



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

NATÁLIA FERREIRA ALVES

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM ADIÇÃO
DE CARVÃO VEGETAL**

**ARIQUEMES - RO
2021**

NATÁLIA FERREIRA ALVES

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM ADIÇÃO
DE CARVÃO VEGETAL**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção de Grau em ENGENHARIA CIVIL, apresentado à Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA.

Prof. Orientador: Me. Felipe Cordeiro de Lima

ARIQUEMES - RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Júlio Bordignon - FAEMA

AL474a

ALVES, Natália Ferreira.

Análise das propriedades mecânicas da argamassa com adição de carvão vegetal. / por Natália Ferreira Alves. Ariquemes: FAEMA, 2021.

62 p.

TCC (Graduação) - Bacharelado em Engenharia Civil - Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA.

Orientador (a): Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

1. Carvão vegetal. 2. Argamassa. 3. Cimento . 4. Substituição. 5. Rejeito de carvão . I Lima, Felipe Cordeiro de . II. Título. III. FAEMA.

CDD:620.1

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

NATÁLIA FERREIRA ALVES

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM ADIÇÃO
DE CARVÃO VEGETAL**

Trabalho de conclusão de curso para a obtenção
do Grau em ENGENHARIA CIVIL, apresentado à
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-
FAEMA

Banca examinadora

Prof^o. Orientador: Me. Felipe Cordeiro de Lima
Faculdade de Educação e Meio Ambiente -FAEMA

Prof^a. Me. Silênia Priscila da Silva Lemes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente -FAEMA

Prof^o. Esp. João Victor da Silva Costa
Faculdade de Educação e Meio Ambiente -FAEMA

ARIQUEMES - RO

2021

RESUMO

O carvão é um material frágil, tendo grande tendência a esfarelar, desta forma durante a produção do carvão é gerado uma alta quantidade de rejeito, gerando os finos do carvão, onde este material não possui destinação, o que acaba gerando um grande impacto ambiental. Desejando dar utilização ao rejeito de carvão, se deu origem a esta pesquisa experimental, com o objetivo de analisar as características de uma argamassa moldada com a substituição do cimento pelo rejeito do carvão, nas proporções de 10, 20, e 30%. Foram realizadas análises das características da argamassa tanto no estado fresco como endurecido, sendo analisadas as propriedades mecânicas (resistência à tração na flexão e compressão) das amostras, e assim dar uma utilização para este material. Com a realização dos ensaios laboratoriais pôde ser analisado que a substituição do cimento pelo rejeito do carvão, gerou uma redução na resistência onde comparando a amostra referencial com a amostra de 30% de substituição, obteve uma redução de 51,65% na resistência à tração, é de 28,23% na resistência à compressão. Notando que a adição de rejeito de carvão não trouxe grandes vantagens para a utilização, principalmente em locais que venham requerer um esforço a tração. Mas este novo material é viável para ser utilizado em locais onde não se tenha grandes esforços, como é o caso de calçadas, calçamento de quintal, bordas de piscinas, assentamento de alvenaria entre outros. Diante do exposto nota se que a utilização deste material possui uma restrição, para locais que necessitam de uma resistência à compressão superior a 20 MPa.

Palavras-chaves: Carvão vegetal. Argamassa. Cimento. Substituição. Rejeito de carvão.

ABSTRACT

Coal is a fragile material, with a great tendency to crumble, thus, during the production of coal, a high amount of tailings is generated, generating coal fines, where this material has no destination, which ends up generating a great environmental impact. In order to make use of coal tailings, this experimental research was carried out, with the aim of analyzing the characteristics of a molded mortar with the replacement of cement by coal tailings, in the proportions of 10, 20, and 30%. Analyzes of the characteristics of the mortar were carried out both in the fresh and hardened state, and the mechanical properties (tensile strength in bending and compression) of the samples were analyzed, thus giving a use for this material. With the performance of laboratory tests, it could be analyzed that the replacement of cement by coal tailings generated a reduction in strength where, comparing the reference sample with the 30% replacement sample, it obtained a reduction of 51,65% in tensile strength , is 28,23% in compressive strength. Noting that the addition of coal tailings did not bring great advantages for its use, especially in places that require traction effort. But this new material is viable to be used in places where there is no great effort, such as sidewalks, backyard paving, swimming pool edges, masonry settlement, among others. Given the above, it is noted that the use of this material has a restriction, for places that need a compressive strength greater than 20 MPa.

