



PROCESSAMENTO E PROPRIEDADES DE CONCRETOS DE PÓS REATIVOS COM ADIÇÕES DE PÓ DE MADEIRA

Giovanna Raizer da Silva¹

Igor Rafael Buttignol de Oliveira²

Alan Rodrigo Sorce³

Sylma Carvalho Maestrelli⁴

Reaproveitamento, reutilização e tratamento de resíduos

Resumo

O Concreto de Pós Reativos (CPR) é composto apenas por materiais finos e ultrafinos, como areia, pó de quartzo, microssilica e cimento, eliminando a maioria dos vazios da estrutura e aumentando a resistência mecânica e a homogeneidade do material. Com o crescimento populacional e a industrialização, a reutilização de materiais tornou-se essencial. A substituição da areia por pó de madeira no CPR reduz custos, impactos ambientais e desperdícios, além de proporcionar conforto térmico. Este estudo seguiu normas da ABNT e investigou a influência de diferentes teores de pó de madeira na formulação de um concreto padrão. Foram realizados testes de compressão e de flexão em todas as formulações. O objetivo foi minimizar a perda de resistência mecânica em comparação aos corpos de prova sem substituição; contudo, a utilização desse material apresentou desafios na trabalhabilidade durante a mistura do concreto, exigindo um aumento na quantidade de água na formulação para contornar essas dificuldades. Os resultados mostraram uma redução na resistência mecânica, especialmente no ensaio de flexão a três pontos, com o aumento do pó de madeira em substituição à areia. Contudo, os índices de vazios diminuíram devido à finura do pó de madeira. A substituição requer uma reformulação da massa para melhorar a trabalhabilidade e a resistência mecânica, especialmente para adições acima de 10%, necessitando de mais estudos na área.

Palavras-chave: CPR, Pó De Madeira, Resistência Mecânica, Formulação Cerâmica.

¹ Discente do Curso de Engenharia Química – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, giovanna.silva@sou.unifal-mg.edu.br.

² Me. Profissional em Engenharia Civil – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, igor.oliveira@sou.unifal-mg.edu.br.

³ Me. Profissional em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, alan.sorce@sou.unifal-mg.edu.br.

⁴ Prof. Dr. Profissional em Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Alfenas, ICT, Poços de Caldas, sylma.maestrelli@unifal-mg.edu.br

INTRODUÇÃO

Atualmente, a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e o uso responsável dos recursos naturais, assim como o reuso de resíduos, tornou-se uma prioridade. A busca por alternativas sustentáveis na construção civil e em outras indústrias tem incentivado a reavaliação de materiais descartados e subaproveitados.

O concreto, amplamente utilizado na engenharia e na construção civil, é constantemente valorizado e estudado por suas propriedades como resistência à compressão, trabalhabilidade e facilidade de moldagem devido à sua consistência plástica e a sua acessibilidade econômica. Entre suas características, destacam-se ainda a resistência a intempéries e o custo relativamente baixo, se comparado a outros materiais utilizados no setor. Como material compósito, o concreto é composto por agregados de partículas interligadas por uma fase ligante (cimento); suas propriedades ligadas à resistência mecânica podem ser aprimoradas ou modificadas por meio da incorporação de aditivos.

Este estudo tem como objetivo explorar a importância do reuso de resíduos e a valorização da madeira proveniente de madeiras, destacando os benefícios econômicos e ambientais. A incorporação desse resíduo visa aprimorar e tornar mais viável a utilização de concreto de excelente resistência, ainda pouco reconhecido atualmente.

METODOLOGIA

As matérias primas utilizadas para o desenvolvimento dos corpos de prova foram o cimento Portland CP-V-ARI produzido pela Companhia Nacional de Cimentos, cuja sua resistência inicial é de igual ou superior a 14MPa nos 3 primeiros dias de idade e sem valor limite após sua cura total; areia fornecida pela empresa Gato Neves na faixa granulométrica de 0,6 mm a 0,15 mm, pó de quartzo com sua retenção malha 200 originado da empresa de mineração Jundu e microssílica com partículas de diâmetro médio de 0,2 μm da marca Tecnosil.

