

## Características Microestruturais de Argamassas Utilizando Agregado do Reciclado de Louça Sanitária Virgem

**Juzélia Santos da Costa<sup>a\*</sup>, Celso Aparecido Martins<sup>b\*</sup>,  
João Baptista Baldo<sup>b\*</sup>**

<sup>a</sup>Prof. Dra. CEFET-MT; R. Mirabel, 538, Pedregal, Cuiabá - MT, 78060-205

<sup>b</sup>Professor Associado DEMa – UFSCar, Rod. Washington Luís,  
Km 235, CP 676, 13565-905 São Carlos - SP, Brasil

\*e-mail: juzeliasc@gmail.com, cmartins@power.ufscar.br, baldo@power.ufscar.br

**Resumo:** Este trabalho analisa a utilização de descartes da indústria de louça sanitária como agregado em argamassas de revestimento e assentamento, em granulometria similar à da areia de rio. Investigou-se por MEV o desenvolvimento dos produtos decorrentes da hidratação em várias idades, em argamassas mistas de cimento:cal:agregado reciclado. Os resultados indicam que a pozolanicidade e cinética de carbonatação apresentada pelo agregado reciclado é mais rápida do que aquela que ocorre nas argamassas de traço similar contendo areia de rio. Nas composições investigadas, a utilização do agregado reciclado resultou em melhores propriedades físicas e maiores níveis de resistência mecânica quando comparados à composição similar feita com areia de rio. A disponibilidade dos resíduos e os ganhos em custos (pela redução de resíduos e do aterro sanitário), além do gerenciamento ambiental, indicam a viabilidade do processo.

**Palavra-chave:** reciclagem, louça sanitária, argamassa.

### 1. Introdução

Nas últimas décadas, os métodos de construções com materiais alternativos com argamassas têm sido cada vez mais estudados e aplicados. As vantagens oferecidas pelo emprego de elementos alternativos no canteiro de obra fazem com que esse modo de edificar ganhe cada vez mais espaço dentro do setor da construção civil. Dentre as inúmeras vantagens se destacam: a redução do volume de rejeitos no canteiro de obra, proporcionando principalmente um maior controle de qualidade durante a execução de determinado projeto<sup>1</sup>. Tais avanços nos modos construtivos exigem que cada vez mais se aperfeiçoem os conhecimentos técnicos que envolvem a fabricação de argamassa, estudando ainda seu comportamento mediante as solicitações estruturais as quais estes estarão submetidos.

Por outro lado, o vaso sanitário surge como artigo de propaganda ecológica, no tocante a economia de água em função do desempenho. Um acordo com a Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano (Sedu) e uma parceria entre fabricantes e prefeituras, ainda em estudo, têm como objetivo incentivar a substituição dos modelos tradicionais por outros que economizam água. A maioria das casas brasileiras possui hoje o vaso tradicional que exige de 30 a 40 litros de água para a higienização do equipamento. Com a escassez do recurso natural, a indústria desenvolve um modelo para reduzir o consumo de água, já há vasos que completam uma descarga com seis litros representando economia considerável. O acordo setorial da cadeia em consenso com a Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, acertaram que só sairão de fábrica vasos com a nova tecnologia, que garante o uso racional da água. A entidade estima que o País tenha 50 milhões de imóveis que poderiam fazer a troca, o que tende a acontecer gradativamente. Segundo o presidente da Anamac, um projeto de transição das bacias pode acontecer ao longo de dez anos<sup>2</sup>. Os principais fabricantes desse setor são a Roca (com as marcas Celite, Incepa e Logaz), a Deca, a Ideal Standard, a Icaisa e a Hervy. Juntas, detêm 95% do mercado e produzem cerca de 700 mil vasos por mês. A indústria estuda meios de estabelecer

um acordo de entrega da bacia antiga no ponto de venda, para garantir a reciclagem do produto. O volume a ser reciclado, mesmo ao longo do tempo, é considerável, e uma alternativa é a inclusão desse material em argamassas e concretos, como considerado em outras pesquisas<sup>3,4</sup>.

O desenvolvimento dessas argamassas e concretos gera a necessidade de estudos sobre o comportamento desse material após seu emprego, tanto para possibilitar o entendimento dos fenômenos associados com a pega e o endurecimento, como para delinear a durabilidade que se espera dos mesmos quando em uso.

