

Estudo do desempenho de argamassas de revestimento com substituição da areia de rio por areia de britagem de rocha

Study of the performance of coating mortars with the substitution of river sand by rock crushing sand



Rangel de Abreu Moreira da Silva

Discente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).
e-mail: rangelmoreira@unipam.edu.br

Douglas Ribeiro Oliveira

Especialista em Física. Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: rogeriobv@unipam.edu.br

Rogério Borges Vieira

Pós-Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária; Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). e-mail: douglasro@unipam.edu.br

RESUMO: Com o atual modelo de crescimento do mundo, a demanda por qualidade de vida e o uso de matérias não renováveis têm aumentado de forma acentuada. Na indústria, já se tem consciência de que o desperdício, em qualquer das etapas construtivas, gera prejuízo. Alternativas viáveis de reaproveitamento de materiais sempre se mostram como bons temas para a realização de estudos. O aproveitamento de finos gerados pela produção de britas é um estudo ainda considerado novo no Brasil, e nos Estados Unidos e no Canadá, já são adotadas essas metodologias desde a década de 80. O uso destes materiais, no entanto, requer maior controle tecnológico, pois em um país continental como o Brasil, há uma grande variabilidade de materiais de uma região para outra. Uma correta destinação para materiais antes não aproveitados, além de contribuir para a sustentabilidade, gera economia. Um traço trabalhável, que atende as normatizações brasileiras, com a substituição de 40% de areia de rio por areia de britagem de rocha, mostrou-se experimentalmente ser o melhor traço estudado.

PALAVRAS-CHAVE: Areia. Aproveitamento. Sustentabilidade.

ABSTRACT: With the current growth model of the world, the demand for quality of life and the use of nonrenewable materials have increased in a marked way. In industry, one already knows that the waste in any of the constructive stages generates damages. Viable alternatives to reuse materials are always good studies. The utilization of fines generated

by the production of gravel is not a new subject in Brazil, in the United States and Canada, these methodologies have been adopted since the 1980s. The use of these materials, however, requires a greater technological control, since in a continental country like Brazil, there is a great variability of materials from one region to another. A correct allocation of previously unused materials, besides contributing to sustainability, generates savings. A workable trait, which complies with Brazilian regulations, with the substitution of 40% of river sand for rock crushing sand, proved to be the best studied trait, contributing to sustainability.

KEYWORDS: Sand. Reuse. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Com o atual modelo de crescimento e desenvolvimento mundial, a demanda por qualidade de vida e o grande uso de recursos naturais não renováveis e de energia têm aumentado de forma acentuada, o que leva à preocupação com a preservação do meio ambiente e com a garantia da qualidade de vida no planeta (SANTOS, 1997).

De acordo com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2002) a indústria do cimento é responsável pela liberação de aproximadamente 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa e também por cerca de 5% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, e ainda segundo Brasileiro e Matos (2015), a indústria da construção civil é uma das atividades humanas que mais consomem recursos naturais, variando de 20% a 50%.

O cimento Portland, segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002, p. 5), “é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água”, basicamente composto por clínquer, gesso e adições, e é o principal constituinte das argamassas que, de acordo com Fiorito (2009) são misturas entre aglomerantes, agregados miúdos e água. Os agregados miúdos por sua vez são normalmente areias extraídas de rios, em processos bastante agressivos à calha do curso de água.

Levando em consideração a importância das argamassas na construção civil, seja para colagem de placas, seja para rejuntamento, assentamento de blocos, revestimentos, decoração, e considerando os grandes problemas ambientais vivenciados pelo planeta nos últimos anos, espera-se que haja uma preocupação do setor com a utilização racional dos recursos e com o desenvolvimento de tecnologias que visem melhorar sua qualidade. No entanto, a realidade nacional diverge do esperado, uma vez que os materiais de construção ainda carecem de controle tecnológico e os métodos construtivos necessitam de racionalização. Não é difícil constatar que existem muitos problemas que precisam de atenção, principalmente os relacionados à sustentabilidade, reaproveitamento e correta destinação de resíduos.

Esse fato facilmente se observa por meio do elevado volume de rejeitos gerados pelo setor e por meio do descarte desses materiais em áreas não apropriadas,

gerando os mais variados problemas, como o desperdício, a poluição, o não aproveitamento de recursos não renováveis, que poderiam retornar à cadeia produtiva, além da contaminação, desvalorização e não uso destes locais onde o entulho é depositado.

Na indústria iniciou-se a conscientização de que o desperdício, em qualquer etapa construtiva, gera prejuízo, já que necessita de um local apropriado para sua disposição. Sendo assim, as indústrias de um modo geral vêm buscando opções para diminuir os custos e também para visar à redução dos impactos ambientais e o aumento da credibilidade perante o mercado consumidor (SILVA; BUEST; CAMPITELLI, 2005).

