

Análise estatística da resistência à compressão de corpos-de-prova de argamassa incorporados com resíduos de carvão vegetal (RCV)**Statistical analysis of resistance to compression of mortar samples incorporated with charcoal waste (RCV)**

DOI:10.34117/bjdv6n11-409

Recebimento dos originais: 19/10/2020

Aceitação para publicação: 19/11/2020

Marielza Corrêa dos ReisProf^a. MSc.Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Passos-MG,
Av. Juca Stockler, 1130, Bairro Belo Horizonte - Passos/MG - CEP 37900-106, Brasil

E-mail: marielza.reis@uemg.br

Mariele Corrêa dos Reis Maia

MSc

Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905,
São Carlos - SP, Brasil

E-mail: mariele_bjp@hotmail.com

Sheyla Mara Baptista SerraProf^a. Dr^a.Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, Km 235, CEP 13565-905,
São Carlos - SP, Brasil

E-mail: sheylabs@ufscar.br

João Vicente Zampieron

Prof. Dr.

Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais – Passos-MG,
Av. Juca Stockler, 1130, Bairro Belo Horizonte - Passos/MG - CEP 37900-106, Brasil

E-mail: joao.zampieron@uemg.br

RESUMO

A indústria da construção civil consome quantidades significativas de recursos naturais que já começam a apresentar problemas quanto a sua escassez. A produção de matrizes cimentícias incorporadas com resíduos de carvão vegetal (RCV) em substituição parcial a areia fina é uma alternativa promissora a problemática, carência de resíduos naturais e a utilização de um resíduo agroindustrial gerado em larga escala no Brasil. Diante do exposto, leva-se a necessidade de conhecimento tecnológico e controle de produção e verificação para atender aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas. Neste âmbito, a resistência mecânica à compressão axial dos compósitos cimentícios é o principal parâmetro de controle e seus resultados tem gerado discussões e controvérsias. Assim, foram realizadas verificações segundo os critérios das principais normas brasileiras, e foi estudada a variabilidade existente nos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial das argamassas com teores de 0%, 10%, 20% e 30% de RCV. Com base nos dados coletados e análises realizadas pode-se concluir

que todas as composições de argamassa atenderam a resistência mínima de 20 MPa. No entanto, através da análise de variâncias (ANOVA), constatou-se que há diferença significativa entre os resultados das argamassas para todos os teores de substituição e para as idades de cura, 7, 28 e 60 dias, entretanto, a interação entre elas não apresentou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Palavras-chave: Controle estatístico, Análise de variância, Resistência à compressão, Resíduos de carvão vegetal.

ABSTRACT

The construction industry consumes significant amounts of natural resources that are already beginning to present problems regarding their scarcity. The production of cementitious matrixes incorporated with charcoal residues (RCV) in partial replacement to fine sand is a promising alternative to the problem, lack of natural residues and the use of a large scale agro-industrial residue in Brazil. Given the above, there is a need for technological knowledge and production control and verification to meet the requirements established by technical standards. In this context, the mechanical resistance to axial compression of cementitious composites is the main control parameter and its results have generated discussions and controversies. Thus, checks were carried out according to the criteria of the main Brazilian standards, and the existing variability in the results of the tests of resistance to axial compression of mortars with contents of 0%, 10%, 20% and 30% of RCV was studied. Based on the data collected and analyzes performed, it can be concluded that all mortar compositions met the minimum strength of 20 MPa. However, through the analysis of variances (ANOVA), it was found that there is a significant difference between the results of the mortars for all the replacement contents and for the curing ages, 7, 28 and 60 days, however, the interaction between them did not show significant differences at the 5% probability level.

Keywords: Statistical control, Analysis of variance, Compressive strength, Charcoal waste.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil consome quantidades significativas de recursos naturais. Dentre os recursos, os mais utilizados nas obras de construção são o cimento e os agregados. Os agregados miúdos possuem importância fundamental para proporcionar uma boa qualidade ao concreto, sendo um dos mais utilizados, a areia natural. Em virtude da crescente demanda por agregados, estes já começam a apresentar problemas quanto a sua escassez (MOTA et al., 2017).

