

AGREGADO DE REJEITO DE LOUÇA SANITÁRIA EM ARGAMASSA¹

Juzélia Santos da Costa²
Celso Aparecido Martins³
João Baptista Baldo⁴

Resumo

O presente trabalho objetiva uma investigação sobre a utilização da reciclagem de rejeitos de uma das indústrias de louça sanitária, no desenvolvimento de argamassa para uso na indústria da construção civil. Foi utilizado rejeito (virgem) descartado no final do processo de produção, moído em granulometria apropriada para simular um tipo genérico de areia de rio. O agregado miúdo é o passante pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm) e retido na peneira ABNT nº 200 (0,075mm). Desenvolveu argamassa denominada **LSV** (louça sanitária vidrada) de traço volumétrico 1:2:9(cimento:cal: agregado miúdo reciclado de louça sanitária), com substituição de 100% do agregado miúdo, e para comparação uma argamassa tradicional **P1** com traço volumétrico 1:2:9 (cimento, cal e agregado miúdo areia de rio). As características no estado fresco e endurecido, não apresentaram nenhum dano visível, as argamassas foram preparadas a fim apresentar a mesma consistência de 250 mm. A cura foi conduzida ao ar em painel durante 360 dias. A argamassa utilizando agregado reciclado apresentou, maior resistência mecânica e aderência do que a com areia de rio. O resultado da boa resistência mecânica e aderência, é indicativo que não houve nenhuma reação adversa provocada pelas faces esmaltadas do agregado reciclado, que promovesse dano microestrutural durante o envelhecimento, nesse período. Se conclui pela viabilidade da substituição, em argamassas de revestimento a areia de rio por rejeito da indústria de louça sanitária, em vista das propriedades compatíveis para as aplicações normais das argamassas feitas com areia de rio. A substituição oferece benefícios ambientais e econômicos evidentes.

Palavras-chave: Louça sanitária; Agregado reciclado; Aderência; Argamassa.

AGGREGATE REJECT SANITARY WARE OF IN MORTAR

Abstract

This study aims an investigation on the use of recycling of tailings from one of the industries of sanitary ware, the development of mortar for use in the building industry. It has been used reject (virgin) discarded at the end of the production process, ground into similar size appropriate for a type of sand of generic river. The cluster is the kid pass by sieve ABNT paragraph 4 (4.8 mm) and withholding sieve ABNT paragraph 200 (0075mm). She called mortar LSV (glass sanitary ware) trace volumetric 1:2:9 (cement: lime: recycled aggregate kid, sanitary ware), with replacement of 100% of the aggregate kid, in comparison to traditional mortar P1 with a dash volumetric 1:2:9 (cement, lime and sand aggregate kid of river. Characteristics in the state fresh and hardened, showed no apparent damage, the mortars were prepared to submit the same consistency of 250 mm. Healing was conducted in the air Panel for 360 days. Mortar made using recycled aggregate, greater mechanical strength and grip than with sand from river. The result of good mechanical strength and adhesion, it is indicative that there was no adverse reaction caused by enamelled faces of recycled aggregate, that promote microstructural damage during aging, in that period. Concludes If the feasibility of replacing, in mortar, coating the sand by the river reject sanitary ware of the industry, in view of the properties compatible to the normal applications of mortar made with sand from river. Substitution offers environmental benefits and economic impact.

Key words: Sanitary ware; Recycled aggregate; Adhesion; Mortar.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Doutora em Ciência dos Materiais, Departamento de Construção Civil, DACC, Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, CEFET-MT, Rua Zulmira Canavarros, 95, centro, CEP: 78005 – 200, Cuiabá-MT, E-mail: juzelia@ccivil.cefetmt.br*

³ *Doutor em Ciências dos Materiais, Departamento de Engenharia dos Materiais, DEMa, UFSCar-SP, Rodovia: Washigton Luis, São Carlos – SP, e-mail: cmartins@power.ufscar.br.*

⁴ *Doutor em Ciências dos Materiais, Departamento de Engenharia dos Materiais, DEMa, UFSCar-SP, Rodovia: Washigton Luis, São Carlos – SP, e-mail: baldo@power.ufscar.br.*

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem de resíduos da indústria de construção, prática que apresenta vantagens ambientais e econômicas, vem recebendo grande impulso no Brasil, com a implantação de recicladoras em municípios médios e grandes. Empresários também se interessam pelo assunto, analisando a possibilidade de realizar recuperação de resíduos de construção, individualmente ou em parcerias com prefeituras. Institutos de pesquisas e universidades estudam o reciclado e seus usos, gerando textos técnicos importantes.

