ESTUDO DA DOSAGEM DE DIFERENTES ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA PARA OBTENÇÃO DO TEOR ÓTIMO NA COMPOSIÇÃO DE ARGAMASSAS

Study of the dosage of different water-reducing additives to obtain the optimal content in the composition of mortars

Tales Junior Martins Prata da Mata
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | talesjr0@gmail.com

Fernando do Couto Rosa Almeida
Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, Minas Gerais | fernando@demc.ufmg.br

RESUMO

Este estudo pretende avaliar a influência de diferentes tipos e teores de aditivos redutores de água a fim de se obter o teor ótimo na composição das argamassas. Para isso, foram misturadas argamassas com o traço de 1:3:0,4 (cimento:areia:água). Três tipos de aditivos redutores de água (denominados PF00, PF01 e MG51), dois tipos de areia (IPT e natural) e dois métodos de adensamento (mecânico e manual) foram avaliados. As misturas foram submetidas à análise de consistência e resistência à compressão. Ao fim do programa experimental obteve-se os seguintes teores ideais: 1,5% para PF00 e 1,2% para o PF01 e MG51. Esses valores podem ser considerados como pontos de partida para dosagem de argamassas utilizando areias de origem reciclada ou de materiais residuais.

Palavras-chave: Superplastificante; Hiperplastificante; Índice de consistência; Resistência à compressão; Ecoeficiente.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the influence of different types and contents of water-reducing additives in order to obtain the optimal content in the composition of mortars. For this, mortars with a 1:3:0.4 ratio (cement:sand:water) were mixed. Three types of water-reducing additives (PF00, PF01 and MG51), two types of sand (IPT and natural) and two methods of densification (mechanical and manual) were evaluated. The mixtures were subjected to consistency and compressive strength analysis. At the end of the experimental program, the following ideal contents were obtained: 1,5% for PF00 and 1,2% for PF01 and MG51. These values can be considered as starting points for dosing mortars using sands from recycled sources or residual materials.

Keywords: Superplasticizer; Hiperplasticizer; Consistence index; Compressive strength; Eco-efficient.

1 INTRODUÇÃO

As argamassas podem ser compreendidas como uma mistura homogênea entre um ou mais aglomerante, areia, água e podendo conter ou não a presença de algum aditivo químico. O material proporciona as propriedades de aderência e endurecimento, tendo sua utilização, principalmente, no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento (Carasek, 2010). Visando aumentar a ecoeficiência desses compósitos cimentícios, muitos materiais alternativos, como resíduos de construção, subprodutos industriais e rejeitos minerais, podem ser incorporados na produção de argamassas (Carvalho *et al.*, 2024; Avudaiappan *et al.*, 2024).

Levando em consideração a importância do setor da construção e o avanço tecnológico observado nas últimas décadas, diversas ferramentas vêm sendo estudadas, desenvolvidas e aprimoradas para garantir a eficiência máxima de produção do ramo construtivo. Dentre essas ferramentas, destaca-se os aditivos químicos, que buscam modificar a composição de argamassas e concretos para garantir uma determinada qualidade sem afetar nas demais características (Masterglenium 51, 2024; Mc-Powerflow4000, 2024; Mc-Powerflow4001, 2024).

Atualmente, o uso de aditivos químicos tem se tornado uma prática recorrente na produção de compósitos cimentícios visando melhorar algumas de suas propriedades, como por exemplo, fluidez, resistência mecânica e durabilidade (Carasek, 2010). Essa prática se torna ainda mais relevante quando resíduos de diferentes origens são incorporados na composição de argamassas cimentícias. Isso porque muitos desses materiais residuais possuem elevada porosidade e/ou superfície específica que podem demandar uma maior quantidade de água na mistura (Almeida *et al*., 2015; Castro *et al*., 2025; Fajardo *et al.*, 2025).