Mota et al. (2017) ressalta que a partir da realidade econômica e a preocupação com a preservação do meio ambiente, vem crescendo o interesse pela procura de materiais alternativos que possam ser utilizados em substituição aos agregados ou ao aglomerante na produção de compósitos cimentícios.

O uso da biomassa agroindustrial ou de florestas de rápido crescimento, também denominadas como de curta rotação, é uma alternativa promissora (TEIXEIRA et al., 2016). Na produção de energia, a queima de biomassa provoca a liberação de dióxido de carbono na

atmosfera, porém, como este composto foi previamente absorvido pelas plantas que deram origem ao combustível, o balanço de emissões de CO₂ é quase nulo.

Neste cenário, a produção de carvão vegetal pode contribuir com o desenvolvimento sustentável quando produzido a partir de biomassa plantada (sinvicultura) ou de áreas nativas com reposição florestal (áreas de manejo). Aliado a isso, há possibilidade de exaustão de fontes não renováveis e o aumento das pressões do governo e da sociedade pelo maior aproveitamento de materiais, o carvão vegetal apresenta-se como fonte energética (LAIRD, 2008).

Assim, a incorporação de resíduos de carvão vegetal em substituição parcial a areia fina em matrizes cimentícias abrange dois temas importantes: a utilização de um resíduo gerado em larga escala no Brasil e o estudo das propriedades relacionadas ao incremento destes nas argamassas.

Dentre as diversas propriedades, as características mecânicas são objetos de estudo de diversos pesquisadores por serem responsáveis pela durabilidade dos componentes cimentícios de uma estrutura. Fazendo vistas a esse pressuposto, experimentos estatísticos voltados para a análise de variabilidade da resistência à compressão axial de corpos cilíndricos são de suma importância, uma vez que caracterizam a resistência de novos elementos cimentícios (TEIXEIRA; ANDRADE; BONIFÁCIO, 2015).

O parâmetro que será analisado no presente trabalho, resistência à compressão, difere de acordo com as variáveis externas, ou seja, as variáveis independentes, que podem ser controladas, tais como: relação água/aglomerante (a/c), tempo de cura e teor de substituição da areia fina por resíduos de carvão vegetal (RCV).

O trabalho objetiva analisar se os grupos de experimentos, denominados estatisticamente como tratamentos, possuem diferenças significativas. Para tanto, utiliza-se a comparação entre as médias do tratamento através de análise de variância (ANOVA). Após tal constatação por meio do teste F, utilizou-se os testes de comparações múltiplas para avaliar a magnitude destas diferenças.

Um dos principais procedimentos de comparações múltiplas é o Teste de Tukey, entretanto a dificuldade de utilização desse procedimento é interpretar seus resultados por apresentar características de ambiguidade. Tal ambiguidade é decorrente da possibilidade de dois níveis de tratamento serem considerados iguais a um terceiro, mas diferentes entre si (BORGES; FERREIRA, 2003).

Segundo Borges, Ferreira (2003), uma alternativa é a aplicação do teste de Scott Knott. Os resultados são facilmente interpretados devido à ausência de ambiguidade, de forma mais

clara e objetiva. O teste visa a separação de médias de tratamento em grupos distintos, através da minimização da variação dentro e maximização da variação entre grupos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

A base deste estudo é a comparação de argamassas adicionada de resíduos de carvão vegetal com a argamassa de referência (sem adição).

A argamassa de referência é indispensável já que o uso de resíduos de carvão vegetal neste trabalho implica na substituição parcial da areia fina, o que provoca mudanças na resistência mecânica em consequência das alterações microestruturais.

