

**Verificação da influência da adição de resíduos de carvão mineral em argamassa de revestimento quanto a resistência à compressão e absorção de água por capilaridade**

**Verification of the influence of the addition of mineral coal residues in coating mortar on the resistance to compression and water absorption by capillarity**

DOI:10.34117/bjdv7n7-415

Recebimento dos originais: 19/06/2021

Aceitação para publicação: 19/07/2021

**Adalberto Matoski**

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: adalberto@utfpr.edu.br

**Deborah Claudiane Brandalize**

Mestranda em Engenharia Civil pela UTFPR

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: dbrandalize@alunos.utfpr.edu.br

**João Daniel Moreno Costa**

Mestrando em Engenharia Civil pela UTFPR

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: joaocosta.2011@alunos.utfpr.edu.br

**Lucas Henrique Alves da Rosa Gross**

Mestrando em Engenharia Civil pela UTFPR

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: lucas.gross@bm.pr.gov.br

**Rodolpho Mantovani**

Mestrando em Engenharia Civil pela UTFPR

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: rodolpho@alunos.utfpr.edu.br

**Tatiane Morita Oliveira**

Mestranda em Engenharia Civil pela UTFPR

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Endereço: Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville - Curitiba/PR

E-mail: tatianemorita@alunos.utfpr.edu.br

## RESUMO

O grande consumo de materiais na construção civil tem sido uma boa alternativa para utilização de resíduos da indústria, uma vez que podem gerar diversos benefícios ambientais e socioeconômicos. A utilização de resíduos produzidos na extração e beneficiamento do carvão mineral na construção civil surge como possibilidade de aproveitar tais materiais nas mais variadas etapas de uma construção, como em argamassas e concretos. Este trabalho tem como objetivo verificar a influência da adição de resíduos de carvão mineral em argamassa de revestimento quanto à resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. Foram confeccionados 4 traços de argamassa composta por cimento, cal, areia e água, com adição de rejeito de carvão mineral variando de 0%, 5%, 10% e 15%. Os corpos de prova foram ensaiados quanto a resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. Nos resultados obtidos, a resistência a compressão obteve piora com o aumento da adição de resíduos de carvão mineral e os índices de absorção de água por capilaridade tiveram aumento quando também aumentado o percentual de rejeito de carvão.

**Palavras-Chave:** Resíduo de Carvão Mineral, Argamassa, Adição de Resíduos, Resistência à Compressão.

## ABSTRACT

The large consumption of materials in civil construction has been a good alternative for using industrial waste, as it can generate several environmental and socioeconomic benefits. The use of residues produced in the extraction and processing of coal in civil construction emerges as a possibility of using such materials in the most varied stages of construction, such as mortar and concrete. The objective of this research is to verify the influence of the addition of mineral coal residues in coating mortar on the compressive strength and capillary water absorption. Four mortar traces were made, consisting of cement, lime, sand and water, with the addition of mineral coal waste varying from 0%, 5%, 10% and 15%. The specimens were tested for compressive strength and capillary water absorption. In the results obtained, the compressive strength got worse with the increase of the addition of mineral coal residues and the water absorption indexes by capillary had an increase when the percentage of coal tailings was also increased.

**Keywords:** Mineral Coal Waste. Mortar, Addition of Waste, Compression Resistance.

## 1 INTRODUÇÃO

O carvão mineral é um combustível fóssil extraído de rochas sedimentares originadas há milhares de anos e encontradas no subsolo em depósitos de origem vegetal, que são formados por meio da decomposição da matéria orgânica sem a presença de oxigênio. O material originado dos restos vegetais é soterrado e compactado, sofrendo ação das bactérias, das condições de pressão e do calor no ambiente do depósito. Conforme abordagem feita por Sousa (s.d.), trata-se de um mineral não renovável que, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), é o combustível fóssil com

maior disponibilidade no mundo e uma das primeiras fontes de energia usadas pelo homem.