### 2. Materiais e Metodologia

Foram produzidas argamassas utilizando como agregado, reciclado da indústria de louça sanitária. Uma argamassa utilizando areia de rio como agregado foi utilizada para comparações em mesmo traço. Foram produzidos painéis com essas argamassas, e após um ano, retiradas amostras para caracterização através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e EDX.

#### 2.1. Caracterização dos materiais

O reciclado utilizado consistiu de peças de louça sanitária vidrada denominada (LSV), descartadas no processo de produção após a queima, de indústria do Estado de Minas Gerais. As peças foram inicialmente fragmentadas com o uso de um britador de mandíbulas, e posteriormente moídas por moinho de martelos. O material obtido foi separado em frações granulométricas de interesse, para a preparação da argamassa. O agregado miúdo reciclado, utilizado na presente pesquisa, é o material passante pela peneira ABNT n° 4 (4,8 mm) e retido na peneira ABNT n° 200 (0,075 mm). O agregado miúdo da argamassa convencional de referência é a areia natural denominada (P1 - areia de rio), proveniente da região da cidade de São Carlos - SP (Figuras 1 e 2). As amostras foram identificadas através de fotos

obtidas com o uso de microscópio (CMMC - Centro Multidisciplinar de Materiais Cerâmicos, departamento de Química da UFSCar).

O cimento utilizado foi o cimento Portland CII – F-32, e a cal hidratada utilizada foi a do tipo CH-III, ambos da marca Itaú, caracterizados no laboratório de construção civil do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Mato Grosso – CEFETMT, e os resultados são apresentados na Tabela 1 e 2

## 2.2. Composições estudadas

Foram produzidas argamassas utilizando o cimento, a cal, a areia de rio e o agregado reciclado (LSV) mencionados, nas proporções

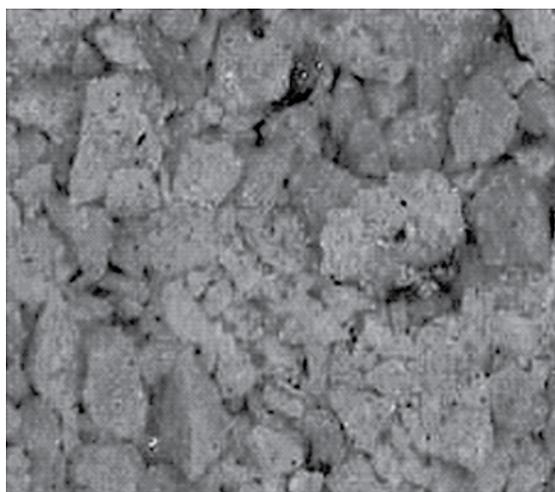


Figura 1. Agregado miúdo LSV.



Figura 2. Agregado graúdo LSV.

em volume 1:2:9, 1:2:12 e 1:2:14 para a LSV e 1:2:9 para a areia de rio.

## 2.3. Execução dos painéis de alvenaria

Também foram executados painéis com as argamassas nos traços em estudo, com 1 m de comprimento e 1,40 m de altura. Foi realizado o ensaio para a verificação da resistência de aderência à tração da argamassa aplicada ao substrato<sup>5</sup>, e essas amostras utilizadas na caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura e EDX.

## 3. Resultados e Discussões

A determinação da resistência à compressão simples foi realizada conforme a NBR 13279 - Argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão<sup>6</sup>, e os ensaios foram realizados nas idades de 3, 7, 14, 28, 63, 91 e acima de 360 dias. Os resultados estão expressos na Figura 3.

A resistência mecânica da argamassa contendo agregado de louça sanitária vidrada foi maior do que a das argamassas convencionais (P1 e P1A) de mesmo traço. Isto pode ser atribuído ao maior grau de empacotamento dos grãos. Os resultados indicam que o vidrado existente na louça sanitária não interferiu no desenvolvimento da resistência mecânica das argamassas.

Com relação a argamassa convencional, os níveis de resistência mecânica apresentados são compatíveis com os reportados na literatura.