A adição de um resíduo em um determinado traço de argamassa tende a provocar, em uma análise inicial, demanda de água na mistura, pois o material adicionado aumenta a área superficial a ser molhada, alterando o abatimento desejado, e caso seja corrigido pelo acréscimo de água, alteração da sua relação água/cimento.

As matrizes cimentícias foram produzidas no Laboratório de Materiais de Construção de Passos – UEMG, à temperatura ambiente, utilizando argamassadeira planetária com capacidade para 200 dm³. A mesma foi imprimada com uma mistura de cimento e areia na proporção 1:2 em massa e uma relação água/cimento de 0,55, com o objetivo de que a argamassa misturada não perda água de amassamento e nem fique presa às paredes da mesma, sendo retirado o excesso de argamassa antes da execução do primeiro traço.

O traço de referência adotado foi 1: 1,00: 1,00: 0,55 (cimento: areia fina: areia média: a/c). Vale salientar que a proporção dos materiais foi determinada pelo teor de argamassa de concretos obtidos em estudos prévios conforme Bortoletto et al. (2017). A areia fina foi substituída parcialmente pelo RCV nos teores de 0%, 10%, 20% e 30% (em volume) e a relação água/cimento foi mantida constante para todas as misturas. A composição dos traços (em massa) e o índice de consistência das argamassas, obtidos de acordo com as especificações da NBR 13276 (ABNT, 2005), estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das argamassas

Composições	Proporção dos materiais				a/c	Índice de consistência (mm)
	Cimento	RCV	Areia Fina	Areia Média		
0% RCV	1,00	0,00	1,00	1,00	0,55	312
10% RCV	1,00	0,10	0,90	1,00	0,55	272
20% RCV	1,00	0,20	0,80	1,00	0,55	247
30% RCV	1,00	0,30	0,70	1,00	0,55	217

Fonte: Autores (2019)

Todos os materiais foram pesados e imediatamente colocados na argamassadeira, obedecendo sempre à mesma sequência. Em todas as etapas de produção foi realizado a imprimação da argamassadeira antes da colocação dos materiais.

2.2 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Os procedimentos para moldagem e cura dos corpos-de-prova foram baseados nas recomendações da norma NBR 7215 (ABNT, 1996).

Antes de se proceder à moldagem dos corpos-de-prova, é sistemático que os moldes cilíndricos de 5x10 cm (diâmetro x altura) e suas bases sejam convenientemente revestidos internamente com uma fina camada de óleo mineral para facilitar posterior desmoldagem (Figura 1 (a)).

Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas da moldagem e acondicionados em câmara úmida (Figura 1 (c)), protegidos de intempéries, em superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar a argamassa até a data de ensaio.

Figura 1 – Moldes utilizados (a); moldagem das argamassas (b); moldes com argamassa (c) e acondicionamento em câmara úmida (d).



Fonte: Autores (2019)

2.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os procedimentos para o ensaio de resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos segundo as recomendações da norma NBR 7215 (ABNT, 1996), foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção de Passos - UEMG. Para realização do ensaio de compressão foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca Forney, capacidade 125 toneladas, com controle de aplicação de força, e atende aos requisitos da classe I da NBR NM ISO 7500-1.

Após cura e preparo da superfície dos corpos de prova, procedeu-se a coleta das dimensões (altura e diâmetro) utilizando um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

Como no Laboratório de Materiais da Construção Civil da UEMG-Passos não disponibiliza de uma máquina para esmerilhar os corpos de prova, procedeu-se o capeamento com enxofre (Figura 2).

Figura 2 – Corpos de prova capeados



Fonte: Autores (2019)

Antes de se iniciar o ensaio, o corpo-de-prova foi cuidadosamente centralizado no prato inferior, com auxílio dos círculos concêntricos de referência, observando-se o sentido de moldagem, de modo que seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças seja devidamente centralizada.

