

TRATAMENTO DO REJEITO DE CONCRETO COMO AGREGADO ARTIFICIAL PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA ¹

Camila Castelo Branco Madureira ²
Juzélia Santos da Costa ³

Resumo

O rejeito de concreto foi tratado após descarte da indústria da construção civil no final do processo de utilização, moído em granulometria apropriada para simular um tipo genérico de areia média. Foram desenvolvidos processos de moagem e traçado várias curvas granulométricas. Para avaliação foram fabricadas argamassas utilizando agregados miúdo areia de rio proveniente do rio Cuiabá/ MT. Os agregados produzidos foram caracterizados desde a produção até a moagem final de acordo com as normas da ABNT vigente. Foram utilizadas normas da ABNT para a caracterização física e química e avaliando os resultados, através da produção de argamassa comumente utilizada na indústria da construção civil. O agregado desenvolvido apresentou resultado em alguns casos superiores ao agregado encontrado na natureza, de acordo com os mecanismos possíveis de reações envolvidas. Concluiu-se que o agregado desenvolvido pode ser utilizado na construção civil em substituição aos agregados naturais, com benefícios de custo e ambientais.

Palavras-chaves: Argamassa; Rejeito de concreto; Reciclagem.

DISCLAIMS THE TREATMENT OF CONCRETE AS HOUSEHOLD FOR ARTIFICIAL PRODUCTION OF MORTAR

Abstract

The concrete reject has been treated waste after disposal of the construction industry at the end of the use, in sizes suitable ground to simulate a generic type of medium sand. Milling processes were developed and mapped several granulometric curves. To evaluate mortars were manufactured using small clusters of river sand from the river Cuiabá / MT. The clusters produced were characterized from production to end milling under the existing rules of ABNT. ABNT standards were used to characterize the physical and chemical and evaluating the results, through the production of mortar commonly used in the construction industry. The aggregate result showed developed in some cases exceeds the aggregate found in nature, according to the possible mechanisms of reactions involved. It was concluded that the aggregates developed can be used in construction in place of natural aggregates, with the cost and environmental benefits.

Key words: Mortar; Concrete waste; Recycling.

¹ Contribuição técnica ao 64° Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Curso Técnico em Edificações, Estudante, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso, IF-MT. , Rua Zulmira Canavarros, 95, centro, CEP: 78005 – 200, Cuiabá-MT, E-mail: juzeliasec@gmail.com; Juzelia@ccivil.cefetmt.br.

³ Doutora em Ciência dos materiais, Departamento de Construção Civil, DACC, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso, IF-MT, Rua Zulmira Canavarros, 95, centro, CEP: 78005 – 200, Cuiabá-MT, E-mail: juzelia@ccivil.cefetmt.br; juzeliasec@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A realidade do país e do setor da construção se alterou radicalmente nos últimos anos, sofrendo transformações de forma acelerada em seu cenário produtivo e econômico. Delineia-se, assim, uma nova realidade que coloca desafios importantes para as empresas de construção civil, entre os quais o da sobrevivência em um mercado mais exigente e competitivo.

A reciclagem de resíduos industriais na indústria da construção civil é uma opção viável segundo Tanno,⁽¹⁾ pois, esse segmento consome grandes volumes de matérias primas e se distribui em todas as regiões do país. Os benefícios gerais da reciclagem já foram muito discutidos, como a preservação e o prolongamento da vida útil de recursos naturais, e a lei 9605 de 12/02/98 referente à ISO 14000 contemplam esses aspectos, pois determina que as empresas geradoras de resíduos devam buscar alternativas de controle da poluição ambiental.

Um fator relevante a ser considerado no descarte indiscriminado de resíduos sólidos nas cercanias de áreas urbanas é justamente o meio que propiciam para a proliferação de insetos e animais nocivos em função do abrigo a estes animais. Também, o volume de resíduos sólidos, quando dispostos em aterro sanitário, envolve custos consideráveis para essa disposição, que nem sempre são incluídos nos benefícios econômicos da reciclagem. Um tipo de resíduo extensamente estudado é o entulho (resíduo não virgem), proveniente de demolições e perdas em obras de construção civil, cuja reciclagem tem sido estudada por grupos de pesquisa já estabelecidos.⁽²⁾ Propriedade importante encontradas como a atividade pozolânica, tem sido considerada como fator um decisivo para o aproveitamento dos mesmos.