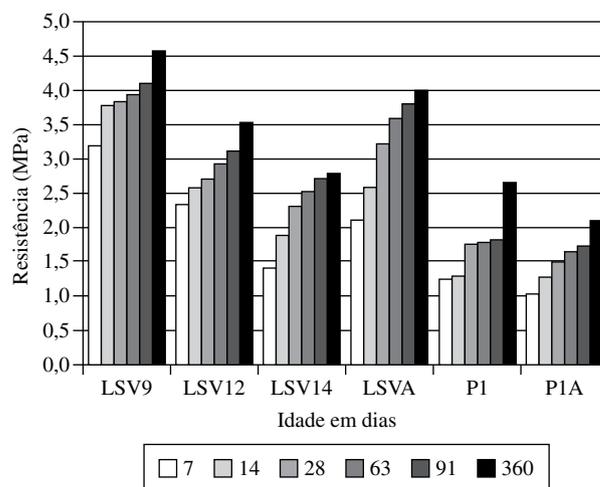


Figura 3. Resistência à Compressão axial simples, em MPa, das argamassas produzidas com o agregado sendo o reciclado de louça sanitária (LSV), louça sanitária e areia (LSVA) em mesma quantidade (peso), areia de rio 1 (P1) e outra areia de rio (P1A).

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânicas do cimento utilizado.

Características e propriedades CII-F32	NBR	Valor de norma	Resultado da amostra
Massa unitária no estado solto kg/dm <sup>3</sup>	7251	-	1,15
Finura, resíduo na peneira ABNT 0,075 mm (%)	11579	≤12%	3,0
Área de Blaine (m <sup>2</sup> /kg)	7224	≥260	360
Tempo de início e fim de pega (h)			
Início de pega	11581	≥1 hora	2 horas 35 minutos
Fim de pega	11581	≤10	4
Perda ao fogo (%)	5743	≤6,5	0,47
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	NM23		3,20
Expansibilidade a frio e a quente (mm)			
Frio	11582	≤5	2,30
Quente	11582	≤5	3,60
Resistência à compressão (MPa)			
3 dias de idade	7215	≥10	15,00
7 dias de idade	7215	≥20	24,00
28 dias de idade	7215	≥32	38,00

**Tabela 2.** propriedades da cal hidratada utilizada.

Características e propriedades CH – III	NBR	Valor de norma	Resultado da amostra
Estabilidade	9205	Sem defeito	Sim
Área de Blaine (m <sup>2</sup> /kg)	NM76	-	883
Massa unitária no estado solto (kg/dm <sup>3</sup> )	7251	-	0,70
Massa específica (kg/dm <sup>3</sup> )	NM23	-	2,67
Finura			
Peneira ABNT 0,6 mm	9289	0,5%	0,35%
Peneira ABNT 0,075 mm	9289	15%	13%
Plasticidade	9206	110	136
Incorporação de areia (kg)	9207	2,2	2,7
Índice de retenção de água	9290	80%	78%

tura para estes materiais. Em todos os casos ocorreu o crescimento da resistência mecânica, como esperado.

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 foram superiores a 1 MPa.

Os níveis de resistência mecânica estão compatíveis com os níveis de resistência de aderência para as argamassas. De maneira geral, quando a resistência mecânica das argamassas é elevada, podemos esperar o nível de aderência também elevado, desde que as características da argamassa, no que se refere à trabalhabilidade, não tenham sido alteradas. Como o ancoramento foi realizado em base chapiscada, a alteração da trabalhabilidade poderia corresponder à dificuldade na aderência.

As análises no microscópio eletrônico de varredura foram realizadas no Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) da UFSCar. A análise enfocou eminentemente a superfície de fratura das diversas argamassas após um ano da aplicação nos painéis. A técnica utilizada foi a de elétrons secundários, que oferece melhor visão da topográfica. As informações sobre a composição química da região focada na amostra foram obtidas com a utilização do espectrômetro de dispersão de energia (EDX), permitindo uma análise qualitativa e semiquantitativa da composição química local, exemplificados nas argamassas endurecidas LSV e P1, conforme as Figuras de 4 a 6.

