INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FINOS DE ROCHA GRANÍTICA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS AUTOADENSÁVEIS

Tema: Tecnologia dos materiais.
Grupo[1]**:** 1

THAIS P. L. SIQUEIRA[1], JOSÉ S. ANDRADE NETO[2], CLEBER M. R. DIAS[3], DANIEL V. RIBEIRO[4]

[1]Mestranda em Engenharia Civil, PPEC/UFBA, thaisplsiqueira@gmail.com
[2]Mestrando em Engenharia Civil PPGCI/UFRGS, *josedasilvaandradeneto@gmail.com*
[3]Prof. Dr., UFBA, *clebermrd@gmail.com*
[4]Prof. Dr., UFBA, verasribeiro@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo visa avaliar a viabilidade da utilização dos finos de rocha granítica (FRG) em argamassas autoadensáveis de forma a adequar as características reológicas da argamassa, reduzindo o consumo de aditivo. Para isso, realizaram-se ensaios de mini Funil-V, mini Slump, resistência à compressão axial e absorção de água por capilaridade em argamassas com teores de FRG iguais a 0% (referência), 5%, 15% e 25%, em relação ao volume de cimento. Com a incorporação dos finos adequou-se a viscosidade da argamassa, evitando a utilização de aditivos modificadores de viscosidade, e reduziu-se o consumo de cimento sem prejuízo às propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Argamassa autoadensável, finos de rocha granítica (FRG), reologia.

GRANITIC ROCK FINES (FRG) ADDITION INFLUENCE IN THE RHEOLOGICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SELF COMPACTING MORTARS

ABSTRACT

This study aims to evaluate the feasibility of the use of granite rock fines (FRG) in self compacting mortars in order to achieve the rheological properties while reducing the additive consumption. For this purpose, mini V-Funnel, mini Slump, compression test and water absorption by capillarity were performed on mortar with FRG addition of 0%, 5%, 15% and 25%, by volume of cement. With the incorporation of FRG, it was possible to adjust the viscosity of the mortar, avoiding the use of viscosity modifying additives, and reduce the cement consumption without impairing the mechanical properties.

Key-words: Self compacting mortars; granite rock fines; rheology.

1. INTRODUÇÃO

A argamassa autoadensável, parte constituinte do concreto autoadensável responsável pela trabalhabilidade deste material, possui a capacidade de se autoadensar através da ação da gravidade, sem necessitar de energia externa de compactação. Para isto, este material necessita de alta fluidez e resistência à segregação, sendo estas propriedades resultado da utilização de aditivos superplastificantes e/ou modificadores de viscosidade e da incorporação de finos. A incorporação destes materiais faz com que o custo final da argamassa autoadensável seja expressivamente superior ao custo das argamassas tradicionais, sendo assim, uma barreira na disseminação desta tecnologia. A aplicação deste material em construções fornece diversas vantagens, tais como: melhor acabamento superficial, elevada rapidez na execução e maior liberdade arquitetônica, pois possui maior facilidade de alcançar locais de difícil acesso por não necessitar de adensamento e de nivelamento[1,2,3].

Neste cenário, o fino de rocha granítica (FRG), resíduo do processo de britagem, surge como possível solução para a redução do consumo de aditivos, de forma a adequar as propriedades reológicas das argamassas autoadensáveis. O FRG possui reduzido valor agregado sendo normalmente disposto de maneira inadequada nos pátios das pedreiras, acarretando em diversos impactos ambientais, além de estar relacionado com diversas doenças respiratórias, como: silicose e câncer de pulmão [4,5,6,7]. Porém, a adição deste material na argamassa autoadensável contribui para o aumento da viscosidade, com a consequente redução da segregação dos materiais constituintes, e para o aumento das resistências mecânicas, devido ao melhor empacotamento de partículas[6].

Assim, o emprego deste resíduo nas argamassas autoadensáveis apresenta possibilidade de agregar valor econômico aos finos de rocha, além de minimizar o impacto ambiental causado pela ineficiente disposição final deste resíduo. Além disso, estudos apontam que a adição de FRG pode reduzir consideravelmente o teor de aditivos utilizado, acarretando em redução do custo final do empreendimento e tornando a argamassa autoadensável mais competitiva comercialmente[6,8]. A redução do consumo de aditivo reduz, também, o impacto ambiental gerado pelo elevado consumo de aditivo químico normalmente empregado em argamassas autoadensáveis sem adição de finos.