Cerca de 60% dos materiais descartados são constituídos de produtos inertes, como argamassas, concretos, telhas e tijolos. As centrais de reciclagem contam com maquinários semelhantes aos de mineradoras, como esteiras rolantes, britadores, peneiras e classificadores de granulometria.

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.

A resistência mecânica de argamassas com reciclado é maior que a de argamassas convencionais, na maioria das vezes. Com seu uso, obtêm boa aderência aos substratos, boa consistência e coesão. Em função destas características, seu uso é promissor, podendo-se obter compósitos de boa qualidade com redução do consumo de aglomerantes. Em alguns casos, porém, têm ocorrido patologias, possivelmente associadas ao reciclado.⁽⁴⁾

Apesar das vantagens, faltam informações sobre estas argamassas, principalmente no tocante ao material objeto dessa pesquisa, para que seu uso se amplie. É sabido que o uso do reciclado em argamassas pode causar retração por secagem, conforme o tipo de resíduo utilizado e o traço aplicado. Usuários de argamassas com reciclado utilizam traço com teor considerável de areia convencional, para evitar problemas, e com isso podem não estar aproveitando bem todas as possibilidades do resíduo.

Atualmente, o comentário por toda a mídia tem sido a preservação do meio ambiente. Nesse sentido, vem despertando interesse por parte dos pesquisadores em todo o mundo, o rejeito da construção civil.

Este artigo apresenta um estudo enfatizando a granulometria e a análise química da argamassa produzida com rejeito de concreto oriundo da construção civil. Para a confecção da argamassa, os agregados miúdos foram diminuídos até que tivessem granulometria similar à da areia de rio. A argamassa confeccionada foi analisada pelos ensaios físicos e químicos, conforme normas da ABNT e da ASTM. A análise química deteve-se à determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis; verificação da reatividade potencial pelo método químico; e reatividade potencial ASTM 1260C/2001.

Um dos fatores que alteram o empacotamento de partículas é a morfologia, porosidade e a densidade das partículas. A morfologia quanto mais afastada do formato esférico, menor é a densidade de empacotamento de uma distribuição que a contenha. Tal fato ocorre devido à fricção interparticular, que surge pelo contato das superfícies irregulares das mesmas. Tanto menor o tamanho das partículas irregulares, maior esse efeito, devido a maior área superficial específica.

No tratamento do rejeito de concreto para confecção da argamassa evitaram-se misturas de partículas, com baixas concentrações de partículas não esféricas, para não ocorrer redução acentuada na densidade de empacotamento, contudo à elevada quantidade possível de formatos de partículas e, por conseqüência, da afinidade de combinações possíveis, é muito difícil desenvolver um modelo que possa prever o comportamento de misturas que envolvam partículas não esféricas.

Escolheu-se para essa pesquisa o agregado similar a areia média, devido aos efeitos de massa e à baixa área superficial, a influência das partículas mais grossas no comportamento reológico da argamassa está relacionada com a dificuldade espacial de movimentação entre as mesmas.

Apenas quando a tensão de cisalhamento for suficiente para vencer simultaneamente os efeitos de superfície dos grãos finos (tensão de escoamento) e os efeitos de massa dos grãos grossos (atrito), a argamassa escoar.

Conclui-se que a argamassa comporta-se como um conjunto de grãos finos mergulhados em uma matriz, a qual assegura a coesão do sistema, além da lubrificação e o espaço disponível para movimentação dos agregados. Assim, se a concentração das partículas grosseiras for elevada, não havendo matriz suficiente, as características reológicas e as propriedades finais da argamassa são prejudicadas, devido à interferência entre os agregados.

A granulometria e forma dos grãos correta proposta, foi verificada após cada moagem, garantindo qualidade e constância na repetição do traço desejado.

A possibilidade de uso como agregado artificial em argamassas para assentamento e revestimento, através da preparação granulométrica adequada, pode ser um método eficiente para reduzir o volume disposto no meio ambiente, e contribuir para que agregados naturais não sejam retirados através de mineração. A redução de custos de componentes contendo o agregado obtido dos descartes também é possível, influenciando toda a cadeia da indústria da construção civil. Estudos com agregados reciclados vêm sendo conduzidos por Costa e Baldo.⁽⁴⁾

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Aglomerantes

2.1.1 Cimento Portland

O cimento utilizado é o Portland CII-Z - 32, da marca Itaú em embalagens de 50kg, e suas características físicas e mecânicas foram estudadas realizando ensaios no laboratório de construção civil do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Mato Grosso. – CEFETMT, e os resultados são apresentados na Tabela 1. (NBR-5732/1988).