Este trabalho faz parte da pesquisa que vem sendo desenvolvido com o rejeito da indústria por essa autora, nessa fase visa analisar a resistência e a aderência do reciclado de louça sanitária em blocos cerâmicos, tijolos cerâmicos e blocos de concreto sem função estrutural.

O setor da construção e da indústria produz volume de rejeitos elevados, sendo necessário encontrarem soluções para diminuir a agressão ao meio ambiente através dos rejeitos que são jogados em lugares inapropriados. Desta forma estudos estão sendo realizados com o intuito de se reaproveitar resto de materiais provenientes das obras e também das indústrias ceramistas como matéria-prima para a construção civil.^(1,2)

Analisando as informações obtidas sobre argamassas constituídas com agregado reciclado, verifica-se que o material pode ser utilizado na preparação destes compósitos, para aplicação em serviços na construção. Entretanto, assim como em outros usos do reciclado, faltam informações aprofundadas sobre esta aplicação. As lacunas de informação referem-se às condições de preparação, determinação de propriedades físico-químicas a nível microestrutural e durabilidade de argamassas elaboradas com o material.

Argamassas com reciclado apresentam características que permitem sua aplicação em serviços de assentamentos e revestimentos. No Brasil, vêm sendo usadas na construção desde a década de 80, com bons resultados. Segundo ANVI⁽³⁾ informa que argamassas com adição de resíduo de construção são utilizadas na Itália e na Argentina há mais de 80 anos. Indica como benefícios: geração de boa quantidade de finos, aumentando a plasticidade e a coesão; liberação de cal e cimento com potencial reativo; pozolanicidade de materiais cerâmicos.

Para melhor avaliação da argamassa em estudo à resistência mecânica e a aderência tem papel fundamental,⁽⁴⁾ a resistência mecânica é função fundamental da argamassa, para absorção e distribuição das deformações oriundas dos esforços atuantes. A aderência é propriedade básica da argamassa de assentamento para a união dos componentes. Na argamassa de revestimento a aderência também tem muita importância para garantir a união à alvenaria.

A reciclagem de entulho em construção civil, já recebeu uma atenção global e intensa tanto da comunidade acadêmica como da empresarial. Isto se deve ao fato de se constituir no re-aproveitamento de resíduos virgens, como matéria prima que pode ser consumida em grandes volumes, em todas as regiões do país. Os benefícios gerais da reciclagem são auto-evidentes, dada a importância da preservação e o prolongamento da vida útil de recursos naturais e a diminuição de impactos ambientais decorrentes de descartes. A lei 9605 de 12/02/98 referente a ISSO 14004 contempla esses aspectos, pois determina que as empresas geradoras de resíduos devam buscar alternativas de controle da poluição ambiental.

O objetivo da pesquisa foi a investigação das características de cura, resistência mecânica e aderência resultante da utilização de agregados alternativos baseados

em rejeitos virgens das indústrias, de louça sanitária. O estudo foi desenvolvido de modo comparativo com argamassas convencionais (cimento:cal:areia), dando continuidade ao trabalho dessa pesquisadora após um ano de aplicação.⁽⁵⁾

2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

De modo a realizar uma investigação fundamental sobre o problema, este estudo desenvolveu argamassas cujos agregados foram produzidos pela reciclagem de rejeitos de peças de louça sanitária. Tais rejeitos foram submetidos á britagem, moagem e separação granulométrica adequadas, de modo a simular uma areia utilizada em argamassa de obra. Para a caracterização e comparações de resultados em estado a fresco e endurecido, foram utilizadas as normas ABNT pertinentes.

2.1 Agregado

O agregado miúdo reciclado, utilizado na presente pesquisa, consistiu de material passante pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm) e retido na peneira ABNT nº 200 (0,075mm) (NBR 7211). O agregado miúdo da argamassa convencional foi areia natural quartzosa (areia de rio), proveniente da região da cidade de São Carlos-SP. Os ensaios de granulometria em ambos os casos foi feito segundo a NBR NM 248. As amostras foram identificadas através de fotos retiradas no microscópio Leica, no CMMC (Centro Multidisciplinar de Materiais Cerâmicos), departamento de Química da UFSCar- SP, conforme Figura 1 e caracterização na Tabela 1.