ISSN 1984-8757

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a moldagem das argamassas autoadensáveis, foram utilizados cimento CP II-F 32, fornecido pela Intercement, finos de rocha granítica gerados em pedreiras da região metropolitana de Salvador/Bahia, areia natural proveniente de jazidas da região de Camaçari/Bahia, e aditivo superplastificante à base de policarboxilato, Hyperkem 80 da empresa Novakem.

As massas específicas do cimento e do FRG foram determinadas por meio de picnometria a gás hélio, com o equipamento AccuPyc 1330 V2.01, da Micrometrics. Já a massa específica da areia foi determinada pelo método do frasco de Chapman, de acordo com a NBR NM 53:2003. As áreas superficiais específicas do cimento e do FRG foram determinadas pelo método Blaine de Permeabilidade ao Ar, por meio da utilização de um analisador superficial automático da marca Acmel, modelo BSA1.

Para a dosagem das argamassas autoadensáveis, foi adotado o método de Repette-Melo[9]. Além da argamassa de referência, ou seja, sem FRG, foram dosadas argamassas em que o cimento foi parcialmente substituído pelo FRG, nos teores de 5%, 15% e 25%, em volume. A relação água/cimento foi fixada em 0,46 em todas as argamassas.

Já o volume de areia, foi mantido constante e igual a 45% do volume total da argamassa, que está dentro da faixa considerada ideal para argamassas autoadensáveis, que varia entre 40% e 50%[9,10,11,12,13,14]. O volume de areia foi mantido constante com o intuito de avaliar apenas a influência da adição dos finos nas propriedades das argamassas.

Em relação ao teor de aditivo superplastificante, foi utilizada a quantidade necessária para que as argamassas autoadensáveis alcançassem um espalhamento entre 240 e 260 mm, considerado ideal pela Efnarc[15] e pelos autores do método de dosagem adotado[9]. Com o teor de aditivo definido, realizou-se o ensaio do mini funil-V com o intuito de analisar o tempo de escoamento das argamassas com diferentes teores de finos e avaliar a influência da adição deste material na viscosidade das argamassas. Ambos os ensaios em estado fresco seguiram as diretrizes do Manual Europeu de Práticas Recomendadas da EFNARC[15] de 2002.

De forma complementar, foram realizados ensaios no estado endurecido para cada formulação de argamassa, utilizando formas prismáticas (40 mm x 40 mm x 160 mm), sendo moldados 3 corpos de prova para cada idade. Para a moldagem, por se tratar de argamassa autoadensável, não foi realizado nenhum tipo de adensamento. Por fim, a superfície foi regularizada com uma espátula, e os corpos de prova foram deixados imersos em água saturada com cal até a ruptura. A resistência à compressão axial, nas idades de 3, 7 e 28 dias, foi determinada de acordo com a ABNT NBR 13279:2005[16], utilizando a prensa HD120T da Contenco. Na idade de 28 dias foi realizado, também, o ensaio de absorção de água por capilaridade de acordo com a ABNT NBR 9779:2012[17].

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização dos Materiais

Na Tabela 1 é apresentado as propriedades físicas dos materiais empregados neste estudo. Observa-se que FRG utilizado apresenta uma área superficial Blaine inferior ao cimento, contudo apresenta um diâmetro equivalente médio muito próximo.

Tabela 1 – Propriedades físicas dos matérias-primas utilizadas.

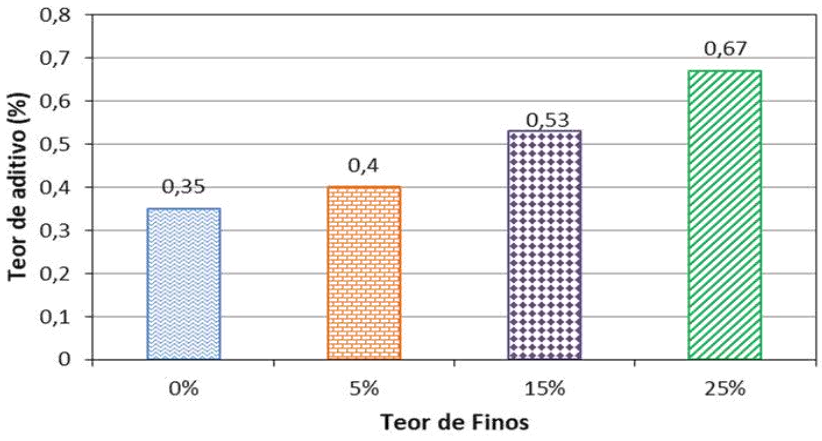
Propriedade	Cimento	FRG	Areia Natural
Massa Específica (g/cm³)	3,12 ± 0,003	2,86 ± 0,005	2,65 ± 0,01
Área Superficial Blaine (cm²/g)	4098,75 ± 52	2041± 50	-
Diâmetro Equivalente Médio (µm)	15,58	16,05	379
Dimensão Máxima Característica (mm)	-	-	1,18
Módulo de Finura	-	-	1,75

Fonte: Os autores.