Os objetivos de incrementar algum tipo de aditivo redutor de água incluem possibilitar a redução da relação água/cimento, enquanto a trabalhabilidade necessária é mantida, ou aumentar a trabalhabilidade para uma relação água/cimento específica (Neville, 2016). Materiais ecoeficientes, de maneira geral, são mais porosos, e com maior finura, demandando uma maior quantidade de água na mistura. Dessa maneira, este estudo pode ser entendido como um ponto de partida para futuras pesquisas que busquem o menor consumo de cada tipo de aditivos redutores de água utilizados nas produções de argamassas sustentáveis. Isso poderá garantir trabalhabilidade e resistência adequadas, a partir da redução da relação água/cimento para as argamassas que visem a incorporação de materiais residuais em sua produção.

Dessa maneira, o trabalho buscou estudar a dosagem de diferentes aditivos redutores de água para obtenção de teor ótimo na composição de argamassas. O trabalho comparou três marcas e diferentes teores de aditivos (superplastificantes e hiperplastificante), dois tipos de areia (natural e normalizada) e dois tipos de adensamento (manual e mecânico). Assim, o menor teor de cada aditivo redutor de água responsável por resultados mínimos de trabalhabilidade e resistência à compressão foram obtidos ao final do estudo.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

A confecção de cada argamassa contou com a presença dos seguintes materiais: aglomerante (cimento Portland CP V-ARI), agregado miúdo (areia natural e normal IPT), água e os aditivos redutores de água analisados (superplastificantes e hiperplastificante). Segundo dados do fabricante (Cimento Nacional, 2024), o cimento CP V-ARI possui uma resistência mecânica de, aproximadamente, 50 MPa aos 7 primeiros dias de cura, chegando a, aproximadamente, 60 MPa após os 28 dias. As curvas granulométricas dos agregados miúdos utilizados no estudo experimental são mostradas na Figura 1.

Buscando obter o melhor desempenho em relação à fluidez e resistência à compressão da massa, foi utilizado dois aditivos superplastificantes (denominado PF00 e PF01), e um terceiro, hiperplastificante (denominado MG51), conforme a Figura 2. Todos os aditivos estudados eram líquidos viscosos, com colorações distintas, sendo os superplastificantes alaranjados, e o hiperplastificante, amarelado.

2.2 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Para a produção das argamassas, um traço inicial foi fixado, onde ocorreu a variação apenas do tipo de areia, tipo e teor de aditivo e tipo de adensamento. O traço utilizado para a confecção de todas as

argamassas foi o 1:3:0,4 (cimento: areia: água). Foi adotado os seguintes teores para os aditivos redutores de água: 0,5%, 1,0%, 1,2%, 1,5% e 3,0%.

Figura 1: Curvas granulométricas das areias natural e normal (IPT).

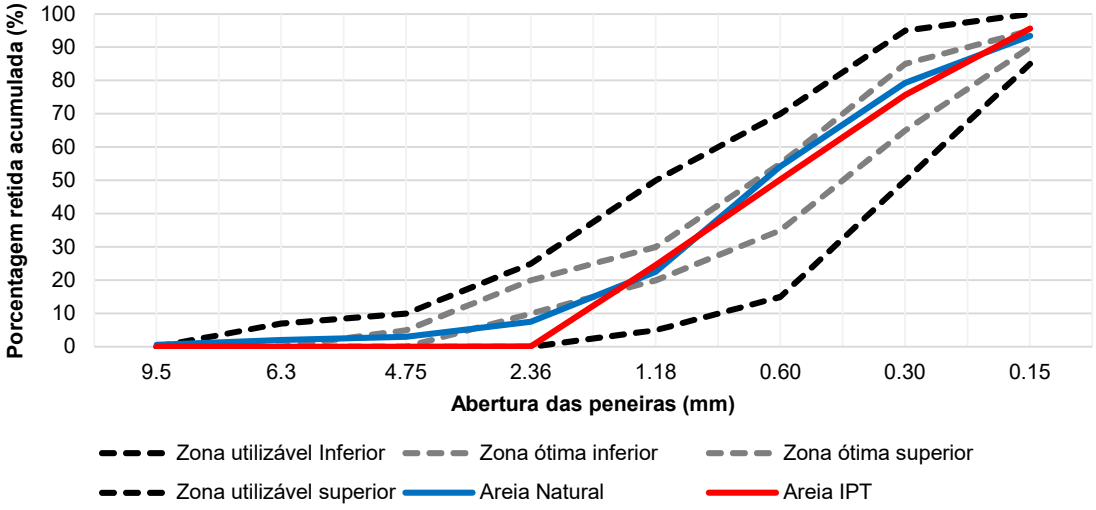


Figura 2: Aditivos redutores de água: (a) Superplastificantes PF00 e PF01, (b) Hiperplastificante MG51.