Alternativas viáveis estão em estudo, e o pó de brita, rejeito da britagem de rochas, é uma opção que se apresenta para a substituição do material natural. De acordo com Holsbach (2004), a introdução de materiais artificiais no mercado da construção civil tende a diminuir os danos causados pela extração de matérias-primas naturais, e o mais importante é que a areia artificial apresenta um menor custo em relação à areia natural, pois é obtida da britagem de rochas, e não se agrega nenhum custo adicional a este tipo de produção.

O aproveitamento de finos gerados pela fabricação de britas não é um assunto desconhecido (MENOSSI, 2004). Nos anos 80, nos Estados Unidos e no Canadá, já eram utilizados. Nos dias atuais, sua utilização possui diversas finalidades, como a produção de blocos de concreto, camadas de sub-base asfáltica, argamassas e sub-bases para assentamento de azulejos. A incorporação do pó de brita mostra-se uma solução viável para questões ambientais e com resultados satisfatórios do ponto de vista do desempenho e do custo benefício.

A utilização desses materiais alternativos requer experimentos e controle tecnológico para a definição da dosagem ideal de argamassas, pelo fato de haver grande variabilidade dos materiais de região para região e pela importância da viabilidade econômica e do desempenho das argamassas na obra.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver, por meio de ensaios experimentais, uma dosagem racional de argamassas utilizando areia de britagem de rocha calcária da região de Patos de Minas-MG, de modo a obter um traço trabalhável que atenda a todas as exigências técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos dessa pesquisa: realizar uma revisão na bibliografia sobre a substituição de agregados por agregados oriundos de britagem de ro-

chas em compósitos cimentícios como argamassas, grautes e concretos; caracterizar fisicamente os aglomerantes (cimento Portland e cal hidratada) e os agregados miúdos (areia fina de rio, areia fina de britagem); produzir uma argamassa-padrão, utilizando areia proveniente de rio, e argamassas com substituição do volume dessa areia por diferentes percentuais de areia de britagem; avaliar o comportamento no estado fresco através de ensaios de consistência e *squeeze-flow*; avaliar as propriedades físico-mecânicas das argamassas no estado endurecido através de ensaios de densidade, absorção capilar, módulo de elasticidade dinâmico e resistência à tração na flexão e compressão; comparar as propriedades físicas no estado fresco com as físico-mecânicas do estado endurecido e com valores encontrados na literatura; aplicar a argamassa de referência, a argamassa com substituição total e a argamassa com melhor desempenho físico-mecânico como revestimento de alvenarias de blocos cerâmicos, de modo a avaliar a fissuração, a resistência de aderência e a permeabilidade dos revestimentos produzidos; e definir a porcentagem ótima de substituição.

3. JUSTIFICATIVA

Os revestimentos e assentamentos representam uma parcela significativa do valor de construção de obras no geral. Segundo Nakamura *et al* (2007), tais custos chegam a representar cerca de 10 a 30% do total da construção, dependendo do tipo, do porte das edificações e do seu padrão de acabamento.

A indústria da construção civil agrega atividades que consomem enormes volumes de recursos naturais e, de acordo com John (2000), estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Os impactos dela causados ao meio ambiente são vários, desde a extração das matérias-primas até o término da vida útil dos produtos construídos, envolvendo sua reutilização, sua reciclagem ou seu descarte (CBIC, 2012).

Segundo Almeida e Silva (2005), cerca 90% da produção nacional de areia natural, no território brasileiro, é obtida a partir da extração em leito de rios, e os 10% que restam veem de outras fontes (várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos).

De acordo com Kamogawa (2003), a degradação ambiental ocorre de várias maneiras diferentes, mas algumas se destacam, como o mau uso dos recursos naturais e as externalidades negativas, geradas tanto pelos processos produtivos quanto pelo consumo. O autor alerta para os seguintes problemas:

- a) Uso indevido dos recursos naturais não renováveis;
- b) Degradação do meio ambiente pela exploração de recursos naturais sem controle e fiscalização;
- c) Desvalorização e redução da vida útil das áreas onde os recursos são depositados de maneira irregular.

Esses recursos, quando bem aproveitados, caracterizados e avaliados podem ser incorporados de forma satisfatória no mercado como agregados especiais para uso na construção civil (SILVA, 2006).

Reaproveitar os resíduos é uma alternativa econômica e ecologicamente viável que, além de proporcionar um destino definitivo para os resíduos oriundos não só da construção civil, também proporciona uma correta destinação aos resíduos das grandes indústrias de mineração. Durante todo o processo de beneficiamento das rochas naturais, 25% a 30% são transformados em pó, sendo que no Brasil, a estimativa é que sejam geradas 240.000 toneladas/ ano de resíduos destas rochas. Sem um direcionamento correto, este pó é depositado em locais totalmente inapropriados, gerando graves impactos ambientais (SANTO; LIRA; RIBEIRO, 2012 *apud* FORMIGONI, 2006).