Para cada composição foram utilizados 5 corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Os corpos de prova moldados foram ensaiados com idade de 7, 28 e 60 dias.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O planejamento experimental pretendeu enunciar as questões sobre os resultados de resistência à compressão dos corpos cilíndricos. A fim de avaliar afirmações sobre as médias de populações, empregou-se a técnica ANOVA (Analysis of variance) para verificar se existe uma diferença significativa entre as médias de resistência à compressão e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente.

O interesse em testar se há diferenças entre as médias dos resultados de resistência à compressão das composições de argamassas, equivale a testar as hipóteses:

Hipótese nula: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_i$ Elementos são iguais.

Hipótese 01: $H_1: \mu_i \neq \mu_{i'}$ para pelo menos um par (i, i') , com $i \neq i'$ pelo menos um elemento difere dos demais.

em que:
$$\mu_i = \mu + \tau_i \quad i = 1, 2, \dots, I.$$

Se a hipótese nula, for verdadeira, todos os tratamentos terão uma média comum μ .

A análise de variância, baseia-se na decomposição da variação total da variável resposta em partes que podem ser atribuídas aos tratamentos (variância entre) e ao erro experimental (variância dentro).

A soma de quadrados foi organizada na tabela da análise de variância, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise de variância

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F calculado
Tratamentos	I-1	SQ Trat.	QM Trat.	QM Trat./QM Res.
Resíduos	I(J-1)	SQ Res.	QM Res.	
TOTAL	IJ-1	SQ Total		

Fonte: Ferreira, Manuel, Beline (2017)

Para testar a hipótese H_0 , utilizou-se o teste F. Considera-se válido se os pressupostos assumidos para os erros do modelo estiverem satisfeitos.

Se $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$, rejeitamos a hipótese de nulidade H_0 , ou seja, existem evidências de diferença significativa entre pelo menos um par de médias de tratamentos, ao nível α de significância escolhido. Caso contrário, não se rejeitando a hipótese de nulidade, ou seja, não há evidências de diferenças significativas entre os tratamentos.

- Teste de comparações de médias

Ao constatar a existência de diferença significativa entre tratamentos, por meio do teste F, usou-se o Teste de Scott e Knott e o Teste de Tukey para avaliar a magnitude destas diferenças.

Os resultados das médias foram comparados entre si pelo Teste de Scott e Knott e pelo o Teste de Tukey a 5% de probabilidade por meio do aplicativo computacional Genes. Essa porcentagem indica que são considerados diferentes os grupos cuja significância seja menor que este valor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

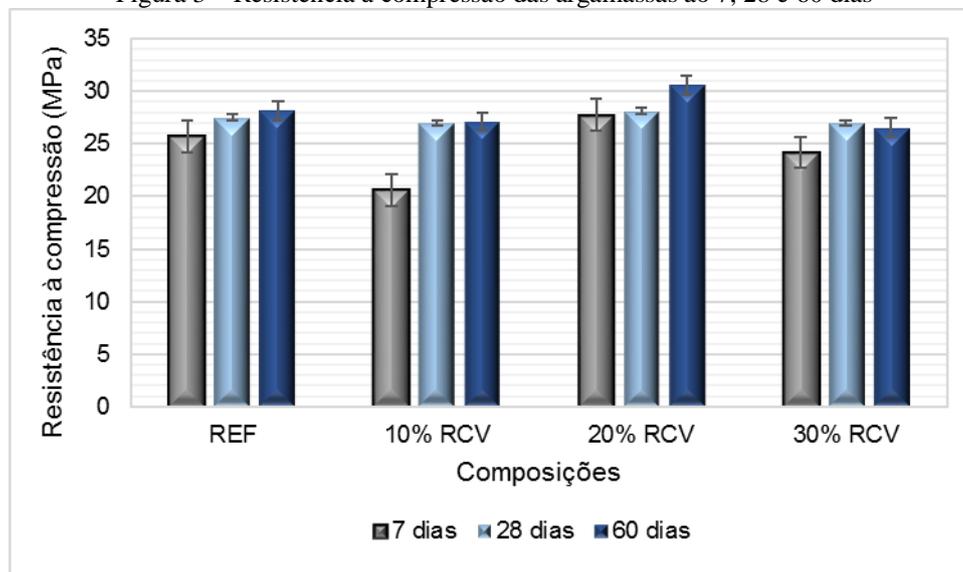
O ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos foi realizado aos 7, 28 e 60 dias. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio para a argamassa de

referência, 0% RCV, e para as argamassas com incorporação de 10%, 20% e 30% de RCV em substituição à areia fina.