(a)



(b)

Um procedimento padrão para a confecção das misturas foi utilizado, baseado na NBR 7215 (ABNT, 2019) e modificado, em alguns parâmetros, para o estudo em questão, visando adequar o incremento dos aditivos na composição. O tempo de descanso da argamassa (antes do início da alta rotação) foi de 10 min para todas as argamassas, e de 20 min para argamassa com 0,5% de aditivo. O adensamento foi realizado de forma manual e mecânica (mesa vibratório), conforme NBR 5738 (ABNT, 2015).

2.3 MÉTODOS DE ENSAIO

As argamassas no estado fresco foram avaliadas por meio do ensaio do índice de consistência (*flow table test*), conforme prescreve a NBR 13276 (ABNT, 2016). O espalhamento da argamassa foi medido com o auxílio de um paquímetro. Um valor médio de (250 $\pm$ 10) mm de espalhamento foi adotado como referência para se atingir uma fluidez desejável, baseando-se em estudos como os de Sales, Sá e Santos (2014), Milani e Barboza (2016) e Ribeiro *et al.* (2016).

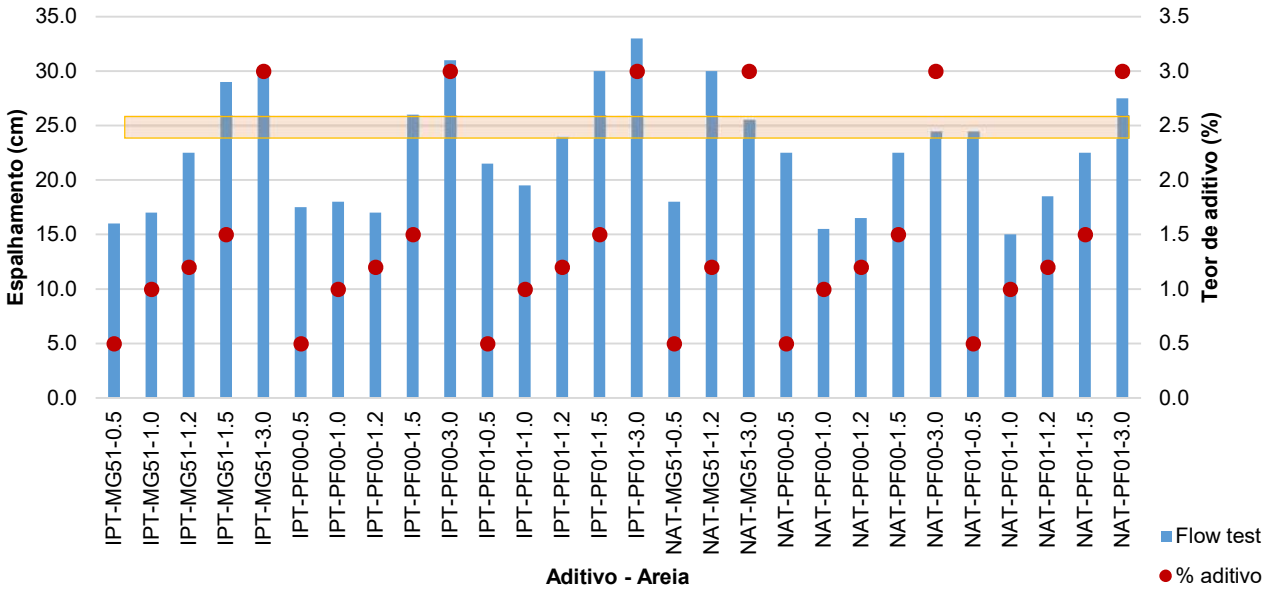
Os corpos de prova cúbicos foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão em idades mínimas de 28 dias. A máquina utilizada para a ruptura à compressão dos corpos de prova se tratou de uma prensa hidráulica, que aplicou uma força que que se elevava, gradativamente, a uma velocidade controlada de (0,25 $\pm$ 0,05) MPa/s até o momento da ruptura, conforme recomendações da NBR 7215 (ABNT, 2019).

