XIII SBTA
Simpósio Brasileiro de Tecnologia das ARGAMASSAS
11-13 | JUNHO | 2019 | GOIÂNIA | GO

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO EMPREGO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO

Tema: Tecnologia dos materiais
Grupo: 2

NATHÁLIA CORTES TOSI[1], AUGUSTO FELIPPE CHIELLA[2], VINÍCIUS FELIPPE CHIELLA[3], JULIANA ALVES DE LIMA SENISSE NIEMCZEWSKI[4]

[1]Engenheira Civil, Universidade de Caxias do Sul/UCS, nathaliatosi07@gmail.com
[2] Engenheiro Civil, Universidade de Caxias do Sul/UCS, afchiella@gmail.com
[3]Engenheiro Civil, Universidade de Caxias do Sul/UCS, vfchiella@gmail.com
[4]Profª. Drª, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade de Caxias do Sul/UCS, julianasenisse@gmail.com

RESUMO

A construção civil é fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país. Entretanto, desencadeia problemas ambientais devido ao consumo acentuado dos recursos naturais e à grande geração de resíduos. Diante disso, essa pesquisa visou contribuir para a viabilização do uso de resíduos de construção e demolição (RCD) cerâmicos como agregado miúdo em argamassas de assentamento. Assim, avaliando-se a influência da consistência e do teor de substituição dos agregados nas propriedades da argamassa notou-se, em todos os traços analisados, ganhos expressivos de resistência mecânica. Portanto, o resíduo cerâmico apresentou desempenho satisfatório como agregado miúdo, demonstrando a viabilidade técnica desta utilização.

Palavras-chave: resíduo de construção e demolição, reciclagem de RCD, agregado cerâmico, argamassa de assentamento.

STUDY OF THE TECHNICAL VIABILITY OF CERAMIC WASTE EMPLOYMENT AS A FINE AGGREGATE IN MASONRY MORTARS

ABSTRACT

Civil construction is fundamental to the economic and social development of the country. However, it triggers environmental problems due to the accentuated consumption of natural resources and the large generation of waste. Therefore, this research aimed to contribute to the feasibility of the use of ceramic construction and demolition residues (RCD) as a fine aggregate in masonry mortars. Thus, the influence of the consistency and the substitution content of the aggregates on the properties of the mortar was observed, in all traits analyzed, expressive gains of mechanical resistance. Therefore, the ceramic residue showed satisfactory performance as a fine aggregate, demonstrating the technical feasibility of this use.

Key-words: construction and demolition waste, RCD Recycling, ceramic aggregate, masonry mortars.

1. INTODUÇÃO

Segundo Taipale (2012)[1], a construção civil consome mais de um terço dos recursos naturais, sendo considerada um dos maiores consumidores de insumos minerais, especialmente aqueles utilizados como agregados, conforme Valverde (2001)[2]. Isso se deve, segundo o autor, principalmente pelo seu uso na produção de argamassas e concretos, visto que, cerca de 70% destes são constituídos por agregados.

Quanto à geração dos resíduos, o setor é responsável, segundo Pinto (1999)[3], por mais da metade da massa dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados, o que faz com que o volume de resíduos provenientes da construção civil seja, por exemplo, mais que o dobro do volume de resíduos domiciliares coletados. Contudo, visto que os RCD apresentam elevado potencial de reciclagem, o cenário atual pode ser revertido, uma vez que há grande possibilidade de inserção destes dentro dos processos produtivos do próprio setor.

Segundo John (2000)[4], a cadeia produtiva da construção civil apresenta características que a credenciam a ser grande recicladora, pois muitos componentes são de produção simples, como por exemplo, os compostos por agregados e aglomerantes minerais. Ao serem beneficiados, caracterizados e avaliados, os resíduos podem ser incorporados, por exemplo, como agregados reciclados em argamassas e concretos. Assim, tanto os problemas advindos da exaustão de matérias-primas naturais como os ocasionados pelo descarte inadequado dos resíduos, impulsionam estudos sobre o reaproveitamento destes como materiais alternativos.

