



**SBTA**  
Simpósio Brasileiro de Tecnologia das  
**ARGAMASSAS**

3 a 5  
Outubro  
2023

João  
Pessoa-PB  
Centro de Convenções  
Ronaldo Cunha Lima



---

## PROPRIEDADES NOS ESTADOS FRESCO E ENDURECIDO DE ARGAMASSAS AUTONIVELANTES CONTENDO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Tema: Tecnologia dos materiais.

PALLOMA K. S. OLIVEIRA<sup>1</sup>, ALINE F. NÓBREGA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, palloma.kso@gmail.com

<sup>2</sup>Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>., Universidade Federal de Campina Grande/UFPG, aline.figueiredo@professor.ufcg.edu.br

### RESUMO

Esta pesquisa avaliou a incorporação de Resíduo da Construção e Demolição (RCD) em substituição ao agregado miúdo em argamassas autonivelantes, analisando suas propriedades frescas e endurecidas. Para tanto, foram produzidas argamassas à base de cimento e fíler calcário, estabelecendo uma mistura de referência na proporção 1:2:3 (CP:FC:AM). A partir dessa mistura, o agregado foi substituído pelo RCD nos níveis de 25%, 50%, 75% e 100%, em massa. Foram obtidos resultados positivos aos teores de substituição, tendo os traços modificados alcançados os requisitos estabelecidos para uma argamassa autonivelante como: espalhamento, viscosidade e resistências mecânicas.

**Palavras-chave:** fluidez, dosagem, viscosidade, fíler calcário.

### PROPERTIES IN THE FRESH AND HARDENED STATES OF SELF-LEVELING MORTARS CONTAINING CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

#### ABSTRACT

This research evaluated the incorporation of Construction and Demolition Waste (CDW) in substitution to the fine aggregate in self-leveling mortars, analyzing fresh and hardened properties. For this purpose, mortars based on cement and limestone filler were produced, establishing a reference mixture in the proportion 1:2:3 (CP:FC:AM). From this mixture, the aggregate was replaced by RCD at the levels of 25%, 50%, 75% and 100%, by mass. Positive results were obtained for the replacement levels, with the modified traits reaching the requirements achieved for a self-levelling mortar, such as: flowability, viscosity and mechanical resistance.

**Key-words:** fluidity, dosage, viscosity, limestone filler.



## 1. INTRODUÇÃO

A argamassa autonivelante (AAN) é um material de baixa viscosidade constituído por ligante, areia, água e aditivos, sua principal característica é a elevada fluidez, em comparação com as argamassas convencionais, e grande capacidade de espalhamento e nivelamento sem necessidade de vibração<sup>(1)</sup>. Outros pontos importantes com relação a aplicação da AAN são a diminuição de mão de obra e do tempo para a aplicação dessa argamassa, já que ela se espalha em decorrência de seu peso próprio<sup>(2)</sup>.

São propriedades essenciais às argamassas autonivelantes: autonivelamento, baixa viscosidade, menor tempo de pega, rápido endurecimento, rápido ganho de resistência, rápida secagem, estabilidade dimensional, durabilidade, resistência superficial e boa aderência ao substrato<sup>(3)</sup>. Dessa forma, para obter um resultado que englobe todos esses requisitos, a composição da argamassa autonivelante pode conter uma grande variedade de compostos, sendo basicamente constituída por ligante (cimento), agregado miúdo (areia), adições (finos), aditivos superplastificantes para proporcionar fluidez e, quando necessário, aditivo modificador de viscosidade, para controle da exsudação e segregação<sup>(3)</sup>.

Paralelo a isso, com a crescente concorrência e a exigência do mercado, a sustentabilidade também se tornou um diferencial competitivo significativo<sup>(4)</sup>. Nesse sentido, a utilização de materiais provenientes de resíduos da construção civil em argamassas autonivelantes pode ser uma opção sustentável, competitiva e eficaz para o canteiro de obras. Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por materiais alternativos que sejam eficientes, econômicos e sustentáveis<sup>(5)</sup>.