Os valores de resistência à compressão foram obtidos a partir de ensaios realizados em triplicata, ou seja, resultados obtidos a partir da média aritmética e desvio padrão de três amostras analisadas, para cada traço. Os resultados foram analisados, estatisticamente, por meio do cálculo da média e desvio padrão. Além disso, foi realizado uma análise qualitativa relativa ao rompimento dos corpos de prova. De acordo com a norma britânica BS EN 12390-3 (2019), um corpo de prova de concreto, quando adensado suficientemente, deve apresentar um padrão de ruptura determinado, a partir do afunilamento das faces expostas e uma formação de uma espécie de ampulheta na amostra rompida.

3 RESULTADOS

A Figura 3 apresenta os resultados dos ensaios de índice de consistência. Nota-se que foram obtidos espalhamentos mínimos e máximos de 15,0 e 33,0 cm, respectivamente. Apesar de ter sido obtido resultados inferiores ao utilizado como referência (25,0 ± 1,0) cm, observa-se que grande parte dos corpos de prova apresentaram índices de consistência satisfatórios, ou seja, argamassas com consistências que eram possíveis de serem moldadas. Constatou-se, também, que 12 dos 28 traços se enquadraram nos limites estabelecidos e, alguns, superaram o valor de referência da consistência, indicando uma maior fluidez da mistura e maior facilidade de moldagem.

Figura 3: Representação dos índices de consistência. Em destaque (faixa laranja), o índice de consistência desejável de (250 ± 10) mm.



Observa-se, também, a tendência de um maior espalhamento, ou seja, trabalhabilidade e fluidez da argamassa com o aumento no teor de aditivo. É importante ressaltar que foi optado por um maior tempo de mistura para as argamassas com 0,5% de teor de aditivo (20 minutos), a fim de garantir que esse baixo teor de aditivo pudesse ser adequadamente misturado e interagido com os demais materiais constituintes. Essa adequação foi constatada nos índices de consistência que, na maioria das vezes, foram superiores aos valores de espalhamento de argamassas com teores maiores de aditivos (ex. 1,0%). Esse incremento de tempo em relação aos demais teores se mostrou suficiente para elevar o processo de ativação dos aditivos químicos.

