AVALIAÇÃO TÉCNICA DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM CANTEIRO DE OBRAS

Tema: Sustentabilidade, vida útil e meio ambiente.
Grupo[1]: 1

DAVI VALENTE SANTOS[1], ANTONIO EDUARDO BEZERRA CABRAL[2]

[1]Prof. Me, Departamento de Construção Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/IFCE, davivs@gmail.com
[2] Prof. Dr., Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil – Universidade Federal do Ceará/UFC, eduardo.cabral@ufc.br

RESUMO
Objetivo: Avaliar tecnicamente a reciclagem de resíduos de construção civil provenientes de concreto e argamassa.
Metodologia: Foram analisados traços de contrapiso, emboço interno e externo, considerando substituição de areia natural pelo agregado reciclado nos percentuais de 25% e 50%. Foram avaliadas consistência, teor de ar incorporado, densidade de massa, densidade de massa aparente, módulo de elasticidade dinâmico, resistência à tração na flexão, à compressão e de aderência, fissuras e permeabilidade.
Resultados: Todas as propriedades apresentaram casos de diferenças significativas e não significativas entre as argamassas. Notou-se que as fissuras foram reduzidas com a substituição de areia natural por agregado reciclado.
Palavras-chave: Resíduos de construção, reciclagem, análise técnica, argamassa.

TECHNICAL EVALUATION OF RECYCLING OF CONSTRUCTION WASTE IN CONSTRUCTION SITE

ABSTRACT
Objective: To evaluate technically the recycling of construction waste from concrete and mortar.
Methodology: The traces of subfloor, internal and external rendering were analyzed, considering the replacement of natural sand by the recycled aggregate in the percentages of 25% and 50%. Consistency, embedded air content, mass density, apparent mass density,

1

Grupo 1: Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

dynamic modulus of elasticity, tensile strength in flexion, compression and adhesion, cracking and permeability were evaluated.
Results: All properties presented significant and non-significant differences between mortars. It was observed that the cracks were reduced with the replacement of natural sand by recycled aggregate.
Key-words: Construction waste, recycling, technical analysis, mortar.

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho busca-se estabelecer uma análise técnica da reciclagem de resíduos na obra em construtora localizada em Fortaleza, levando-se em consideração aspectos técnicos e ambientais. Destaca-se que se buscou a reciclagem para utilização do agregado reciclado em argamassa de contrapiso e emboço interno e externo, com base nos traços adotados pela empresa supracitada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O ambiente de pesquisa foi constituído por edifício residencial multifamiliar de uma construtora de grande porte, construída em terreno de 3.577,12 m² e possui 21.627,20 m² de área construída. O processo de reciclagem foi realizado mediante britagem do resíduo proveniente de concreto e argamassa no próprio canteiro através do britador Queixada Q200 RI.

Os traços utilizados foram os mesmos adotados pela construtora para contrapiso, emboço interno e externo são, respectivamente, 1:2,5 (cimento, areia grossa peneirada #4,75 mm), 1:1,5:2 (cimento, arisco, areia grossa peneirada #4,75 mm) e 1:1:3 (cimento, cal, areia grossa peneirada #4,75 mm), todos em volume. Realizou-se traços de referência e com teores de substituição de 25% e 50%.

Foram realizados ensaios com agregados, argamassa no estado fresco e no estado endurecido e nas argamassas de revestimento, conforme ilustrado na Tabela 1.

Destaca-se que os intervalos de consistências adotados foram definidos com base em testes realizados *in loco* com as argamassas produzidas na obra. Para as argamassas de contrapiso, emboço interno e externo, foram adotados, respectivamente, as consistências de $150 \pm 10\text{mm}$, $200 \pm 10\text{mm}$ e $270 \pm 10\text{mm}$.

Em se tratando da técnica de processamento digital de imagem, diversos ensaios foram realizados em diferentes tipos de agregados, com composições mineralógicas e propriedades de forma, de angularidade e de textura distintas, com o objetivo de desenvolver uma metodologia de classificação dos agregados de acordo com o resultado de cada uma de suas propriedades analisadas[1].

Tabela 1 – Ensaios para análise técnica.