3.2. Ensaios em Estado Fresco

Na Figura 1 estão apresentados os teores de aditivo superplastificante empregados para garantir um espalhamento médio de 250 ± 10 mm para cada teor de FRG empregado. Como esperado, ao se adicionar uma maior quantidade de finos ocorre uma perda da fluidez das argamassas que passam a necessitar de um teor mais elevado de aditivo para atingir o espalhamento desejado.

Figura 1 – Teor de aditivo necessário para se atingir um espalhamento entre 250 ± 10 mm para as diferentes argamassas avaliadas.

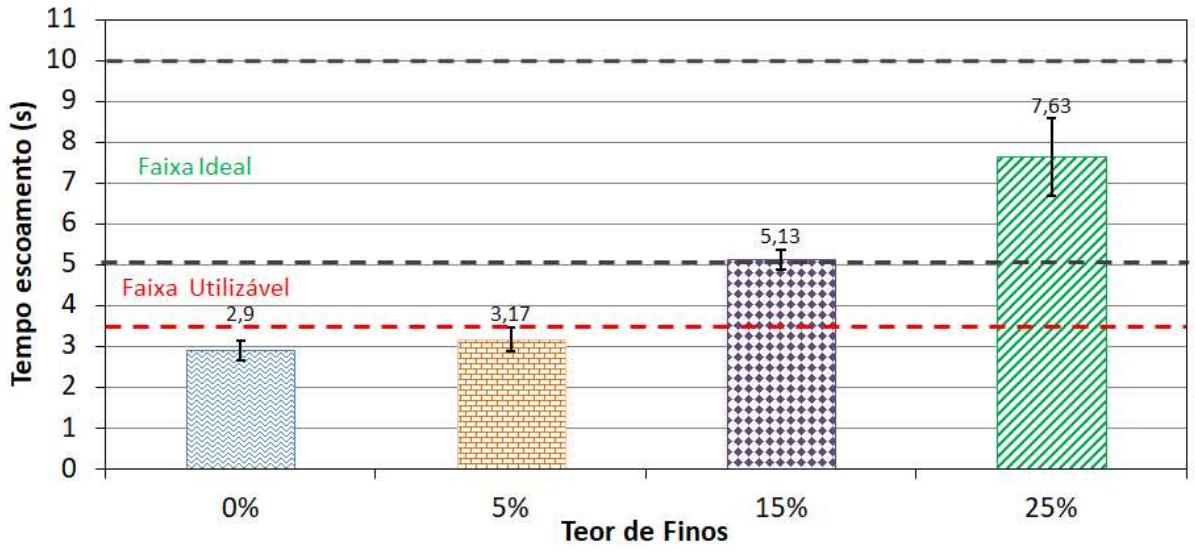


Fonte: Os Autores

Os resultados do tempo de escoamento das argamassas, obtido pelo método do mini funil-V, são apresentados na Figura 2. O método Repette-Melo[9] classifica como aceitável argamassas que possuam tempo de escoamento entre 3,5 e 10 segundos, porém o intervalo ideal é entre 5 e 10 segundos. No gráfico nota-se que com o aumento da quantidade de finos empregada nas misturas, houve um aumento do tempo de escoamento das argamassas mesmo com o aumento do teor de aditivo superplastificante empregado, evidenciando que os finos de rocha granítica atuam como bons modificadores de viscosidade. As argamassas com 15% e 25% de finos apresentaram seus respectivos tempos de escoamentos dentro da classificação ideal proposta pelo método Repette-Melo[9], enquanto que as argamassas de referência e com 5% de finos apresentaram valores inferiores a faixa considerada utilizável.

É possível observar que, apesar de apresentarem valores de espalhamento dentro da faixa estabelecida 250 ± 10 mm, as argamassas com adição de FRG apresentaram maiores tempos de escoamento no mini funil V. Isso evidencia que a adição do FRG, juntamente com um maior teor de aditivo superplastificante, é capaz de corrigir a viscosidade da argamassa sem afetar o seu espalhamento.