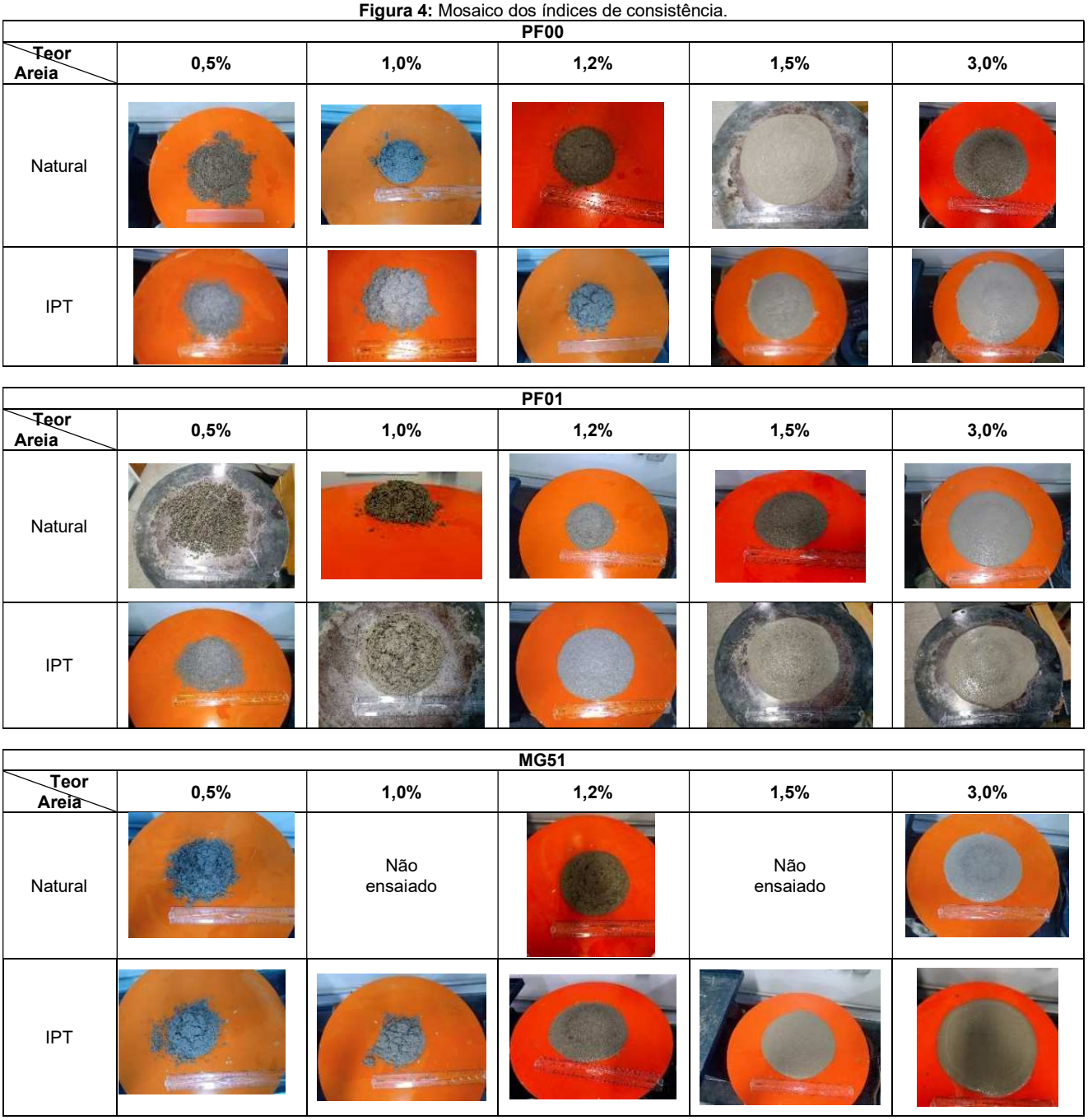
A Figura 4 apresenta uma sequência de imagens relativas aos espalhamentos obtidos com o programa experimental. Ressalta-se que as argamassas com areia natural e aditivo MG51 nos teores de 1,0% e 1,5% não foram ensaiadas devido ao esgotamento da amostra daquele aditivo químico.

As Figura 5 e Figura 6 apresentam as resistências médias relativas ao adensamento mecânico e manual, respectivamente. De acordo com a NBR 16697 (ABNT, 2018) o mínimo de 34 MPa é esperado para o cimento utilizado na confecção de argamassas padrão (traço 1:3, utilizando areia IPT e a/c = 0,48). Nota-se resistências muito abaixo da mínima estipulada pela NBR 16697 (ABNT, 2018), de 34 MPa, principalmente nos menores teores de aditivo.

Observa-se, também, a mesma tendência de elevação de resistência ao passo que o teor de aditivo aumenta. Esse fato é explicado por autores como Mehta e Monteiro (2008), que explicam em seus trabalhos a importância de um adensamento suficiente a fim de eliminar possíveis vazios de ar aprisionados na mistura, que são responsáveis pela drástica diminuição de resistência mecânica, principalmente nos teores mais baixos de aditivo.

A Figura 7 apresenta dois dos corpos de prova moldados no programa experimental. Em (a) observa-se uma argamassa composta pelo traço de 0,5% de aditivo (areia IPT e aditivo PF00) e em (b), 3,0% de aditivo (areia natural, aditivo MG51).

Figura 4: Mosaico dos índices de consistência.