Figura 1 - LSV - Agregado miúdo louça sanitária vidrada. Mag 160 X.jpg (em relação a tela do computador);Dimensão: 640 X 480 pixels⁽⁵⁾

Tabela 1. Ensaios de caracterização físicas dos agregados – 2004⁽⁵⁾

Propriedades	Areia	Reciclado LSV	NBR
Diâmetro máximo (mm)	2,4	2,4	NM 248
Módulo de finura	2,56	2,3	NM 248
Massa específica (g/cm ³)	2,56	2,50	NM 52
Índice de vazios (%)	5,83	4	NM 53
Impureza orgânica	Clara	clara	NM 49
Material pulverulento (%)	0,53	44	NM 46
Massa unitária solta (kg/dm ³)	1,56	1,90	NM 45
Absorção por imersão (%)	0,33	6,38	NM 53
Área específica	10,74	10,77	BET
Inchamento (kg/dm ³)	2,30	1,70	6467
Materiais Friáveis (%)	10,35	15	7218

2.2 Cimento

O cimento utilizado para a moldagem da argamassa em estudo foi o Cimento Portland CII F – 32, da marca Itaú, com os dados descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Características físicas e mecânicas do cimento CP II F 32 - 2004.

Características e Propriedades		Norma	Unidade	Resultado
Finura (resíduo na peneira 75 µm).		NBR 11579	%	3,0
Área de Blaine		NBR NM 76	m ² /kg	360
Tempo de início e fim de pega	Início de pega	NBR 11581	h	2h 35min.
	Fim de pega		h	4
Perda ao fogo		NBR 5743	%	0,47
Massa específica		NBR NM 23	Kg/dm ³	3,20
Expansividade a frio e a quente	frio	NBR 11582	mm	2,30
	quente		mm	3,60
Resistência à compressão	3 dias	NBR 7215	MPa	15,00
	7 dias		MPa	24,00
	28 dias		MPa	38,00

2.3 Cal

A cal hidratada utilizada foi do tipo CH-III, da marca Itaú em embalagens de 20 kg, e suas características foram estudadas realizando ensaios no laboratório de construção civil do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Mato Grosso - CEFETMT, e os resultados são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Propriedades da cal hidratada utilizada - 2004

Características e propriedades CH - III		NBR	Valor de Norma	Resultado da amostra
Estabilidade		9205	Sem defeito	sim
Área de Blaine (m ² /Kg)		NM76	-	883
Massa unitária no estado solto (Kg/dm ³)		7251	-	0,70
Massa específica (Kg / dm ³)		NM23	-	2,67
Finura	Peneira ABNT 0,6 mm	9289	0,5%	0,35 %
	Peneira ABNT 0.075 mm		15%	13%
Plasticidade		9206	110	136
Incorporação de areia (Kg)		9207	2,2	2,7
Índice de retenção de água		9290	80%	78%

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Argamassa

As argamassas estudadas seguiram o traço de composição volumétrica **Traço 1:2:9** (cimento: cal: agregado reciclado); sendo o traço comumente utilizado no meio especializado.

Preparou-se uma argamassa com agregado reciclado de louça sanitária vidrada denominada (**LSV**) e uma argamassa com agregado natural denominada P1 para comparação.

As composições foram preparadas em laboratório utilizando um misturador planetário. O tempo de mistura foi cerca de 5 minutos na fase final, sendo que os materiais foram introduzidos com o misturador em funcionamento. O teor de água na composição corresponde à consistência padrão que utiliza na caracterização de argamassa para revestimento.

Corpos de prova cilíndricos de dimensões; 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura, foram moldados conforme a Norma da ABNT NBR 7215. Os corpos de provas foram curados ao ar á temperatura de 23⁰C, a 30⁰C e umidade relativa de 72%, nas idades de 7, 14, 28, 63, 91 e após 360 dias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão avaliados quanto ás propriedades físicas no estado fresco e endurecido.

4.1 Propriedades Físicas da Argamassa no Estado Fresco

As avaliações das propriedades físicas se encontram na Tabela 4.

