

REJEITOS DE MINERAÇÃO DE QUARTZITO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA COLANTE

L. S. Dias¹, R. M. R. Mol¹, K. D. C. Silva¹, A. J. C. Mendes², P. A. M. Campos¹, J. C. Mendes¹, R. A. F. Peixoto¹

¹Laboratório de Materiais de Construção Civil – Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro, Ouro Preto/MG - Brasil, 35400-000.

²Laboratório de Engenharia Civil- Universidade Federal de Viçosa, Campus Viçosa, Viçosa/MG - Brasil, 36570-000.

Autor para correspondência: Luma de Souza Dias -
lumadias_mtpo@hotmail.com

RESUMO

O setor da construção civil é responsável por um consumo elevado de recursos naturais. Por outro lado, a indústria mineradora gera e descarta de forma inadequada resíduos no ambiente agravando ainda mais os problemas ambientais. No intuito de reduzir a extração de areia natural e proporcionar a destinação ambientalmente correta dos resíduos da mineração, este trabalho propõe a utilização do rejeito de mineração de quartzito em substituição à areia natural para produção de argamassas colantes. Os agregados foram caracterizados quimicamente, utilizando fluorescência de raios-X e, morfologicamente, por meio da microscopia óptica. Em sequência, as argamassas foram submetidas à ensaios de caracterização no estado fresco, como índice de consistência, deslizamento, retenção de água, teor de ar incorporado, densidade de massa e Squeeze Flow. Os resultados foram satisfatórios, indicando a viabilidade deste material como agregado miúdo em substituição total ao agregado natural, permitindo a redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Quartzito friável, mineração de quartzito, estéril, argamassas, sustentabilidade

INTRODUÇÃO

As argamassas colantes industrializadas são definidas como “produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que quando misturado com água, forma uma pasta viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento”. Quanto à sua classificação, elas são designadas pela sigla AC, seguida dos algarismos romanos I, II ou III, indicativos de seu tipo, acrescidos das letras E e/ou D, quando aplicável⁽¹⁾.

As argamassas colantes são utilizadas para a fixação de placas cerâmicas em substratos verticais e horizontais, e têm de atender a duas condições, que são as de exposições durante a aplicação e as condições permanentes durante a vida útil dos revestimentos cerâmicos.

Diante da larga utilização de revestimentos cerâmicos no Brasil e, consequentemente argamassas colantes para o seu assentamento, percebe-se o elevado consumo de materiais naturais não renováveis e a necessidade de novas alternativas para essa demanda. Assim, este trabalho propõe a utilização de rejeito de mineração de quartzito em substituição total aos agregados naturais para produção de argamassas colantes do tipo AC I.

O uso de resíduos além das vantagens de sustentabilidade pode também proporcionar diminuição energética da exploração, redução de transportes e custos de manutenção dos resíduos configurando-se em uma oportunidade técnica, ambiental e econômica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para confecção das argamassas experimentais foi usado cimento Portland CP III 40 como aglomerante, areia natural (AN) ou rejeitos de mineração de quartzito friável (A1 e A2, provenientes de jazidas diferentes) como agregados miúdos e aditivos. Uma argamassa comercial (REF), bem como argamassas naturais, sem rejeito de mineração de quartzito, foram executadas a fim de servirem como referência em análises comparativas às argamassas compostas pelo rejeito. O aditivo utilizado foi o Metilcelulose, um éter de celulose empregado nas argamassas em forma de pó.

Métodos

Para execução dos ensaios a seguir, as amostras AN, A1 e A2, foram previamente peneiradas e utilizadas na faixa granulométrica adequada para confecção de argamassas colantes (<0,6 mm). Foi realizada análise química por fluorescência de raios X (FRX) de modo a obter uma análise elementar e qualitativa simples dos agregados, sendo os ensaios realizados no equipamento da marca Shimadzu, modelo Rayny EDX 720. A análise morfológica foi realizada utilizando-se o ensaio de microscopia óptica, onde foram observados a textura superficial e arredondamento dos grãos. Também foram feitos ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco: índice de consistência, segundo a NBR 13276/2005⁽²⁾; ensaio de deslizamento, segundo NBR 14081-5/2012⁽³⁾; ensaio de *Squeeze Flow*, método normatizado para argamassas convencionais conforme a NBR 15839/2010⁽⁴⁾, porém adaptado para argamassas colantes segundo recomendações sugeridas⁽⁵⁾, utilizando-se molde restritivo de 101,6 mm de diâmetro e altura de 10 mm e um punção (placa superior) de 50,8 mm de diâmetro; retenção de água, segundo NBR 13277/2005⁽⁶⁾; teor de ar incorporado, realizado de acordo com o manual do equipamento (marca Solotest – modelo 1.150.001).e densidade de massa das argamassas, segundo a NBR 13278/2005⁽⁷⁾. A dosagem usada para confecção das argamassas experimentais é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Dosagem das argamassas