Santo, Lira e Ribeiro (2012) ressaltam a grande importância do estudo de aplicações de resíduos na construção civil, visto que esta geração não ocorre apenas nos canteiros de obra, mas também em outros vários setores que fornecem matéria-prima para a indústria da construção civil. Com isso tudo, o montante de resíduos gerados pelas empresas de britagem pode ser reaproveitado e inserido novamente no processo produtivo, oferecendo uma nova possibilidade de comercialização, além da contribuição ambiental.

4. REVISÃO DA LITERATURA

É comum encontrar na literatura estudos a respeito da substituição de agregados, seja em busca de um melhor desempenho da argamassa, seja por questões ambientais. De modo geral, são ensaios que analisam a viabilidade de se empregar um novo agregado, propondo menor custo, melhor desempenho e muitas vezes questões ambientais. A seguir encontram-se sínteses de algumas pesquisas usadas como base para o estudo teórico do caso.

Paiva (2003) analisou o impacto ambiental gerado pelo setor da construção civil através da retirada de recursos naturais e da deposição de resíduos resultados das sobras dos canteiros de obra. O autor usou como objeto de estudo a construção de dois muros de alvenaria, um construído com materiais originados da reciclagem de rejeitos da construção civil e outro com materiais de uso comum. Através do estudo analisou-se a viabilidade financeira juntamente com os benefícios ambientais e concluiu-se ser uma ótima alternativa para investimento.

Pelisser e Nunes Júnior (2013) demonstraram, com base em pesquisas e estudos, que a utilização do pó de brita em argamassas de assentamento mostra um desempenho satisfatório, desenvolvendo um significativo aumento de resistência à compressão para as argamassas compostas por esse agregado. As argamassas compostas por pó de pedra apresentaram resistências consideravelmente superiores à argamassa confeccionada com areia e também superiores à argamassa industrializada. Os autores concluíram que é possível atingir uma economia de cimento,

realizando estudos mais específicos, visto que as argamassas ensaiadas por compressão apresentaram um aumento de sua resistência mecânica.

O pó de brita apresenta-se também com uma alternativa para a solução de questões ambientais. Segundo Almeida e Sampaio (2002), os impactos ambientais são características marcantes do mundo atual. A substituição da areia natural pelo pó de brita pode se tornar solução para alguns desses impactos. Nos países mais desenvolvidos, essa substituição iniciou-se na década de 1970, dez anos após a produção em série dos primeiros equipamentos especiais usados para britagem dos materiais finos.

Segundo Silva, Campitelli e Gleize (2007), os resultados dos estudos feitos de comparação entre argamassas confeccionadas com areia de origem britada e argamassas com areia convencional mostrou que as argamassas produzidas com areia não convencional apresentaram resistências mecânicas maiores do que as argamassas com areia natural, fato que é explicado pela maior densidade de massa aparente no estado endurecido, consequência da maior quantidade de material pulverulento e menor consumo de água.

Através da revisão realizada, é possível observar que grande parte dos estudos consiste em verificar os efeitos das adições e substituições nas argamassas e mostrar a contribuição ambiental também gerada.

5. METODOLOGIA

Buscando encontrar o melhor traço experimental, trabalhável, que atenda as normas brasileiras, o projeto seguiu três etapas principais: a) Aquisição dos materiais; b) Classificação e caracterização dos agregados miúdos e dos aglomerantes; c) Confeção e execução de ensaios com as argamassas (em estado fresco e em estado endurecido); e d) Análise das argamassas e aplicação em revestimentos de alvenaria de tijolos cerâmicos para controle de desempenho.

5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS AGREGADOS E AGLOMERANTES

Os agregados e os aglomerantes foram caracterizados no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção, por meio da realização de ensaios regulamentados por normas técnicas. A determinação da massa específica de todos os materiais seguiu as recomendações da DNER-ME 194/98 (DNER, 1998), observando que, no caso dos aglomerantes, será feita em caráter adaptado, visto que na época do ensaio, o laboratório não contava com o frasco apropriado para o ensaio. No entanto, os resultados condizem com os resultados esperados e serão tomados como referência. O ensaio de determinação da massa unitária e do índice de vazios dos agregados foi feito de acordo com a NBR NM 45 (ABNT, 2006), e a massa unitária dos aglomerantes seguiu a NBR 12127 (ABNT, 2017). Os agregados miúdos foram ensaiados para determinação do material fino passante através da peneira

de 75µm de acordo com a NBR NM 46 (ABNT, 2003a) e para determinação da composição granulométrica, segundo a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003b).

5.2. PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

As argamassas foram produzidas com base em traço de referência 1:0,5:5 (cimento: cal: areia) em volume, conforme Tabela 1, e foi utilizado cimento CP II E 32, cal hidratada tipo CH-III e areia fina proveniente de rios comercializada na região de Patos de Minas-MG. A areia de britagem para produção das argamassas com substituição será proveniente de resíduos do processo de produção de brita calcária da empresa Ultracal.