Keywords: Charcoal. Mortar. Cement. Replacement. coal tailings

LISTA DE FÓRMULA

Fórmula 01- Densidade da massa	42
Fórmula 02- Teor de ar incorporado	43
Fórmula 03- Densidade de massa teórica	43

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

FAEMA Faculdade de Educação e Meio Ambiente

MDC Metro de Carvão (quantidade de carvão contida em um metro cúbico)

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Série de peneiras granulométrica seguindo a (ABNT/NBR 5734/80).....	20
Figura 02- Resultado obtido no ensaio de resistência à compressão.....	24
Figura 03- Comparativo de carvão com cimento.....	33
Figura 04- Argamassadeira.....	39
Figura 05- Mesa de ensaio do índice de consistência.....	40
Figura 06- (A) corpo de prova prismático, (B) corpo de prova cilíndrico.....	43
Figura 07- (a) argamassa referência, (b) argamassa com adição de 30%	46
Figura 08- Gráfico de compressão	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Granulometria do carvão.....	34
Tabela 02- Granulometria da areia.....	36
Tabela 03- Quantitativo de material prismáticos.....	38
Tabela 04- Quantitativo de material cilíndrico.....	38
Tabela 05- Teor de umidade	39
Tabela 06- Massa unitária	40
Tabela 07- Com a quantidade dos corpos de prova prismático.....	45
Tabela 08- Com a quantidade dos corpos de prova cilíndrico.....	45
Tabela 09- Consistência da argamassa	47
Tabela 10- Teor de ar incorporado.....	49
Tabela 11- Classificação da densidade em estado fresco da argamassa	49
Tabela 12- Resistência à tração na flexão dos corpos de provas	51
Tabela 13- Média de resistência à compressão	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO PRIMÁRIO	13
2.2	OBJETIVO SECUNDÁRIO	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	CIMENTO PORTLAND	14
3.2	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND	15
3.2.1	Impactos gerado na fabricação do cimento Portland	17
3.3	CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS	17
3.3.1	Quanto à origem	18
3.3.2	Dimensão	18
3.3.3	A granulometria dos agregados de acordo com NBR 7211:2009	19
3.3.3.1	Areia	19
3.4	CARVÃO VEGETAL	20
3.5	UTILIZAÇÃO DO CARVÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
3.6	ARGAMASSA	25
3.6.1	Propriedades da argamassa	20
3.6.2	Aditivos para argamassa	23
3.6.2.1	Principais tipos de aditivos	23
3.6.3	Aplicações é função da argamassa	24
3.7	DETERMINAÇÃO DA DOSAGEM DA ARGAMASSA	30
3.8	ENSAIOS	30
3.8.1	Em estado fresco	30
3.8.2	Em estado endurecido	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32

4.1	MATERIAL	33
4.1.1	Carvão	33
4.1.2	Areia	35
4.1.3	Cimento Portland	36
4.1.4	Água	37
4.2	MÉTODOS	37
4.3	ENSAIOS LABORATORIAL	39
4.3.1	Granulometria	39
4.3.2	Teor de umidade	39
4.4	CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	41
4.4.1	Preparo do material	41
4.4.2	Ensaio em estado fresco	42
4.4.3	Convecção do corpo de prova	44
4.4.4	Cura do corpo de prova	46
4.4.5	Rompimento do corpo de prova	46
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5.1	ARGAMASSA EM ESTADO FRESCO	47
5.1.1	Índice de Consistência	47
5.1.2	Teor de ar incorporado e densidade da massa	49
5.2	CARACTERIZAÇÃO EM ESTADO ENDURECIDO DA ARGAMASSA	50
	CONCLUSÃO	55
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população, proporcionalmente foi sendo gerado uma grande quantidade de resíduos, onde na maioria das vezes são descartados de forma inadequada na natureza. Como é o caso do descarte de materiais da construção civil, sendo estes materiais, restos de concreto, embalagens, recortes de cerâmicas, entre outros.