Entretanto, a grande quantidade de resíduos sólidos gerados durante a etapa de extração e beneficiamento do carvão mineral representa um grande problema para as empresas produtoras e para a população residente em áreas localizadas no entorno das minas, pois tais resíduos apresentam alto potencial poluidor e requerem grandes áreas para sua disposição. No Brasil, conforme levantamento feito pela Agência Nacional de Mineração (ANM, 2016), a produção do minério bruto, também conhecido como carvão ROM (run-of-mine), é de mais de onze milhões de toneladas por ano. Somado a isso, o beneficiamento do carvão ROM encontrado no Brasil gera entre 40 a 70% de resíduo, composto por matéria inorgânica (formadora de cinzas) e enxofre, tais substâncias provocam uma série de inconvenientes para o meio ambiente (ZACCARON et al., 2015).

Santos (2012) explica que, na presença de oxigênio e água, os rejeitos de carvão podem gerar um efluente líquido, denominado Drenagem Ácida de Minas (DAM). Quando não tratado, é capaz de provocar sérios danos no solo, recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) e na biota da região. Seu tratamento necessita de uma gestão adequada e exige altos custos para disposição. Conseqüentemente, se faz necessário estudar aplicações tecnológicas para esses resíduos do ponto de vista técnico, ambiental e econômico.

O aproveitamento de resíduos industriais no setor da construção civil vem se consolidando como uma alternativa eficaz, pois tende a minimizar ou até mesmo eliminar estes rejeitos. Conforme afirma Margon (2002), essa prática ganha força devido à grande diversidade e volume de materiais que a construção civil demanda, e à vinculação do tema como uma prática de elevado sentido ambiental e ecológico. Gemelli et al. (2004) identificaram que dependendo da composição química e distribuição do tamanho de partículas, diversos resíduos industriais podem ser usados em argamassas para a construção civil, seja em substituição parcial ao cimento ou ao agregado miúdo.

Pensando nos resíduos de carvão mineral, diversos estudos vêm apresentando resultados positivos na utilização destes para a produção de argamassas (MARGON, 2002; SIQUEIRA; SOUZA; SOUZA, 2012; TEIXEIRA et al., 2014; TANG et al., 2014; MENÉNDEZ et al., 2014; IBRAHIM et al., 2015; BILIR; GENCEL; TOPCU, 2015; ALTHEMAN et al., 2017), evidenciando sua adequabilidade como matérias-primas alternativas para a construção civil.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo verificar a influência da adição de resíduos de carvão mineral em argamassa de revestimento quanto à resistência à compressão e absorção de água por capilaridade, gerados durante a etapa de extração e beneficiamento, para a produção de argamassas. Fato este pouco estudado no momento, já que as pesquisas citadas envolviam a substituição parcial ao cimento ou ao agregado miúdo, ou, ainda, a utilização de cinzas de carvão mineral.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Preliminarmente foi feita a seleção e caracterização dos materiais utilizados no processo experimental: rejeitos de carvão mineral (material proveniente de Criciúma, Santa Catarina); cimento do tipo Portland CPV de Alta Resistência Inicial (ARI); Cal Hidratada CH III e areia natural extraída do Rio Paraná.

Figura 1 - Insumos utilizados: Rejeitos de carvão mineral (1), cimento (2), cal (3) e areia (4).



Fonte: Autores (2021).