Na idade de 7 dias, a argamassa 20% RCV apresentou um aumento de resistência à compressão de 7,92% em relação à argamassa de referência (0% RCV). Por outro lado, os traços 10% RCV e 30% RCV apresentaram redução de 19,8% e 5,94%, respectivamente, também em relação à argamassa de referência.

Na idade de 28 dias, todos os traços elevaram os valores de resistência à compressão, entretanto, a argamassa de 20% RCV apresentou um aumento de 2,21% em relação à argamassa de referência e os traços com 10% RCV e 30% RCV redução de 1,86% para ambos.

Figura 3 – Resistência à compressão das argamassas ao 7, 28 e 60 dias



Fonte: Autores (2019)

Aos 60 dias de idade, os resultados de resistência à compressão das argamassas com 10% RCV e 30% RCV foram similares à argamassa de referência, com exceção da composição de 20% RCV, que apresentou um aumento de 8,66% em relação à referência.

Com intervalo de cura maior, destacou-se o avanço das reações de hidratação dos componentes do cimento. O aumento da resistência à compressão não obteve uma evolução tão significativa pelo fato dos RCV não se apresentarem como material pozolânico, demonstrando uma reação de hidratação mais rápida aos 7 dias e mais lenta ao passar do tempo, contando principalmente com a hidratação dos silicatos de cálcio hidratados (CSH), que se hidratam e dão resistência à matriz cimentícia.

Considerando que os valores de resistência mecânica para todas as composições estão acima de 20 MPa, tal produto pode ser incorporado em placas de concreto, blocos de pavimentação, lajes e demais elementos que não exijam resistências tão elevadas.

Ramos (2015) produziu argamassas com teores de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 30% de RCV em substituição em volume da areia, o pesquisador concluiu que o uso de RCV como agregado leve é viável para fabricação de componentes não estruturais. Mota et al. (2017) produziram concretos com teores de 2%, 4% e 8% de RCV em substituição à massa do agregado miúdo, os pesquisadores concluíram que a adição de resíduos de carvão contribui com as propriedades mecânicas dos concretos.

Ainda que o RCV não tenha contribuído significativamente para o efeito pozolânico e o ganho de resistência ainda que tardio, pode-se verificar que a incorporação de resíduos de carvão vegetal, desde que nos teores adequados, pode contribuir com o aproveitamento de um material que seria descartado inadequadamente e com a diminuição de materiais não renováveis empregados às argamassas, mantendo suas propriedades mecânicas.

3.2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

A Análise de Variância (ANOVA) foi utilizada com o intuito de comparar se há diferença significativa entre os resultados de resistência à compressão para as diferentes combinações, denominados estatisticamente como tratamentos.

Neste estudo, a variável analisada foi a resistência à compressão, as subparcelas são os traços de argamassa, totalizando em quatro, a argamassa de referência (0% RCV) e as argamassas com adição de resíduos de carvão vegetal (10% RCV, 20% RCV e 30% RCV), as parcelas refere-se ao tempo de cura, 7, 28 e 60 dias, totalizando em três e as repetições, ao número de exemplares confeccionados para cada traço, contabilizados em 5 exemplares.