Tabela 1 – Resultados físicos e mecânicos do cimento. 29/08/2007

Características e propriedades		NBR	Unidade	Resultado
Finura (resíduo na peneira 75 µm).		11579	%	3,7
Área de Blaine		7224	m ² /kg	367
Tempo de início e fim de pega	Início de pega	11581	h	2h 15min.
	Fim de pega		h	4h 30min
Perda ao fogo		5743	%	0,37
Massa específica		6474	Kg/dm ³	3,25
Expansividade a frio e a quente	frio	11582	mm	2,06
	quente		mm	3,68
Resistência à compressão	3 dias de idade	7215	MPa	18,00
	7 dias de idade		MPa	27,00
	28 dias de idade		MPa	42,00

2.1.2 Cal

A utilizada é cal hidratada CH - III, da marca Itaú em embalagens de 20 kg, e suas características físicas e mecânicas foram estudadas realizando ensaios no laboratório de construção civil do Centro Federal de Ensino Tecnológico de Mato Grosso. – CEFETMT, e os resultados são apresentados na Tabela 2. (NBR- 7175).

Tabela 2 – Resultados físicos e mecânicos da cal. 30/08/2007

Características e propriedades CH - III		NBR	Valor de Norma	Resultado da amostra
Massa unitária no estado solto (Kg/dm ³)		7251	-	0,76
Massa específica (Kg / dm ³)		NM23	-	3,07
Finura	Peneira 0,6 mm	9289	0,5%	0,37 %
	Peneira 0.075 mm		15%	15%

2.1.3 Agregados

O material utilizado é o rejeito da construção oriundo de concreto, descartado da indústria da construção civil da cidade de Cuiabá – MT. As peças foram fragmentadas com britador de mandíbulas, e moídas por moinho de partículas finas. O material foi separado em frações granulométricas, semelhantes ao encontrado na natureza. O agregado reciclado utilizado consistiu de material passante pela peneira de malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 0,075 mm em ensaio realizado de acordo com NBR NM 248. O agregado fino convencional de referência foi areia natural quartzosa (areia de rio), da região da cidade de Cuiabá-MT.

3 RESULTADOS

3.1 Agregados

Pela Tabela 3 observamos às características físicas dos agregados, naturais e reciclados, em estudo. Na Figura 1 apresenta a curva granulométrica do agregado em estudo.

Tabela 3 – Característica das matérias – prima agregado miúdo. 15/02/2008

Propriedades	Areia de rio	Agregado reciclado concreto	Norma
Diâmetro máximo mm	0.60	4.8	NBR NM 48
Módulo de finura	1.85	2.43	NBR NM 48
Massa específica saturada	2.56	2.35	NM 53
densidade	2.43	2.54	Picnometria Hélio
Índice de vazios	5,83	,17%	NM 53
Coefficiente de inchamento	3%	2,19 %	NM 53
Impureza orgânica	Clara	Clara	NM 49
Material pulverulento	0.53%	24%	NM 46
Massa unitária solta	1.56m ³	1.25m ³	NBR 7251
Absorção por imersão	7,26%	7,37 %	NM 53
Teor Arg. torrões mat. friáveis	12%	7.97%	NBR 7218
Massa unitária compactada	1.66m ³	1.36 m ³	NBR 7810
Área específica BET (m ² /g)	agregado concreto =9,19		
Área específica BET (m ² /g)	agregado areia rio=10,74		

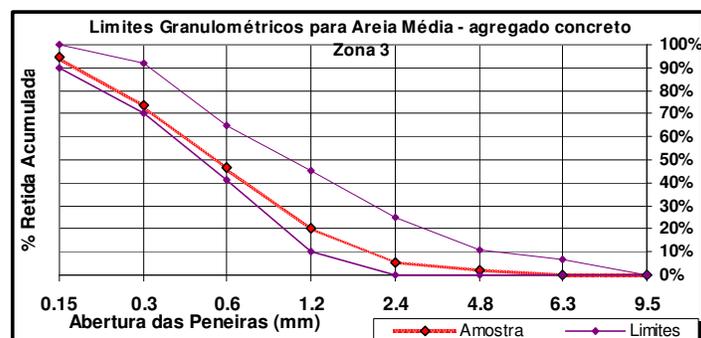


Figura 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo areia de rio – NBR NM 248.