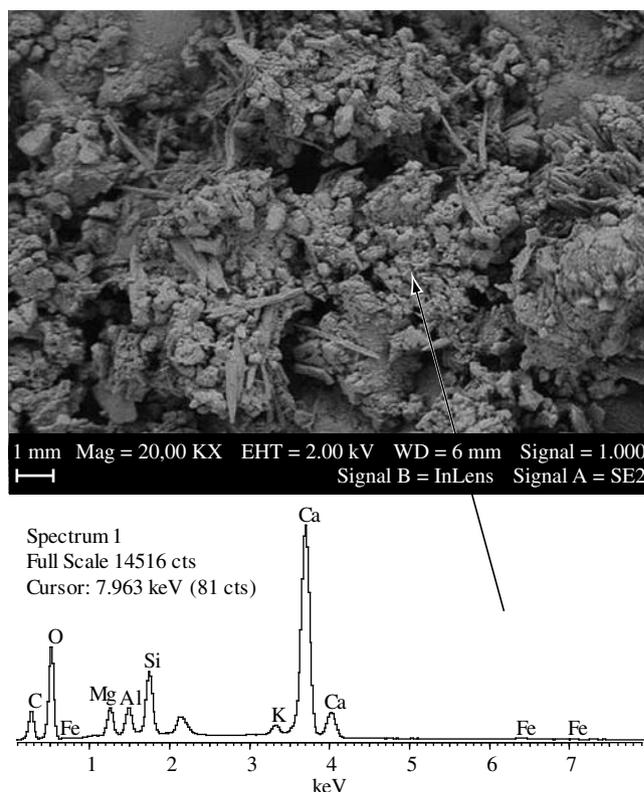
Analisando a Figura 4 (argamassa P1, agregado areia de rio), percebe-se que a argamassa convencional tem microestrutura com poros grandes e os produtos de hidratação não são muito aderentes aos grãos de areia. O resultado obtido com o uso do EDX, neste caso, mostra que o CaCO<sub>3</sub> é a fase predominante, porém com formato acicular.

Na Figura 5 (argamassa LSV9, agregado reciclado de louça sanitária, traço 1:2:9) nota-se que a argamassa contendo reciclado de louça sanitária tem uma microestrutura menos compacta, onde os produtos de hidratação assumem uma forma mais globular, e os resultados utilizando o EDX indicam a predominância de CaCO<sub>3</sub>.

Uma análise da Figura 6 (argamassa LSV12, agregado reciclado de louça sanitária, traço 1:2:12) indica que a alteração de traço para um teor maior de agregado reciclado na argamassa, resultou em microestruturas ligeiramente mais porosas, porém, sem modificações aparentes na composição mineralógica após um ano.

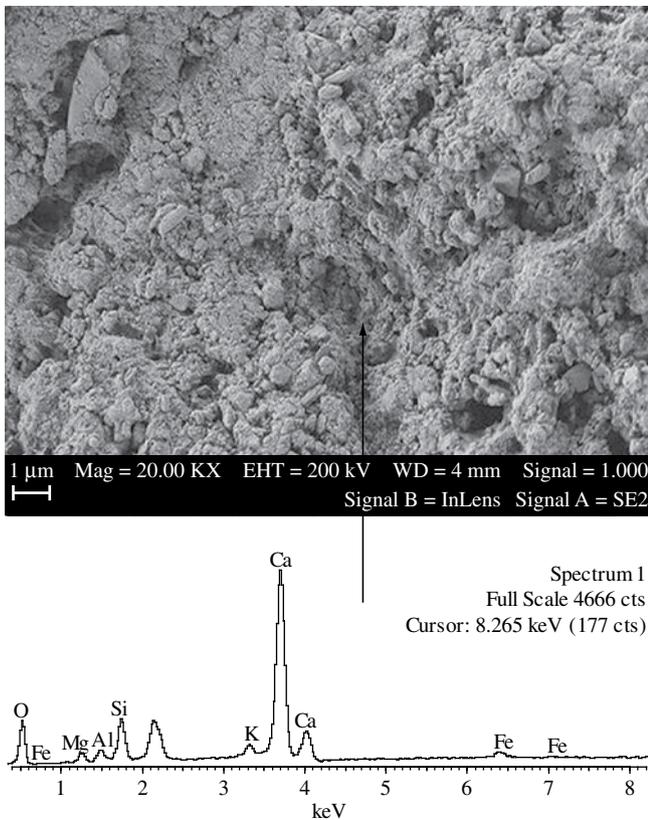
#### 4. Conclusões

Os resultados indicam que nos traços investigados, a utilização do agregado reciclado resultou em melhores propriedades físicas e maiores níveis de resistência mecânica quando comparados com



**Figura 4.** MEV da superfície de fratura da argamassa P1 no painel, um ano após a aplicação; os picos (esquerda para direita) são relativos à C, O, Mg, Al, Si, K, Ca, Ca, Ca e outros). Nota-se o pico maior corresponde ao Ca.