Pesquisadores apontam que argamassas com agregado reciclado podem apresentar resistência à compressão maior em comparação à argamassa composta apenas por agregado natural<sup>(6)</sup>. Carvalho<sup>(7)</sup>, utilizando uma mistura ternária de adição de FC, cinza volante e RCD, obteve valores de resistência à compressão significativamente altos, variando entre 30 e 35 MPa. Assim, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o efeito da incorporação do agregado miúdo proveniente da reciclagem do RCD nas propriedades frescas e endurecidas de argamassas autonivelantes produzidas à base de Cimento Portland e fíler calcário.

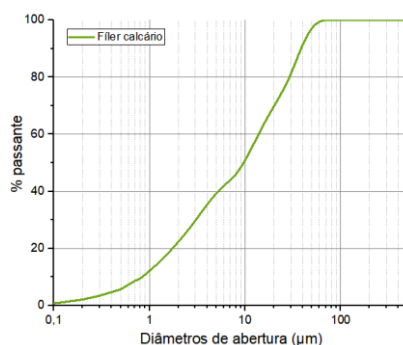
## 2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

### 2.1. Materiais

Foi utilizado o CPV–ARI (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), cujo emprego em AAN é frequente. Optou-se por produzir uma AAN contendo o fíler calcário (FC) no traço de referência<sup>(8)</sup>, devido sua alta finura do FC e o desejo de minimizar a quantidade de cimento. O material é composto inteiramente pela porção de finos passantes na peneira de abertura

0,075mm. Os resultados de massa específica<sup>(9)</sup> e massa unitária<sup>(10)</sup> encontrados foram 2,84 g/cm<sup>3</sup> e 1,12 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, e sua distribuição granulométrica é mostrada na Figura 1, analisada através da técnica de difração de raio laser.

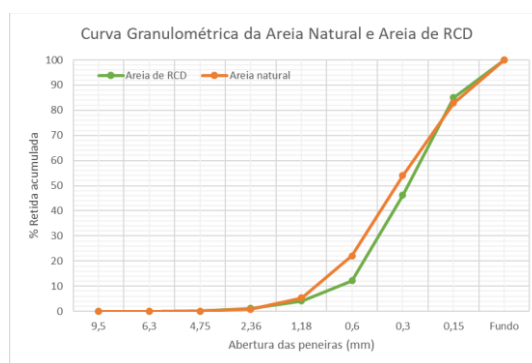
Figura 1 – Curva de distribuição granulométrica do fíler calcário



Fonte: autoria própria

Como agregado foi utilizada a areia natural de origem quartzosa, obtida em empresa da cidade de João Pessoa-PB. Para a AN utilizada nessa pesquisa obteve massa específica de 2,67 g/cm<sup>3</sup> e taxa de absorção de água<sup>(11)</sup> para a areia natural foi de 0,13%. A massa unitária<sup>(10)</sup> da AN foi de 1,60 g/cm<sup>3</sup>. A Figura 2 apresenta sua curva de distribuição granulométrica<sup>(12)</sup>, a partir dela calculou-se o diâmetro máximo ( $D_{m\acute{a}x}$ ) de 2,36mm e módulo de finura (MF) 1,65.

Figura 2 – Curva de distribuição granulométrica da areia natural e RCD



Fonte: autoria própria

Também na Figura 2 pode ser observada curva de distribuição granulométrica do RCD, cujo  $D_{m\acute{a}x}$  1,18mm e MF 1,49. O RCD é constituído tanto de resíduos de argamassa e concreto, quanto de cerâmica vermelha, caracterizando-se como um resíduo misto. O valor de massa específica para a areia de RCD foi de 2,40 g/cm<sup>3</sup> e sua taxa de absorção de água<sup>(11)</sup> foi 4,30%. A massa unitária<sup>(10)</sup> obtida foi de 1,29 g/cm<sup>3</sup>. O material precisou passar pela peneira de abertura 2,36mm a fim de retirar grãos maiores que poderiam atrapalhar o desempenho da



argamassa. O superplastificante (SP) utilizado é constituído por uma solução aquosa a base de polímeros policarboxílatos, com densidade específica de  $1,07\text{g/cm}^3$ .