Na Figura 7 (a) constata-se a presença de vazios de ar incorporado devido a insuficiência dos dois métodos de adensamentos utilizados. Para esses casos, o menor valor de resistência à compressão obtida foi de 2,82 MPa, com o traço composto por 0,5% do superplastificante PF00, areia IPT e adensamento mecânico. Na Figura 7(b) observa-se um corpo de prova mais homogêneo, com poucas cavidades e sem a presença de uma linha de fissuração. Nessas amostras, obteve-se os maiores valores de resistência à compressão, sendo a máxima de 57,10 MPa, com o traço composto por 3,0% do hiperplastificante MG51, areia natural e adensamento manual.

Analisando, tanto o ensaio de índice de consistência quanto o de resistência à compressão, foram obtidos os teores ideais para os aditivos redutores de água analisados. Para o superplastificante PF00, o teor de 1,5% de aditivo, areia IPT e adensamento manual forneceu um índice de consistência de 26 cm e uma resistência à compressão de 34,27 MPa. O superplastificante PF01, com 1,2% de aditivo, areia IPT e adensamento mecânico apresentou um índice de consistência de 24 cm e uma resistência à compressão de 48,92 MPa. Já o hiperplastificante MG51 apresentou seu teor ideal com 1,2% de aditivo, areia natural e adensamento manual, com um índice de consistência de 30 cm e resistência à compressão de 40,35 MPa.

Figura 5: Resistências médias à compressão - Adensamento mecânico. Em destaque (faixa laranja), a resistência à compressão mínima objetivada (34 MPa).

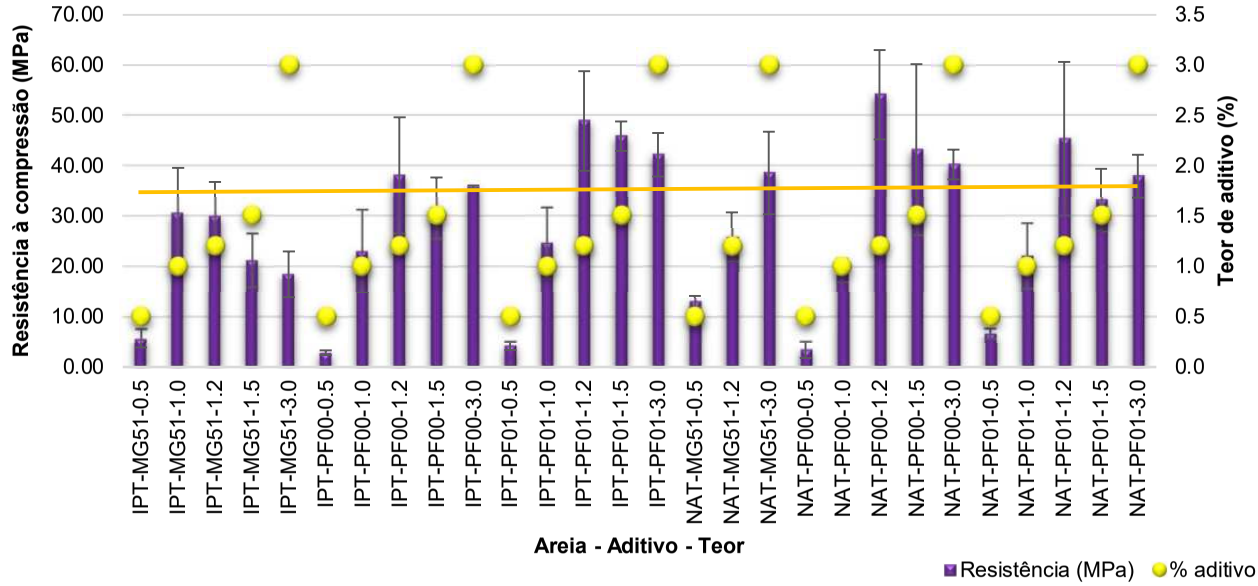


Figura 6: Resistências médias à compressão - Adensamento manual. Em destaque (faixa laranja), a resistência à compressão mínima objetivada (34 MPa).