Na curva da Figura 1 no tratamento dado, se executaram várias seleções de partículas até chegar-se a uma curva de uma areia média procurando amenizar os fatores que afetam o empacotamento, no que diz respeito apenas às características do sistema de partículas, como sua distribuição granulométrica, morfologia, porosidade, entre outros.

A influência das partículas finas (cimento, cal) sobre propriedades reológicas das argamassas manifesta-se tanto pelo teor, como distribuição granulométrica da matriz presente na argamassa.

Na curva da figura procurou-se diminuir morfologia irregular que podem apresentar tendência ao comportamento dilatante, além de valores baixos de fluidez.

3.2 Resultados Químicos

Pela Tabela 4 verificamos o resultado das análises químicas, realizada através da NBR 9774/87 – Agregado – Verificação da reatividade potencial pelo método químico, e pela Figura 2 verificamos segundo a norma ASTM 1260C /01, o resultado da Reatividade Potencial (método acelerado).

Tabela 4 – Análise química realizada 20/01/2008

Ensaio	Resultados	Agregados	Norma
	Areia de rio	concreto	
Sílica dissolvida	5,77	4,36	NM 28
Redução de alcalinidade	25,33	42,27	NM 28

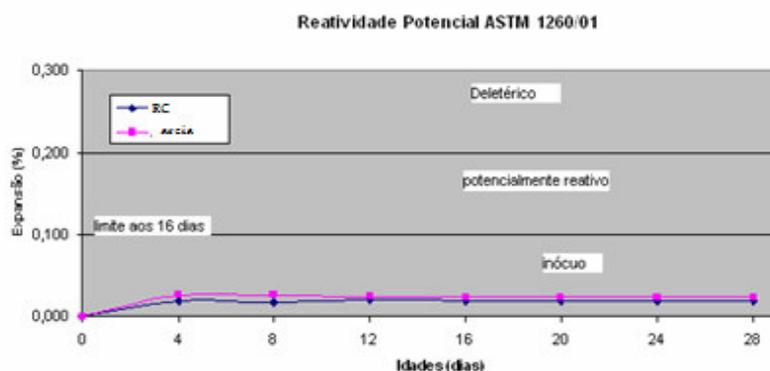


Figura 2 Resultado do ensaio (RAA) realizado em argamassa com agregado de rejeito de concreto.

Observa-se pela Figura 2, que as expansões inferiores a 0,10% aos 16 dias de idade → indicam um comportamento inócua do agregado; Expansões superiores a 0,10% e inferiores a 0,20 % aos 16 dias de idade → indicam um comportamento potencialmente reativo; Expansões superiores a 0,20% aos 16 dias de ensaio indicam um comportamento reativo do agregado.

Pelos resultados dos corpos-de-prova após o término do ensaio, não foram observados o aparecimento de fissura, empenamento, desagregação. As leituras de comprimento dos corpos-de-prova foram realizadas rapidamente, para minimizar o resfriamento, com resolução de 0,001 mm.

3.3 Propriedades Físicas no Estado Fresco

As propriedades físicas das argamassas em estudo podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Propriedades físicas das argamassas no estado fresco 12/02/2008

TRAÇO	Consistência NBR 13276	Densidade de massa (g/cm ³) NBR13278	Fator água/cimento	Massa unitária NBR 7251
AC9 *	245	1,71	3,34	1,47
AC12	245	1,71	3,34	1,47
P9 **	250	2,01	2,31	1,52
PA12	250	2,01	2,31	1,52

*AC – agregado de concreto; ** P – agregado areia natural

3.4 Resultados de Resistência à Compressão (MPa) no Estado Endurecido

Foram desenvolvidas argamassas de traço volumétrico 1:2:9 AC9; 1:3:12 ACA12, composição (cimento:cal: agregado miúdo reciclado de concreto). Para referência foram utilizadas argamassas de cimento, cal e agregado miúdo areia de rio com traço volumétrico 1:2:9 P9 e 1:3:12 PA12.