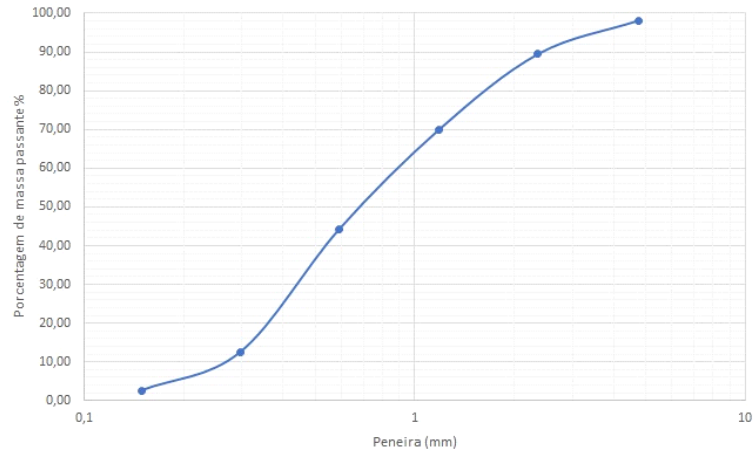
O ensaio para obtenção de análise granulométrica para caracterização de agregado miúdo foi realizado de acordo com as previsões da NBR NM 248 (ABNT, 2003). A Figura 2 mostra a execução do ensaio de granulometria da areia e os resultados obtidos são apresentados na Figura 3 a seguir.

Figura 2 - Ensaio de análise granulométrica: Agregado miúdo (1)



Fonte: Autores (2021).

Figura 3 - Análise granulométrica agregado miúdo – areia.



Fonte: Autores (2021).

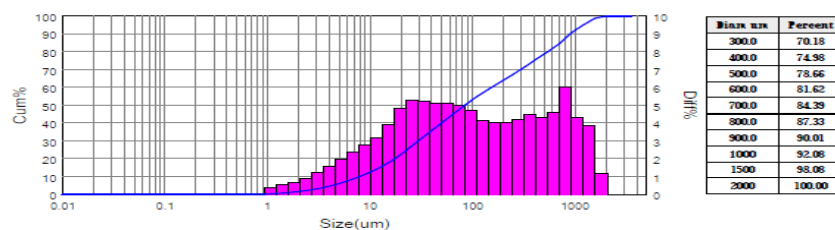
Para caracterização granulométrica de rejeitos de carvão mineral, cimento CPV ARI e cal, foi utilizado o equipamento existente no laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR, campus Curitiba), o Analisador de partículas a laser BETTERSIZE/S3 PLUS, Faixa de análise de 0,01 a 3500  $\mu\text{m}$  / Laser Diffraction: DLOIOS / Automated Imaging: 0.5x lens e 10x lens / Sistema de dispersão: líquido com ultrassom, foram adotados os parâmetros internacionais relacionados na ISO 13320 (2020). A Figura 4 mostra a execução do ensaio e as Figuras 5, 6 e 7, exibem as análises granulométricas obtidas

Figura 4 - Ensaios de análise granulométrica dos rejeitos de carvão mineral, cimento e cal (2).



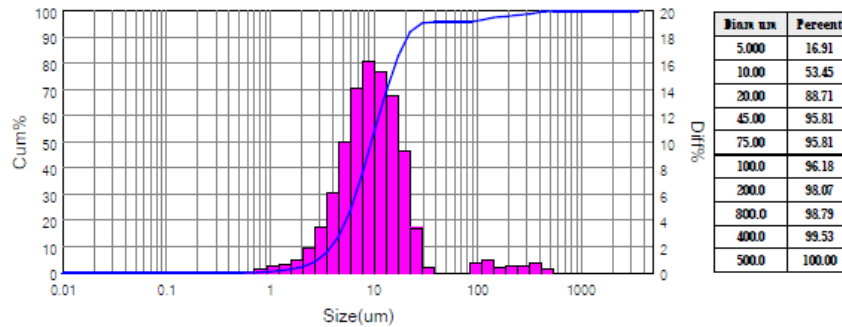
Fonte: Autores (2021).

Figura 5 - Análise granulométrica resíduos de carvão mineral.