Para conferir melhoria na fluidez do concreto, redução do uso da água e maior trabalhabilidade, foi adicionado um superplastificante, comercialmente conhecido como MasterGlenium 51, que melhora



a fluidez do concreto, reduzindo a relação água/cimento e otimizando propriedades mecânicas como resistência à compressão e flexão. A água utilizada é proveniente do departamento de distribuição da cidade de Poços de Caldas, que está em conformidade com as normas. Ainda, foi adicionado à formulação, o pó de madeira, que foi investigado como substituinte da areia. Para isso, a granulometria dos pós de madeira foi ajustada, por peneiramento, para assemelhar-se ao da areia, de modo a manter as formulações dentro de um mesmo padrão.

Para a confecção dos corpos de prova foram estabelecidas e produzidas quatro formulações diferentes, a fim de serem estudadas e comparadas, variando-se a quantidade de pó de madeira substituindo a areia, a saber: **F0**: Formulação de referência (sem substituição), **F1**: Dosagem com 10% de adição de pó de madeira, **F2**: Dosagem com 15% de adição de pó de madeira e **F3**: Dosagem com 20% de adição de pó de madeira. Utilizou-se a formulação referência segundo Oliveira (2022), na qual é estabelecida a relação do consumo e relação em massa de cada material, baseada no método de empacotamento de partículas.

A relação água/cimento é determinada para garantir a completa ligação de todos os componentes, pois uma adição incorreta de água pode resultar em uma resistência inferior à desejada, assim como pode levar a uma ligação incompleta, aumentando a porosidade do produto final.

Nesta pesquisa foi utilizada uma proporção água/cimento de 0,25 para a preparação da mistura de concreto na formulação F0. No entanto, devido à incorporação do pó de madeira, que apresenta alta capacidade de absorção de água, tornou-se necessário aumentar a quantidade de água em algumas das formulações; sendo assim, a relação água/cimento para F1, F2 e F3 foi de 0,29; 0,30; 0,35; respectivamente.

A elaboração da massa e a moldagem dos corpos de prova seguiram as normas ABNT NBR 12655:2022 e ABNT NBR 5738:2015; os corpos de prova foram moldados de duas maneiras sendo cilíndricos com as dimensões de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro e prismáticos com as dimensões 40 mm de altura, 40 mm de largura e 160 mm de comprimento.

A fim de determinar as propriedades físicas e mecânicas dos corpos de prova foram feitos ensaios de compressão, absorção de água e índice de vazios em corpos de prova cilíndricos e flexão

para corpos de prova prismáticos, segundo as normas ABNT NBR 9778:2005 e ABNT NBR 7215:2019 para todas as formulações investigadas, com e sem a adição de pó de madeira.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma substituição correta analisou-se as características do agregado miúdo mineral e do pó de madeira, no qual a densidade é de $2,63 \text{ g/cm}^3$ e $0,36 \text{ g/cm}^3$, respectivamente; com isto, as formulações com substituição são modificadas a respeito da relação água/cimento, devido à necessidade maior quantidade de massa e da maior absorção de água para o pó de madeira em relação a areia.

No que diz respeito aos índices de vazios, a adição de madeira contribui com uma diminuição satisfatória, provavelmente devido à granulometria fina do material e seu alto grau de inchamento, sendo esta diminuição de 5,4% na formulação F0 para 0,59% na formulação F3. Essas características facilitam a integração da madeira na mistura, resultando em um preenchimento mais eficaz dos vazios.

Em relação à absorção de água, a adição de madeira reduz significativamente devido à diminuição de vazios, no qual o valor obtido para formulação F0 a absorção foi de 2,41%, enquanto nas formulações com adição de madeira os valores foram de 0,65% para F1, 0,77% para F2 e 0,81% para F3; sendo assim, ao analisar somente as formulações com substituição, conforme o aumento da porcentagem de madeira a taxa de absorção também cresce, esse fenômeno está relacionado às propriedades intrínsecas da madeira.

Em relação aos ensaios mecânicos, foram utilizados a prensa hidráulica para ensaio de compressão Contenco/Pavitest, 200T I-3025-E e a prensa de flexão três pontos EMIC (DL-30000). Ao examinar o conjunto de datas com diferentes formulações nos ensaios de compressão, observa-se um declínio à medida em que a adição de madeira aumenta. Em outras palavras, ao comparar 0% de adição de madeira com 20%, nota-se uma redução de 25,95%, 21,32% e 17,95% em 7, 14 e 28 dias, respectivamente. Essas tendências são claramente observadas por meio do Gráfico 01.