Argamassa	Cimento	Agregado	Aditivo
AC I	25%	75%	0,24 %

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise química das amostras são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química dos agregados

Elementos (%)	AN	A1	A2
SiO ₂	92,7	96	96,5
Fe ₂ O ₃	3,9	1,5	0,7
SO ₃	1,3	1,3	1,9
K ₂ O	1	0,8	0,8

Os resultados mostram a predominância de sílica (SiO_2) e baixas concentrações de óxido de ferro (Fe_2O_3), óxido sulfúrico (SO_3) e óxido de potássio (K_2O) em todos os agregados.

Os resultados da análise morfológica das amostras AN, A1 e A2 são exibidos na Figura 1, com imagens ampliadas em 40 vezes.

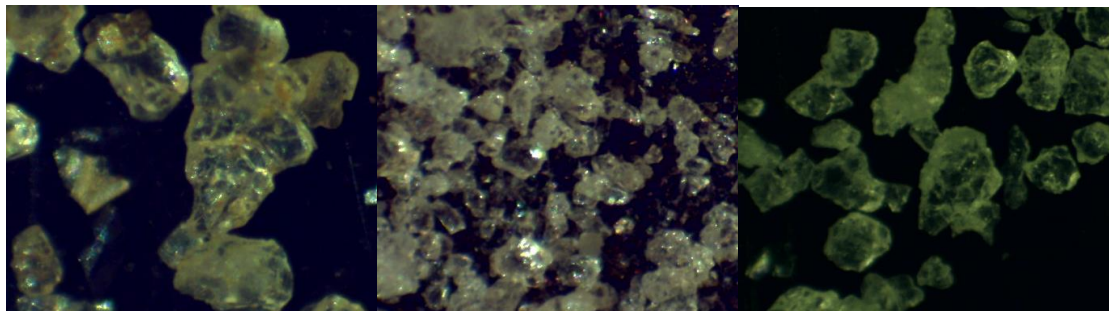


Figura 1: Resultado da microscopia óptica da amostra AN, A1 e A2 respectivamente

Na Figura 1 é possível perceber que os agregados de quartzito são mais homogêneos (principalmente o A1). Quanto à rugosidade, todas as amostras apresentaram tal característica, sendo que a areia apresentou uma textura rugosa mais acentuada. Os agregados com texturas rugosas tendem a demandar mais água para se obter uma mesma trabalhabilidade na produção de argamassas quando comparada a agregados com textura lisa. Porém, essa rugosidade tende a melhorar as propriedades de aderência deste com a pasta de cimento. Quanto ao arredondamento, observou-se que a amostra A1 apresentou de forma mais nítida essa característica. Partículas com forma mais arredondada possuem um coeficiente de atrito menor se comparado àsquelas com forma irregular⁽⁸⁾. E quanto maior for a irregularidade de forma, maior será a viscosidade, devido à fricção interparticular que surge através do contato das superfícies irregulares⁽⁹⁾.

Os resultados do ensaio de índice de consistência padrão da argamassa são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultado do Índice de consistência

Amostra	REF	AN	A1	A2
Abertura (mm)	260,1	255,2	256,67	260,23

Adotou-se como referência a abertura da argamassa industrial (REF), com uma variação de 260 ± 5 mm. A partir desse resultado foi possível determinar a quantidade de água para cada amostra, obtendo uma trabalhabilidade adequada para argamassa colante.

Deslizamento

Os resultados do ensaio de deslizamento são mostrados na Figura 2.

