



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

FLUIDEZ E PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ARGAMASSAS PARA SISTEMAS DE PISO AUTONIVELANTES CONTENDO FÍLER DE BRITAGEM DE BASALTO ¹

SCOLARO, Taylana Piccinini (1); ROCHA, Janaíde Cavalcante (2)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), taylanaps@hotmail.com

(2) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), janaide.rocha@ufsc.br

RESUMO

As argamassas autonivelantes utilizadas em sistemas de pisos são caracterizadas pela elevada fluidez e, para tanto, a utilização de finos é fundamental. O uso do material resultante do processo de britagem de rochas, como o fíler basáltico, pode ser uma fonte alternativa de finos nestas argamassas. Este estudo teve como objetivo investigar a influência do conteúdo de areia e da substituição parcial da areia por fíler de britagem de basalto. O fíler foi utilizado em teores de 4,5%, 9% e 18% da massa do total de sólidos em argamassas autonivelantes. As propriedades avaliadas foram: fluidez e resistência à compressão com 1 e 28 dias. Os resultados obtidos mostram que o conteúdo de areia deve ser limitado e o teor de pasta suficiente para garantia da fluidez da mistura. No estado fresco, o aumento no teor de fíler de britagem aumenta a quantidade de superplastificante para uma mesma consistência. No entanto, maiores teores de fíler acarretam em maior resistência mecânica. Dessa forma, verificou-se que o fíler de britagem de basalto tem potencial para ser utilizado em argamassas autonivelantes.

Palavras-chave: Argamassa autonivelante. Fíler de britagem basáltico. Fluidez. Resistência mecânica.

ABSTRACT

Self-leveling mortars used in flooring systems are characterized by high fluidity and, therefore, the use of fines is essential. The use of fillers generated as by-products of stone crushers in quarries, such as basaltic filler, can be an alternative source of fines in these mortars. This study aimed to investigate the influence of the sand content and the partial replacement of sand by crushed basalt filler. The filler was used in contents of 4.5%, 9% and 18% of the mass of total solid in self-leveling mortars. The properties evaluated were: fluidity and compressive strength at 1 and 28 days. The results obtained show that the sand content must be limited and the paste content sufficient to guarantee the mixture fluidity. In the fresh state, the increase in the crushed filler content increases the amount of superplasticizer for the same consistency. However, higher filler contents result in higher mechanical strength. Thus, it was found that the crushed basalt filler has the potential to be used in self-leveling mortars.

¹ SCOLARO, Taylana Piccinini; ROCHA, Janaíde Cavalcante. Fluidez e propriedades mecânicas de argamassas para sistemas de piso autonivelantes contendo fíler de britagem de basalto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Keywords: *Self-leveling mortar. Crushed basaltic filler. Fluidity. Mechanical strength.*

1 INTRODUÇÃO

As argamassas autonivelantes são utilizadas principalmente na execução de contrapisos, através da formação de superfícies planas e lisas (ONISHI; BIER, 2010). São materiais caracterizados pela elevada fluidez, sem a ocorrência de segregação ou exsudação. Estas argamassas devem apresentar rápido endurecimento e ganho de resistência, estabilidade dimensional, resistência superficial e durabilidade (SEIFERT et al., 2012).

Para o alcance da fluidez desejada, a utilização de materiais finos é fundamental. Nesse contexto, a utilização da parcela fina residual resultante do processo de britagem de rochas em pedreiras pode ser uma alternativa viável. O fíler de britagem basáltico, por exemplo, é um subproduto da britagem de basalto. As elevadas quantidades desse material fino coletadas constituem um grande problema do ponto de vista de disposição, poluição ambiental e riscos à saúde (UNČIK; KMECOVÁ, 2013).

A bibliografia aponta que o fíler de basalto pode apresentar propriedades pozolânicas (LAIBAO et al., 2013) e efeito fíler (UYSAL; YILMAZ et al., 2011; DOBISZEWSKA et al., 2018) em alguns casos, conforme as suas características químicas e físicas. Quando utilizado como substituto parcial do cimento Portland, este material fino geralmente diminui a resistência mecânica em idades iniciais e contribui com o seu desenvolvimento em idades mais avançadas (UYSAL; YILMAZ et al., 2011; LAIBAO et al., 2013). Já quando utilizado como substituto da areia, o fíler de basalto melhora a resistência da matriz, principalmente devido ao efeito de preenchimento e ao melhor empacotamento de partículas (DOBISZEWSKA et al., 2018).