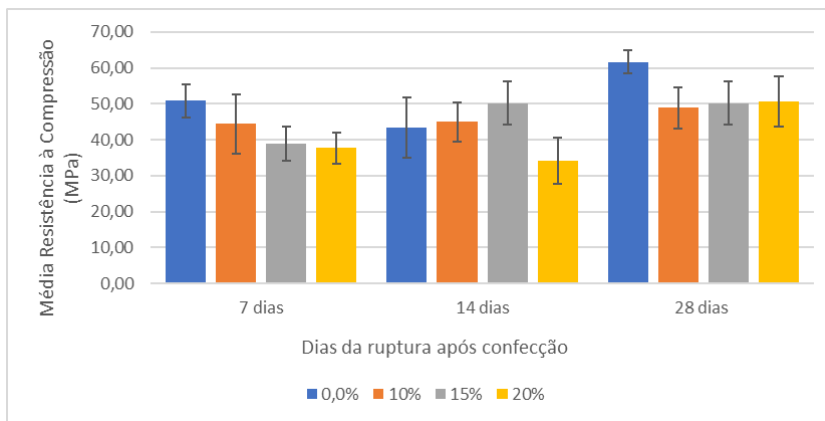


Gráfico 01: Média da resistência a compressão em relação aos dias de ruptura após confecção.

Da mesma forma, a análise da flexão segue um padrão semelhante à compressão; ao observar separadamente cada conjunto de datas com diferentes formulações, é evidente um declínio significativo à medida que a adição de madeira aumenta. Em outras palavras, quando se compara 0% de adição de madeira com 20% na mesma data, observamos uma redução de 53,83%, 68,95% e 51,49% em 7, 14 e 28 dias, respectivamente. Essa tendência é claramente ilustrada no Gráfico 02.

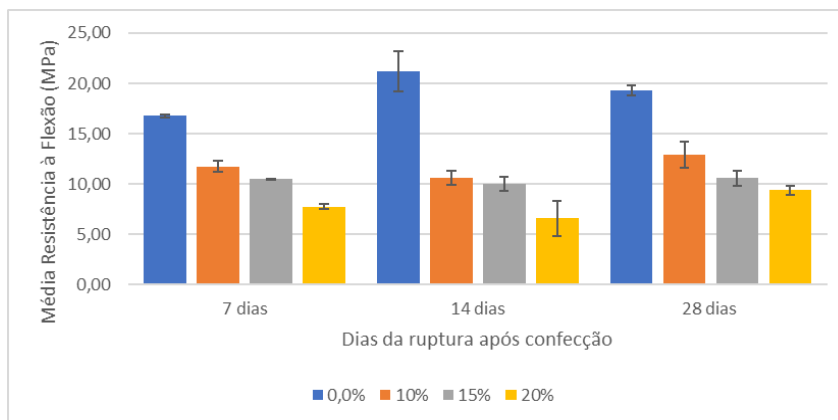


Gráfico 02: Média da resistência a flexão em relação aos dias de ruptura após confecção

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostram o objetivo de melhorar a resistência dos corpos de prova substituindo areia por pó de madeira. Ao aumentar a proporção de substituição, a resistência mecânica



é reduzida, o que pode ser atribuído à absorção de água pela madeira, necessitando mais água nas formulações, e à baixa resistência intrínseca da madeira comparada a outros materiais. Além disso, a inclusão de madeira reduziu significativamente a absorção de água, pois a madeira contribui para uma menor porosidade do concreto produzido.

Essa descoberta destaca a complexidade das interações no estudo e sugere que a incorporação de materiais como a madeira pode ter benefícios em alguns aspectos. A inserção de 20% de pó de madeira resultou em uma queda elevada na resistência à flexão; já para teores 10%, a resistência mecânica diminuiu, mas o material ainda apresentou boa resistência mecânica. Assim, as propriedades físicas não são comprometidas pela presença de madeira, devendo-se limitar a adição de pó de madeira. Isso ressalta a importância de uma análise completa das propriedades dos materiais usados, orientando futuras pesquisas e aplicações práticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655:2022** Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215:2019** Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7389-1:2009** Agregados - Análise petrográfica de agregado para concreto - Parte 1: Agregado miúdo Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778:2005** Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

OLIVEIRA, I. R. B. de; SORCE, A. R.; GAGLIERI, M. V. V.; CASSANJES, F. C.; MAESTRELLI, S. C. Influence of the addition of glass from long neck bottles in the properties of the reactive powder concrete. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13.