Tabela 4 Índices físicos das argamassas em estudo - 2004

TIPO Traço 1:2:9	Consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm³)	Fator água/cimento (a/c)	Massa unitária (g/cm³)
LSV	252	1.90	3.30	1.90
P1	249	2,08	2,91	1,46
NBR	13276	13278		7251

4.2 Resistência à Compressão Axial em (MPa)

Os ensaios realizaram-se nas idades de 3, 7, 14, 28, 63, 91 e acima de 360 dias. O valor da resistência à compressão é determinado pela compressão axial de quatro corpos-de-prova cilíndricos, com 50mm de diâmetro e 100mm de altura, até a ruptura. O valor da resistência à compressão axial será a média dos quatros valores, expressa em MPa.

Este ensaio foi executado conforme a norma NBR 13279 e os resultados são apresentados na Tabela 5 e nas Figuras 2, 3 e 4.

Tabela 5 Resultados de resistência à compressão axial (MPa) das argamassas com inicio em 2003.

Traço	7	14	28	63	91	Após 360
LSV9	3,20	3,80	3,84	3,95	4,10	4,58
P1	1,23	1,30	1,76	1,78	1,81	2,65

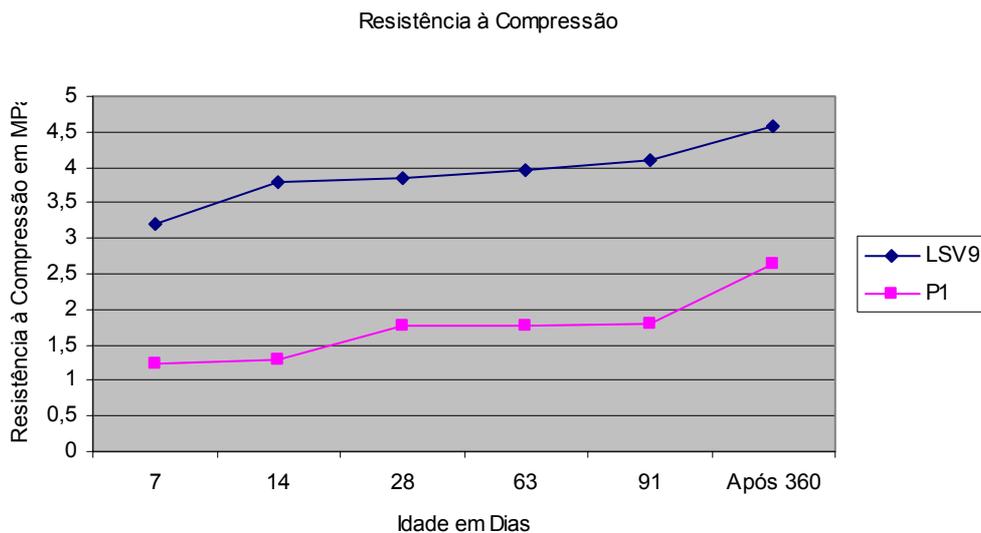


Figura 2 Ensaio de Resistência à Compressão da argamassa com agregado reciclado e da Argamassa com agregado natural

Os resultados indicam que o vidrado existente na louça sanitária não interferiu no desenvolvimento da resistência mecânica das argamassas. Com relação á argamassa convencional, os níveis de resistência mecânica apresentados são compatíveis com os reportados na literatura para estes materiais.



Figura 3 - LSV argamassa com agregado de louça sanitária vidrada.Dimensões:1024 X 768 pixels TYPE: imagem JPEG.Size: 186KB



Figura 4 - P1 argamassa com agregado natural areia de rio.Dimensões:1024 X 768 pixels. TYPE: imagem JPEG.Size: 192KB

4.3 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração (NBR 13528)

Para melhor avaliação da argamassa realizada foi determinada a resistência ao arrancamento, ou seja, a resistência por meio de esforço de tração, do revestimento de argamassa, aplicado sobre o substrato de tijolo cerâmico, bloco cerâmico e bloco de concreto, sendo ensaiado seis corpos de provas por idade.

Para a preparação do corpo-de-prova, o revestimento é cortado perpendicularmente ao seu plano, delimitando o corpo de - prova, com o diâmetro de 50mm. Sobre este corpo-de-prova é colada uma pastilha metálica. Após a cura da cola, o equipamento é acoplado à pastilha e esta é tracionada até a ruptura do corpo-de-prova, conforme Tabela 6 e Figuras 5, 6 e 7.