Os efeitos negativos causados ao meio ambiente são os mais diversos, como degradação do solo, assoreamento do leito dos rios, emissão de poluentes no meio ambiente, etc. Um bom exemplo é a produção do cimento que gera um grande impacto no meio ambiente com a alta emissão de dióxido de carbono (CO₂). Para reduzir os impactos gerados ao meio ambiente, sugere-se a substituição do cimento, onde já está sendo realizado estudos visando uma substituição de forma parcial do cimento. (JORGE, 2017; SANTOS, 2012). Sendo impulsionando o desenvolvimento de pesquisas nos centros acadêmicos e nas universidades, e também em empresas na busca de alternativas específicas para o aproveitamento de resíduos, na tentativa de reduzir seus impactos ambientais, (SIQUEIRA ,2012; PADILHA ,2018; REIS,2019.)

O Brasil é o país com a maior produção e também um dos maiores consumidor do carvão vegetal, sendo utilizado nas indústrias siderúrgicas cerca de 70% e os outros 30% é utilizado em residências e no setor comercial (GARCIA; RODRIGUES; DAL BEM; FERREIRA, 2017). Desta forma o Brasil acaba gerando uma grande quantidade de rejeito, que não possui finalidade adequada. Onde acaba sendo descartado no meio ambiente.

Diante dos impactos gerados pela construção civil ao meio ambiente e da falta que se tem de recursos naturais, torna-se necessário a utilização de novos materiais alternativos para substituir os materiais que estão em escassez ou para minimizar o impacto ambiental, principalmente pela alta demanda de matéria prima gerada pelo setor da construção. Desta forma é necessário a utilização da

construção civil como um aliado para reduzir os impactos ao meio ambiente, e também o consumo de matéria prima. No decorrer deste trabalho foi analisada a utilização do rejeito do carvão como substituto do cimento em proporções de 10, 20 e 30%, na argamassa. Com o objetivo de reduzir a utilização do cimento, pois de acordo com Sant e Filho (2004) o cimento agride muito o meio ambiente na sua fabricação.

Nesse contexto, onde é buscando dar uma maior funcionalidade à argamassa e reduzir as fissuras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Analisar a contribuição do rejeito gerado durante o processo de produção do carvão vegetal, como substituto parcial do cimento na argamassa, sendo observado as propriedades mecânicas.

2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO

- Observar o comportamento que a argamassa terá, tanto em estado fresco como em estado endurecido com adição de rejeito de carvão.
- Analisar a resistência à tração na flexão e à compressão;
- Analisar a viabilidade da utilização do rejeito de carvão vegetal na argamassa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland foi patenteado no ano de 1824, pelo construtor inglês Joseph Aspdin, onde era preparado através da utilização de pedras calcárias juntamente com argila, para dar mais trabalhabilidade ao material era adicionado água, e após a secagem o material tornava-se sólido. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP, 2017).

Cimento é um pó de granulometria fina, onde possui propriedades aglutinantes, ligantes e aglomerantes sob reação com a água. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP, 2017). Onde se dá através do resultado obtido com a mistura entre o clínquer e sulfato de cálcio, para alguns caso pode ser adicionado o aditivo seja para aumentar a resistência ou para reduzir o tempo de cura (BAUER, 2013)

O clínquer que é utilizado no cimento Portland é obtido através da calcinação a aproximadamente 1450 °C em forno rotativo (ARAÚJO, 2014). Onde a homogeneização da argila e do calcário, podendo ter outros aditivos como aluminatos e ferro aluminato tetracálcico. As propriedades físicas do cimento Portland estão relacionadas diretamente com o processo de fabricação, pois o controle de finura é de grande importância, pois tem relação direta na velocidade da hidratação e no tempo de pega (BAUER, 2013).

Ribeiro et al. (2017) relata que o cimento possui uma grande importância para a construção civil, sendo muito utilizado no setor da construção. Onde para cada tipo de obra possui um mais indicado, pois o Cimento Portland possui as seguintes classificações:

- Cimento Portland Comum (CPI):
 - CP I- Cimento Portland Comum;
 - CPI-S - Cimento Portland Comum que possui Adição;

- Cimento Portland Composto (CPII);
 - CPII-E- Cimento Portland Composto com Escória;
 - CPII-Z - Cimento Portland Composto por Pozolana;
 - CPII-F- Cimento Portland Composto com Filer;
-
- Cimento Portland de Alto-Forno (CP III).
 - Cimento Portland Pozolânico (CP IV).
 - Cimento Portland de Alto Resistência Inicial (CP V-ARI).
 - Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS).
 - Cimento Portland de Baixo calor na Hidratação (BC).
 - Cimento Portland Branco (CPB).