Os resultados da análise de variância da variável, resistência à compressão, efetuada pelo software GENES, está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de variância da variável resistência à compressão

FV	GL	SQ	QM	F
Parcela	2	139,6120	69,806	11,3416
Erro a	12	73,8585	6,1548	
Subparcela	3	128,4853	42,8284	8,4696
Interação	6	60,5900	10,0983	1,9970
Erro b	36	182,0425	5,0567	

Fonte: Autores (2019)

Os valores de interesse neste estudo são os valores de Fisher (F), os quais permite testar as hipóteses H_0 e H_1 . O resultado do teste de hipótese encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Teste de hipótese

FV	TESTE	GL NUM	GL DEN	F	PROBABILIDADE (%)
Parcela	QMP/QMEa	2	12	11,3416	0,001716**
Subparcela	QMS/QMEb	3	36	8,4696	0,021498**
Interação	QMPxS/QMEb	6	36	1,9970	9,176706 ns

Fonte: Autores (2019)

De acordo com o teste temos a seguinte situação. Para as parcelas, ou seja, para os dias de cura, 7, 28 e 60 dias, obtemos valor de F igual a 11,34. Para as subparcelas, ou seja, para os traços de argamassa, 0% RCV, 10% RCV, 20% RCV e 30% RCV, obtemos valor de F igual a 8,47. Pode-se verificar por meio da tabela de distribuição F que o resultado para ambos foi significativo a 1%, ou seja, a probabilidade ao nível de 5% foi significativa. Conclui-se que há 99% de certeza de que pelo menos um dos valores difere dos demais, tanto para as parcelas como para as subparcelas.

A probabilidade da interação foi de 9,18%, ou seja, acima de 5%, portanto, não há diferença significativa estatisticamente, ou seja, todos os resultados entre eles foram similares. Em síntese, para os dias de cura, os resultados de resistência à compressão para as combinações de argamassa foram semelhantes.

Pode-se afirmar que o RCV teve efeito significativo na resistência à compressão, assim como a idade, ou seja, um aumento de resistência ao longo do tempo, contudo, analisando-se a influência combinada do RCV na resistência à compressão com a idade, não houve efeito significativo no crescimento da resistência.

Diante dos resultados, não houve necessidade de realizar o teste de comparação de médias para interação parcelas/subparcelas. A realização do teste de média foi realizada somente para as parcelas e as para subparcelas. Os testes empregados foram o de Scott-Knott e o de Tukey. A escolha por realizar ambos, se deu a fim de verificar se há divergência entre os resultados.

Tabela 5 – Teste de comparação de médias das parcelas

Tratamento	SCOTT E KNOTT		TUKEY	
	Média	Grupo	Média	Grupo
cura 60 dias	28,1140	a	28,1140	a
cura 28 dias	27,4152	a	27,4152	a
cura 7 dias	24,5858	b	24,5858	b

Fonte: Autores (2019)

Na comparação de médias para as parcelas, conforme Tabela 5, obteve-se como resultado, em ambos os testes, grupo a para cura aos 28 e 60 dias, e grupo b para cura aos 7

dias, ou seja, estatisticamente, os resultados de resistência à compressão para os exemplares com cura aos 28 e 60 dias foram iguais, enquanto que aos 7 dias foi inferior, diferindo dos demais.

Na comparação de médias para as subparcelas, conforme Tabela 6, a argamassa com adição de 20% RCV obteve maior resistência à compressão, seguido das argamassas de 0% RCV, 30% RCV e 10% RCV. De acordo com a classificação de grupo, no teste de Scott e Knott, somente as subparcelas de 10% RCV e 30% RCV são consideradas similares estatisticamente. No teste de Tukey observa-se a seguinte situação. As subparcelas de 20% RCV e 0% RCV, 0% RCV e 30% RCV, e 30% RCV com 10% RCV são similares estatisticamente, entretanto, as combinações de 20% RCV difere das argamassas com 10% RCV e 30% RCV, e as de 0% RCV difere das de 10% RCV.