Conforme estudos realizados por diversos autores, a utilização de RCD em argamassas e concretos, pode proporcionar ganhos nas propriedades mecânicas e de durabilidade. O resíduo cerâmico, em especial, de acordo com Zordan (1997)[5], pode ser utilizado em substituição a uma porcentagem do cimento Portland ou do agregado, por possuir possibilidade de desenvolvimento de atividade pozolânica. Segundo Lima (1999)[6], agregados reciclados que contenham elevados teores de material pozolânico podem contribuir positivamente na resistência à compressão de argamassas.

Em virtude disso e, tendo em vista os elevados teores de resíduos de materiais cerâmicos existentes na indústria da construção civil, decidiu-se estudar de que forma esses materiais contribuem para o desempenho de novos produtos, analisando – através dessa pesquisa – a viabilidade da sua incorporação, como agregado miúdo, em argamassas de assentamento. Dessa forma, utilizando o resíduo cerâmico como agregado miúdo, estaremos proporcionando benefícios de ordem ambiental, econômica e tecnológica.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi desenvolvido afim de verificar a viabilidade técnica da utilização de agregados reciclados de cerâmica vermelha, em substituição aos agregados miúdos naturais, para a produção de argamassas de assentamento. A análise foi realizada avaliando a influência do material reciclado sobre as propriedades das argamassas produzidas. Para tanto, definiu-se como variáveis controláveis duas consistências (C(a):20 ± 1 cm e C(b):24 ± 1 cm) e cinco diferentes teores de substituição de agregado miúdo cerâmico (0%, 25%, 50%, 75% e

100%). A escolha das faixas de consistência deu-se de acordo com as propriedades desejadas à mistura, sendo realizada de modo que a mesma obtivesse característica plástica, ou seja, uma quantidade de água ideal para formar uma pasta moldável. As variáveis de resposta correspondem aos ensaios da argamassa no estado fresco: índice de consistência (ABNT NBR 13276:2005[7]) e aos ensaios mecânicos: resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT NBR 13279:2005[8]).

2.1. Materiais Utilizados

Para a produção das argamassas (ABNT NBR 13276:2005[7]) foi utilizado o traço, em massa, de 1:1:6 (cimento:cal:areia), sendo que, em determinadas amostras a quantidade de areia foi substituída pelos diferentes teores de agregado miúdo cerâmico. Optou-se pela produção de argamassas mistas dado ao desejo de aliar a trabalhabilidade e retenção de água das argamassas de cal à resistência mecânica das argamassas de cimento, além de estas serem mais recomendadas para o uso em alvenaria estrutural, segundo Sabbatini (1998[9]).

Para os aglomerantes, utilizou-se cimento Portland CP IV 32 RS, o qual foi caracterizado quanto a massa específica, segundo a norma ABNT NBR NM 23:1998[10], obtendo-se o valor de 2,65 g/cm³, e quanto a finura, segundo a norma ABNT NBR 11579:2012[11], obtendo-se um índice de 0,68%. Para a cal, utilizou-se cal hidratada CH I, que, da mesma forma que o cimento, foi caracterizada quanto à massa específica, sendo obtido o valor de 2,27 g/cm³.

O agregado miúdo natural utilizado foi uma areia quartzosa, selecionada entre um grupo de areias comercializadas no município de Caxias do Sul/RS. A areia foi caracterizada fisicamente, de acordo com os ensaios de composição granulométrica, módulo de finura e dimensão máxima (ABNT NBR NM 248:2003[12]), massa específica (ABNT NBR 9776:1988[13]), massa unitária (ABNT NBR 7251:1982[14]) e absorção de água (NBR NM 30:2001[15]), os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

O agregado miúdo reciclado empregado foi obtido a partir do beneficiamento, em um britador de mandíbulas, de tijolos maciços coletados de uma obra de reforma/demolição no Município de Bento Gonçalves/RS. Após ter sido moído, o resíduo cerâmico passou pelo processo de peneiramento mecânico – através do conjunto de peneiras da série normal, ABNT NBR NM ISO 3310-1:2010[16] – onde foi separado por granulometria. A Figura 1 apresenta o processo de beneficiamento realizado.

