TRATAMENTO DO PÓ DE CONCRETO COM ÁCIDO TÂNICO PARA APLICAÇÃO COMO MATERIAL CIMENTICIO SUPLEMENTAR

Treatment of concrete powder with tanic acid for application as a supplementary cementitious material

Melissa Pastorini Proença
Instituto Federal do Paraná e Universidade Federal da Integração Latino-Americana | Foz do Iguaçu, Paraná | melissa.proenca@ifpr.edu.br

Kathleen Dall Bello de Souza Risson
Instituto Federal do Paraná e Universidade Federal da Integração Latino-Americana | Foz do Iguaçu, Paraná | kathleen.souza@ifpr.edu.br

Dayana Ruth Bola Oliveira
Universidade Federal da Integração Latino-Americana | Foz do Iguaçu, Paraná | dayruth@gmail.com

Edna Possan
Universidade Federal da Integração Latino-Americana | Foz do Iguaçu, Paraná | edna.possan@unila.edu.br

Resumo

Os resíduos de construção e demolição (RCD) mediante tratamentos físico-químicos podem ser empregados como material cimentício suplementar (MCS) e/ou fíler em substituição ao cimento Portland, contribuindo para cenário NetZero das emissões na indústria cimenteira. Neste sentido este estudo avalia o tratamento de partículas de resíduo de concreto com dimensões inferiores a 0,15 mm (Pó de concreto - PC), com diferentes teores de ácido tânico (TA) aplicados diretamente na partícula e na água de amassamento. Foram analisados os efeitos do TA nas partículas de pó tratado com 0,5% e 1,0%, quanto às propriedades de massa específica, área de superfície específica, absorção, D50, e análise termogravimétrica. Foram produzidas pastas com substituição de 25% de cimento Portland por PC com e sem tratamento químico na água de amassamento contendo o PC sem tratamento. Constatou-se que o ácido tânico densifica a microestrutura do PC, nas pastas com PC tratado a 0,5% de TA tanto em água como na partícula, foi obtido desempenho significativamente superior a pastas com 100% de cimento Portland, um resultado promissor para a aplicação do pó de concreto como MCS.

Palavras-chave: Matriz cimentícia; Biomolécula; Tratamento de partícula; Pó de RDC; Fíler.

ABSTRACT

Construction and demolition waste (CDW) through physical-chemical treatments can be used as supplementary cement material (SCM) and/or file in place of Portland cement, contributing to the NetZero scenario of emissions in the cement industry. In this sense, this study evaluates the treatment of concrete destruction particles with dimensions smaller than 0.15 mm (Concrete Powder -PC), with different levels of tannic acid (TA) applied directly to the particle and to the mixing water. The effects of TA on powder particles treated with 0.5% and 1.0% were analyzed for specific mass properties, specific surface area, absorption, D50, and thermogravimetric analysis. Pastes were produced with 25% replacement of Portland cement by PC with and without chemical treatment in massage water containing untreated PC. It was found that tannic acid densifies the PC microstructure, in pastes with PC treated at 0.5% TA both in water and in the particle, significantly superior performance was obtained than pastes with 100% Portland cement, a promising result for the application of concrete powder as SCM.

Keywords: Cement matrix; Biomolecule; Particle treatment; CDW powder; Filler.

1 INTRODUÇÃO

A indústria cimenteira é responsável por 7% das emissões globais do CO_2, sendo 60% destas oriundas do processo de clinquerização (IEA, 2018), diante do desafio de mitigar as emissões para o cenário NetZero em 2050, materiais cimentícios suplementares são uma das principais alternativas (IEA, 2018; SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2018), sendo explorados diversos tipos de materiais em granulometria de pó (<0,15mm) (SNELLINGS; SURANENI, 2023). Dentro da construção civil se tem o pó dos resíduos de construção e demolição (RCD), resultante do processo produtivo dos agregados reciclados.