Etapa	Ensaio	Fonte
Caracterização dos materiais	Composição granulométrica	NBR NM 248:2003[2]
	DMC	
	Módulo de finura	
	Massa específica (g/cm³)	NBR 16605:2017[3] e NBR NM 52:2009[4]
	Massa unitária no estado solto (g/cm³)	NBR NM 45:2006[5]
	Absorção	NBR NM 30:2001[6]
	Teor de material pulverulento	NBR NM 46:2003[7]
	Forma e angularidade dos agregados	AASHTO TP 81:2012[8]
	Inchamento	NBR 6467:2009[9]
Argamassa no estado fresco	Índice de consistência	NBR 13276:2016[10]
	Teor de ar incorporado	NBR 13278:2005[11]
	Determinação da densidade de massa	
Argamassa no estado endurecido	Densidade de massa aparente no estado endurecido	NBR 13280:2005[12]
	Módulo de elasticidade dinâmico	NBR 15630:2008[13]
	Resistência à tração na flexão	NBR 13279:2005[14]
	Resistência à compressão	
Argamassa de Revestimento	Fissura	-
	Teste do cachimbo	(15), (16)
	Resistência de aderência à tração	NBR 15258:2005[17]

A aderência da argamassa ao substrato foi avaliada pelo ensaio de resistência de aderência à tração, aos 28 dias de idade, em painéis 50x50 para os traços de contrapiso, emboço interno e emboço externo. Os painéis de contrapiso tinham, como substrato, laje de concreto armado, já os painéis dos emboços foram confeccionados sobre alvenaria chapiscada de bloco cerâmico de 14x19x19.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Aglomerantes

Utilizou-se o cimento Portland POTY tipo CP II-E-32. As características químicas e físicas do cimento utilizado obedecem as normas técnicas vigentes.

No que compete à cal utilizada, a mesma é hidratada do tipo CH-I da marca Extra. Conforme fabricante, as características dela atendem às prescrições da NBR 7175:2003[18]. A sua massa específica foi de 2,30 g/cm³.

3.1.2 Agregados naturais e reciclados

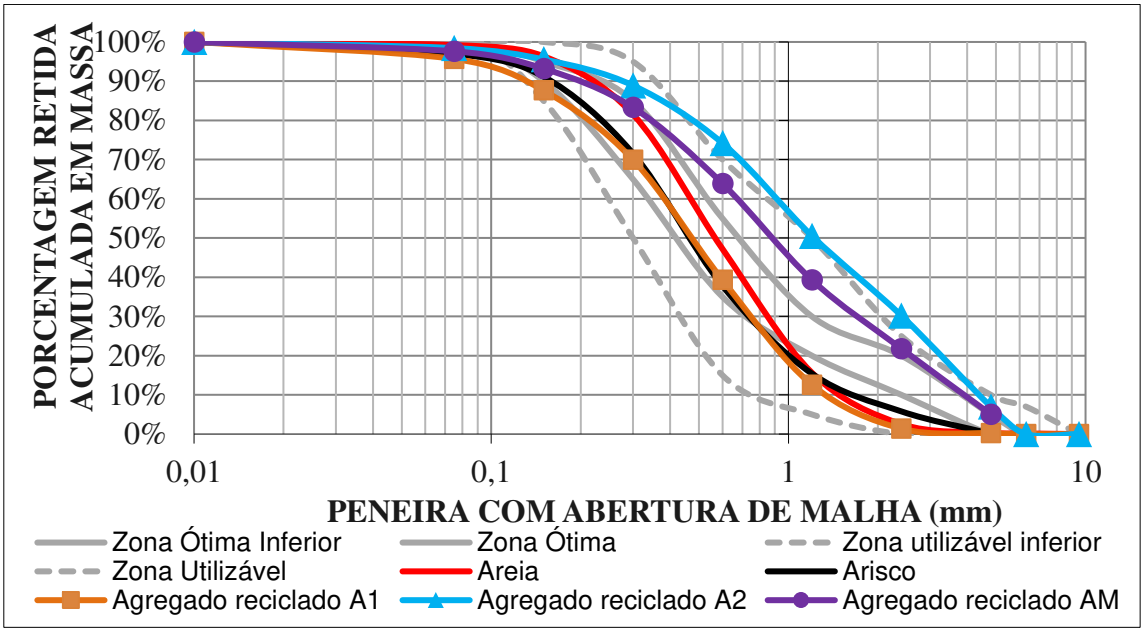
Na confecção das argamassas, foram utilizadas areia lavada de rio e agregados reciclados provenientes de resíduos de concreto e argamassa, portanto, classe A, conforme resolução CONAMA 307.

