INCORPORAÇÃO CONJUNTA DE MACROFIBRAS POLIMÉRICAS E FINO DE ROCHA GRANITICA EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL: PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

Thiago de Oliveira Ribeiro[1], Larissa Dias Rodrigues[1], Lylian Gabriele Carneiro Oliveira[1], Gabriella Cintra dos Santos[1], Davi Guimarães Pereira[1], Fernanda Nepomuceno Costa[1]

[1]Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Laboratório de Materiais de Construção, Rua Rui Barbosa, 710, Centro - 44380-000 - Cruz das Almas-BA, Brasil, thiagoribeiro@aluno.ufrb.edu.br; larissadr@aluno.ufrb.edu.br; lyliangabriele@aluno.ufrb.edu.br; gabycintr4@gmail.com, dguimaraes19p@gmail.com, fernandacosta@ufrb.edu.br.

Resumo

Este estudo avaliou a influência da incorporação de macrofibras poliméricas e fino de rocha granítica (FRG) nas propriedades do concreto autoadensável (CAA) no estado fresco. Foram comparados um traço de referência (T-REF) e um traço modificado (T1), contendo 1,8 kg/m³ de macrofibra e 5% de FRG. Foram avaliados o espalhamento, o tempo t500, a viscosidade aparente, a habilidade passante e a estabilidade visual. O T1 apresentou redução do espalhamento e aumento dos tempos de escoamento em relação ao T-REF, indicando menor fluidez e maior viscosidade aparente. Apesar das alterações na estabilidade visual e na habilidade passante, os dois traços permaneceram classificados como SF2 e VS1. Os resultados indicam que, nas condições estudadas, a mistura modificada manteve comportamento compatível com a autoadensabilidade.

Palavras-chave: Concreto autoadensável. Macrofibras poliméricas. Fino de rocha granítica. Estado fresco. Propriedades reológicas.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

O concreto autoadensável (CAA) caracteriza-se pela elevada fluidez, capacidade de preenchimento e habilidade passante, permitindo seu adensamento sob o próprio peso, sem a necessidade de vibração externa (Tutikian e Molin, 2008). Entretanto, modificações na composição da mistura podem alterar suas características de fluxo, exigindo controle adequado para garantir a manutenção da autoadensabilidade.

Nesse contexto, a incorporação de macrofibras poliméricas pode influenciar o comportamento reológico do CAA, em razão da interação das fibras com os demais constituintes da mistura. Leite e Castro (2020) e Santos (2022) destacam que a presença de fibras pode aumentar a resistência ao escoamento e reduzir a mobilidade do concreto, efeito que tende a se intensificar com o aumento do teor incorporado (Figueiredo, Monte e Bitencourt Jr., 2022). Por outro lado, Hussain, Wankhade e Singh (2024) verificaram que dosagens adequadas podem preservar a capacidade de preenchimento e a habilidade passante de concretos autoadensáveis reforçados com fibras.

A caracterização dessas alterações é realizada por meio de parâmetros que permitem avaliar a fluidez, a viscosidade, a habilidade passante e a estabilidade das misturas. Nesse sentido, a NBR 15823-1 (ABNT, 2017) estabelece os requisitos e critérios de classificação do CAA no estado fresco, enquanto suas partes complementares definem os procedimentos para a determinação dessas propriedades.

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar a influência da incorporação de macrofibras poliméricas e fino de rocha granítica nas propriedades do concreto autoadensável no estado fresco, comparando uma mistura de referência e uma mistura modificada quanto ao espalhamento, tempo de escoamento t500, viscosidade aparente, habilidade passante e estabilidade visual.

Metodologia

O programa experimental foi desenvolvido para avaliar o comportamento de concretos autoadensáveis no estado fresco. Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no campus de Cruz das Almas.

Foram produzidos dois tipos de concretos autoadensáveis: um traço de referência (T-REF) e um traço contendo fino de rocha granítica (FRG) e macrofibras poliméricas (T1). Foram utilizados cimento Portland CP V-ARI, areia natural, areia de britagem, brita com dimensão máxima característica de 12,5 mm, FRG, aditivo polifuncional MIRA SET 148 (GCP Applied Technologies), aditivo superplastificante POWERFLOW 1108 (MC-Bauchemie Brasil) e macrofibra sintética estrutural TUF-STRAND SF (Viapol Ltda.), composta por polipropileno e polietileno. No traço T1, foi incorporado o teor de 1,8 kg/m³ de macrofibra.