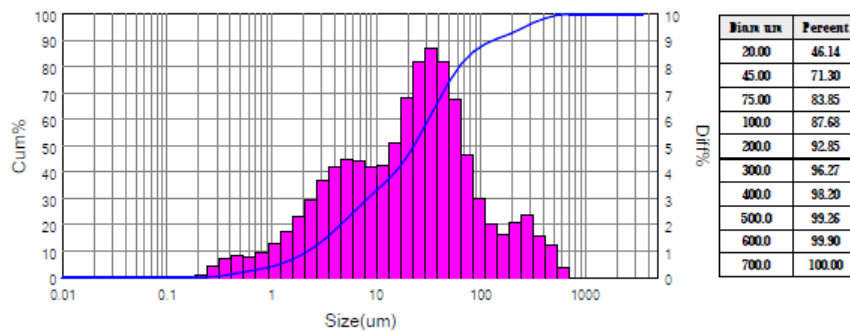
Fonte: Laboratório de Materiais, UTFPR, campus Curitiba (2021).

Figura 6 - Análise granulométrica cimento CPV – ARI.



Fonte: Laboratório de Materiais, UTFPR, campus Curitiba (2021).

Figura 7 - Análise granulométrica cal.



Fonte: Laboratório de Materiais, UTFPR, campus Curitiba (2021).

Posteriormente foi produzida uma argamassa de referência de cimento, cal e areia, no traço 1:2:8 que é comumente utilizado em Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2017) para revestimento externo. Foi adicionado água até que se atingisse trabalhabilidade desejada, sendo a relação água/aglomerante (a/ag) de 1,38. Em seguida foi adicionado o rejeito de carvão mineral em três novas misturas compondo três novos traços. Foram adicionados respectivamente em cada uma das misturas 5%, 10% e 15% de rejeito de carvão mineral. A Tabela 1 mostra os traços utilizados com a composição do rejeito de carvão.

Tabela 1 - Preparação da argamassa de cimento, areia e cal traço 1:2:8, adição de rejeitos de carvão mineral em 0%,5%,10% e ;15%.

CIMENTO (kg)	CAL (kg)	AREIA (kg)	ÁGUA (kg)	CARVÃO (kg)	a/c	% CARVÃO	TOTAL CP'S
0,25	0,500	2,093	0,347	0,0000	1,388	0%	6
0,25	0,500	2,093	0,347	0,0125	1,388	5%	6
0,25	0,500	2,093	0,347	0,0250	1,388	10%	6
0,25	0,500	2,093	0,347	0,0375	1,388	15%	6

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).



Assim que finalizado o preparo da argamassa, as misturas foram colocadas em moldes metálicos cilíndricos de tamanho 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura para confecção dos corpos de prova, conforme previsto na norma NBR 7215 (ABNT, 2019). Após 24 horas, os corpos de prova foram retirados dos moldes e imersos em água para cura de 28 dias, conforme recomendações da norma NBR 9479 (ABNT, 2006). As etapas dos experimentos são mostradas na Figura 8

Figura 8 - Produção dos corpos de prova: Produção da argamassa (1), preparação dos moldes (2), confecção dos corpos de prova (3) e cura de 28 dias (4).



Fonte: Autores (2021).

Para dar sequência ao processo experimental, após a cura de 28 dias os corpos de prova foram colocados na estufa por 72 horas. Na sequência, foram realizados ensaios nos corpos de prova para verificação da absorção de água por capilaridade, conforme NBR 9778 (ABNT, 2005 Versão Corrigida 2:2009), conforme indicado na Figura 9 a seguir.

Figura 9 - Sequência do processo experimental: Retirada das amostras do processo de cura e colocados para secagem na estufa (1), amostras secas para início dos ensaios da NBR 9778 (2) e uma das fases previstas na NBR 9778, absorção de água por capilaridade (3).



Fonte: Autores (2021).

A Figura 10 mostra o ensaio de resistência à compressão das argamassas formuladas ocorreram após a finalização dos ensaios da NBR 9778. Os ensaios mecânicos seguiram as recomendações da norma NBR 7215 (ABNT, 2019), em prensa de especificação Emic DL30000N, e método de ensaio DL30\_Gus\_compressao\_cilindrico\_argamassa.