A Figura 1 e a Tabela 2 apresentam, respectivamente, as curvas granulométricas e as dimensões percentuais principais da areia utilizada pela empresa e dos agregados reciclados gerados pela britagem de resíduos de concreto e argamassa misturados.

Tabela 2 – Dimensões em percentuais principais de areias e agregados reciclados.

Material	D10	D50	D90
Areia	1,2 mm	0,3 mm	0,15 mm
Arisco	1,2 mm	0,3 mm	0,15 mm
Agregado reciclado A1	1,2 mm	0,3 mm	0,075 mm
Agregado reciclado A2	2,4 mm	1,2 mm	0,15 mm
Agregado reciclado AM	2,4 mm	0,6 mm	0,15 mm

Figura 1 - Granulometria de areia natural e dos agregados reciclados



Fonte: Autoria própria

Observa-se que os agregados reciclados A1, A2 e AM estão, quase em sua totalidade, dentro da zona utilizável para concreto estabelecida pela NBR 7211:2009[19]. Embora esses limites sejam para concreto e não para argamassa, servem de parâmetro de análise, uma vez que não há normas brasileiras contemplando tais limites para confecção de argamassa. Destaca-se ainda, conforme ilustrado na Tabela 4, a areia possui granulometria mais próxima do resíduo AM, portanto, adotou-se esse resíduo nas análises de substituição.

A Tabela 3 apresenta a caracterização da areia utilizada pela construtora na confecção de argamassas e dos agregados reciclados A1, A2 e AM. Observa-se que os valores de massa

específica, massa unitária e absorção estão em consonância com a literatura vigente e que o teor de material pulverulento e a absorção de água estão abaixo dos limites máximos estabelecidos pela NBR 15.116:2004[20], a exceção do arisco. Destaca-se aqui que a massa específica do agregado reciclado, conforme esperado, é ligeiramente superior a do agregado natural, uma vez que o agregado reciclado é proveniente de resíduos de concreto e de argamassa, que contém materiais mais pesados que o agregado natural.

Nota-se ainda que o DMC do agregado reciclado A2 foi acima de 4,75 mm, portanto acima do limite para consideração de agregado miúdo, entretanto destaca-se que, na sua curva granulométrica, o percentual retido na peneira supracitada foi de 7%, apenas 2% acima do limite para agregado miúdo.

Tabela 3 – Caracterização de agregados naturais e reciclados

Parâmetro	Areia	Arisco	Agregado reciclado A1	Agregado reciclado A2	Agregado reciclado AM
DMC	2,36	4,75	4,75	6,30	4,75
Módulo de finura	2,44	2,22	2,11	3,46	3,07
Massa específica real (g/cm³)	2,60	2,50	2,64	2,64	2,64
Massa unitária no estado solto (g/cm³)	1,44	1,38	1,40	1,33	1,36
Absorção	0,8%	0,8%	7,1%	6,2%	7,2%
Teor de material pulverulento	2,7%	12,1%	7,5%	4,2%	5,9%

Foi realizado também a análise por imagem da forma e da angularidade da areia e do resíduo utilizados nos traços. Nas Tabelas 4 e 5, ilustra-se, respectivamente, a classificação dos agregados supracitados em sua forma 2D e angularidade. Nota-se claramente que os agregados apresentam características similares quanto a esses aspectos, sendo classificados como circulares e semicirculares, na forma, e subarrendondado na angularidade.

Para a confecção do traço, foram realizados também os ensaios de inchamento da areia e do arisco, conforme NBR 6467:2009[9]. Obteve-se para areia e arisco, respectivamente, inchamento médio de 1,41 e 1,55 e umidade crítica de 2,50% e 5,22%. Com isso, fez-se os ajustes de traço para o ensaio de consistência da argamassa.