Devido às características intrínsecas do pó de RCD como a alta absorção e baixa densidade (MEHDIZADEH et al., 2021) sua aplicação in natura pode ser limitada, e por isso tratamentos físico-químicos vêm sendo utilizados buscando a melhoria das características do material (DUAN et al., 2020). Neste estudo é explorado um tratamento químico com ácido tânico (TA), uma biomolécula que pode ser extraída de plantas, microrganismos, ou decomposição de matéria orgânica (ARBENZ; AVÉROUS, 2015), e que tem alta capacidade de capturar íons de cálcio em solução aquosa, induzindo a mineralização local (OH et al., 2015). Neste sentido objetiva-se investigar o efeito do ácido tânico na hidratação e desempenho mecânico de pastas cimentícias contendo pó de concreto.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliou-se duas formas de tratamento com ácido tânico, o tratamento prévio das partículas do pó de concreto e o uso na água de amassamento, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Tratamento de pó de concreto com TA



Fonte: Autoras, 2023.

2.1 TRATAMENTO PRÉVIO DAS PARTÍCULAS DO PC

O pó de concreto (PC) foi obtido através da cominuição de corpos de prova residuais de concreto de central dosadora, em máquina de Abrasão Los Angeles, pelo período de 2 horas, sendo utilizado o material passante na malha mesh #100 com abertura de 0,15 mm. Na sequência, o PC foi tratado previamente com as concentrações de 0,5 e 1,0% do reagente analítico ácido tânico (TA) P.A com 95% de pureza, gerando os pós respectivamente PC-T0,5 e PC-T1,0. O tratamento seguiu a metodologia utilizada por WANG et al., (2022), que consistiu em misturar o PC em uma solução de água deionizada 60 minutos na proporção de 1,5 kg de amostra seca para 1,0 litro de solução.

Todos os pós foram secos, caracterizados quanto suas massas específicas (EMBRAPA, 2017)., granulometria a laser, área de superfície específica (BET), análises termogravimétricas e absorção (OLIVEIRA, 2022).

2.2 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PASTAS

Os pós (referência sem nenhum tratamento e tratados) foram utilizados em substituição a 25% do cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI) em pastas. Além das pastas produzidas com a substituição de 25% de cimento pelos pós PC tratados com TA (0,5 e 1,0%), o TA foi aplicado diretamente na água de amassamento (nas concentrações 0,5 e 1,0%), de pastas contendo 100% de CPV-ARI e 75% de CPV-ARI + 25% de PC (sem tratamento).

A relação água/finos (a/f) em massa foi mantida fixa em 0,48 e o procedimento de mistura das pastas ocorreu de forma manual por um minuto e dois minutos em misturador elétrico Fisatrom à 1600 rpm. No estado fresco analisou-se a consistência a partir do mini slump e foram moldados 08 corpos de prova cilíndricos por idade de dimensões 2,5x5,0 cm (modelo reduzido) para análise da resistência à compressão aos 28 dias e 1 pastilha de 2,5x0,5 cm para análise do grau de hidratação, conforme proposto por Oliveira (2022), através do perfil termogravimétrico dos anidros e das pastas com substituições, inicialmente determina-se a água quimicamente ligada (equação 1).

$$Aqc = Di + DCa(OH)_2 + 0{,}41 * DCaCO_3 \text{ (equação 1)}$$

Onde:
Aqc: água quimicamente combinada;
Di: % de desidratação da gipsita, etringita, tobermorita, C-S-H, silicatos hidratados (100 ºC a 380 ºC);
$DCa(OH)_2$: % decomposição do hidróxido de cálcio (380°C a 520ºC);
$DCaCO_3$: % de decomposição do carbonato de cálcio (520ºC a 1000 ºC);
0,41 é um fator de conversão
O grau de hidratação (GH) é determinado conforme a equação 2.