TABELA 1. Identificação das amostras

-	Referência (Traço)					
	R-00	E-20	E-40	E-60	E-80	E-100
Agregado						
Areia fina de rio	5	4	3	2	1	-
Areia de Britagem	-	1	2	3	4	5
Cal hidratada	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cimento Portland CP-II-E	1	1	1	1	1	1
Água	1,8	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4

Fonte: Autoria própria

IMAGEM 1. Consistência das Argamassas



Fonte: Autoria própria

As argamassas foram misturadas obedecendo-se às prescrições da NBR 13276 (ABNT, 2016). A quantidade de água foi determinada de modo a obter argamassas com índice de consistência de 280 mm. A Imagem 1 mostra as fotos dos abatimentos, conforme ensaio da mesa de abatimento também definido pela NBR 13276.

A identificação das amostras se deu por siglas, em que a primeira letra representa o tipo de argamassa, que pode ser de referência, representada por “R”, ou experimental, simbolizada por “E”. O primeiro número representa o teor de substituição de agregados, 00, 20, 40, 60, 80 ou 100, em valores percentuais. O último número representa a idade de ensaio, 3 e 28 dias.

TABELA 2. Identificação das amostras

Substituição (%)	Idade de rompimento (dias)	
	3	28
0 (referência)	R-00-3	R-00-28
20	E-20-3	E-20-28
40	E-40-3	E-40-28
60	E-60-3	E-60-28
80	E-80-3	E-80-28
100	E-100-3	E-100-28

Fonte: Autoria própria

5.3. ENSAIOS NO ESTADO FRESCO

Após a determinação do teor de água da argamassa de referência e das argamassas com substituição, foi efetuado o ensaio de *squeeze-flow* (aperta e flui) em máquina universal de ensaios, segundo a NBR 15839 (ABNT, 2010) para mensuração da trabalhabilidade através da análise do gráfico carga x deformação da mistura.

As argamassas em estado fresco ainda foram usadas para moldagem dos corpos de prova prismáticos normatizados pela NBR 13279 (ABNT, 2005). E a desforma foi realizada no dia posterior à moldagem, e os corpos de prova foram mantidos em ambiente de laboratório até as idades de ensaio, de modo a reproduzir a cura sem molhagem, como observado em obras.

5.4. ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

No estado endurecido, foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e compressão. A Tabela 3 apresenta as especificações e procedimentos para realização dos ensaios e classificação das argamassas.

TABELA 3. Ensaio no estado endurecido

Ensaio	Norma ABNT
Tração na Flexão	NBR 13279:2005
Compressão Axial	NBR 13279:2005
Classificação e requisitos	NBR 13281:2005

Fonte: Autoria própria

5.4. APLICAÇÃO E ENSAIOS DAS ARGAMASSAS APLICADAS EM REVESTIMENTO

As argamassas referência (R-00) e com substituição parcial (E-40) foram escolhidas e aplicadas em revestimento de blocos cerâmicos com chapisco. Será dado acabamento sarrafeado e será monitorada a integridade do revestimento. Aos 42 dias de idade serão efetuados ensaios de aderência à tração com referência à NBR 13528 (ABNT, 2010).

6. RESULTADOS

Na Tabela 4, apresentam-se os valores obtidos para a massa específica dos agregados miúdos, mostrados em g/cm^3 , os quais foram realizados em conformidade com procedimentos descritos pela norma DNER-ME 194-98. E quando se observam os resultados, percebe-se que as areias apresentam uma massa específica muito próxima.

TABELA 4. Massa Específica Agregados

Agregado	Massa Específica (g/cm^3)
Areia fina de rio	2,64
Areia de britagem	2,70

Fonte: autoria própria

IMAGEM 2. Massa Específica Agregados



Fonte: Autoria própria

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para a massa específica dos agregados miúdos, mostrados em g/cm^3 , conforme ensaios e cálculos realizados conforme procedimentos descritos na norma DNER-ME 194-98. De acordo com a literatura, os valores estão dentro do esperado.

TABELA 5. Massa Específica Aglomerantes

Aglomerante	Massa Específica (g/cm^3)
Cal hidratada	2,47
Cimento Portland CP-II-E	3,03

Fonte: Autoria própria

Os resultados mostrados na Tabela 6 são referentes aos ensaios de massa unitária no estado solto, índice de vazios de todos os materiais, massa unitária no estado compactado e ensaio de pulverulência dos agregados, conforme as recomendações das normas NBR NM 45 (ABNT, 2006) e NBR 12127 (ABNT, 2017), respectivamente. Quando analisados os resultados, pode-se observar, com base na literatura e nos ensaios, que pela presença de mais material fino na areia de britagem, esta apresenta um menor índice de vazios, e conseqüentemente, uma maior massa unitária nos estados solto e compactado.

TABELA 6. Caracterização física

Agregado	Massa unitária no estado solto (g/cm^3)	Massa unitária no estado compactado (g/cm^3)	Massa específica (g/cm^3)	Índice de vazios (%)	Pulverulência (%)
Areia fina de rio	1,543	1,677	2,64	41,67	0,57
Areia de britagem	1,670	1,834	2,70	38,22	10,40
Cal hidratada	0,509	-	2,47	68,46	-
Cimento Portland CP-II-E	0,959	-	3,03	79,43	-

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 7, os abatimentos das argamassas são mostrados, e a quantidade de água foi determinada de modo a obter argamassas com índice de consistência de 280mm.