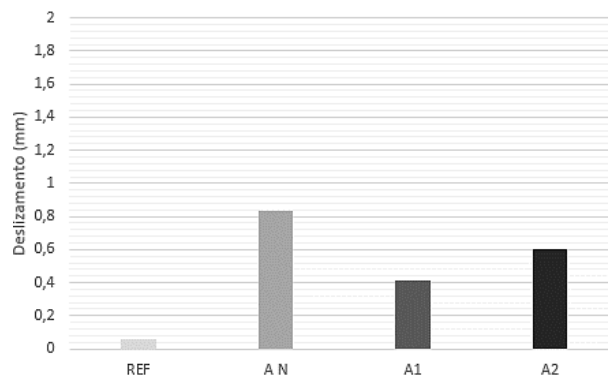
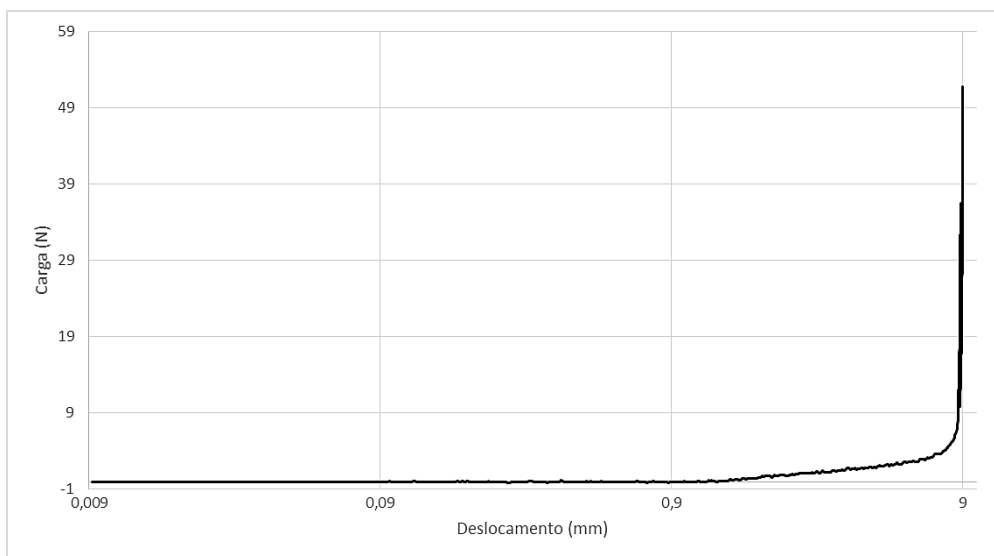


Figura 2: Resultado do ensaio de deslizamento

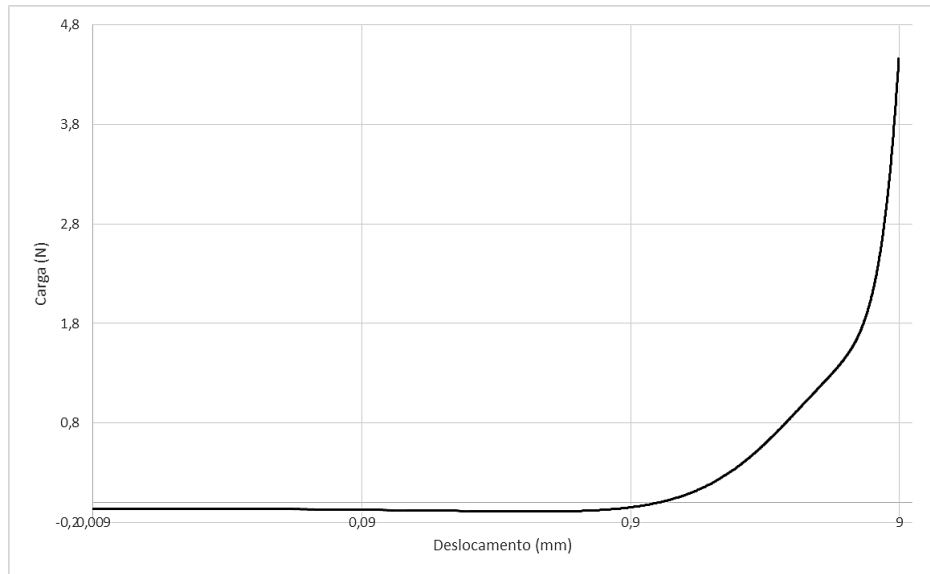
Como mostrado na Figura 2, todas as amostras obtiveram deslizamento menor que 2 mm, atendendo aos requisitos da NBR 14081-5/2012.