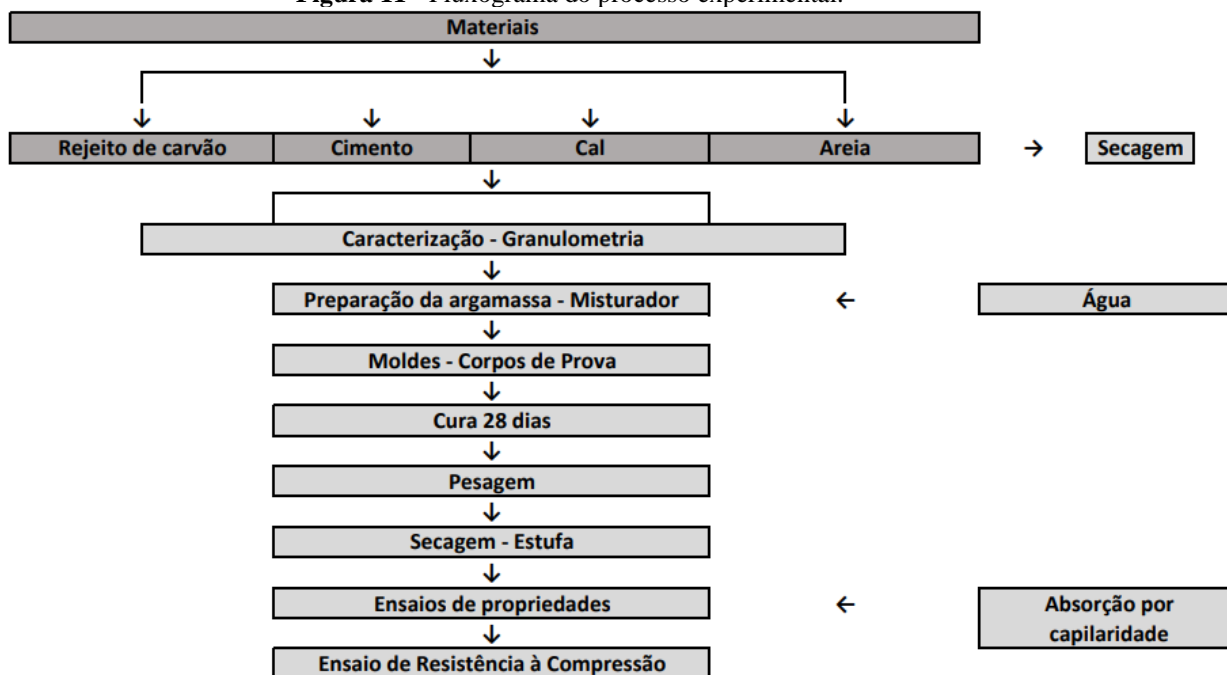
Figura 10 - Execução dos ensaios de resistência à compressão.



Fonte: Autores (2021).

Para melhor visualização, a Figura 11 apresenta o fluxograma do processo experimental.

Figura 11 - Fluxograma do processo experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

### 3 RESULTADOS E ANÁLISES

O processo de análise dos dados obtidos por conta dos experimentos realizados se pautou na avaliação da influência das adições de carvão mineral nos teores de 0%, 5%,



10% e 15% nos quesitos de resistência à compressão dos corpos de prova e absorção de água por capilaridade, fatores que apresentam relevante importância na aplicação de argamassas de revestimento (SANTANA E ALEIXO, 2017).

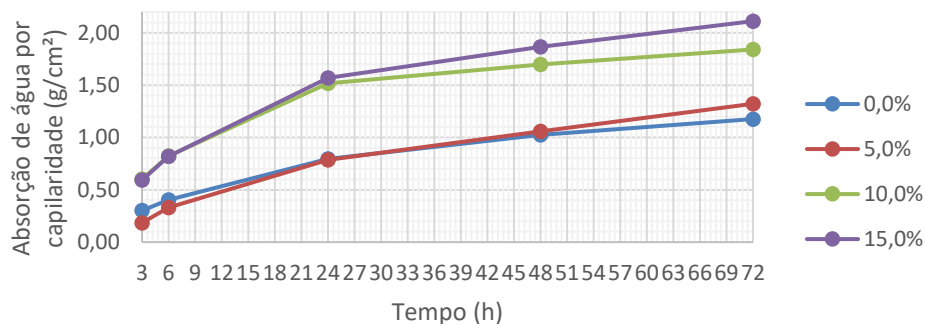
Inicialmente foi realizado o ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade nos corpos de prova de argamassa endurecidos, de acordo com os procedimentos e métodos estabelecidos pela NBR 9778 (ABNT, 2005 Versão Corrigida 2:2009). Os resultados obtidos são apresentados de acordo com os valores médios encontrados para cada grupo de corpos de prova, como se observa na Tabela 2 e na Figura 12.