Figura 1 – Processo de beneficiamento do resíduo de cerâmica vermelha



Fonte: Autores (2019)

Posteriormente, fez-se a composição granulométrica do agregado miúdo cerâmico, a partir da granulometria do agregado miúdo natural utilizado. Devido a isso, os resultados obtidos para a composição granulométrica, módulo de finura e diâmetro máximo deste agregado são os mesmos dos obtidos para o agregado natural, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização física dos agregados.

Ensaio	**Agregado miúdo natural**				**Agregado miúdo cerâmico**			
Módulo de finura	1,58				1,58			
Dimensão máxima (mm)	1,18				1,18			
Massa específica (g/cm³)	2,61				2,32			
Massa unitária (g/cm³)	1,57				0,97			
Absorção de água (%)	0,95				19,70			
Composição granulométrica								
Peneiras	**6,30mm**	**4,75mm**	**2,36mm**	**1,18mm**	**0,60mm**	**0,30mm**	**0,15mm**	**<0,15mm**
Percentual médio retido (%)	0,00	0,06	0,46	3,06	9,28	35,22	45,15	6,77
Percentual médio retido acumulado (%)	0,00	0,06	0,52	3,58	12,86	48,08	93,23	100,00

Fonte: Autores (2019)

Os resultados obtidos já eram esperados, visto que esse tipo de agregado é muito mais poroso do que o convencional, devido a quantidade, dimensão e distribuição de seus poros, absorvendo maior quantidade de água (DIAS, 2004[17]; LIMA, 1999[6]; MIRANDA; SELMO, 2001[18]; REIS, 2013[19]; TOPÇU; SENGEL, 2004[20]). Assim, a alta porosidade do agregado cerâmico, aliada à menor densidade e à forma irregular de suas partículas, interfere nas suas massas específica e unitária, tornando-as menores do que as do agregado natural (CABRAL, 2007[21]; LEITE, 2001[22]; PAIXÃO, 2013[23]; PEDROZO, 2008[24]).

Além dos ensaios acima, determinou-se o índice de pozolanicidade do agregado cerâmico, de acordo a norma ABNT NBR 5752:2014[25], obtendo-se IAP=102%. De acordo com a norma ABNT NBR 12653:2015[26], índices iguais ou superiores a 90% indicam a pozolanicidade do material. Contudo, visto que o resíduo foi posteriormente utilizado como agregado miúdo (granulometria diferente da exigida no ensaio), acredita-se que tal característica não deva ser analisada de forma isolada. Desse modo, ressalta-se a importância de avaliar a influência deste resíduo nas argamassas a partir do efeito combinado entre a característica pozolânica e o efeito fíler, conforme ressaltado por Dal Molin (2005)[27].

2.2. Métodos de ensaio

2.2.1. Índice de consistência

O índice de consistência foi obtido através do método de ensaio prescrito pela norma ABNT NBR 13276:2005[7].

2.2.2. Resistência mecânica

A obtenção das resistências à tração na flexão e à compressão deu-se através do método de ensaio prescrito pela norma ABNT NBR 13279:2005[8], sendo as rupturas realizadas aos 7 e aos 28 dias. Para tal, foram moldados três corpos de prova prismáticos, com dimensões de

(4x4x16)cm, por idade, para a obtenção da resistência à tração na flexão e seis corpos de prova prismáticos, por idade, para a obtenção da resistência à compressão das argamassas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Índice de Consistência

A Tabela 2 apresenta os resultados médios do ensaio de índice de consistência. Através deste – definido como uma das variáveis controláveis – pode-se determinar as relações a/agl de cada traço analisado, para cada uma das consistências desejadas, C(a): 20±1 e C(b): 24±1 cm.

Tabela 2 – Relações a/agl e consistências atingidas.