Squeeze Flow

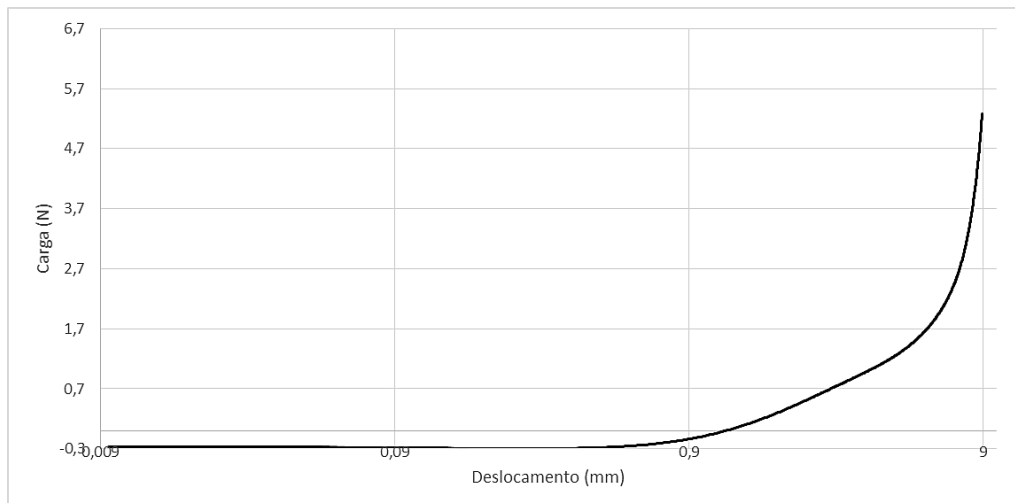
Os resultados do ensaio de *Squeeze Flow* são mostrados na Figura 3.



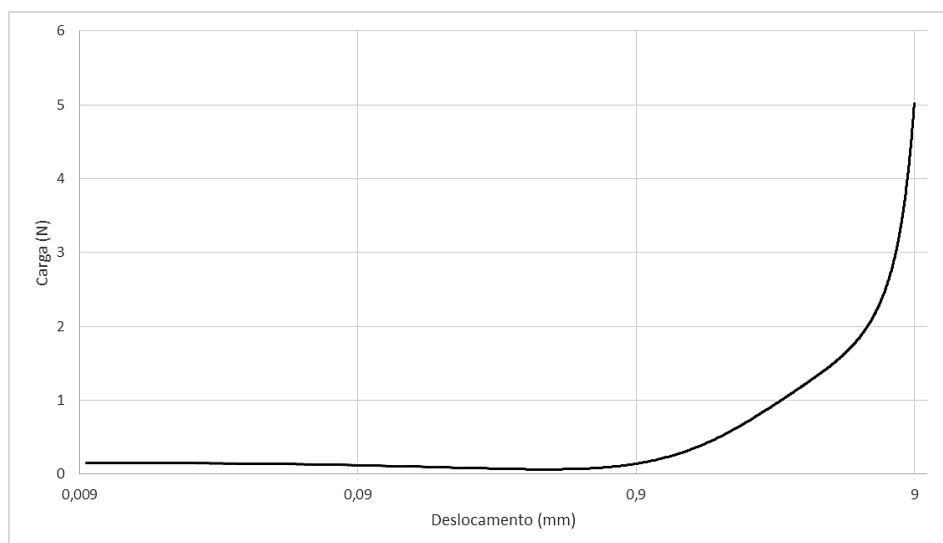
(a) REF



(b) AN



(c) A1



(d) A2

Figura 3: Resultados do ensaio de *Squeeze Flow* para as argamassas

Como pode ser visto nas Figura 3, em todos os gráficos (carga x deslocamento) as cargas de compressão necessárias para efetuar a deformação do material aumentaram com a taxa de deslocamento, ao contrário do comportamento das argamassas de revestimento que é causado pela segregação de fases, fenômeno que provavelmente não ocorre nas argamassas colantes devido às características de suas formulações. Observa-se também que a argamassa comercial (REF) apresentou valores de carga de compressão muito elevados em comparação às argamassas experimentais, que pode ser devido à maior quantidade de grãos maiores em sua composição. Em relação à aplicabilidade, argamassas como a comercial (REF), com maiores valores de carga de compressão, podem exigir do aplicador uma necessidade de aumento do teor de água para conseguir uma mesma consistência de trabalho das demais que apresentaram valores de carga de compressão menores.