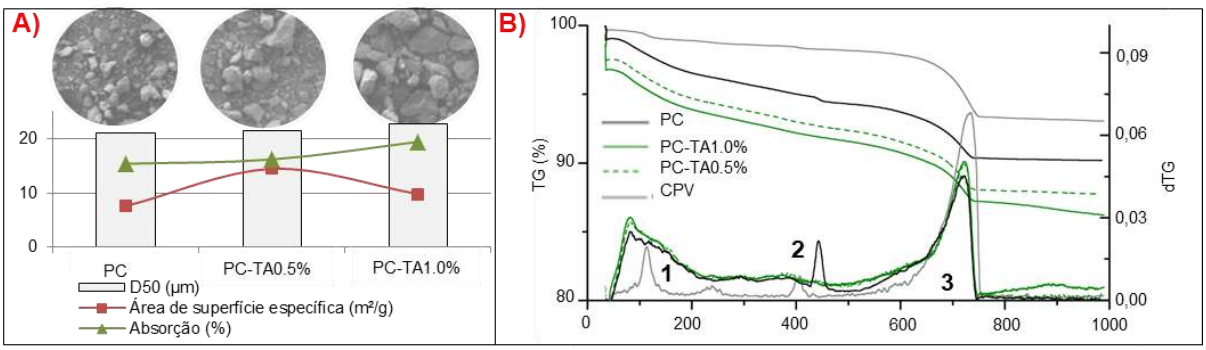
$$GH = \frac{Aqc}{0{,}24} \text{ (equação 2).}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tratamento das partículas de PC com ácido tânico (Figura 2) promoveu aumento na área de superfície específica (Figura 2A), sendo 47,23% e 22,45% para PC-T0,5 e PC-T1,0. As massas específicas (2,47, 2,54 e 2,52 para PC, PC-T0,5 e PC-T1,0 respectivamente) sofreram pequeno aumento devido ao efeito de pré-hidratação, densificando a microestrutura (WANG et al., 2022), enquanto o diâmetro médio das partículas não apresentou alteração significativa. Foram obtidas absorções de 15,38%, 16,17% e 19,44% para PC, PC-T0,5 e PC-T1,0 (Figura 2A), em que o aumento na concentração de ácido tânico no tratamento das partículas promoveu aumento na absorção do pó, diferindo da literatura (WANG et al., 2020, 2022). Porém o tratamento gerou um aumento considerável na área de superfície específica do PC. Quanto a este efeito não foram encontrados achados na literatura, o que caberia melhor investigação inclusive da forma de ensaio, devido à dificuldade de técnicas para determinar a absorção de materiais na condição de pó.

Na análise termogravimétrica, observa-se (Figura 2B) que o tratamento com TA nas partículas de pó de concreto consome o hidróxido de cálcio (portlandita), o que deve estar associado ao mecanismo de atuação do ácido tânico, combinando-se com os íons de cálcio (FANG et al., 2021; WANG et al., 2022), formando um complexo cálcio-ácido tânico, denominado tanato de cálcio (FANG et al., 2022).

Figura 2: Características físico-química do pó de concreto tratado



Fonte: Autoras, 2023.