Os resultados de resistência à compressão dos materiais realizados no estado endurecido, nas diversas argamassas e diferentes dias, estão mostrados na Tabela 6, (NBR 13279) e nas Figuras 7 e 8.

Tabela 6 – Resistência à compressão axial das argamassas. 2/02/2008.

TRAÇO	7	14	28
AC9	1,87	3,81	4,78
ACA12	1,54	3,02	3,59
P9	1,37	3,02	3,74
PA12	1,24	2,81	3,16

Pelos resultados da Tabela 6, observa-se que a argamassa AC9, traço (1:2:9), (cimento, cal e agregado miúdo de concreto) foi a que apresentou melhor desempenho, utilizando a curva proposta.

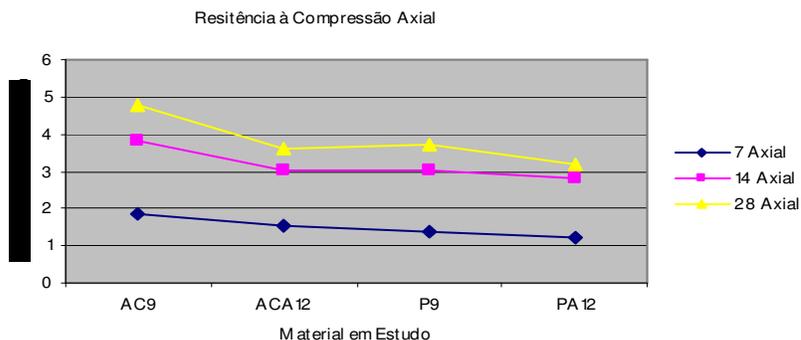


Figura 7 – Resistência à compressão axial da argamassa com agregado reciclado de concreto AC e ACA e argamassa com agregado natural P e PA



Figura 8 – AC - argamassa com agregado de concreto.

3.5 Propriedade Físicas das Argamassas no Estado Endurecido

Na Tabela 7 encontram-se os resultados das propriedades físicas em estudo.

Tabela 7 – Propriedades físicas das argamassas em estudo 03/02/2008

TRAÇO	Massa específica (kg/m ³) 28 dias (NBR-9778)		Retenção de água (NBR-13277) (%)	Índices de vazios 28 dias (NBR-9778) (%)	Absorção por imersão (%) 14 e 28 dias (NBR-9778)	
	Seca	Saturada			14	28
AC9	1440	1780	99,8	12,39	19,10	10,05
ACA12	1830	1850	99,7	13,42	13,71	9,87
P9	2080	2500	99,0	18,08	14,09	11,08
PA12	2150	2550	99,2	19,73	11,95	10,95

Observa-se pelos resultados que o aumento do teor de agregado não altera a faixa de absorção água significativamente.

A elevada retenção de água contribuiu também para as condições de manuseio da argamassa, aumentando o tempo disponível para o pedreiro aplicar, regularizar e desempenar o revestimento.

Todas as argamassas apresentaram valores aceitáveis de retenção de água.

3.6 Análise da Microestrutura

As análises no microscópio eletrônico de varredura foram realizadas no Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) da Universidade Federal de São Carlos. A análise enfocou eminentemente a superfície de fratura da argamassa após 28 dias de idade. 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 (EDS), permitindo uma análise qualitativa e semiquantitativa da composição química local.

Nas Figuras 9, 10 e 11 encontram-se as micrografias com seus respectivos EDS.