Tabela 4 – Classificação da forma dos agregados

Agregado	Concentração (%)			
	Circular	Semicircular	Semialongado	Alongado
Areia natural	34%	33%	27%	6%
Agregado reciclado AM	40%	32%	23%	5%

Tabela 5 – Classificação da forma dos agregados

Agregado	Concentração (%)			
	Arredondado	Subarredondado	Subangular	Angular
Areia natural	18%	56%	19%	7%
Agregado reciclado AM	25%	44%	23%	9%

3.2 Propriedades no estado fresco

A Tabela 6 mostra a quantidade de material dos traços em kg/m³ de argamassa. A Tabela 7 ilustra as propriedades das argamassas no estado fresco.

Tabela 6 – Quantidade de material (kg) por m³ de argamassa

Tipo de argamassa	% de substituição	Cimento	Cal	Arisco	Areia natural	Agregado reciclado AM	Água
Contrapiso	Referência	351,2	0,0	0,0	1615,8	0,0	263,4
	25% de substituição	351,2	0,0	0,0	1211,9	410,2	263,4
	50% de substituição	345,1	0,0	0,0	794,0	806,2	276,1
Revestimento interno	Referência	269,9	0,0	648,8	993,5	0,0	269,9
	25% de substituição	266,3	0,0	640,2	735,2	248,8	279,6
	50% de substituição	262,8	0,0	631,7	483,7	491,1	289,1
Revestimento externo	Referência	261,4	104,6	0,0	1443,4	0,0	313,7
	25% de substituição	258,0	103,2	0,0	1068,6	361,7	322,6
	50% de substituição	254,8	101,9	0,0	703,3	714,1	331,2

Tabela 7 – Propriedades das argamassas no estado fresco

Tipo de argamassa	% de substituição	Consistência (mm)	Teor de ar incorporado (%)	Densidade de massa (g/cm³)
Contrapiso	Referência	156,2	10,03	2,01
	25% de substituição	142,0	13,82	1,93
	50% de substituição	144,3	12,77	1,94
Revestimento interno	Referência	200,0	8,32	2,03
	25% de substituição	200,7	6,59	2,03
	50% de substituição	191,7	5,09	2,05
Revestimento externo	Referência	268,0	1,73	2,09
	25% de substituição	268,3	4,10	2,03

ISSN 1984-8757

	50% de substituição	264,7	6,01	1,98

Em se tratando da consistência, destaca-se que os traços foram dosados para apresentarem relações água cimento semelhantes aos seus respectivos traços referências. Observa-se um acréscimo da quantidade de água à medida que se aumenta o teor de substituição do agregado natural para a manutenção da mesma trabalhabilidade. Os resultados do AIMS e da granulometria ilustram, respectivamente, que os agregados apresentam formas semelhantes, porém diferentes e que as curvas também se apresentam de forma diferentes. Tudo isso impacta na relação da consistência.

Para o teor de ar incorporado a substituição da areia natural por resíduo se mostrou significativa para esse parâmetro. O maior teor de material pulverulento justifica esse fato[21), (22)]. Todavia esperava-se uma redução dos valores de teor de ar incorporado com o aumento de agregado reciclado, fato que só foi observado para os traços de emboço interno. Já o contrário foi observado na densidade de massa, uma vez que a substituição não apresentou significância nessa propriedade.

3.3 Propriedades no estado endurecido

As Tabelas 8 e 9 ilustram, respectivamente, os resultados das propriedades das argamassas no estado endurecido e suas análises de variância.

Observou-se a elevação da resistência com o acréscimo do teor de substituição, com exceção do traço de emboço externo. As variações ocorreram em até 38% em relação à referência. Porém, conforme análises de variância para as idades de 7 e 28 dias ilustradas na Tabela 11, os dados apresentam significância quanto à variação de teores de substituição somente para o traço de contrapiso para a idade de 28 dias.

O acréscimo de resistência à tração na flexão com a substituição de agregado natural por reciclado também foi notado em diversos estudos[(23)–(27)]. Destaca-se ainda o melhor resultado nesse aspecto para as argamassas com até 50% de substituição.