traços iguais confeccionados com areia de rio. Essa melhor resistência mecânica, aparentemente pode ser explicada pela melhor densificação das argamassas obtidas com agregado reciclado, em função da distribuição granulométrica particular dos agregados reciclados. Essa particularidade, nos casos estudados, não afetou a trabalhabilidade das argamassas, quando na aplicação sobre os painéis, nem a durabilidade das argamassas (em função do incremento da resistência ao longo do tempo), nem mesmo a aderência da argamassa ao substrato chapisco (em função da resistência de aderência ao longo de um ano) ainda que o painel estivesse exposto no tempo. Aparentemente, pela análise dos resultados de EDX e MEV, a carbonatação ocorre em maior proporção quando se utilizou os agregados reciclados, em comparação com o agregado areia de rio. O fato dos agregados conterem diferentes materiais, não impediu a funcionalidade do agregado como formador de esqueleto da argamassa. Pelos dados de EDX, podemos notar que sobre o agregado reciclado ou na matriz, os produtos de hidratação são da mesma natureza e de composição química aproximada dos



**Figura 5.** MEV da superfície de fratura da argamassa LSV9 no painel, um ano após a aplicação; os picos (esquerda para direita) são relativos à O, Mg, Al, Si, K, Ca, Ca e outros). Nota-se o pico maior corresponde ao Ca.

que se observa na argamassa convencional. Não se detectou nenhum efeito deletério que eventualmente pudesse ser provocado pela presença de faces vidradas dos agregados reciclados, pelo menos até nas idades observadas.

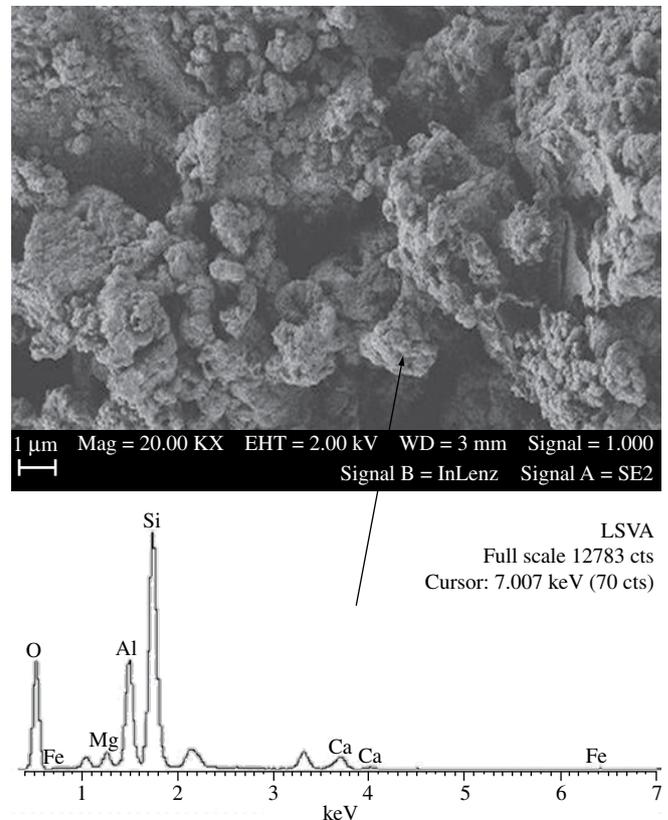
Os resultados evidenciam que os rejeitos virgens podem ser utilizados sem qualquer escolha, e podem ser usados individualmente ou em conjunto, na produção de elementos construtivos. Isto reduz o custo de argamassas em relação ao uso da areia de rio, além dos benefícios ambientais evidentes.

## Agradecimentos

CNPq e FAPESP.

## Referências

1. Bustamante, G. M; Bressiani, J. C. A **Indústria Cerâmica Brasileira**, Ceramic News, v. 7, n. 1, p. 55-59, 2000.



**Figura 6.** MEV da superfície de fratura da argamassa LSV12 (traço: 1:2:12) aplicada em painel, após um ano de exposição. Destaque para a ausência de cristais fibrosos. Os picos (esquerda para direita) são relativos à O, Mg, Al, Ca, e outros). Nota-se o pico maior corresponde ao Ca.

2. CERÂMICA NO BRASIL - PANORAMAS SETORIAIS-LOUÇAS SANITÁRIAS. Disponível em <http://www.abceram.org.br>, acesso em 20/06/2002.
3. Costa, J. S.; Martins, C. A.; Baldo, J. B. AVALIAÇÃO MINERALÓGICA DAS ARGAMASSAS COM CIMENTO PORTLAND, E REJEITOS VIRGENS DAS INDÚSTRIAS CERÂMICAS. In: 48CBC IBRACON Rio de Janeiro - RJ, sete. de 2006. **Anais...**
4. 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).
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1995) **NBR 13528** - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, Rio de Janeiro, ABNT.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994) **NBR 13279**. Argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos-Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. ABNT.