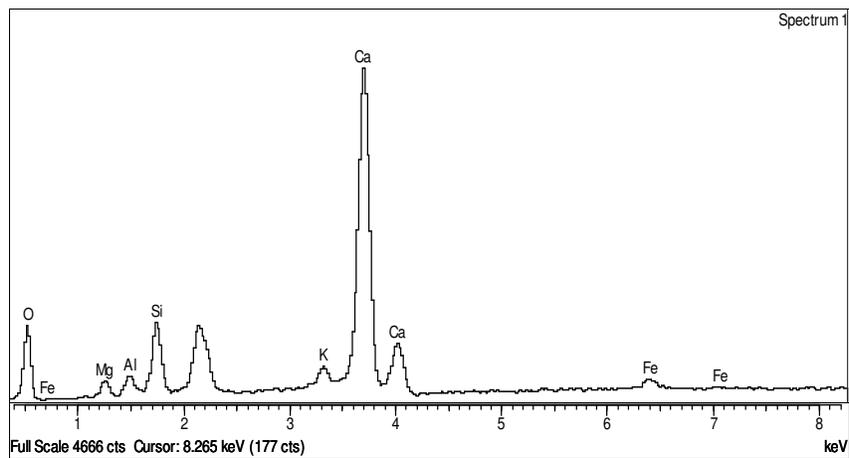
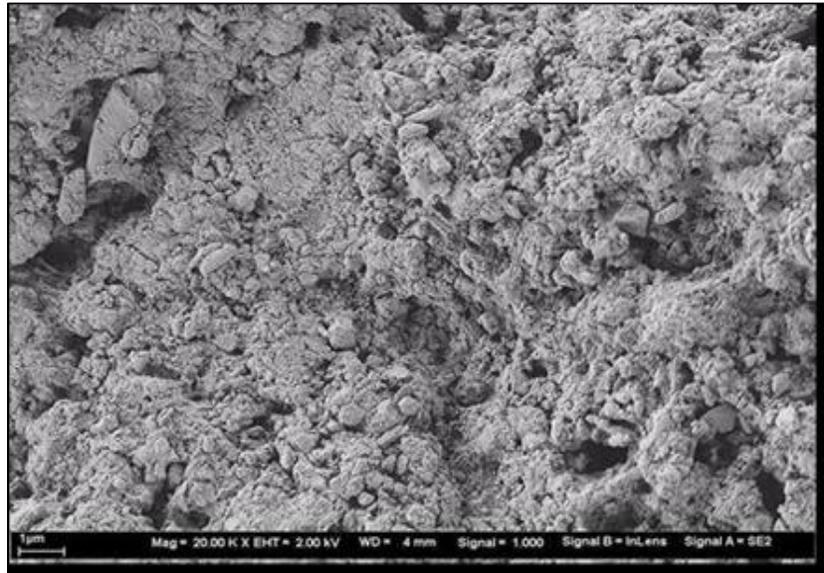


Figura 9 MEV da superfície de fratura da **AC9**, Mag=20.00 kx (em relação à tela do computador).

Através da Figura 9 nota-se que a argamassa contendo reciclado de concreto, apresenta uma microestrutura menos compacta, onde os produtos de hidratação assumem uma forma mais globular os quais indicam a predominância de CaCO_3 .

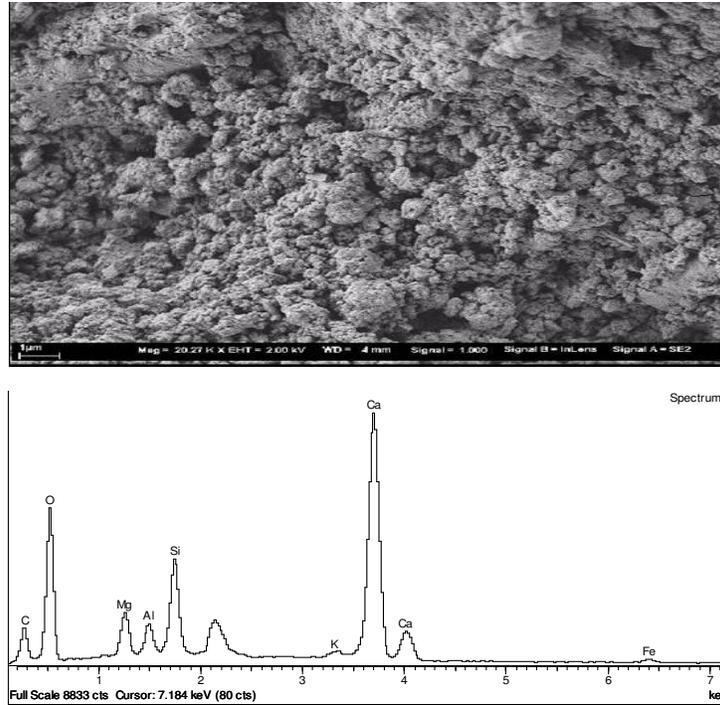


Figura 10– ACA 12 painel após um ano superfície de fratura, superfície bem porosa, porém sem a presença de feixes fibrosos de etrigita. Mag=20.00 kx (em relação à tela do computador).