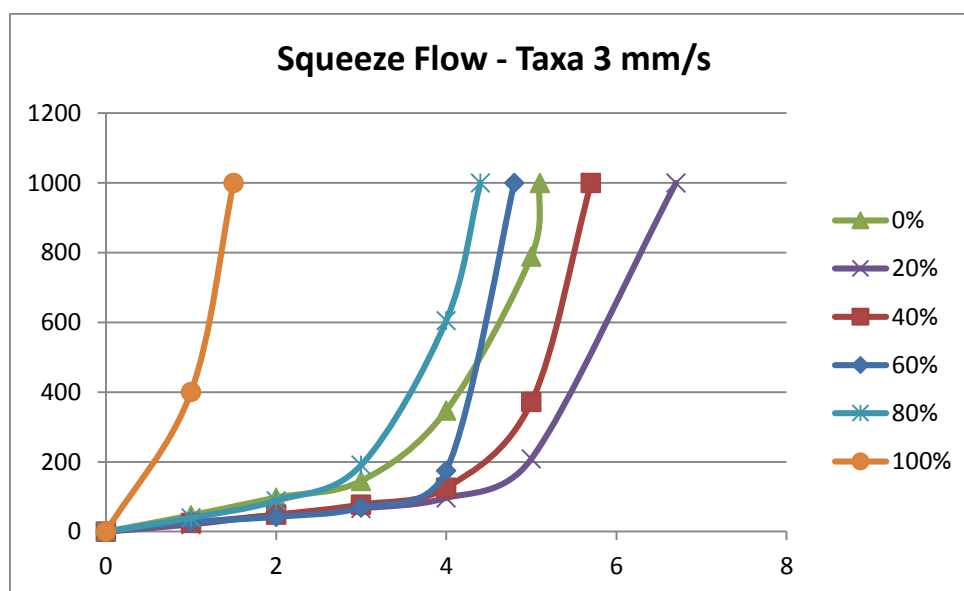
TABELA 7. Resultados abatimento 280mm (+-5mm)

Abatimento (mm)						
-	R-00	E-20	E-40	E-60	E-80	E-100
1	284,1	280,2	282,5	287,2	281,2	274,4
2	283,6	281,1	281,6	278,9	278,3	284,7
3	280,9	283,7	287,1	280,1	276,7	279,3
Médio	281,7	283,7	282,1	280,9	278,7	279,5

Fonte: Autoria própria

Os resultados mostrados no Gráfico 1. Squeeze-Flow) são referentes ao ensaio de *squeeze-flow* (aperta e flui) realizados nas argamassas ainda no estado fresco, com base na NBR 15839 (ABNT, 2010), que mostra que quanto maior o teor de substituição de areia de rio por areia de britagem, mais a argamassa tende a perder as características de trabalhabilidade. Numa linguagem de obra, tem-se que a argamassa, na hora de chapar, apresentaria maior dificuldade. Sobre o Gráfico 1. Squeeze-Flow), ainda se pode afirmar que a argamassa com 100 por cento de substituição apresentou a menor trabalhabilidade entre todas. Além de apresentar uma menor deformação, as argamassas com 00, 20, 40 e 60 por cento de substituição apresentaram deformações próximas.

GRÁFICO 1. Squeeze-Flow

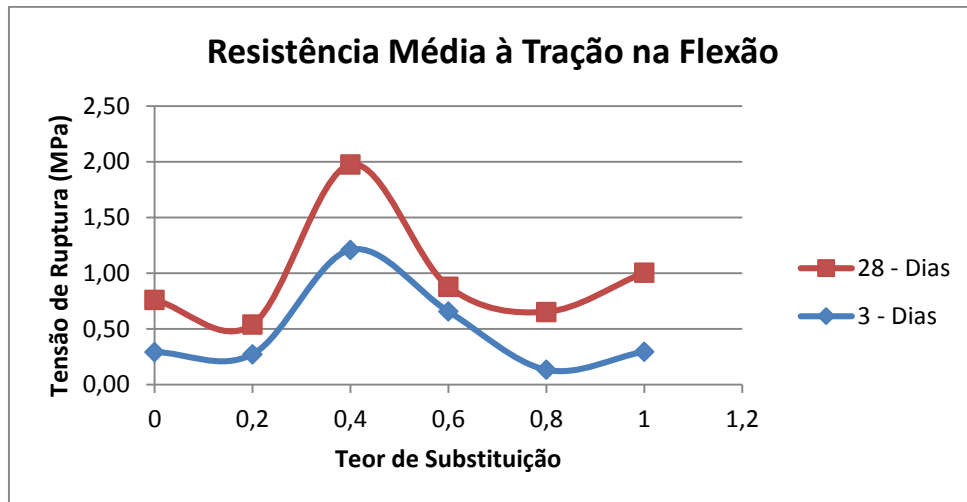


Fonte: Autoria Própria

Nos Gráficos 2 e 3, respectivamente, são mostrados os resultados de rompimento à tração na flexão e compressão axial das argamassas, realizados com base na NBR 13279 (ABNT, 2005), que mostra que o teor de substituição de 40 por cento