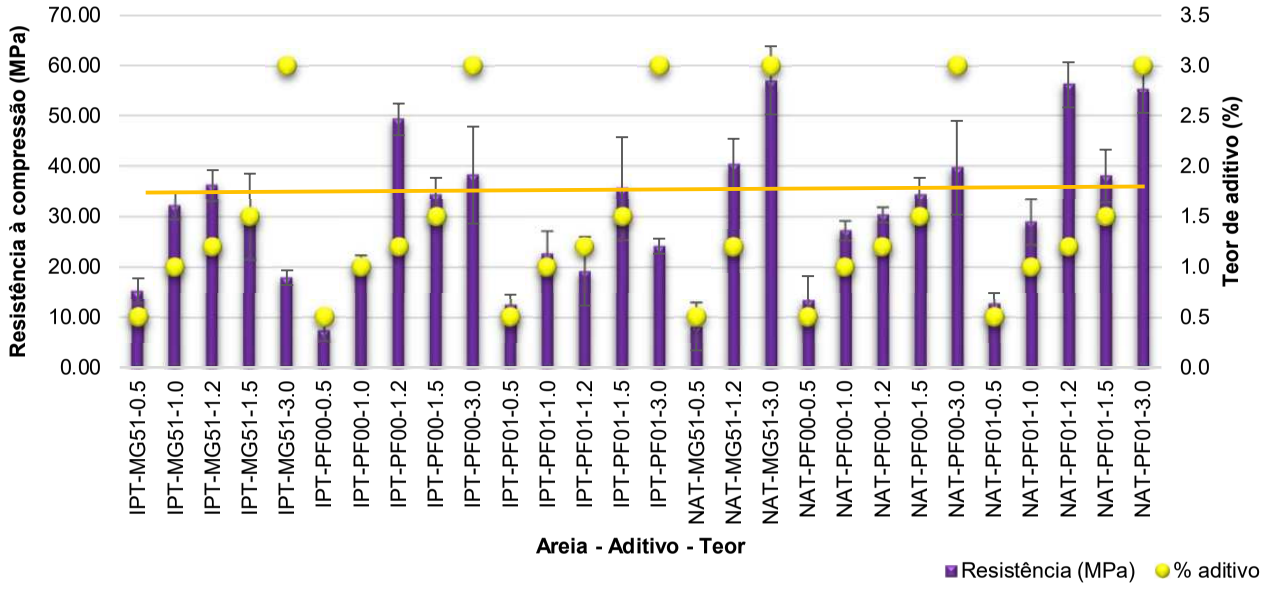
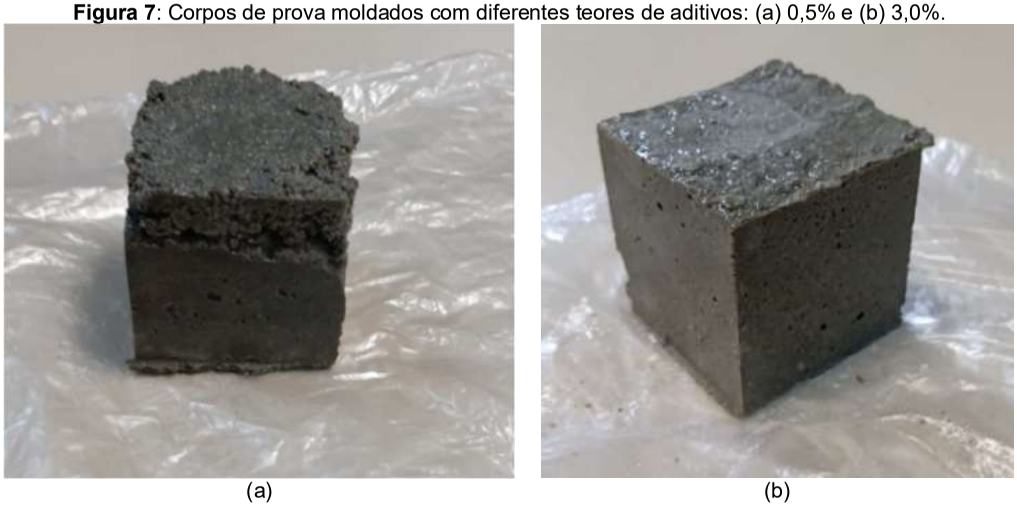


Figura 7: Corpos de prova moldados com diferentes teores de aditivos: (a) 0,5% e (b) 3,0%.