Traço	Relação a/agl	Consistência atingida (cm)		
		Média	Desvio Padrão	C.V. (%)
C(a) - REF	0,60	19,83	0,2887	1,46
C(a) - 25	0,81	19,77	0,2517	1,27
C(a) - 50	1,05	21,00	0,5000	2,38
C(a) - 75	1,22	20,87	0,4041	1,94
C(a) - 100	1,50	20,17	0,2887	1,43
C(b) - REF	0,64	23,83	0,2887	1,21
C(b) - 25	0,86	24,00	0,5000	2,08
C(b) - 50	1,11	24,00	0,5000	2,08
C(b) - 75	1,32	24,67	0,5774	2,34
C(b) - 100	1,54	24,00	0,8660	3,61

Fonte: Autores (2019)

Nota-se, que quanto maior é o teor de substituição da areia pelo agregado cerâmico, maior é a relação a/agl das misturas. Isso deve-se à maior taxa de absorção de água desse agregado – decorrente da sua superfície rugosa e porosa – que leva à retirada da água de amassamento da pasta, necessitando, assim, de uma maior demanda de água para se atingir a consistência desejada (LEITE, 2001[22]; LIMA, 1999[6]; PEDROZO, 2008[24]). Assim sendo, os traços contendo os maiores teores de substituição e, consequentemente, as maiores relações a/agl, apresentaram melhor trabalhabilidade.

3.2. Resistência Mecânica

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias dos resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão, dos traços analisados, nas idades de 7 e 28 dias.

Analisando os resultados, observa-se valores de resistência, tanto à tração quanto à compressão, superiores aos traços de referência, em todas as argamassas cujo agregado natural foi substituído pelo cerâmico. Nota-se, ainda, que os resultados obtidos pelos traços com consistência C(a) são superiores às resistências atingidas pelos traços C(b), conforme esperado, dada à sua menor relação a/agl (conforme relação de *Duff Abrams*). Deste modo, verifica-se que o traço C(a)-75 – contendo 75% de agregado miúdo cerâmico – atingiu as maiores resistências mecânicas entre os 10 traços avaliados. Sua resistência à tração na flexão foi 50,00% maior do que o traço de referência, aos 7 dias, e 72,28% superior aos 28 dias, apresentando, assim, um ganho de resistência à tração de 152,17% ao longo do período

analisado. Já à compressão, apresentou resistência, aos 7 dias, 63,13% maior do que a referência e, aos 28 dias, resistência 99,84% superior. Logo, o ganho de resistência à compressão, ao longo das idades analisadas, chegou a 141,19%.

Tabela 3 – Resistência mecânica das argamassas.

Traço	Resistência à Tração na Flexão (MPa)						Resistência à Compressão (MPa)					
	7 dias			28 dias			7 dias			28 dias		
	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)	Média	Desvio Padrão	C.V. (%)
C(a)-REF	0,92	0,0000	0,00	2,02	0,1563	7,74	3,20	0,5404	16,89	6,30	0,8018	12,73
C(a)-25	1,07	0,1327	12,40	3,17	0,3439	10,85	4,60	0,5865	12,75	10,58	0,6964	6,58
C(a)-50	1,07	0,1327	12,40	2,98	0,2476	8,31	3,93	0,5241	13,34	9,09	1,3573	14,93
C(a)-75	1,38	0,0000	0,00	3,48	0,3323	9,55	5,22	0,2639	5,06	12,59	0,8519	6,77
C(a)-100	1,30	0,3511	27,01	3,08	0,2566	8,33	4,47	0,4803	10,74	11,42	0,6156	5,39
C(b)-REF	0,68	0,3148	46,29	1,57	0,2178	13,87	3,00	0,1754	5,85	4,67	0,4700	10,06
C(b)-25	0,89	0,1200	13,48	2,55	0,3232	12,67	2,67	0,2601	9,74	5,65	0,5697	10,08
C(b)-50	0,91	0,1097	12,05	2,39	0,1386	5,80	3,11	0,1809	5,82	8,16	0,8550	10,48
C(b)-75	1,15	0,2433	21,16	2,15	0,1501	6,98	3,32	0,1342	4,04	8,12	0,8450	10,41
C(b)-100	0,94	0,0404	4,30	1,69	0,1311	7,76	3,40	0,2772	8,15	5,52	0,4668	8,46

Fonte: Autores (2019)

Os valores crescentes de resistência mecânica observados nos traços contendo agregado miúdo cerâmico podem estar relacionados, segundo Leite (2001)[22] e Paixão (2011)[28], à grande porosidade, ao alto teor de absorção, à textura rugosa e à forma mais angular deste tipo de agregado. Visto que, de acordo com estes, tais características possibilitam a formação, nos poros do agregado, de cristais de hidratação do cimento, melhorando a zona de transição e, consequentemente, a aderência entre a pasta e os agregados, propiciando, assim, melhora do desempenho mecânico. Tal relação pode ser evidenciada pelo ganho percentual superior para a resistência à tração (em comparação à compressão), visto que a zona de transição está relacionada de forma mais íntima a este tipo de resistência mecânica.