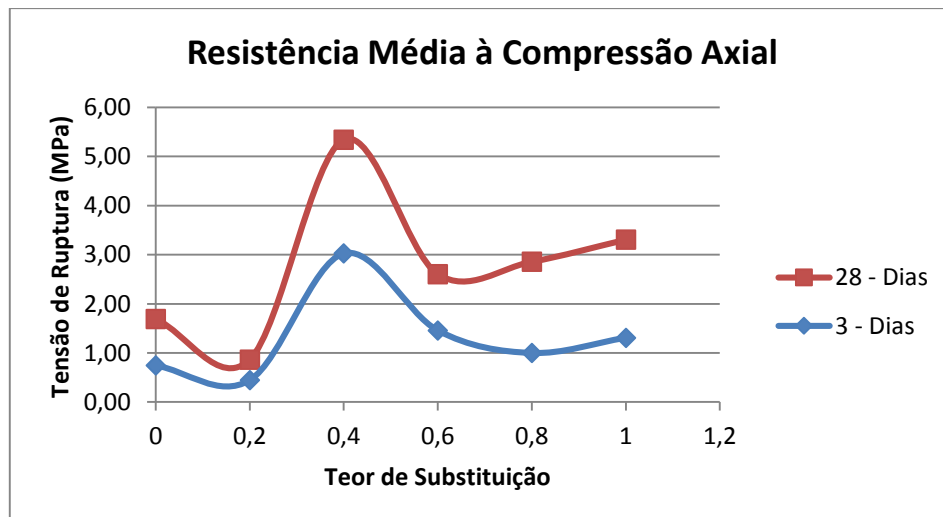
de areia de rio, por areia de britagem, mostrou ser uma argamassa que apresenta uma boa resistência mecânica. Diante deste fato foi escolhida a argamassa E-40 para aplicação na superfície e para realização do ensaio de arrancamento. Na Imagem 3, foram registradas as fotos das argamassas antes dos rompimentos, nas idades de 3 e 28 dias.

GRÁFICO 2. Resistência à Tração na Flexão



Fonte: Autoria própria

GRÁFICO 3. Resistência à Compressão Axial

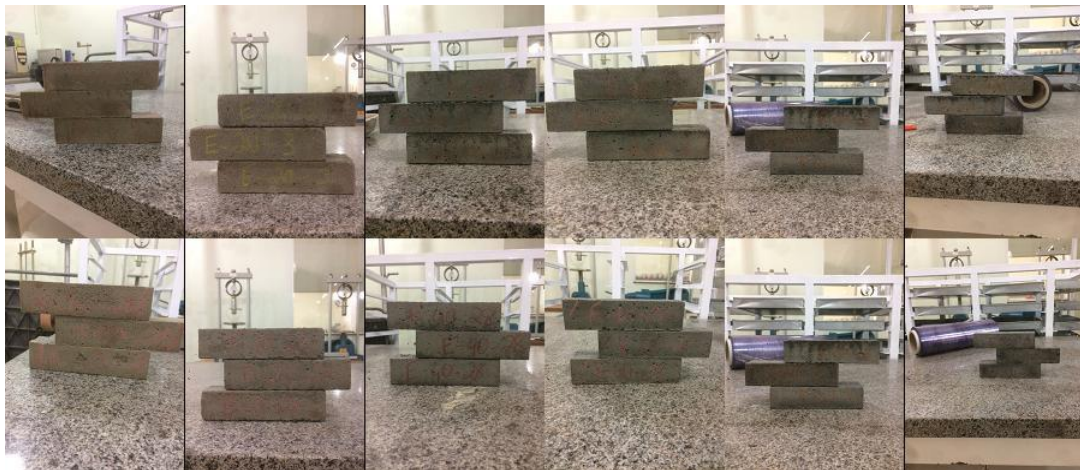


Fonte: Autoria Própria

Quando analisamos os resultados dos ensaios mecânicos de compressão axial e de tração na flexão, pode-se observar que a argamassa com 40 por cento de substituição (E-40) conseguiu um desempenho melhor que a própria argamassa de

referência (R-00). Este fato pode ser explicado pela própria constituição da areia de britagem, que apresenta um menor índice de vazios, e também pela provável combinação do teor máximo de substituição que atenda aos requisitos de norma. Esta seria uma sugestão de pesquisa para um próximo trabalho: analisar fatores como clima, método de amassamento, ou até mesmo uma combinação da finura da areia de rio com os grãos finos da areia de britagem, que deixaram a qualidade de argamassa maior.