Tabela 6 Resultados de Resistência de Aderência à Tração em MPa.

Traço	Bloco Cerâmico			Tijolo Cerâmico			Bloco Concreto		
	28	91	360	28	91	360	28	91	360
LSV9	>0.37 *	>0.81 *	>0.94 *	>0.35 *	>0.38 *	>0.45 *	0,41	0,89	0,97
P1	>0.30 *	>0.60 *	>0.63 *	>0.46 *	>0.53 **	>0.59 **	>0,39	>0,7	>0,9

*ruptura da argamassa de revestimento; **ocorreu na interface revestimento /substrato



Figura 5 Argamassa com agregado de LSV em substrato de bloco cerâmico.⁽⁵⁾



Figura 6 Argamassa com agregado de LSV em substrato de tijolo cerâmico.⁽⁵⁾

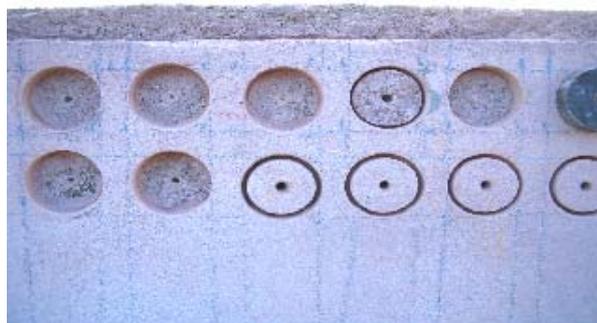


Figura 7 Revestimento após Ensaio de Resistência de Aderência à Tração. Argamassa com agregado de Louça Sanitária Vidrada (LSV), em bloco de concreto.⁽⁵⁾

Os resultados encontrados no ensaio de aderência foram superiores aos valores especificados pela norma NBR 13749/96 – “Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas especificações”, a qual especifica uma resistência de aderência à tração mínima de 0,30 MPa para revestimentos externos. Os valores encontrados de resistência de aderência no ensaio foi á maioria superior 1MPa.

5 CONCLUSÃO

Podemos concluir nesse estudo que embora a resistência mecânica não deva ser elevada, pois a argamassa deverá possuir resistência a esforços de abrasão superficial, cargas de impacto e movimentos de contração e expansão do revestimento em função de variações higrotérmicas, as argamassas recicladas apresentaram resultados superiores aos da argamassa convencional, porém não prejudicando sua aderência.

A aderência da argamassa ocorreu simultaneamente pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros da base (devido ao endurecimento do aglomerante que penetrou nos poros superficiais da base junto com a água de amassamento) e pela ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da base, principalmente no substrato de blocos de concreto. A extensão de contato entre a argamassa e a base também influenciou, de modo preponderante, na aderência da camada ao revestimento.

Observou-se que os principais responsáveis pela aderência sendo o teor de cimento da argamassa reciclada e da tradicional a mesma foi á capacidade de retenção de água, as características do substrato e a qualidade da mão-de-obra.

A área de contato ligada diretamente a trabalhabilidade da argamassa, da técnica de aplicação (compactação e prensagem da base) e da natureza e características da base (diâmetro, natureza e distribuição de tamanho dos poros).

Pelos resultados concluímos pela viabilidade da utilização do agregado de louça sanitária como agregado miúdo em substituição ao agregado convencional, com ganhos de custo e proteção ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFSCar ao CNPQ à FAPESP/CEPID/CMDMC e ao CEFETMT.

REFERÊNCIAS

- 1 BUSTAMANTE, G. M. e BRESSIANI, J. C. A **Indústria Cerâmica Brasileira**, **Ceramic News**, v. 7, n. 1, p. 55-59, 2000.
- 2 CERÂMICA NO BRASIL-PANORAMAS SETORIAIS-LOUÇAS SANITÁRIAS. Disponível em <http://www.abceram.org.br>, acesso em 20/06/2002.
- 3 ANVI COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. (s.d.). Nova velha proposta para melhorar a qualidade das argamassas. São Paulo, **ANVI**.
- 4 MARTINELLI, F. A.; PAULO R. L (1991). Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenaria. **Boletim Técnico** da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. BT/PCCC/47.
- 5 COSTA, J. S. Agregados Alternativos para Argamassa e Concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Materiais-DEMa- (2006).