Este estudo tem como objetivo avaliar a influência do conteúdo de areia e da substituição parcial da areia por fíler de britagem de basalto na fluidez e na resistência mecânica, nas idades de 1 e 28 dias, de argamassas autonivelantes para sistemas de pisos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As argamassas foram preparadas utilizando cimento Portland CP V-ARI, fíler de britagem de basalto e areia quartzosa, cujas características físicas encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

As argamassas foram produzidas com uso de um aditivo superplastificante com base química policarboxilato para a garantia do espalhamento.

Tabela 1 – Características físicas do cimento e do fíler de britagem de basalto

	Cimento	Fíler de britagem	Método de ensaio
Massa específica (g/cm ³)	3,16 ^a	2,52 ^b	^a NBR 16605 (ABNT 2017) ^b NBR NM 52 (ABNT 2009)
Superfície específica (cm ² /g)	5.416	2.804	NBR 16372 (ABNT 2015)
d50 (μm)	19,46	51,47	Granulometria a laser

Fonte: Os autores

Tabela 2 – Características físicas da areia

	Areia	Método
Massa específica (g/cm ³)	2,52	NBR NM 52 (ABNT 2009)
Módulo de finura	2,09	NBR NM 248 (ABNT 2003)
Dimensão máxima característica (mm)	2,4	NBR NM 248 (ABNT 2003)

Fonte: Os autores

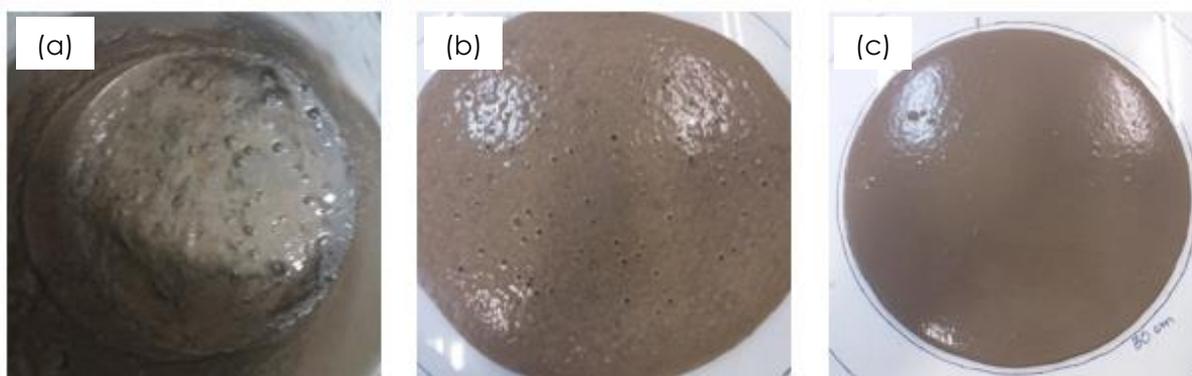
2.1 Métodos

As argamassas foram produzidas buscando-se um diâmetro de espalhamento entre 25 e 30cm determinado pelo tronco de cone, conforme Barluenga e Hernández-Olivares (2010). As medidas de diâmetro foram realizadas instantaneamente após o tronco de cone ser preenchido com argamassa e erguido. O tronco de cone utilizado possui as dimensões: $\phi_{sup} = 70\text{mm}$, $\phi_{inf} = 100\text{mm}$ e $h = 50\text{mm}$. Para o alcance do diâmetro de espalhamento desejado, a quantidade de superplastificante foi ajustada para cada mistura.

Foi estudada a capacidade de incorporação de areia nas argamassas com três proporções aglomerante: agregado (aglomerante: fíler + areia): 1: 3, 1: 2,5 e 1: 2, para uma relação $a/c=0,5$. Em todas as tentativas, o teor de fíler de britagem ficou fixado em 53% da massa do cimento, variando-se apenas a quantidade de areia adicionada às misturas. As análises visuais envolveram: nivelamento, qualidade das bordas, riscos de segregação e exsudação.