Tabela 2 - Ensaio de absorção por capilaridade nos corpos de prova

	Grupo por teor de adição (%)	Tempo (horas)				
		3	6	24	48	72
Absorção (g/cm <sup>2</sup> )	0,0%	0,302	0,404	0,794	1,023	1,176
	5,0%	0,185	0,329	0,787	1,059	1,322
	10,0%	0,602	0,823	1,519	1,697	1,841
	15,0%	0,592	0,821	1,568	1,865	2,111

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 12 - Resultados obtidos para o ensaio de absorção de água por capilaridade



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A análise de absorção de água por capilaridade nos corpos de prova ensaiados mostrou considerável relevância do impacto causado por conta da adição de carvão nas argamassas, de forma que, após as 72h de ensaio, todos os teores de carvão mineral testados apresentaram maior facilidade de transporte de água pela matriz pelo efeito da capilaridade em comparação à argamassa de controle, produzida sem a adição de carvão mineral.

Observou-se, ainda, que o aumento dos teores de adição causou impactos proporcionais no fenômeno de absorção de água dos corpos de prova, de forma que o teor

de adição de 5% aumentou a absorção de água em 12,41% quando comparado ao controle, o teor de 10% aumentou a absorção em 56,54% e, por fim, o teor de 15% representou um aumento relativo de 79,50% na capacidade de absorção de água.

O teor de 5% de adição de carvão mineral na argamassa, conforme observado na Figura 12, apresentou comportamento muito semelhante ao controle neste quesito de absorção de água por capilaridade, de forma que pode ser considerado um teor aceitável de adição pela ótica deste parâmetro.

Já com relação ao comportamento dos corpos de prova quanto à resistência à compressão, os resultados obtidos para cada um dos corpos de prova, separados em grupos classificados de acordo com os teores de adição de carvão mineral é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resistência à compressão dos corpos de prova

Grupo por teor de adição	CP1 (MPa)	CP2 (MPa)	CP3 (MPa)	CP4 (MPa)	CP5 (MPa)	CP6 (MPa)	Média (MPa)
0,0%	3,56	3,87	3,84	3,83	3,01	3,92	3,67
5,0%	3,15	3,15	2,94	2,89	1,59	-	2,74
10,0%	2,39	1,94	3,19	1,81	2,65	2,21	2,37
15,0%	2,34	2,42	2,67	2,19	2,00	2,47	2,35

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A análise da influência das etapas executadas no programa experimental sobre a resistência à compressão dos corpos de prova se deu, inicialmente, pela verificação de significância estatística relacionada à resistência dos corpos de prova decorrente exclusivamente da adição dos teores de carvão mineral.

Foi realizado, então, a ANOVA e o teste de Tukey para comparação das resistências de controle e as resistências obtidas pelos corpos de prova com adição. Logo, considerando as resistências apresentadas na Tabela 3, procedeu-se a ANOVA para os dados obtidos, cujo resultado é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - ANOVA desenvolvida para comparação entre os teores de adição de carvão mineral

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	6,927991	3	2,30933	11,33772	0,000173	3,12735
Dentro dos grupos	3,870025	19	0,203686			
Total	10,79802	22				

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A análise de significância entre os parâmetros propostos é evidenciada com a comparação entre os valores de F e F crítico, que neste caso, obteve-se o valor de F maior

do que o valor de F crítico, representando que a variabilidade das médias entre os grupos é maior do que a variabilidade das médias dentro dos grupos, o que rejeita a hipótese nula ( $H_0$ ), ou seja, a hipótese em que não existem diferenças significativas no fenômeno analisado, confirmando o efeito da adição de carvão mineral na resistência à compressão dos corpos de prova, sendo que o aumento dos teores de adição representou considerável diminuição da resistência à compressão das amostras.