## 2.2. Metodologia

As argamassas de referência foram compostas de cimento Portland (CP), fíler calcário (FC) e agregado miúdo, no traço 1:2:3<sup>(8)</sup>, em massa. As demais misturas foram produzidas com a substituição do agregado natural pela areia de RCD em teores 25% (T25), 50% (T50), 75% (T75) e 100% (T100). As argamassas foram produzidas a fim de se obter um diâmetro de espalhamento na faixa de 240-260mm<sup>(13)</sup>, para uma relação água/cimento fixa de 0,92. O teor de SP a ser incorporado foi estabelecido de acordo com esses parâmetros.

O procedimento de mistura foi desenvolvido buscando a disposição dos materiais da maneira mais homogênea possível. Inicialmente adicionou-se toda água da mistura junto com todos os materiais secos (homogeneizados separadamente) e em sequência iniciou-se a mistura na velocidade 1 (140 rpm) durante 1 minuto. Tendo passado o primeiro minuto, a argamassadeira foi desligada e ocorreu a raspagem das laterais da cuba a fim de retirar os materiais que ficaram acumulados. Posteriormente, foi adicionado o aditivo superplastificante e os materiais voltaram a ser misturados, agora na velocidade 2 (285 rpm), por 3 minutos.

Em seguida deu-se início à análise das propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido. No estado fresco foi feito o ensaio de espalhamento na mesa (Mini slump)<sup>(13)</sup>, que tem como objetivo verificar a consistência da argamassa através da média de dois diâmetros perpendiculares do espalhamento do material, avaliando a habilidade do material se espalhar e ocupar os espaços. Foi realizado também o ensaio de Funil V<sup>(13)</sup>, que mede a capacidade de fluxo de argamassa e avalia a ausência de bloqueio no fluxo da mesma. O tempo de queda da argamassa deve ser compreendido entre 7 a 11 segundos<sup>(13)</sup>.

No estado endurecido foram realizados os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão<sup>(14)</sup>, dispensando o adensamento na moldagem devido à alta fluidez da argamassa. A cura foi realizada em ambiente laboratorial e os ensaios foram realizados nas idades de 1 e 28 dias.

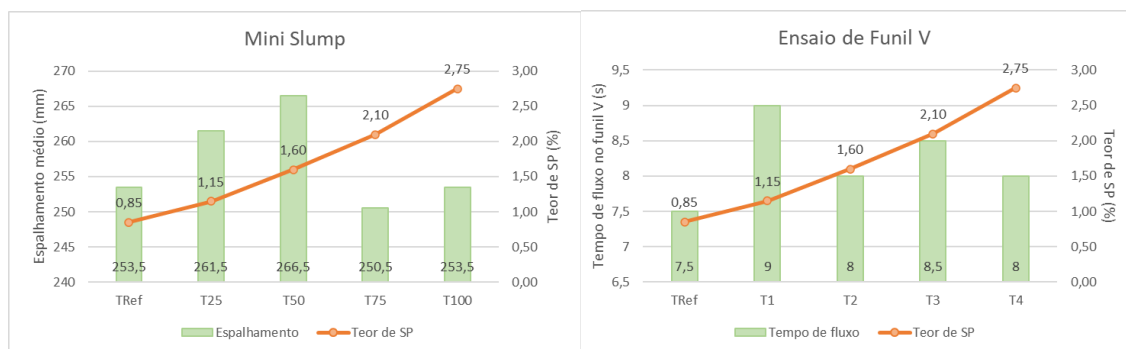
## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Propriedades no estado fresco

