. <<http://www.abq.org.br/rqi/2011/733/RQI-733-pagina17-Panorama-dos-Residuos-de-Construcao-e-Demolicao.pdf>>>

MESQUITA, L., P. Avaliação da Fixação de Metais em Matrizes Cimentícias. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina. 2008.

SCHAEFFER, C., O. Avaliação dos metais pesados presentes nos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) e influência no potencial de lixiviação de matrizes cimentícias. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

.