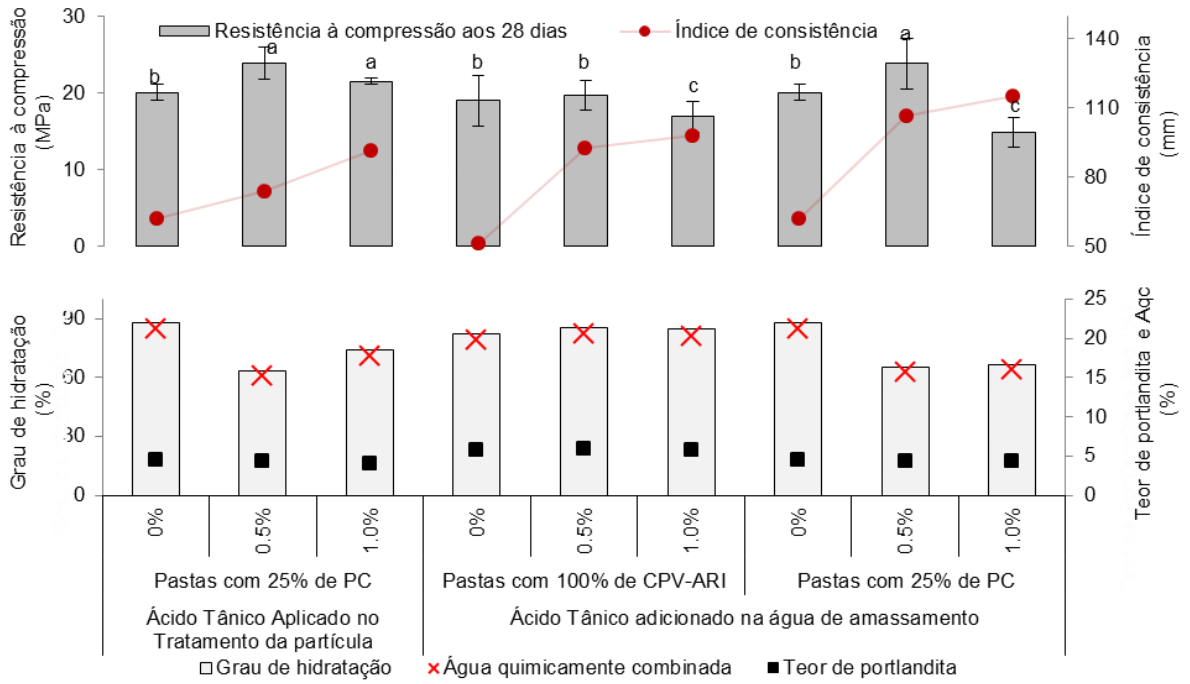
Na aplicação em pastas, observa-se (Figura 3) que o índice de consistência aumenta conforme ocorre o aumento na concentração de ácido tânico na mistura, considerando que as pastas possuem a mesma relação água/finos, pode-se afirmar que o TA contribui na fluidez da mistura, podendo o efeito ser atribuído a uma condição de fíler das partículas tratadas, ou ainda a um efeito químico de dispersão das partículas.

Na resistência à compressão o melhor desempenho no tratamento ocorreu com a concentração de 0,5% de TA tanto no tratamento prévio da partícula como adicionado à água de amassamento, porém com 1,0% ocorre uma redução no desempenho mecânico. Nas pastas contendo apenas cimento Portland, a presença de TA na água de

amassamento prejudicou a resistência. Neste sentido há de se considerar que devido as baixas resistências mecânicas obtidas, e com o aumento da consistência das pastas em teores de 1,0% de TA o excesso de água pode ter prejudicado o desempenho mecânico, necessitando de otimização em estudos futuros.

Verifica-se que a pasta contendo 0,5% de ácido tânico na partícula tratada previamente apresentou desempenho mecânico aos 28 dias superior a pasta com 100% de cimento Portland em 25,87%. O teor de 0,5% de TA quando aplicado no tratamento prévio das partículas ou ainda inserido na água de amassamento, resulta nas maiores resistências à compressão. O que pode estar associado a maior área de superfície específica, de 14,43 m²/g promovida pelo tratamento, contribuindo no preenchimento da microestrutura (LIKES et al., 2022).

Figura 3: índice de consistência grau de hidratação e resistência à compressão aos 28 dias



Fonte: Autoras, 2023.