O traço T-REF apresentou proporções unitárias, em massa, de 1:2,12:0,53:2,24, correspondentes ao cimento, à areia natural, à areia de britagem e à brita, respectivamente (sem incorporação de FRG e macrofibra). No traço T1, foram adotadas as proporções de 1:2,07:0,05:0,53:2,24, correspondentes ao cimento, à areia natural, ao FRG, à areia de britagem e à brita, respectivamente. Assim, no T1, parte da areia natural foi substituída pelo FRG, além da incorporação das macrofibras poliméricas.

A relação água/cimento foi mantida constante em 0,56 para ambos os traços. O teor de superplastificante foi de 0,65% no T-REF e 0,75% no T1, sendo ajustado para compensar a maior demanda de trabalhabilidade decorrente da incorporação das macrofibras.

A produção dos concretos foi realizada em betoneira de eixo inclinado, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 12821 (ABNT, 2009). Após a produção, os concretos foram submetidos aos ensaios para caracterização das propriedades no estado fresco, conforme os procedimentos e critérios normativos apresentados nas subseções correspondentes.

Os ensaios no estado fresco foram realizados imediatamente após a homogeneização das misturas, conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 15823-1 (ABNT, 2017). Foram realizados os ensaios de espalhamento (Slump Flow), tempo de escoamento t_{500} e Índice de Estabilidade Visual (IEV), conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 15823-2 (ABNT, 2017). Os procedimentos dos ensaios são apresentados na Figura 1

Figura 1 – *Slump flow*, determinação do tempo t_{500} e índice de estabilidade visual.



Fonte: Autores (2026).

A habilidade passante foi avaliada pelo ensaio do Anel J, conforme a NBR 15823-3 (ABNT, 2017), e pelos ensaios das Caixas L e U, conforme a NBR 15823-4 (ABNT, 2017). A viscosidade aparente foi avaliada por meio do ensaio do Funil V, conforme a NBR 15823-5 (ABNT, 2017). Os procedimentos empregados nesses ensaios são apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do procedimento executivo: (A) Anel J; (B) Caixa L; (C) Caixa U; e (D) Funil V.



(A)



(B)



(C)



(D)

Fonte: Autores (2026).

Após a realização dos ensaios, os resultados obtidos foram comparados aos limites e critérios de classificação estabelecidos pela NBR 15823-1 (ABNT, 2017), de modo a verificar a conformidade dos concretos autoadensáveis com os requisitos normativos aplicáveis às propriedades avaliadas no estado fresco.

Resultados

Os resultados obtidos para os concretos T-REF e T1 no estado fresco são apresentados considerando as propriedades de estabilidade visual, espalhamento, viscosidade aparente e habilidade passante. A análise foi realizada a partir dos valores obtidos nos ensaios e das respectivas classificações estabelecidas na NBR 15823-1 (ABNT, 2017).

A estabilidade visual das misturas foi avaliada por meio do Índice de Estabilidade Visual (IEV). Conforme apresentado na Figura 3, o T-REF foi classificado como IEV = 0, indicando uma mistura homogênea, sem evidências de segregação ou exsudação. O T1 foi classificado como IEV = 2, caracterizado pela presença de discreto acúmulo de agregados na região central da amostra.

Figura 3 - Visualização do índice de estabilidade visual: TREF (A); T1 (B).



(A) (B)

Fonte: Autores (2026)

Os resultados de espalhamento, tempo de escoamento t500 e viscosidade aparente obtidos pelo Funil V são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados do espalhamento e da viscosidade aparente dos concretos avaliados

Traço	SF (mm)	IEV	t500 (s)	Funil V (s)
T-REF	707,5	0	1,23	7,6
T1	660,0	2	1,79	9,1

Fonte: elaborado pelos próprios autores.