Tabela 8 – Propriedades das argamassas no estado endurecido

Tipo de argamassa	% de substituição	Resistência de tração na flexão – 7 dias (MPa)	Resistência de tração na flexão – 28 dias (MPa)	Resistência à compressão - 7 dias (MPa)	Resistência à compressão - 28 dias (MPa)
Contrapiso	Referência	2,9	3,4	9,0	11,4
	25% de substituição	3,4	4,0	10,7	12,7
	50% de substituição	2,8	4,7	10,3	14,2

Revestimento interno	Referência	2,6	3,3	8,2	10,1
	25% de substituição	2,9	3,7	7,8	12,2
	50% de substituição	2,4	3,6	8,1	12,3
Revestimento externo	Referência	2,0	4,6	6,8	10,9
	25% de substituição	1,8	4,2	6,4	10,3
	50% de substituição	1,6	3,8	5,7	9,2

Tabela 9 – Análise de variância de resistência de tração na flexão e de compressão aos 7 e 28 dias

Propriedade	Idade	Tipo de argamassa	F	Valor P	F crítico	Resultado
Resistência de tração na flexão	7 dias	Contrapiso	2,838775	0,17084	6,944272	NS
		Revestimento interno	4,920845	0,065874	5,786135	NS
		Revestimento externo	2,361753	0,189613	5,786135	NS
	28 dias	Contrapiso	8,159329	0,019429	5,143253	S
		Revestimento interno	1,257295	0,349915	5,143253	NS
		Revestimento externo	1,246211	0,403679	9,552094	NS
Resistência à compressão	7 dias	Contrapiso	63,10987	9,37E-07	3,982298	S
		Revestimento interno	2,84270	0,09202	3,73889	NS
		Revestimento externo	30,5942	1,21E-5	3,80557	S
	28 dias	Contrapiso	22,72776	0,000303	4,256495	S
		Revestimento interno	10,154325	0,004927	4,256495	S
		Revestimento externo	22,2753	0,00054	4,45897	S

Já considerando os resultados de resistência à compressão, para contrapiso e emboço interno a argamassa mais resistente foi a que continha 50% de substituição, enquanto que para emboço externo o melhor foi o traço referência. Considerando as análises de variância ilustrada na Tabela 11, não se observou variações significativas apenas para emboço interno na idade de 7 dias.

O acréscimo de resistência à compressão com a substituição de agregado natural por reciclado também foi notado em diversos estudos[23), (24), (28)–(31)]. Analogamente ao observado para

resistência à tração na flexão, o melhor resultado nesse aspecto para as argamassas com até 50% de substituição[26], [27]. Destaca-se aqui a melhoria do efeito do empacotamento em função de haver mais finos no agregado reciclado.

3.4 Propriedades na argamassa de revestimento

As Tabelas 10 e 11 mostram, respectivamente, as propriedades das argamassas de revestimento e as análises de variância realizadas para essas propriedades.

Tabela 10 – Propriedades das argamassas de revestimento

Tipo de argamassa	% de substituição	Densidade de massa aparente (kg/m³)	Módulo de elasticidade dinâmico (GPa)	Resistência de aderência (MPa)	Fissuração (m/m²)	Permeabilidade (ml/min)
Contrapiso	Referência	1887,41	16,5	0,25	0,05	Não aplicável
	25% de substituição	1891,81	18,0	0,22	0,05	Não aplicável
	50% de substituição	1822,96	17,9	0,22	0,05	Não aplicável
Revestimento interno	Referência	1885,41	13,6	0,25	0,62	0,04
	25% de substituição	1921,91	15,0	0,29	0,22	0,04
	50% de substituição	1913,17	15,3	0,28	0,04	0,09
Revestimento externo	Referência	1881,12	14,0	0,20	1,74	0,08
	25% de substituição	1797,45	14,4	0,20	0,26	0,08
	50% de substituição	1823,12	13,4	0,28	0,63	0,07

Tabela 11 – Análise de variância de densidade de massa aparente, módulo de elasticidade dinâmico e resistência de aderência

Propriedade	Tipo de argamassa	F	Valor P	F crítico	Resultado
Densidade de massa aparente	Contrapiso	7,635886	0,030213	5,786135	S
	Revestimento interno	0,797574	0,492998	5,143253	NS
	Revestimento externo	1,491553	0,310453	5,786135	NS
Módulo de elasticidade dinâmico	Contrapiso	7,046541	0,035094	5,786135	S

	Revestimento interno	7,66031	0,022287	5,143253	S
	Revestimento externo	0,923701	0,455628	5,786135	NS
Resistência de aderência à tração	Contrapiso	0,35395	0,70644	3,52189	NS
	Revestimento interno	0,32966	0,72193	3,34039	NS
	Revestimento externo	2,43576	0,10803	3,38519	NS

Nota-se, para o traço de contrapiso, o aumento da densidade de massa aparente até a substituição de 25% da areia natural pelo agregado reciclado, com posterior redução para o teor de 50%. Isso não era esperado em virtude do fato das resistências à tração na flexão e à compressão aos 28 dias terem sido maior para o teor de 50% de substituição. Estudos mostram que há uma tendência do aumento da densidade com a elevação do teor de substituição do agregado natural por agregado reciclado[32]–[34].