Como se observa na Figura 3 (a), foi necessário um teor de 0,85% de SP para o TREF, enquanto o T100 apresentou um teor de 2,75%, demandando assim cerca de 223% a mais de aditivo para o alcance do mesmo espalhamento. Esse fato pode ser justificado pelo consumo da água efetivo da mistura, compensado pelo aumento no teor de SP, pois a elevada absorção do RCD faz com que não haja água livre na mistura e, conseqüentemente, permite que o tempo de

fluxo seja próximo para cada traço produzido<sup>(15)</sup>. Apesar desse aumento significativo à medida que se aumentava o teor de substituição, todos os traços permaneceram dentro da dosagem recomendada pelo fabricante do aditivo SP ( $\leq 5,0\%$ ). Os diâmetros médios de espalhamento obtidos estão dentro dos valores recomendados<sup>(13)</sup>, com exceção do T25 e T50 que ultrapassaram o limite de 260mm. Apesar disso, decidiu adotar esse diâmetro médio e o teor de SP utilizado para alcançá-lo pois, à medida que eram feitas modificações na dosagem de SP para encaixar o valor do espalhamento dentro do requisitado, percebeu-se que a menor alteração feita (para mais ou menos SP) ocasionava mudanças drásticas no valor médio do diâmetro.

Figura 3 – Resultados estado fresco: (a) relação entre espalhamento e teor de SP; (b) relação entre tempo de fluxo e teor de SP



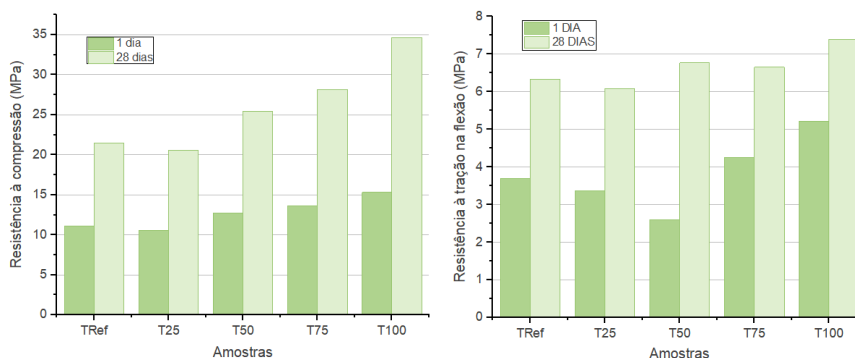
Fonte: autoria própria

Quanto ao ensaio de Funil V, percebe-se que o tempo de fluxo das argamassas variou de 7,5 a 9 segundos, mantendo-se dentro dos limites estabelecidos<sup>(13)</sup>. Isso pode indicar que, apesar do aumento no tempo de fluxo para as argamassas com substituição, as partículas do RCD favorecem a fluidez da argamassa uma vez que o escoamento desses materiais depende fortemente do tamanho de partícula dos materiais utilizados<sup>(16)</sup>.

### 3.2. Propriedades no estado endurecido

De acordo com as diretrizes da EFNARC<sup>(17)</sup>, AAN's requerem uma resistência à compressão igual ou superior a 20 MPa e resistência à tração na flexão igual ou superior a 5 MPa, ambas aos 28 dias. Na Figura 4 são apresentados os resultados obtidos nessa pesquisa. Verificou-se que a incorporação do RCD resultou em AAN de maior resistência mecânica em comparação com a argamassa de referência (TREF), com exceção do T25 que obteve menor resistência à compressão para as duas idades avaliadas e menor resistência à tração na flexão aos 28 dias, e o T50 que alcançou a menor resistência à tração na flexão aos 7 dias. Vale salientar que ambos os traços alcançaram uma medida de espalhamento fora dos parâmetros sugeridos<sup>(13)</sup>.

Figura 2 – Resultados estado endurecido: (a) resistência à compressão; (b) resistência à tração na flexão