Além disso, o efeito combinado entre a característica pozolânica apresentada pelo agregado cerâmico e o efeito fíler também pode ter contribuído para a evolução de resistência. A presença dessas partículas pode ter modificado a microestrutura da pasta através da redução do tamanho dos grãos (efeito pozolânico) e do refinamento dos poros (efeito fíler), proporcionando maior empacotamento da estrutura porosa da argamassa fresca, ocasionando o fechamento dos vazios presentes na mistura, tornando-a mais compacta e impermeável e, consequentemente, influenciando na resistência mecânica no estado endurecido (ALCANTARA; NÓBREGA, 2011[29]; CARDOSO; FORTI, 2015[30]; CINCOTTO, 1994[31]; DAL MOLIN, 2005[27]; DÉSIR *et al.*, 2005[32]; LEITE, 2001[22]; MATIAS; TORRES; FARIA, 2013[33]; SILVA; BRITO; VEIGA, 2008[34]).

Os resultados apresentados foram analisados estatisticamente, através do método de análise de variância (ANOVA), pelo *software* Excel, utilizando-se um percentual de confiança de 95%. Tal análise, apresentada na Tabela 5, foi realizada com o intuito de verificar se os fatores controláveis e suas interações atuariam de forma significativa nas variáveis de resposta avaliadas. Assim, através da ANOVA pode-se observar a influência – ou não – destes fatores nas características de interesse da argamassa.

Tabela 4 – Resumo da ANOVA: resistência à tração na flexão e à compressão.

Variável	Resistência à Tração na Flexão		Resistência à Compressão	
	Valor-P	Significância	Valor-P	Significância
Teor de substituição	2,3E-09	S	8,9E-29	S
Consistência	2,2E-12	S	2,2E-38	S
Idade	5,9E-27	S	3,8E-63	S
Teor de substituição x Consistência	0,00744	S	7,6E-16	S
Teor de substituição x Idade	8E-05	S	7,8E-16	S
Consistência x Idade	12E-06	S	6,8E-18	S
Teor de substituição x Consistência x Idade	0,05553	NS	4,7E-08	S
Onde: valor-p – probabilidade de significância; S – valor significativo; NS – valor não significativo (considerando p<5% como efeito significativo).				

Fonte: Autores (2019)

A partir desta análise verificou-se que os efeitos isolados do teor de substituição, da consistência e da idade, bem como as combinações de segunda ordem, foram significativos, ou seja, influenciam na resistência mecânica das misturas. Porém, para a resistência à tração na flexão não houve interação entre as combinações de terceira ordem. Assim, observa-se que o agregado miúdo cerâmico influencia de forma positiva a resistência mecânica das argamassas, bem como a consistência escolhida para a mistura. Logo, o uso deste agregado, em substituição ao natural, melhora essa propriedade de forma significativa de acordo com ANOVA.

4. CONCLUSÕES

As características do agregado miúdo cerâmico, como a superfície rugosa e a maior porosidade, exercem influência direta nas propriedades das argamassas no estado fresco, principalmente no que diz respeito à demanda de água. Assim, à medida que o agregado miúdo natural é substituído pelo agregado miúdo cerâmico, uma maior relação a/agl é necessária para que as argamassas atinjam as consistências desejadas. Em decorrência disso, as argamassas que contêm os maiores teores de agregado cerâmico apresentam melhor trabalhabilidade.

Tais características também interferem positivamente nas propriedades mecânicas das argamassas, proporcionado ganhos de resistência à tração na flexão e à compressão. Conjuntamente, a combinação entre a pozolanicidade, apresentada pelo resíduo cerâmico, e o efeito fíler foi fundamental para a evolução dos resultados.