Ainda, convém comparar o valor-p da ANOVA realizada com o nível de significância estatística adotado ( $\alpha = 5\%$ ), observando-se que o valor-p é relevantemente inferior à significância ( $\alpha$ ), outro parâmetro que proporciona a rejeição da hipótese nula.

Foi realizado, também, o Teste de Tukey para a análise de quais pares de teores de adição de carvão mineral apresentam intervalos de confiança com relevância estatística em relação às resistências à compressão obtidas. Os resultados do teste são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação entre os teores de adição de carvão mineral com o Teste de Tukey

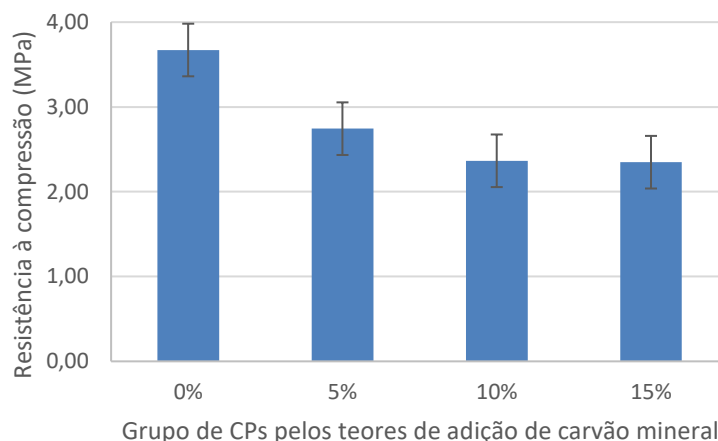
Teor de adição 1	Teor de adição 2	Conclusão
0%	5%	Rejeita-se $H_0$
0%	10%	Rejeita-se $H_0$
0%	15%	Rejeita-se $H_0$
5%	10%	Confirma-se $H_0$
5%	15%	Confirma-se $H_0$
10%	15%	Confirma-se $H_0$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os resultados do Teste de Tukey demonstram que quando comparados cada um dos teores de adição de carvão mineral (5, 10 e 15%) com os corpos de prova de controle, há diferenças estatisticamente significativas que comprovam o impacto da adição na perda de resistência à compressão das argamassas, entretanto, quando comparados os teores de adição entre si, o teste aponta para a confirmação da hipótese nula, de modo que as diferenças observadas entre cada um dos teores de adição não se mostram significativas pelo prisma da análise da perda de resistência, apontando para a ideia de que a adição de carvão mineral nas argamassas influencia a resistência à compressão dos corpos de prova quando comparados com o controle, mas o aumento do percentual de adição não se mostra como um fator relevante.

Para melhor visualização dos dados coletados e apresentados, no tocante à análise da resistência à compressão dos corpos de prova, foi elaborado gráfico ilustrado na Figura 13, que representa as resistências médias atingidas pelos corpos de prova de cada grupo.