No grau de hidratação a presença de TA nas pastas compostas foi prejudicial, para as pastas com 100% de cimento houve uma pequena contribuição no aumento do grau de hidratação. A pasta contendo PC sem tratamento apresentou grau de hidratação de 88,01%, possivelmente devido à maior presença de cimento anidro no PC (OLIVEIRA et al., 2023; PROŠEK et al., 2020). Como o mecanismo do ácido tânico consiste em uma pré-hidratação das partículas (WANG et al., 2020, 2022) quando ocorre a substituição do cimento Portland por partículas já hidratadas há de se esperar um menor grau de hidratação. Não podendo-se correlacionar o desempenho mecânico com o grau de hidratação, e confirmando-se a atuação do tratamento com ácido tânico sobre o efeito de preenchimento da matriz cimentícia (FANG et al., 2022; WANG et al., 2022).

4 CONCLUSÕES

Quanto aos efeitos do tratamento com ácido tânico nas partículas de pó de concreto e em pastas conclui-se:

- O tratamento com ácido tânico promove uma densificação da microestrutura do pó de concreto com aumento da massa específica, e aumento na área de superfície específica. Quimicamente houve consumo do pico de portlandita no PC pelo tratamento com TA.
- Nas pastas contendo PC tratado a 0,5% de ácido tânico houve melhor desempenho dentre todas as analisadas, o que indica que o tratamento a 0,5% parece mais adequado, além do potencial de substituir o cimento Portland pelo pó de concreto tratado.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Integração Latino-Americana e ao Instituto Federal do Paraná (IFPR) – Campus Foz do Iguaçu. Ao Laboratório de Performance e Estruturas e Materiais – LADEMA. Ao PRPPG/UNILA pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARBENZ, A.; AVÉROUS, L. Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. **Green Chemistry**, v. 17, n. 5, p. 2626–2646, 2015.

DUAN, Z. et al. Combined use of recycled powder and recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste in self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v. 254, p. 119323, set. 2020.

FANG, Y. et al. Low-cost, ubiquitous biomolecule as a strength enhancer for cement mortars. **Construction and Building Materials**, v. 311, p. 125305, 13 dez. 2021.

FANG, Y. et al. A renewable admixture to enhance the performance of cement mortars through a pre-hydration method. **Journal of Cleaner Production**, v. 332, 15 jan. 2022.

IEA, I. E. A. Technology roadmap: Low-carbon transition in the cement industry. **International Energy Agency,** p. 66, 2018.

LIKES, L. et al. Recycled concrete and brick powders as supplements to Portland cement for more sustainable concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 364, p. 132651, set. 2022.

MEHDIZADEH, H. et al. Effect of particle size and CO2 treatment of waste cement powder on properties of cement paste. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 48, n. 5, p. 522–531, 2021.

OH, D. X. et al. A rapid, efficient and facile solution for dental hypersensitivity: The tannin–iron complex. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 10884, 3 set. 2015.

OLIVEIRA, D. R. B. et al. Concrete powder waste as a substitution for Portland cement for environment-friendly cement production. **Construction and Building Materials**, v. 397, p. 132382, set. 2023.

OLIVEIRA, D. R. B. **Aproveitamento Da Fração Fina De Resíduo De Concreto Como Substituto Ao Cimento Portland**. Universidade Federal do Paraná. Tese, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil, 2022.

PROŠEK, Z. et al. Recovery of residual anhydrous clinker in finely ground recycled concrete. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 155, p. 104640, abr. 2020.

SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. M. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry. **Cement and Concrete Research**, v. 114, p. 2–26, 1 dez. 2018.

SNELLINGS, R.; SURANENI, P.; SKIBSTED, J. Future and emerging supplementary cementitious materials. **Cement and Concrete Research**, v. 171, p. 107199, set. 2023.

WANG, L. et al. Tea stain-inspired treatment for fine recycled concrete aggregates. **Construction and Building Materials**, v. 262, 30 nov. 2020.

WANG, L. et al. Eco-friendly treatment of recycled concrete fines as supplementary cementitious materials. **Construction and Building Materials**, v. 322, p. 126491, 7 mar. 2022.