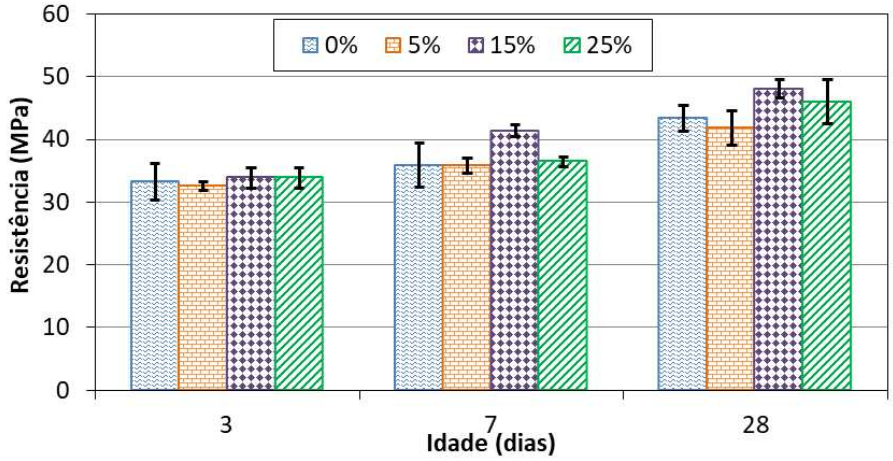
Figura 2 – Tempo de escoamento no mini Funil V das argamassas com diferentes teores de FRG.



Fonte: Os Autores

A Figura 3 apresenta os resultados de resistência à compressão obtidos para as idades de 3, 7 e 28 dias das diferentes formulações. É possível observar que, em todas as idades avaliadas, a incorporação dos finos, apesar de reduzir o consumo de cimento, não prejudicou a resistência à compressão axial das argamassas. Nota-se, também, que a argamassa com 15% de FRG apresentou as maiores resistências, possivelmente devido ao empacotamento mais eficiente das partículas.

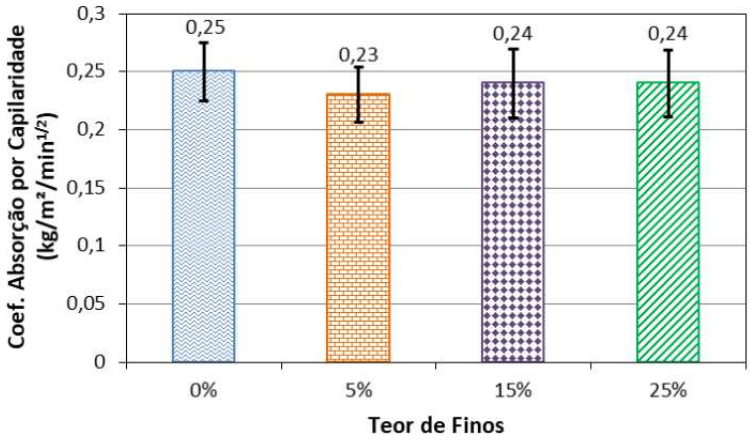
Figura 3 – Resistência à compressão axial das argamassas com diferentes teores de FRG.



Fonte: Os Autores

Os resultados dos coeficientes de absorção de água por capilaridade estão apresentados na Figura 4. A partir da análise dos dados é possível concluir que a adição de FRG não afetou de maneira significativa a absorção de água por capilaridade fato que pode ser explicado devido à ação conjunta do melhor empacotamento de partículas, que tende a reduzir a porosidade, com o refinamento dos poros resultante da adição dos finos, que tende a aumentar a absorção capilar. Este resultado é relevante no que tange à durabilidade dos materiais, uma vez que a entrada de agentes agressivos para o interior do concreto se dá, principalmente, pela absorção capilar. Assim, têm-se um indicativo que a adição de finos não é prejudicial à durabilidade das argamassas.

Figura 4 – Coeficiente de absorção de água por capilaridade das argamassas com diferentes teores de FRG.



Fonte: Os Autores

4. CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados obtidos pode-se concluir que a adição de finos de rocha granítica aumentou de maneira significativa o tempo de escoamento das argamassas autoadensáveis, sendo que a adição de 15 e 25% de finos proporcionou que as argamassas possuíssem viscosidade ideal de acordo com o método de dosagem Repette-Melo[9]. Além disso, verificou-se que a substituição parcial do cimento pelo FRG não promoveu redução de resistência à compressão das argamassas, havendo um aumento significativo da resistência aos 28 dias com 15% de substituição de FRG. Ao analisar os resultados de coeficiente de absorção capilar conclui-se que a adição de finos de rocha não modifica significativamente a absorção de água por capilaridade.