Figura 13 - Resultados obtidos para o ensaio de resistência à compressão



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A análise do gráfico apresentado na Figura 13 demonstra que as resistências obtidas pelos corpos de prova em que foi realizada a adição de carvão mineral, quando comparadas com as resistências apresentadas pelos corpos de prova de controle (com 0% de adição), encontram-se basicamente no mesmo patamar de resistência, comprovando o resultado obtido pelo Teste de Tukey.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração o crescente aproveitamento de resíduos industriais na construção civil aliado ao fato da grande produção de resíduos na extração e beneficiamento do carvão mineral, este trabalho tinha como objetivo verificar a influência da adição de resíduos de carvão mineral em argamassa de revestimento quanto à resistência à compressão e absorção de água por capilaridade. Os resultados não foram positivos em nenhum dos casos de adição de resíduo de carvão nos traços produzidos, impactando significativamente na diminuição da resistência à compressão, chegando a uma queda de 36% para a adição de 15%. No que diz respeito à absorção por capilaridade, houve aumento no índice de absorção em todos os casos, principalmente nos índices superiores à 5%, podendo causar comportamentos indesejáveis no que se refere à absorção de água pelo fenômeno de capilaridade, dependendo da aplicação a qual a argamassa se destina.

## REFERÊNCIAS

ALTHEMAN, Dener. et al. **Avaliação de cinza volante de carvão mineral em matrizes cimentícias**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. V. 10, n. 6, p. 1320-1337, 2017. ANM, Agência Nacional de Mineração. **Sumário mineral 2017**. Disponível em: <[https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral\\_2017](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017)> Acesso em 02/06/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9479: Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2005 Versão Corrigida 2:2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro, 1995.

BILIR, Turhan; GENCEL, Osman; TOPCU, Ilker Bekir. **Properties of mortars with fly ash as fine aggregate**. Construction and Building Materials. V. 93, p. 782-789, 2015.

GEMELLI, Enori. et al. **Avaliação de resíduos industriais em camadas de argamassas depositadas sobre chapas de aço inoxidável de pias**. Cerâmica 50. p. 336-344, 2004.

IBRAHIM, Ali Huddin. et al. **Effects of coal bottom ash on the compressive strength of portland cement mortar**. Applied Mechanics and Materials. V 802, p. 149-154, 2015. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 13320: Particle size analysis - Laser diffraction methods**. Genebra, Suíça, 2020.

MARGON, Patrícia Vilela. **Influência do uso das cinzas de carvão mineral de termoelétricas em argamassas de revestimento: dosagem por curvas granulométricas**. 2002. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MENÉNDEZ, Esperanza. et al. **New methodology for assessing the environmental burden of cement mortars with partial replacement of coal bottom ash and fly ash**. Journal of Environmental Management. V. 133, p. 275-283, 2014.

SANTANA, Bruna Vieira; ALEIXO, Isabella Venâncio. **Avaliação da absorção por capilaridade de argamassas para revestimento com diferentes aditivos**

**impermeabilizantes.** 2017. 62 f. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica (Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS) – Brasília, Distrito Federal, 2017.

SANTOS, Cassiano Rossi dos. **Estudo da utilização de rejeitos de carvão na fabricação de blocos de concreto para pavimentação em substituição ao agregado miúdo natural.** 2012. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SIQUEIRA, Jacilene Siqueira de; SOUZA, Celio Augusto Gomes de; SOUZA, José Antônio da Silva. **Reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassas.** Revista Cerâmica. V. 58, n. 346, p. 275-279, 2012.

SOUZA, Rafaela. **Carvão mineral.** Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/carvao-mineral-combustivel.htm>> Acesso em 30 de maio de 2021.

TCPO. **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.** São Paulo: Editora PINI. Ed. 15, p. 1028, 2017.

TANG, Pei. et al. **The application of the treated bottom ash in mortar as cement replacement.** Waste Management Symposium Eurasia 2014, 28 a 30 abril 2014, p. 1077-1082. Istanbul, Turquia, 2014.

TEIXEIRA, Joelane Maria de Carvalho. et al. **Estudo da viabilidade da utilização dos produtos da combustão do carvão mineral como aditivos na produção de argamassa para revestimento.** 58º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 18 a 21 maio 2014. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil, 2014.

ZACCARON, Alexandre. et al. **Estudo da utilização do resíduo proveniente do beneficiamento do carvão mineral como matéria-prima alternativa na fabricação de blocos de vedação.** Revista Cerâmica Industrial. V. 20, n. 2, p. 0, 2015.