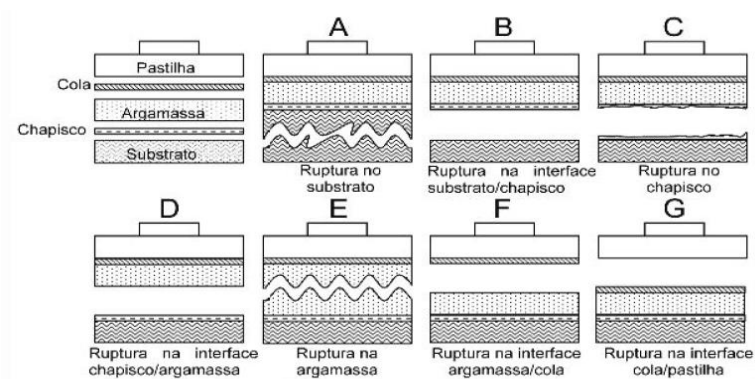
IMAGEM 3. Argamassas antes do rompimento



Fonte: Autoria própria

Os resultados do ensaio de arrancamento, normatizados pela NBR 13528 (ABNT, 2010) podem ser vistos nas Tabela 8 e 9. Esta norma também prescreve que o valor adotado de resistência de aderência à tração é proporcional ao tipo de rompimento, classificando-os em A, B, C, D, E, F e G, conforme indicado pela Figura 1. Com base nos resultados dos arrancamento, pode-se avaliar que a argamassa de referência ainda apresentou resultados inferiores ao da argamassa dosada experimentalmente.

Figura 1. Tipos de Rompimento



Fonte: Autoria própria

TABELA 8. Arrancamento Traço R-00

R-00	d1 (cm)	d2 (cm)	d médio (cm)	Local bloco/junta	Carga ruptura (Kgf)	Tensão ruptura (MPa)	Su b.	Sub/C hap
CP-1	4,98	4,99	4,99	Bloco	11	0,06	x	
CP-2	5,02	4,97	5,00	Bloco	35	0,18	x	
CP-3	5,01	4,95	4,98	Bloco	40	0,20	x	
CP-4	5,00	4,98	4,99	Bloco	14	0,07	x	
CP-5	5,01	4,96	4,99	Bloco	43	0,22	x	
CP-6	5,00	4,95	4,98	Bloco	54	0,27	x	
CP-7	4,97	5,00	4,99	Bloco	55	0,28	x	
CP-8	4,99	4,99	4,99	Bloco	44	0,22	x	
CP-9	4,99	5,01	5,00	Bloco	23	0,11	x	
CP-10	5,01	5,04	5,03	Bloco	63	0,31	x	
CP-11	4,98	5,01	5,00	Bloco	18	0,09	x	
CP-12	5,01	4,94	4,98	Bloco	29	0,15	x	
CP-13	5,00	4,98	4,99	Bloco	19	0,10	x	
Média :						0,17		

Fonte: Autoria própria

TABELA 9. Arrancamento Traço E-40

E-40	d1 (cm)	d2 (cm)	d medio (cm)	Local bloco/junta	Carga ruptura (Kgf)	Tensão ruptura (MPa)	Su b.	Sub/C hap
CP-1	4,99	4,98	4,99	Bloco	54	0,27	x	
CP-2	5,01	4,99	5,00	Bloco	58	0,29	x	
CP-3	5,00	4,97	4,99	Bloco	72	0,36		x
CP-4	5,02	4,99	5,01	Bloco	41	0,20	x	
CP-5	5,04	4,98	5,01	Bloco	15	0,07	x	
CP-6	5,00	4,97	4,99	Bloco	55	0,28	x	
CP-7	4,98	5,00	4,99	Bloco	50	0,25	x	
CP-8	4,99	4,98	4,99	Bloco	48	0,24	x	
CP-9	4,99	5,00	5,00	Bloco	39	0,20	x	
CP-10	5,01	5,00	5,01	Bloco	12	0,06	x	
CP-11	5,00	5,00	5,00	Bloco	10	0,05	x	
CP-12	5,01	4,99	5,00	Bloco	33	0,16	x	
CP-13	5,01	4,98	5,00	Bloco	66	0,33	x	
Média :						0,21		

Fonte: Autoria própria

Analisando e discutindo os resultados de arrancamento de argamassa, pode-se concluir que ambas as argamassas, assim como já era esperado, conseguiram resistências bem próximas umas das outras, podendo-se dizer que o teor de substituição de 40 por cento de areia de rio por areia de britagem não está diretamente ligado à resistência de arrancamento. Conclui-se também que o modelo de arranque das argamassas se deu em grande maioria no substrato (peça cerâmica), mostrando que mesmo após a substituição da areia convencional por areia de britagem, a argamassa conseguiu manter suas características mecânicas.

IMAGEM 4. Ensaio de arrancamento



Fonte: Autoria própria

7. CONCLUSÃO

A revisão da literatura mostrou que o tema estudado representa uma importância grande para a construção civil, visto que a sustentabilidade é algo que se procura com grande demanda nos dias atuais. Além disso, foi possível fazer um aprofundamento maior no tema e um melhor conhecimento sobre os materiais, aliando a prática com a teoria, já que o tempo todo se esteve em contato direto com os materiais.