Sendo assim, pode-se concluir que os finos de rocha granítica analisados na pesquisa podem ser considerados bons modificadores de viscosidade, resultando em argamassas autoadensáveis com reologia adequada sem a necessidade de utilização de aditivos modificadores de viscosidade possuindo, assim, potencial de reduzir o custo final das argamassas em estudo, além de não prejudicar o desempenho mecânico das mesmas. Vale ressaltar que os resultados obtidos com o presente estudo podem ser estendidos a diversas argamassas que apresentem alta fluidez, como os contrapisos autonivelantes, que de maneira similar às argamassas autoadensáveis, necessitam de uma fluidez e viscosidade adequadas de maneira à se nivelar sem aplicação de energia externa sem que ocorra a segregação dos materiais constituintes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPQ pelas bolsas fornecidas durante o período da realização desta pesquisa, bem como pelos recursos para a aquisição dos equipamentos utilizados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENLI, A.; KARATAŞ, M.; BAKIR, Y. An experimental study of different curing regimes on the mechanical properties and sorptivity of self-compacting mortars with fly ash and silica fume. **Construction and Building Materials**, v. 144, p. 552–562, 2017.

2. ABDOLLAHNEJAD, Z. et al. Comparative Study on the Effects of Recycled Glass–Fiber on Drying Shrinkage Rate and Mechanical Properties of the Self-Compacting Mortar and Fly Ash–Slag Geopolymer Mortar. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 29, n. 8, p. 04017076, 2017.

3. ŞAHMARAN, M.; CHRISTIANTO, H. A.; YAMAN, I. O. The effect of chemical admixtures and mineral additives on the properties of self-compacting mortars**. Cement and Concrete Composites**, v. 28, n. 5, p. 432–440, 2006.

4. RODRIGUES, Gilson Lucio; MANTOVANI, Luis Eduardo; LOPES, Kelita. Um estudo da poeira respirável de basalto, na produção de brita, e sua influência para o sistema respiratório do trabalhador. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, XXIV, Florianópolis, p.2586-2592, 2004.

5. ALMEIDA, S.L.M; SAMPAIO, J.A. Obtenção de areia artificial com base em finos de pedreira. In: **Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, XIX, Recife, p.263-268,2002.

6. FELEKOGLU, B. Utilisation of high volumes of limestone quarry wastes in concrete industry (self-compacting concrete case). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 51, n. 4, p. 770–791, 2007.

7. D'AGOSTINO, Liz Zanchetta; SOARES, Lindolfo. O uso de finos de pedreira de rocha granítico-gnáissica em substituição às areias naturais na elaboração de argamassa. **Geociências**, Unesp, São Paulo, v. 22, p.65-73, 2003

8. HO, D.W.S.; SHEINN, A.M.M.; NG, C.C.; TAM, C.T. The use of quarry dust for SCC applications. **Cement And Concrete Research**, United States, v. 32, n. 4, p. 505–511, 2002.

9. MELO, Karoline Alves de. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de fíler calcário**. 2005. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

10. OKAMURA, H.; OUCHI, M. Self-compacting concrete. **Journal of advanced concrete technology**, v. 1, n. 1, p. 5–15, 2003.

11. GOMES, Paulo César Correia; GETTU, Ravindra; AGULLÓ, Luiz. Uma Nova metodologia para Obtenção de Concreto Auto-adensável de Alta Resistência Com Aditivos Minerais. **V Simpósio EPUSP Sobre Estruturas de Concreto**, São Paulo, p.1-14, jun. 2003.

12. JIN, Jinhua. **Properties of mortar for self-compacting concrete**. 2002. 398 f. Tese (Doutorado) - Curso de Civil Engineering, University Of London, London, 2002.

13. RIZWAN, S. A.; BIER, T. A. Self-consolidating mortars using various secondary raw materials. **ACI Materials Journal**, v. 106, n. 1, p. 25–32, 2009.

14. DOMONE, P. L. Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case studies. **Cement and Concrete Composites**, v. 28, n. 2, p. 197–208, 2006

15. EFNARC. **Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete**. Reino Unido, 2002. 32 p.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.