Fonte: Autor

O aumento na resistência das argamassas recicladas estudadas, tanto na flexão quanto na compressão, pode ser atribuído à redução da relação água/cimento efetiva, uma vez que a quantidade de água de mistura foi mantida constante<sup>(18)</sup>. É importante salientar que, devido à maior taxa de absorção de água do RCD, o agregado reciclado absorve parte da água de mistura, assim, essa água absorvida não pode deixar facilmente o interior dos grãos, aumentando a retenção de água<sup>(18)</sup>. Acredita-se também que a maior retenção de água beneficie e prolongue as reações de hidratação do cimento, causando um impacto positivo para o desempenho mecânico dessas argamassas<sup>(19)</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi possível observar que os resultados dos ensaios no estado fresco atenderam aos parâmetros estabelecidos, o que indica que as propriedades reológicas da mistura estavam dentro das faixas recomendadas, com exceção do T25 e T50 com diâmetros médios fora do intervalo de espalhamento. O tempo de fluxo foi alcançado dentro dos parâmetros para todos os traços. Esses resultados indicam que as misturas apresentam uma boa trabalhabilidade, o que pode facilitar o processo de aplicação e aumentar a qualidade do acabamento em obra. Todavia, os teores mais elevados de substituição aumentaram significativamente o consumo de superplastificante, o que pode gerar impactos significativos no custo da argamassa.

No que diz respeito ao estado endurecido, foi possível verificar que o aumento da incorporação do RCD nas argamassas autonivelantes colaborou para um melhor desempenho nas propriedades mecânicas das argamassas. De modo geral, os traços que agregaram maiores benefícios aos parâmetros analisados foram aqueles com 75% e 100% de substituição, que permitiram a aplicação de uma maior quantidade de resíduo, sendo, portanto, as mais sustentáveis, ao promover uma taxa mais alta de reuso deste material e a consequente redução da demanda pela produção de areia, seja ela natural ou artificial.





## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GEORGIN, J.F.; AMBROISE, J.; PÉRA, J.; REYNOUARD, J.M. Development screed based on calcium sulfoaluminate cement: Modelling of curling due to drying. **Cement and Concrete Composites**, v. 30, p. 769–778, 2008.
2. MARTINS, E. J. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 140 páginas, 2009.
3. SEIFERT, S.; NEUBAUER, J.; NEUNHOEFFER, F.G. Spatially resolved quantitative insitu phase analysis of a self-leveling compound. **Cement and Concrete Research**, v.42, p. 919-927, 2012.
4. ROQUE, R. A. L.; PIERRI, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 2, p. e3482703–e3482703, 1 jan. 2019.
5. SAVASTANO, Holmer; WARDEN, Peter G.. Special theme issue: natural fibre reinforced cement composites. **Cement And Concrete Composites**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 517, maio 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.014>.
6. ASSUNÇÃO, L. T.; CARVALHO, G. F.; BARATA, M. S. Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e de demolição como agregado. **Exacta**, v.5, n.2, p. 223-230, jul./dez. São Paulo, 2007.
7. CARVALHO, H. D. S. **Análise da retração por secagem em argamassas autonivelantes utilizando adições minerais como substitutos parciais do cimento Portland**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.
8. ANJOS, Marcos A. S. et al. Properties of self - leveling mortars incorporating a high - volume of sugar cane bagasse ash as partial Portland cement replacement. **Journal Of Building Engineering**, v. 32, 2020.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. 2017.
10. \_\_\_\_\_. **NBR 16972**. Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. 2021.
11. \_\_\_\_\_. **NBR 16916**. Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. 2021.
12. \_\_\_\_\_. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. 2022.
13. EFNARC. **The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification**. Production and Use, 2002, Hampshire, UK.



- 
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2005.
15. BRAGA, Mariana; BRITO, Jorge de; VEIGA, Rosário. Incorporation of fine concrete aggregates in mortars. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 36, p. 960-968, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.031>.
16. S. A. Rizwan , T. A. Bier, Blends of limestone powder and fly-ash enhance the response of self-compacting mortars, **Construct. Build. Mater.** 27 ( 2012 ) 398 –403, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.07.030> .
17. EFNARC. **Specification & guidelines for Polymer modified cementitious flooring as wearing surfaces for industrial and commercial use**. United Kingdom, 2001.
18. SILVA, J; BRITO, J. D.; VEIGA, R. Recycled red-clay ceramic construction and demolition waste for mortars production. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 2010.
19. NENO, Catarina; BRITO, Jorge de; VEIGA, Rosário. Using fine recycled concrete aggregate for mortar production. **Materials Research**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 168-177, 8 out. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14392013005000164>.