Os concretos T-REF e T1 apresentaram diâmetros de espalhamento de 707,5 e 660,0 mm, respectivamente, ambos correspondentes à classe SF2. Para o tempo de espalhamento t_{500}, foram obtidos 1,23 s para o T-REF e 1,79 s para o T1, enquanto ambos foram classificados como VS1. No ensaio do Funil V, o T-REF apresentou tempo de escoamento de 7,6 s, sendo classificado como VF1, enquanto o T1 apresentou 9,1 s, correspondente à classe VF2.

A habilidade passante foi avaliada por meio dos ensaios do Anel J, da Caixa L e da Caixa U, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de habilidade passante dos concretos avaliados

Traço	Anel J (mm)	Caixa L	Caixa U (mm)
T-REF	27,5	0,89	29,0
T1	13,0	0,80	50,0

Fonte: elaborado pelos próprios autores.

No ensaio do Anel J, o T-REF apresentou classificação PJ2, com 27,5 mm, enquanto o T1 foi classificado como PJ1, com 13,0 mm. Na Caixa L, o T-REF apresentou razão de bloqueio de 0,89, enquanto o T1 apresentou 0,80. Para a Caixa U, foram obtidos valores de 29,0 mm para o T-REF e 50,0 mm para o T1.

A síntese das classificações obtidas nos ensaios realizados no estado fresco é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação dos concretos autoadensáveis no estado fresco

Traço	SF (mm)	VS	IEV	VF	Anel J	Caixa L	Caixa U
T-REF	SF2	VS1	0	VF1	PJ2	PL2	PU

T1	SF2	VS1	2	VF1	PJ2	PL2	PU

Fonte: elaborado pelos próprios autores.

Na Caixa U, o T-REF apresentou 13,0 mm, enquanto o T1 apresentou 29,0 mm, ambos atendendo ao limite máximo de 30 mm estabelecido para a classe PU pela NBR 15823-1 (ABNT, 2017). Embora o T1 tenha permanecido dentro do limite normativo, o valor mais elevado, associado à redução da razão de bloqueio observada na Caixa L, indica menor habilidade passante em relação ao T-REF. Esse comportamento pode estar associado às alterações na composição da mistura, incluindo a incorporação das macrofibras, do FRG e o ajuste no teor de superplastificante.

Discussão

A comparação entre os traços evidencia alterações no comportamento do concreto no estado fresco. O diâmetro de espalhamento passou de 707,5 mm no T-REF para 660,0 mm no T1, enquanto o tempo t500 aumentou de 1,23 s para 1,79 s. Esse comportamento indica redução da fluidez da mistura, podendo estar associado ao aumento do atrito interno provocado pela presença das fibras e à maior interação entre elas e os demais constituintes da matriz cimentícia.

Apesar da redução do espalhamento, ambos os traços permaneceram classificados como SF2 e VS1. De acordo com a NBR 15823-1 (ABNT, 2017), a classe SF2 corresponde à faixa de espalhamento de 660 a 750 mm, sendo aplicável a diversas situações de uso de concreto autoadensável. Dessa forma, a alteração observada no T1 não comprometeu sua classificação quanto ao espalhamento nem quanto ao t_{500}.

O efeito sobre a viscosidade plástica aparente foi mais evidente no ensaio do Funil V. O tempo de escoamento aumentou de 7,6 s no T-REF para 9,1 s no T1, resultando na alteração da classificação de VF1 para VF2. Esse resultado indica maior resistência ao escoamento em condições de fluxo confinado. Segundo Leite e Castro (2020) e Santos (2022), a presença de fibras pode reduzir a mobilidade da mistura e modificar suas condições de fluxo.

Quanto à estabilidade visual, o T-REF apresentou IEV = 0, enquanto o T1 apresentou IEV = 2, caracterizado por discreto acúmulo de agregados na região central da amostra. Embora tenha ocorrido essa alteração, não foram observados sinais de segregação acentuada ou exsudação, indicando que a mistura apresentou estabilidade visual compatível com a classificação obtida.

Na habilidade passante, ambos os traços foram classificados como PJ2 no ensaio do Anel J. Entretanto, o T1 apresentou valor de 50,0 mm, superior aos 27,5 mm obtidos para o T-REF. Na Caixa L, a razão de bloqueio passou de 0,89 no T-REF para 0,80 no T1, indicando maior restrição ao escoamento do T1 em regiões confinadas. Esse comportamento pode estar relacionado à maior interação mecânica das macrofibras com os demais constituintes da mistura (Santos, 2022; Leite e Castro, 2020).