A Figura 1 apresenta imagens após o ajuste e determinação do espelhamento em placa de vidro sem atrito para as três argamassas. Para a argamassa na composição 1: 3, observou-se separação dos sólidos da mistura ainda na cuba. Já para a argamassa com proporção 1: 2,5, foi verificada pouca fluidez e textura rugosa, exigindo maior teor de superplastificante para o alcance do espalhamento desejado, o que resultou em sinais de exsudação. Finalmente, para argamassa com proporção 1: 2, foram atendidos os requisitos no estado fresco: autonivelamento, bordas regulares e ausência de sinais de segregação ou exsudação. Nesta composição, o teor de fíler de britagem corresponde a 18% da massa do total de sólidos.

Figura 1 – Imagens das argamassas autonivelantes produzidas com proporção aglomerante: agregado de (a) 1: 3, (b) 1: 2,5 e (c) 1: 2



Fonte: Os autores

Definidas as proporções de misturas, foram produzidas argamassas autonivelantes com teores de fíler de britagem que correspondem a 4,5%, 9% e 18% da massa total de sólidos. Nestas argamassas, foi mantida a relação a/c de 0,5 e a proporção aglomerante: agregado de 1: 2, variando apenas o teor de superplastificante para o alcance do espalhamento desejado.

A incorporação de fíler de britagem nas argamassas foi realizada em substituição à areia. Dessa forma, os teores fíler de 4,5%, 9% e 18% da massa total de sólidos, correspondem a cerca de 6,5%, 13,5% e 27,5% de substituição de areia em massa.

O procedimento de mistura seguiu o recomendado pela NBR 16541 (ABNT 2016): 1) mistura dos materiais anidros em velocidade baixa por 60s, 2) mistura em velocidade baixa por 30s com adição de 75% da água 10s iniciais, 3) mistura em velocidade alta por 60s, 4) parada no misturador por 90s para raspagem da cuba e da pá, 5) mistura em velocidade baixa por 60s com adição dos 25% restantes de água e do aditivo superplastificante nos 10s iniciais.

No estado endurecido, foi avaliada a resistência à compressão com 1 e 28 dias, de acordo a NBR 13279 (ABNT, 2005). No entanto, por se tratar de argamassa autonivelante, não foi necessário realizar o adensamento prescrito na norma. Além disso, como o material possui secagem rápida, o desmolde foi realizado com 24h. Os corpos de prova (6 para cada idade) ficaram cobertos com plástico até o desmolde e depois permaneceram um cura seca dentro de um isopor.

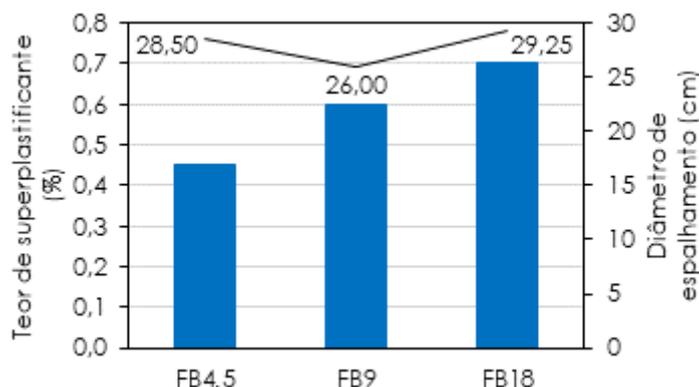
3 RESULTADOS

3.1 Fluidiez

O teor de superplastificante adicionado e o diâmetro de espalhamento alcançado pelas argamassas encontram-se na Figura 2. É possível observar que conforme o aumento no teor de fíler de britagem, maior a quantidade de aditivo necessária para o alcance do espalhamento. Com o aumento na adição de basalto, a argamassa se torna menos fluida e essa diminuição na trabalhabilidade pode ser atribuída à maior superfície específica do fíler de basalto se comparada com a da areia substituída (DOBISZEWSKA et al., 2018).