Para o módulo de elasticidade dinâmico, houve tendência de aumento com a elevação do teor de substituição do agregado natural pelo reciclado nos traços de contrapiso e emboço interno. Esse fato é coerente em virtude do comportamento das resistências à tração na flexão e à compressão observado para essas argamassas.

No que compete à fissuração, os traços referência de emboço interno e externo possuem as maiores fissurações, enquanto que os traços com substituição de areia por resíduo AM apresentaram menores fissurações. A maior presença de finos acarreta na elevação da fissuração[35]. No entanto, esta influência do teor de finos total varia de acordo com a natureza mineralógica da adição. Além disso, a relação água/cimento é importante para o grau de fissuração. Quanto maior essa relação, mais elevada será a probabilidade de se observar fissuração[32], fato não observado nesse estudo.

Em se tratando de permeabilidade, notou-se uma pequena variação para os traços com 50% de substituição no emboço interno. Já para os outros casos observou-se praticamente a igualdade. A redução da permeabilidade com a elevação do teor de substituição da areia natural por agregado reciclado foi observada em alguns estudos[32]. A quantidade de água no traço pode influenciar a permeabilidade de argamassa. O aumento do teor de finos leva à redução da permeabilidade da argamassa[35].

Por fim, em se tratando de resistência de aderência à tração, as argamassas de contrapiso e de emboço interno obtiveram valores médios acima do limite mínimo estabelecido em norma. Todavia todos os traços de emboço externo ficaram abaixo de 0,30 MPa. Porém nota-se que a substituição da areia natural por agregado reciclado não representou em redução dessa propriedade mecânica, o que denota claramente a sua aplicabilidade.

Salienta-se que, em geral, resultados de ensaios de resistência de aderência à tração apresentam alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%,

mas chegam muitas vezes à faixa de 50% a 60%[36]. Isso se deve a diversos fatores, tais como material do substrato, características da argamassa, condições climáticas, energia de aplicação da argamassa, entre outros[37].

4. CONCLUSÕES

Os agregados naturais e os reciclados apresentaram similaridade quanto a forma e angularidade, além das propriedades de granulometria, DMC, módulo de finura, massa unitária, específica e inchamento. Já em relação ao teor de material pulverulento e absorção verificou-se variabilidade mais significativa, sendo maior para o reciclado. Porém os valores ainda se encontravam dentro dos parâmetros estabelecidos em norma.

No que compete às propriedades no estado fresco, não se observou variabilidade significativa somente em relação à densidade de massa no estado fresco quanto a teores de substituição de areia natural por agregado reciclado. Notou-se um aumento do teor de ar incorporado com a elevação do teor de substituição da areia natural pelo agregado reciclado nos traços de contrapiso e de emboço externo, enquanto que, no emboço interno, o comportamento foi o oposto, mesmo que as densidades de massa no estado fresco apresentassem-se sem variações significativas. Possivelmente maiores teores de água e de material pulverulento nos traços com agregado reciclado tenha impactado nesse aspecto.

Em se tratando densidade de massa aparente no estado endurecido, módulo de elasticidade dinâmico, resistência à tração na flexão, à compressão e de aderência, notou-se a existência de variação significativa em todas as propriedades, seja em um traço específico ou em uma idade de ruptura específica, com exceção da resistência de aderência à tração que não apresentou variabilidade significativa.

No que compete à fissuração verificou-se que as fissuras foram reduzidas com a substituição de areia natural por agregado reciclado. Já para permeabilidade, não houve variação com a elevação do teor de substituição para emboço externo. Porém notou-se elevação dessa propriedade para o traço de emboço interno com substituição de 50% do agregado natural pelo reciclado. Destaca-se ainda que os valores de permeabilidade foram considerados baixos, mesmo com essa elevação destacada anteriormente.