Figueiredo, Monte e Bitencourt Jr. (2022) destacam que a incorporação de fibras pode reduzir a mobilidade do concreto no estado fresco, especialmente com o aumento do teor incorporado. Em contrapartida, Hussain, Waheed e Singh (2024) apontam que dosagens adequadas podem preservar a capacidade de preenchimento e a habilidade passante de concretos reforçados com fibras. Os resultados obtidos neste estudo apresentam tendência semelhante, uma vez que foram observadas reduções no espalhamento e na razão de bloqueio da Caixa L, embora os concretos tenham mantido as classificações de SF2 e VS1.

Os resultados obtidos neste estudo apresentam tendência semelhante, uma vez que foram observadas reduções no espalhamento e na razão de bloqueio da Caixa L, embora os concretos tenham mantido as classificações SF2 e VS1. Na Caixa U, ambos os traços atenderam à classe PU, porém o T1 apresentou valor de 29,0 mm, próximo ao limite máximo de 30 mm estabelecido pela NBR 15823-1 (ABNT, 2017), enquanto o T-REF apresentou 13,0 mm.

Cabe destacar que o T1 apresentou, além das macrofibras, a incorporação de 5% de FRG e aumento do teor de superplastificante de 0,65% para 0,75%. Portanto, as alterações observadas no

estado fresco podem resultar da combinação dessas modificações na composição, não sendo possível atribuí-las exclusivamente à presença das macrofibras.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos nesta etapa da pesquisa, conclui-se que:

- A incorporação conjunta das macrofibras poliméricas e do FRG modificou as propriedades do CAA no estado fresco, principalmente quanto à fluidez, ao tempo de escoamento e à habilidade passante.
- O T1 apresentou redução do espalhamento e aumento dos tempos de escoamento, embora tenha mantido as classificações SF2 e VS1.
- A habilidade passante foi reduzida no T1, que apresentou resultados mais próximos dos limites de aceitação nos ensaios de fluxo confinado, destacando-se o valor de 29,0 mm obtido na Caixa U, embora ainda dentro do limite máximo de 30 mm estabelecido para a classe PU.
- Os efeitos observados devem ser interpretados considerando a ação conjunta das macrofibras, do FRG e da alteração no teor de superplastificante, não sendo possível isolar a contribuição individual das macrofibras.
- A continuidade da pesquisa, com avaliação do concreto no estado endurecido, permitirá verificar os efeitos dessa incorporação sobre a resistência mecânica e a durabilidade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12821: Preparação de concreto em laboratório – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

_____. **NBR 15823-1: Concreto Autoadensável – Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco.** Rio de Janeiro, 2017. 20p.

_____. NBR 15823-2: Concreto Autoadensável – Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro, 2017. 9p.

_____. **NBR 15823-3: Concreto Autoadensável – Parte 3: Determinação da habilidade passante – Método do anel J.** Rio de Janeiro, 2017. 8p.

_____. **NBR 15823-4: Concreto Autoadensável – Parte 4: Determinação da habilidade passante – Métodos da caixa L e da caixa U.** Rio de Janeiro, 2017. 11p.

_____. **NBR 15823-5: Concreto Autoadensável – Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V.** Rio de Janeiro, 2017. 8p.

FIGUEIREDO, A. D.; MONTE, R.; BITENCOURT JR., L. A. G. **Concreto com fibras.** In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (Org.). **Concreto: ciência e tecnologia.** 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2022. v. 2. p. 1523-1560.

HUSSAIN, S.; WANKHADE, P.; SINGH, B. Enhancing the properties of self-compacting concrete by using steel and polypropylene fibers. **Journal of Materials in Civil Engineering**, Reston, v. 36, 2024.

LEITE, M. B.; CASTRO, A. L. Comportamento pós-fissuração de concretos reforçados com fibras de aço e macrofibras poliméricas. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 13, n. 6, 2020.

SANTOS, H. C. **Avaliação do concreto autoadensável com areia de RCD reforçados com fibras de aço e de polietileno submetidos ao ataque acelerado por cloretos.** 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

Agradecimentos

O presente trabalho contou com o incentivo à pesquisa do grupo de pesquisa VALORA Civil da UFRB.