Além disso, nota-se que todas as argamassas apresentaram diâmetro de espalhamento dentro da faixa requerida (entre 25 e 30cm).

Figura 2 – Teor de superplastificante e diâmetro de espalhamento das argamassas autonivelantes



*Teor de superplastificante com relação à massa de cimento

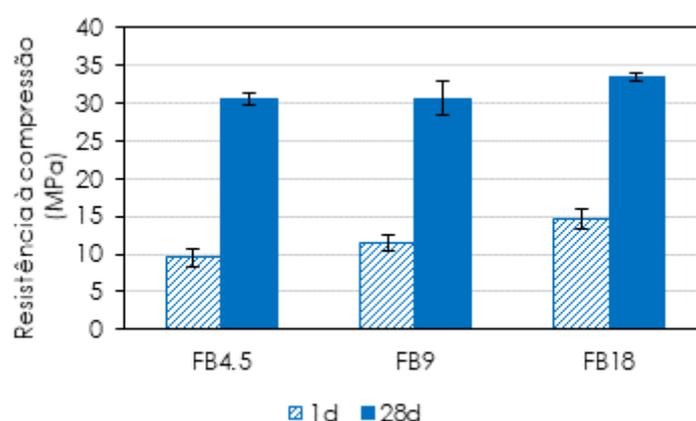
Fonte: Os autores

Com relação à análise visual, não foi observada a ocorrência de segregação ou exsudação – não houve acúmulo de sólidos nestas misturas, nem aparecimento de água ou formação de nata na superfície ou nas bordas.

3.2 Resistência à compressão

A Figura 3 apresenta os resultados da resistência à compressão das argamassas com 1 e 28 dias de idade. Observa-se um aumento na resistência à compressão das argamassas com o aumento no teor de fíler de britagem tanto em 1, quanto aos 28 dias. Isto, possivelmente devido à um preenchimento dos espaços entre o cimento e a areia.

Figura 3 – Resistência à compressão das argamassas autonivelantes



Fonte: Os autores

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos na ANOVA e a Tabela 4, os resultados do Teste de Tukey. O intervalo de confiança considerado foi de 95%.

Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA) dos resultados de resistência à compressão das argamassas com 1 e 28 dias

Matriz	Variável	SQ	GDL	MQ	F	p
Resistência à compressão 1d	Teor de fino	80,930	2	40,465	78,652	0,000
	Erro	7,203	14	0,514		
Resistência à compressão 28d	Teor de fino	32,32	2	16,16	6,049	0,012
	Erro	40,07	15	2,67		

*SQ – soma dos quadrados, GDL – graus de liberdade, MQ – média dos quadrados

Fonte: Os autores

Tabela 4 – Teste de Tukey dos resultados de resistência à compressão das argamassas com 1 e 28 dias

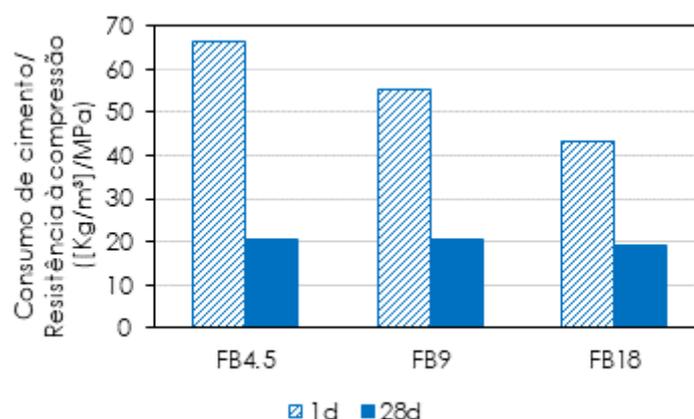
Matriz	Teor de fino	18	9	4,5
Resistência à compressão 1d	18		0,000	0,000
	9	0,000		0,002
	4,5	0,000	0,002	
Resistência à compressão 28d	18		0,028	0,019
	9	0,028		0,977
	4,5	0,019	0,977	

Fonte: Os autores

A partir dos resultados da ANOVA, pode ser observado que o teor de fíler de britagem de basalto exerce influência significativa na resistência à compressão das argamassas em 1 e em 28 dias. Com base nos resultados do Teste de Tukey, é possível verificar entre quais misturas existem diferenças estatisticamente significativas de resistência à compressão. Os resultados obtidos indicaram que, com 1 dia, todas as argamassas apresentam diferenças estatisticamente significativas entre si. Já aos 28 dias, foi verificado que a argamassa com 18% de fíler de britagem apresentou diferença estatisticamente significativa em relação às argamassas com 9% e 4,5% de fíler, as quais podem ser considerados estatisticamente iguais.