Tabela 6 – Teste de comparação de médias das subparcelas

Tratamento	SCOTT E KNOTT		TUKEY	
	Média	Grupo	Média	Grupo
20% RCV	28,8400	a	28,8400	a
0% RCV	27,1441	b	27,1441	ab
30% RCV	25,9187	c	25,9187	bc
10% RCV	24,9171	c	24,9171	c

Fonte: Autores (2019)

Na Tabela 7 encontram-se os fatores que apontam se o experimento foi bem conduzido ou não.

Tabela 7 – Fatores da análise de variância

Fatores de análise	Valor
Média da variável (MPa)	26,70
Coefficiente de variação - Parcela (%)	9,29
Coefficiente de variação - Subparcela (%)	8,42

Fonte: Autores (2019)

De acordo com a análise de variância realizada a média de resistência à compressão do experimento foi de 26,7 MPa. O coeficiente de variação da parcela e da subparcela obtiveram resultados inferiores a 10%. Tais resultados são considerados relativamente baixos, portanto, simboliza uma alta viabilidade técnica para o presente estudo.

4 CONCLUSÕES

Os ensaios mostraram que a produção de argamassa contendo resíduos de carvão vegetal é interessante para a indústria da construção civil, não só na parte técnica como também em

aspectos econômicos e ambientais. Os RCV possuem pouco ou nenhum valor comercial e a fabricação de argamassas à base desses, viabiliza a economia de consumo de materiais não renováveis, além de diminuir o descarte de resíduos e minimização de passivos ambientais.

Considerando a disponibilidade da areia, um novo produto plausível pode ser estudado com mais ênfase, não somente nas argamassas, mas em todas as matrizes cimentícias. E com relação a sistemática do manuseio de resíduos, é possível utilizar os descartes da indústria carvoeira dentro da construção civil, de forma a diminuir o impacto do descarte inadequado deste resíduo no meio ambiente.

Analisando-se as médias dos tratamentos realizados por cura aos 7, 28 e 60 dias conclui-se que as argamassas submetidas à cura de 60 dias possuem maior resistência.

A substituição da areia fina pelo RCV nas argamassas, ainda que de forma parcial, influencia significativamente na resistência à compressão, apresentando valor mais alto para o teor de 20% RCV, em torno de 28 MPa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7215** – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8p.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 21, n.1, p. 67-83, 2003.

BORTOLETTO, M; GUIMARÃES, P.V.C.; SILVA, R.G.; AKASAKI, J.L. Avaliação do resíduo cinza da madeira de eucalipto como substituição parcial da areia em argamassas de cimento. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 10, n. 18, p. 80-93, 2017.

FERREIRA, E.A; MANUEL, R. O.; BELINI, C. M. B. **Melhoramento florestal e biotecnologia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017, 184p. ISBN 978-85-8482-854-8

TEIXEIRA, C. M.; MARTINS, M. P.; YAMAMOTO, H.; CHRISOSTOMO, W; YAMAJI, F. M. Caracterização Química de Resíduos de Eucalyptus sp. De Floresta de Curta Rotação para a Produção de Bioenergia. **Revista Virtual Química**, vol. 8. nº 5, p. 1693-1701, 2016.

LAIRD, D. A. The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestration carbono, while improving soil and water quality. **Agronomy Journal**, v. 100, n, 1, p. 178-181, 2008.

MOTA, L. C. S.; FERREIRA, R. H. C.; FIGUEIRA, S. L.; MONTEL, A. L. B.; D'OLIVEIRA, M. C. P. E. Avaliação dos efeitos da adição de carvão ativado residual ao concreto. **In.: ANAIS DO 59º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO – 59CBC2017**, Bento Gonçalves-RS, 2017.

RAMOS, F. V. **Argamassas utilizando agregado leve à base de resíduo de carvão vegetal (RCV)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais e Processos Industriais) – Universidade Freevale, FREEVALE, Brasil, 2015.

TEIXEIRA, R. F.; ANDRADE, P. C. R.; BONIFÁCIO, E. D. Análise estatística da resistência a compressão do concreto. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015.