Deste modo, o resíduo de cerâmica vermelha apresentou um desempenho bastante satisfatório como agregado miúdo em argamassas de assentamento. Os resultados obtidos nessa pesquisa alinham-se aos resultados de outros estudos já realizados, o que torna os resultados ainda mais relevantes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TAIPALE, Kaarin. De Construções Quase Verdes para Construções Sustentáveis. *In*: The Worldwatch Institute. **Estado do mundo 2012:** Rumo à prosperidade sustentável Rio+20. Salvador: UMA Ed., 2012. p.143-151.

2. VALVERDE, Fernando Mendes. **Agregados para construção civil.** *In*: Balanço mineral brasileiro 2001. [s. l.]: DNPM, 2002. p. 24-38.

3. PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, São Paulo, 1999.

4. JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

5. ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto.** 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Campinas, 1997.

6. LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** 1999. 222 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

9. SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** 2. ed. São Paulo: ABCP, 1998. 44 p.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579:** Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75µm (nº 200) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776:** Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7251:** Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30:** Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ANBT, 2001.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISSO 3310-1:** Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

17. DIAS, João Fernando. **Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo.** 2004. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, São Paulo, 2004.

18. MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback; SELMO, Sílvia M. S. Avaliação do efeito de entulhos reciclados nas propriedades das argamassas no estado endurecido, por procedimentos racionais de dosage. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, n. 4, 2001, São Paulo. **Anais** […]. Porto Alegre: ANTAC, 2001.

19. REIS, Felipe José Losada. **Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregados graúdos reciclados provenientes de cerâmicas vermelhas com diferentes taxas de pré-saturação.** 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2013.

20. TOPÇU, Ilker Bekir; SENGEL, Hasan Selim. **Properties of concretes produced with waste concrete aggregate.** Cement and Concrete Research, Amsterdam, v. 34, p. 1307-1312, ago. 2004.

21. CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 2007. 254 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, 2007.

22. LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2001.

23. PAIXÃO, Suelen de Oliveira. **Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias.** 2013. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Projeto de Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2013.

24. PEDROZO, Ruben Francisco Esteche. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado fino em propriedades de argamassas e concretos.** 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008.

25. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752:** Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

26. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653:** Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

27. DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. Adições Minerais para Concreto Estrutural. *In*: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto:** ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1. p. 345-379.

28. PAIXÃO, Cesar Alexandre Bratti. **Utilização de refugos de revestimentos cerâmicos (porcelanato e azulejo) em substituição à areia em argamassas cimentícias.** 2011. 62 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2011.

29. ALCANTARA, Paloma Santos Xavier de; NÓBREGA, Ana Cecília Vieira da. Desenvolvimento de argamassas para revestimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha de Caruaru/PE como material pozolânico e/ou agregado alternativo. *In*: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFPE, n. 2, 2011, Caruaru. **Anais** [...]. Caruaru: IFPE, 17-21 out. 2011. p. 1-10.

30. CARDOSO, Julia Thais de Oliveira; FORTI, Nádia Cazarim da Silva. Estudo para a aplicação de resíduos de cerâmica vermelha na produção de argamassas cimentícias. *In*: XX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e V ENCONTRO DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO, 2015, Campinas. **Anais** [...]. Campinas: PUC Campinas, 22-23 set. 2015. p. 1-6.

31. CINCOTTO, Maria Alba. Aditivos. *In*: MEHTA; Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto:** estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994b. p. 273-309. Tradução e adaptação

32. DÉSIR, Jean Marie *et al*. Avaliação da contribuição da atividade pozolânica do resíduo de tijolo moído na resistência de argamassas. *In*: IAC-NOCMAT 2005: Conferência Interamericana sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável, 2005, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABNTENC, 11-15 nov. 2005. p. 1-8.

33. MATIAS, Gina; TORRES, Isabel; FARIA, Paulina. Argamassas de cal hidráulica natural com incorporação de resíduos cerâmicos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, n. 10, 2013, Fortaleza. **Anais** [...]. Porto Alegre: SBTA, 7-9 maio 2013. p. 1-15.

34. SILVA, J.; BRITO, J. de; VEIGA, M. Rosário. **Características mecânicas de argamassas com incorporação de agregados reciclados cerâmicos.** Mecânica Experimental, Lisboa, v. 15, p. 12-22, 2008.