5. REFERÊNCIAS

1. AL ROUSAN, T. M. **Characterization of aggregate shape properties using a computer automated system**. 2004. Department of Civil Engineering. TexasA&MUniversity, College Station, TX., 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1969.1/1485>.

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

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

8. AMERICAN ASSOCIATION OF HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2012). AASHTO Designation TP 81-10 – Standard method of test for determining aggregate shape properties by means of digital image analysis. Washington, DC.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6467**: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorpoado. Rio de Janeiro, 2005.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

14. 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, 2005.

15. CSTC. Hydrofugue de surface: choix er mise em oeuvre. **CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHINIQUE DE LA CONSTRUCTION**, v. 1, n. 1, p. 24, 1982.

16. RILEM. Recomendations MR1-21: Testing methods of mortar and rendering. **RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATORIES D'ESSAIS ET RECHERCHES SUR LES MATÉRIAUX ET LÊS CONSTRUCTION**, v. 1, n. 1, 1982.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258**: Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas – Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil -Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

21. GUACELLI, P. A. G. **Substituição de areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassas de revestimento**. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) - Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

22. SILVA, N. G.; CAMPITELI, V. C. Influência dos finos e da cal nas propriedades das argamassas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2006.

23. SANTANA, T. S.; ARAÚJO, T. V; PEREIRA, C. H. F. Reaproveitamento de resíduos da construção civil produzidos no Distrito Federal para a produção de argamassa de revestimento. In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2017. Disponível em: <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/599>.

24. NENO, C. J. F. **Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão**. 2010. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil),Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

25. SILVA, N. G.; CAMPITELI, V. C. Correlação entre módulo de elasticidade dinâmico e resistências mecânicas de argamassas de cimento, cal e areia. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 42, p. 21–35, 2008.

26. LEDESMA, E. F.; JIMÉNEZ, J. R.; FERNÁNDEZ, J. M.; GALVÍN, A. P.; AGRELA, F.; BARBUDO, A. Properties of masonry mortars manufactured with fine recycled concrete aggregates. **Computers and Chemical Engineering**, v. 71, p. 289–298, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.080>.

27. JIMÉNEZ, J. R.; AYUSO, J.; LÓPEZ, M.; FERNÁNDEZ, J. M.; DE BRITO, J. Use of fine recycled aggregates from ceramic waste in masonry mortar manufacturing. **Construction and Building Materials**, v. 40, p. 679–690, 2013.

28. MORALES, B. R. S. C. **Avaliação da influência das frações de agregado reciclado nas propriedades das argamassas de revestimento**. 2015. 201 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

29. SILVA, D. A. A. **Estudo de viabilidade técnica de agregados reciclados de RCD na produção de contrapiso**. 2014. 62 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

30. OLIVEIRA, M. E. D.; SALES, R. J. M.; OLIVEIRA, L. A. S.; CABRAL, A. E. B. Diagnóstico da geração e composição de RCD em Fortaleza. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 219–224, 2011.

31. MORAIS, T. A. **Estudo do uso do agregado miúdo reciclado de concreto na produção de argamassa de revestimento vertical**. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

32. GIRARDI, A. C. C. **Avaliação da substituição total de areia natural por RCD em revestimentos de argamassa**. 2016. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2016.

33. HAWLITSCHEK, G.; CARDOSO, F. A.; ULSEN, C.; AMARAL, I.; KAHN, H.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Estudo da influência de areias recicladas a partir de resíduos de construção e demolição (RCD) em argamassas. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2013. Disponível em: <https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/576>.

34. MENDES, B. S.; BORJA, E. V. de. Estudo experimental das propriedades físicas de argamassas com adição de resíduos de cerâmicas vermelhas recicladas. **Revista Holos**, v. 3, p. 43–51, 2007.

35. ANGELIM, R. R.; ANGELIM, S. C. M.; CARASEK, H. Influência da adição de finos calcários, silicosos e argilosos nas propriedades das argamassas e dos revestimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2003.

36. CARASEK, H. Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa. **Téchne: Revista de Tecnologia da Construção**, p. 64–69, 2012.

37. CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 863–891.