Retenção de Água

Os resultados do ensaio de retenção de água das argamassas são mostrados na Figura 4.

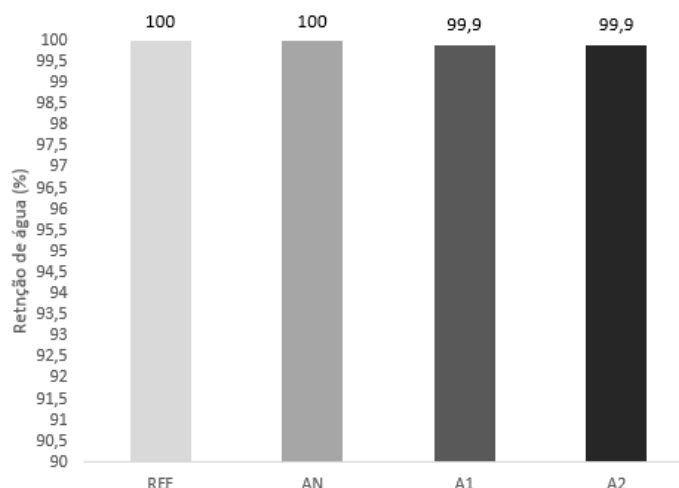


Figura 4: Ensaio de retenção de água

O que diferencia as argamassas colantes convencionais das argamassas tradicionais é a capacidade de retenção de água. Esta propriedade permite que o material seja aplicado em camada fina, sem perder, para a base ou para

o ambiente, a quantidade de água necessária à hidratação do cimento Portland⁽¹⁰⁾.

Como pode ser visto na Figura 4, todas as argamassas apresentaram ótima retenção de água, mostrando-se eficientes para aplicação.

Teor de Ar Incorporado

Na Figura 5 são apresentados os resultados obtidos para o teor de ar incorporado.

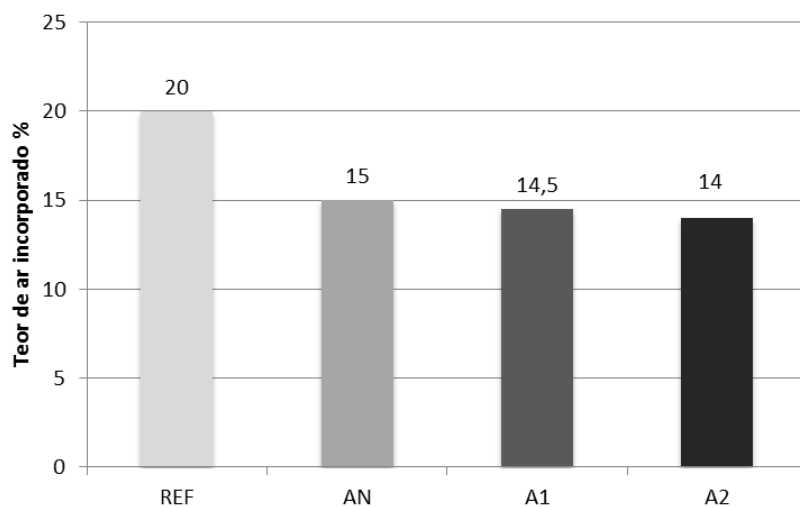


Figura 5: Ensaio de teor de ar incorporado

Os teores de ar incorporado foram muito similares para as argamassas produzidas no laboratório, sendo 15%, 14,5% e 14% para as argamassas AN, A1 e A2, respectivamente. Já a argamassa comercial, REF, apresentou um valor elevado quando comparado às demais, sendo o valor obtido de 20%.

Elevados teores de ar incorporado nas argamassas podem ser prejudiciais pois as bolhas de ar consomem os espaços que seriam ocupados pela pasta reduzindo os produtos de hidratação e promovendo redução da capacidade mecânica e de aderência⁽¹¹⁾.

Densidade de Massa

Os resultados para o ensaio de densidade de massa no estado fresco são mostrados na Figura 6.