Nas argamassas deste estudo, a areia foi substituída em massa por fíler de britagem, o que resultou em ligeiras variações de consumo de cimento entre as composições. A Figura 4 apresenta as relações entre o consumo de cimento e as resistências à compressão alcançadas pelas argamassas em 1 e em 28 dias.

Figura 4 – Relação entre consumo de cimento e resistência à compressão das argamassas autonivelantes



Fonte: Os autores

É possível observar que, na idade de 1 dia, a relação entre o consumo de cimento e a resistência à compressão é menor em argamassas com maiores teores de fíler de britagem. Nestas argamassas, para consumos de cimento ligeiramente maiores, ocorrem ganhos expressivos de resistência à compressão inicial. Ou seja, para consumos de cimento quase equivalentes, os resultados de resistência à compressão são maiores em argamassas com maiores teores de fíler de britagem.

Aos 28 dias, a relação entre consumo de cimento e resistência à compressão foi similar entre as três composições.

Quanto à demanda de superplastificante, muitas vezes sensível para a otimização de sua dosagem no sistema, observa-se que para um mesmo nível de resistência esperada na idade inicial, foi possível incrementar uma maior quantidade de filer de britagem de basalto.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que o conteúdo de areia deve ser limitado e o teor de pasta suficiente para garantia da fluidez em sistemas de piso autonivelantes. Além disso, foi verificado que a incorporação do filer de britagem de basalto em argamassas autonivelantes pode acarretar em melhorias de desempenho destes materiais, além de possibilitar um incremento no potencial de uso à um resíduo do processo de britagem de rochas em pedreiras.

Embora o aumento no teor do filer de britagem aumente a quantidade de aditivo necessária para a obtenção do espalhamento requerido, mostrou-se que é possível atender aos critérios técnicos para a produção de um produto com fluidez, sem a ocorrência de segregação ou exsudação. Além disso, a incorporação desse filer nas argamassas acarreta em ganhos de resistência à compressão para consumos similares de cimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 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.
- _____. **NBR 16372**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro. 2015.
- _____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro. 2016.
- _____. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro. 2017.
- _____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro. 2009.
- _____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 2003.
- BARLUENGA, G.; HERNÁNDEZ-OLIVARES, F. Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste. **Construction and Building Materials**, v. 24, n. 9, p. 1601-1607, 2010.
- DOBISZEWSKA, M.; SCHINDLER, A. K.; PICHÓR, W. Mechanical properties and interfacial transition zone microstructure of concrete with waste basalt powder addition. **Construction and Building Materials**, v. 177, p. 222-229, 2018.
- LAIBAO, L.; YUNSHENG, Z.; WENHUA, Z.; ZHIYONG, L.; LIHUA, Z. Investigating the influence of basalt as mineral admixture on hydration and microstructure formation mechanism of cement. **Construction and Building Materials**, v. 48, p. 434 – 440, 2013.

ONISHI, K.; BIER, T. A. Investigation into relations among technological properties, hydration kinetics and early age hydration of self-leveling underlayments. **Cement and Concrete Research**, v. 40, n. 7, p. 1034-1040, 2010.

SEIFERT, S.; NEUBAUER, J.; GOETZ-NEUNHOEFFER, F. Spatially resolved quantitative in-situ phase analysis of a self-leveling compound. **Cement and Concrete Research**, v. 42, n. 7, p. 919-927, 2012.

UNČÍK, S.; KMECOVÁ, V. The effect of basalt powder on the properties of cement composites. **Procedia Engineering**, v. 65, p. 51-56, 2013.

UYSAL, M.; YILMAZ, K. Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 33, n. 7, p. 771-776, 2011.