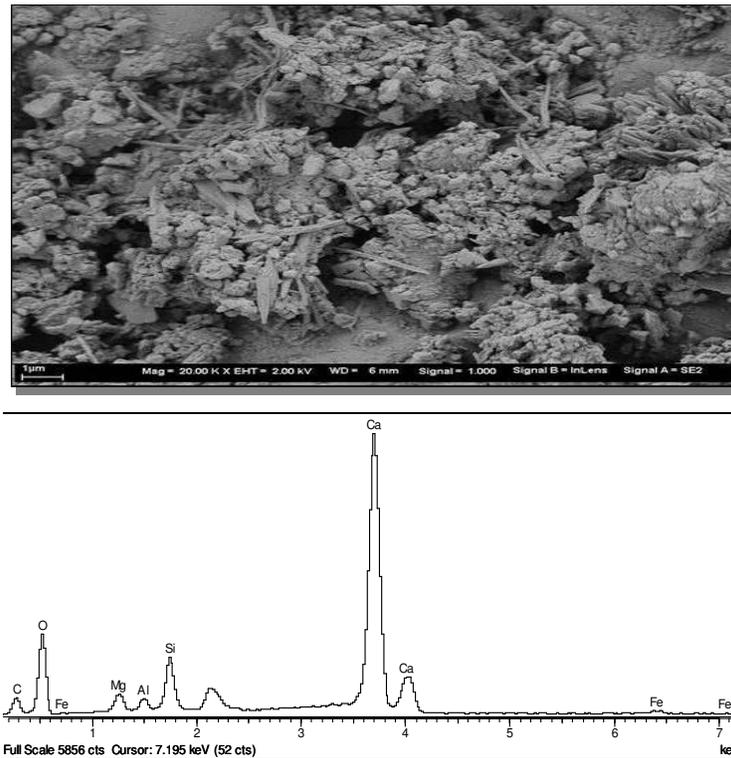


Figura 11 - Painel após um ano superfície de fratura, superfície bem porosa, Imagem da amostra a formação de cristais aciculares e revela que os feixes fibrosos são c r i s t a i s aciculares de AFt (ETRIGITA). Mag=20.00 kx (em relação à tela do computador).

Pelas figuras anteriores, podemos perceber que não existem diferenças básicas no ancoramento dos produtos de hidratação (exceto a maior carbonatação) sobre os agregados, independentemente de o agregado ser a areia de rio ou reciclado.

4 CONCLUSÕES

Os agregados contendo reciclado, quando em água apresentaram-se consistente e coeso, embora o alto teor de água necessário para ajuste da trabalhabilidade.

Das argamassas em estudo a que apresentaram melhores desempenhos foram à AC9.

Constatou-se que a relação água/cimento é inversamente proporcional ao consumo de cimento no traço, inversamente proporcional ao empacotamento e diretamente proporcional à absorção do agregado.

Constatou-se que a porosidade interna das partículas é outro fator complicador na obtenção de empacotamento de alta densidade relativa. As partículas podem ser totalmente densas, com porosidade interna fechada, ou com porosidade aberta. Para se obter um empacotamento de máxima densidade para uma dada distribuição granulométrica, é necessário que se utilizem partículas densas e com a menor porosidade possível.

Os resultados dos ensaios realizados mostraram que a utilização do agregado miúdo reciclado oriundo de concreto em substituição ao agregado natural areia, é viável, com grande potencial de uso em obras de construção civil.

Agradecimentos

Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso (IF- MT).
Departamento da área de construção civil (DACC).

REFERÊNCIAS

- 1 TANNO, L. C.; MOTTA, J. F. M. e CABRAL Jr., M. Pólos de Cerâmica Vermelha no Estado de São Paulo: Aspectos Geológicos e Econômicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA,38.,1994, Blumenau. **Anais**..Curitiba: ABC, 1994. p.378-383.
- 2 JOHN, V. M. Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos. In: Reciclagem e Reutilização de resíduos como materiais de construção. São Paulo, 1996. São Paulo, **ANTAC**, PCC-USP, p. 21-30.
- 3 ANVI COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. (s.d). Nova velha proposta para melhorar a qualidade das argamassas. São Paulo. ANVI.
- 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, DEMa, Universidade Federal de São Carlos, dezembro de 2006, 208p.