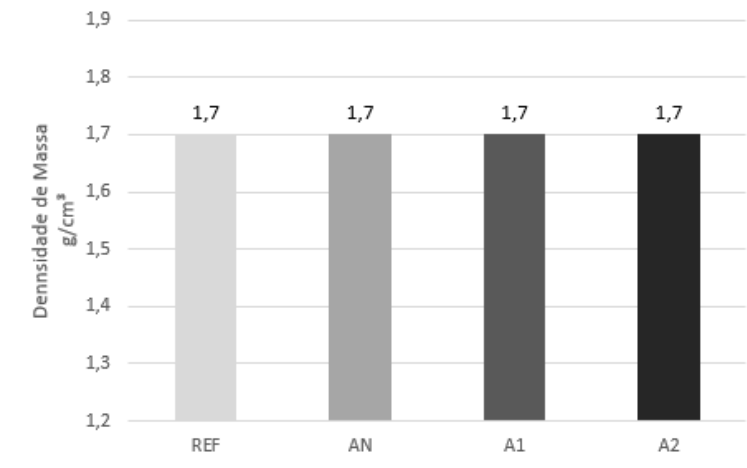


Figura 6: Densidade de massa no estado fresco

A densidade corresponde ao estado de agregação das moléculas. Com base nos resultados apresentados, pode-se constatar que as argamassas produzidas obtiveram o mesmo valor que a argamassa comercial.

CONCLUSÕES

Nos ensaios realizados na argamassa no estado fresco, foi possível confirmar a viabilidade dos agregados de rejeito de mineração de quartzito, visto que obtiveram resultados satisfatórios quanto à exigência das normas, principalmente o ensaio de deslizamento, o qual é um ensaio específico para argamassa colante. Além disso, através do *Squeeze Flow*, observou-se a boa trabalhabilidade dessas argamassas. Nos demais ensaios foram observados resultados semelhantes, como densidade de massa e retenção de água. A partir dos resultados do teor de ar incorporado acredita-se que as argamassas experimentais possam ter uma capacidade mecânica melhor, visto que elevados teores de ar incorporado, como o observado na argamassa comercial (REF), podem ser prejudiciais.

De forma geral, os resultados foram satisfatórios, indicando a viabilidade do rejeito de mineração de quartzito como agregado miúdo em substituição total ao agregado natural, contribuindo assim para a sustentabilidade do setor da construção civil e consequentemente permitindo a redução dos impactos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer as instituições FAPEMIG, CAPES, Fundação Gorceix, UFOP e CNPq pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa. Também somos gratos pela infraestrutura e colaboração do Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos - RECICLOS - CNPq.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14081-5**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 5: Determinação do deslizamento. Rio de Janeiro, 2012.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15839**: Argamassa de assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro, 2010.
5. KUDO, E. K. **Caracterização reológica de argamassas colantes**. 2012, 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos -

determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

8. BAUER, E. **Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades**. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF, 2005.

9. COSTA, M. R. M. M. **Análise comparativa de argamassas colantes de mercado através de parâmetros reológicos**. 2006, 131p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

10. MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo: USP, 1999. Boletim técnico n. 246. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00246.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2016.

11. SILVA, N. G; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. **Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas**. In: Anais do VI SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Florianópolis, SC, 2005. Disponível em: <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/229-argamassas-com-areia-britada-influencia-dos-finos-e-das-formas-da-particulas?start=40>. Acesso em: 10 de setembro de 2016.

QUARTZITE MINING WASTE FOR ADHESIVE MORTAR PRODUCTION

ABSTRACT

The construction sector is responsible for a high consumption of natural resources. Moreover, the mining industry generates and discard waste improperly in the environment aggravating environmental problems. In order to reduce the natural sand extraction and provide the environmentally correct

disposal of mining waste, this work proposes the use of quartzite mining waste to replace natural sand for the production of adhesive mortars. The quartzite mining tailings was chemically characterized using X-ray fluorescence, and morphologically by optical microscopy. In sequence, the mortars were subjected to characterization tests in the fresh state as consistency index, slip, water retention, entrained air content, bulk density and Squeeze Flow. The results were satisfactory, indicating the viability of this material as fine aggregate in total replacement of natural aggregate, allowing the reduction of environmental impacts.

Key words: friable quartzite, mortars, quartzite mining, sterile, sustainability