Em ambiente laboratorial, a caracterização física dos materiais, com base nas normas, foi realizada. Com base nos resultados obtidos, observa-se que as características da areia fina e da areia de britagem, em alguns pontos, são próximas.

A pesquisa pode revelar algumas características das argamassas com substituição de areia natural por areia de britagem. Neste trabalho, foram mais aprofundados os estudos referentes à resistência mecânica das argamassas. Sobre os resultados obtidos, o traço considerado trabalhável, que atende às normatizações, foi o traço E-40, com a substituição de 40 por cento de areia de rio por areia de britagem.

Os resultados mostram que uma correta dosagem e uma utilização de um material antes não aproveitado se completam, buscando uma das soluções para a sustentabilidade que o ser humano tanto busca. A pesquisa ainda pode se apresentar como mecanismo de suporte tecnológico para futuras pesquisas.

Como sugestão para uma pesquisa próxima, sugere-se realizar ensaios com diferentes tipos de dosagens, além das aqui estudadas, incorporar o uso de algum aditivo, a fim de melhorar as características mecânicas e físicas das argamassas, e realizar todos ensaios possíveis, conseguindo resultados ainda melhores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. Guia básico de utilização do cimento Portland. 7 ed. São Paulo, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR NM 23*: cimento Portland e outros materiais em pó: determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001a.

_____. *NBR NM 45*: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. *NBR NM 46*: agregados: determinação do material fino que passa através da peneira de 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. *NBR NM 248*: agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. *NBR 12127*: gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2017.

_____. *NBR 13276*: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura e determinação do índice de consistência index. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. *NBR 13279*: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos:

determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005d.

_____. *NBR 13281*: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: requisitos. Rio de Janeiro, 2005f.

_____. *NBR 15258*: argamassa para revestimentos de paredes e tetos: determinação da resistência potencial de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005g.

_____. *NBR 15839*: argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. Obtenção de Areia Artificial com base em finos de pedreiras. *Revista Areia e Brita*, São Paulo, 2002.

ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. *Anais do II SUFFIB –Seminário: O uso da fração fina da britagem*. São Paulo, 2005. Disponível em: <seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/5047/4719>. Acesso em: 25 fev. 2017.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. CBID: *Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção*. Nova Lima, 2012. Disponível em: <www.cbic.org.br/.../Guia_de_Boas_Praticas_em_Sustentabilidade_CBIC_FDC.pdf>. Acesso em 25 fev. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. *DNER-ME 194/98*: agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me194-98.pdf>>. Acesso em 27 fev. 2016.

FIORITO, Antonio J. S. I. *Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução*. 2. ed. São Paulo, Pini, 2009.

HOLSBACH, T. S. *Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassa de cimento cal e areia para assentamento*. TCC – Trabalho de Conclusão de Curso. Unijuí, Ijuí, 2004.

JOHN, V. M. *O meio ambiente e a reciclagem*. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/LV_Vanderley_John_-_Reciclagem_Residuos_Construcao_Civil.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.

KAMOGAWA, L. F. O. *Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação am-*

biental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, 2003. 121 p.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. *Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil*. Teresina, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00178.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2017.

MENOSSI, R. T. *Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, 2004.

NAKAMURA W. T. *et al. Determinação da estrutura de capital no mercado brasileiro*, v. 2. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rcf/v18n44/a07v1844.pdf>>. Acesso em 25 fev. 2017.

PAIVA, P.R. *Contabilidade ambiental: evidenciação dos gastos ambientais com transparência e focada na prevenção*. São Paulo, Atlas, 2003.

PELISSER F., JUNIOR J.J.N. *Efeito do pó de pedra em argamassa para alvenaria estrutural*: Unesc Santa Catarina, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1724/1/Jurandi%20Jos%C3%A9%20Nunes%20Junior.pdf>>. Acesso em 25 fev. 2017.

SANTOS, LIRA e RIBEIRO. *Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito*. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/7238/pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SANTOS, Milton. *Técnica, espaço e tempo: globalização e meio técnico-científico*. 3 ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

SILVA, N.; CAMPITELI, V.; GLEIZE, P. J. P. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia de britagem de rocha calcária, in: *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*. Recife, 2007. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/ngsilva/links-2/noticias/A1289_SBTA2007_Argamassa.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SILVA, N. G. *Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/4660/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20MESTRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

SILVA, N. G.; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas, in: *Simpósio 284 Brasileiro de Tecnologia de Ar-*

gamassas, VI Florianópolis, 2005. *Anais ANTAC*, 2005. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rmat/v21n3/1517-7076-rmat-21-03-00714.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.

World Business Council for Sustainable Development – WBCSD: *The cement sustainability initiative, our agenda for action*. Inglaterra, 2002. Disponível em: <www.wbcscement.org/pdf/agenda_po.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2017.