(a) (b)

CONCLUSÃO

A partir do estudo experimental realizado, conclui-se que o teor de 1,2% e 1,5% de aditivos super e hiperplastificantes se mostram ideais para a produção de argamassas plásticas e resistentes, e que utilizam materiais convencionais. Esses valores podem ser considerados pontos de partida para estudos de dosagem de compósitos cimentícios ecoeficientes com incorporação de resíduos. Isso porque materiais alternativos podem demandar mais água na mistura e reduzir a sua plasticidade, aumentando a necessidade do uso desses aditivos químicos. Isso foi observado utilizando diferentes tipos de areia: apesar de valores de resistência à compressão similares, em geral, areia natural apresentou menor trabalhabilidade do que areia IPT. Assim, a continuidade dessa pesquisa buscará definir teores ideais de aditivos redutores de água para diferentes compósitos cimentícios com areias oriundas de fontes alternativas, como material reciclado ou residual.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG (Processos APQ-00062-22 e APQ-06746-24) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. R.; *et al.,* Sugarcane bagasse ash sand (SBAS): Brazilian agroindustrial by-product for use in mortar. **Construction Building Materials**, v. 82, p. 32-38, feb. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:** Procedimento para moldagem e cura dos corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

____. **ABNT NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

___. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

____. **ABNT NBR 16697:** Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

AVUDAIAPPAN, S.; *et al.,* Experimental investigationsonsustainablemortarcontaining mining tailing as partialreplacementof fine aggregate. **International Journalof Mining, Reclamationand Environment.** v. 39, n. 3, p. 235-247, sep. 2024.

BRITISH STANDARD INSTITUITION. **BS EN 12390-3:** Compressive strength of test speciments. BSI, 2019.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Organizador/Editor). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Goiás: IBRACON, 2010. Cap. 28, p. 886.

CARVALHO, J. L. B.; MARQUES, S. J. K; SOUZA, R. F. M. Produção sustentável de argamassa com substituição parcial do agregado miúdo por embalagens cartonadas trituradas. **Revista Matéria.** v. 29, n. 2, mar. 2024.

CASTRO, T. E. C.; *et al.,* Structural cementitious composites produced with fine recycled aggregate from concrete/ceramics wastes. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 25, jan./dez. 2025.

CIMENTO NACIONAL. **CPI-ARI MAX.** Disponível em: <https://cimentonacional.com.br/public/uploads/files/produtos/cpi-ari-max/arquivo.pdf>. Acesso em 14/11/2024.

FAJARDO, A. A.; *et al.,* High-performance structural mortars with the admixture of silica fume from steel waste. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 25, e138597, jan./dez. 2025.

MASTER BUILDERS. **Masterglenium 51.** Disponível em: <https://cdn.ntcbrasil.com.br/wp-content/uploads/masterglenium-51-glenium-51-basf-ficha-tecnica.pdf>. Acesso em 14/11/2024.

MC BAUCHEMIE. **MC-PowerFlow 4000**. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas_tecnicas/MC-PowerFlow%204000.pdf>. Acesso em 14/11/2024.

MC BAUCHEMIE. **MC-PowerFlow 4001**. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/assets/downloads/products/pt-BR/fichas_tecnicas/MC-PowerFlow%204001.pdf>. Acesso em 14/11/2024.

MILANI, A. P.; BARBOZA, C. S. Contribuição ao estudo de propriedades do solo-cimentício autoadensável para fabricação de paredes monolíticas. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 143-153, out./dez. 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

RIBEIRO, K. F. A.; *et al.,* Estudo da substituição da areia pelo pó de pedra como agregado miúdo em argamassa. *In*: ENCONTRO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL, 4., 2016, Cuiabá. **Anais**... Cuiabá: EEEA, 2016.

SALES, A. T. C.; SÁ, B. R. C.; SANTOS, D. G. Argamassa com substituição parcial do agregado miúdo por pó de mármore. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais**... Maceió: ENTAC, 2014.