A partir de 2018, foram reunidas todas as classificações do cimento Portland na ABNT NBR 16697 (2018). Onde estabelece por meio de dosagens adequadas, indicação para os diversos tipos de cimento recomendando a aplicação.

3.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND

O processo empregado para a fabricação do cimento não é algo simples, e requer um alto consumo de energia e diferentes tipos de mecanismos (COSTA ET AL, 2012). A matéria prima aglomerante do cimento é a argila e o calcário, onde são encontrados na natureza; Sendo a sua extração realizada em grandes pedreiras a céu aberto, o que causa uma grande modificação ambiental na região, como por exemplo a modificação panorâmica, e a retirada da fauna local.

Posteriormente ao processo de extração é realizada a fabricação, sendo a mesma realizada em sua grande maioria próximo ao local de extração da matéria prima. Visando assim a redução de transporte.

Onde o processo de fabricação utilizado no Brasil é via seca, sendo constituída principalmente por quatro pilares fundamentais sendo:

- Mistura e moagem da matéria- prima (Calcário e argila);

- Produção do Clínquer;
- Moagem e mistura do clínquer;
- Empacotamento.

A matéria prima constitui-se por calcário (94%), e argila (4%) e em alguns casos uma quantidade de 2% de óxidos de ferro e alumínio. Estes materiais são moídos até se obter a farinha crua. Em seguida esta farinha é introduzida em um forno a 1500° C; posteriormente e subitamente resfriada com rajadas de ar. (NETO, 2012). Desta forma é produzido o clínquer, que é material principal para a obtenção do cimento.

O clínquer é misturado com gesso (gipsita), calcário, Pozolana ou escória, onde se dá origem a diversos tipos de cimento. (NETO, 2012).

De uma forma mais simples e explicativa a fabricação do cimento se dá na seguinte ordem:

- 1° Extração da matéria prima (Calcário, Argila);
- 2° Moagem da matéria crua (Calcário e Argila. formando uma farinha de 0,15 mm);
- 3° Posteriormente é levado ao forno a 1500° c;
- 4° O resfriamento é realizado com rajadas de ar;
- 5° Dosagem (há uma variação de acordo com o tipo de cimento que é desejado);
- 6° Ensacamento do cimento;

3.2.1 Impactos gerado na fabricação do cimento Portland

Durante o processo de fabricação do cimento, é gerado impactos ambientais relevantes, não em material sólido pois a cinza gerada na queima de combustível

geralmente é utilizada no clínquer; mais o processo gera uma grande emissão de gases poluentes que são gerados na queima de combustível para aquecer os fornos, um grande exemplo é a emissão do dióxido de carbono (CO₂), sendo este gás um dos principais causadores do efeito estufa (MAURY E BLUMENSCHNEIN, 2012).

Segundo Eugênio et al (2012), é estimado que para a produção de uma tonelada de clínquer é gerado 821,72 kg de CO₂; Além deste gás também pode ser gerado o óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e composto de chumbo, sendo todos estes materiais poluentes.

Não é apenas no processo industrial que gera impactos, no processo de coleta da matéria prima também é gerado impactos como modificação do panorama do local, e na coleta da argila em rios pode gerar o aprofundamento desse curso d'água, modificando os habitats ali existentes, diminuindo assim a biodiversidade da região, (MAURY E BLUMENSCHNEIN, 2012).

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

Segundo Zhang (1990) o agregado possui interferências diretamente ao comportamento e a durabilidade do concreto. Sendo fundamental que seja seguido criteriosamente as classificações e a granulometria estabelecida por norma para cada tipo de concreto e argamassa.

3.3.1 Quanto à origem

Os agregados são divididos em naturais ou artificiais onde os naturais são aqueles já existentes na natureza, sendo possível encontrar in natura como a areia, que é proveniente de jazidas naturais como: praias, dunas e rios. Onde para a sua utilização não necessitando de britagem, apenas em alguns casos precisam passar nas peneiras para a seleção ou lavagem (BAUNER, 2016).

Já os agregados artificiais são os materiais obtidos por meio de beneficiamento industrial. Onde é gerado uma diferença granulométrica. (JORGE, 2017), um exemplo é a brita que passa pelo britador, gerando uma diferença na sua granulometria.

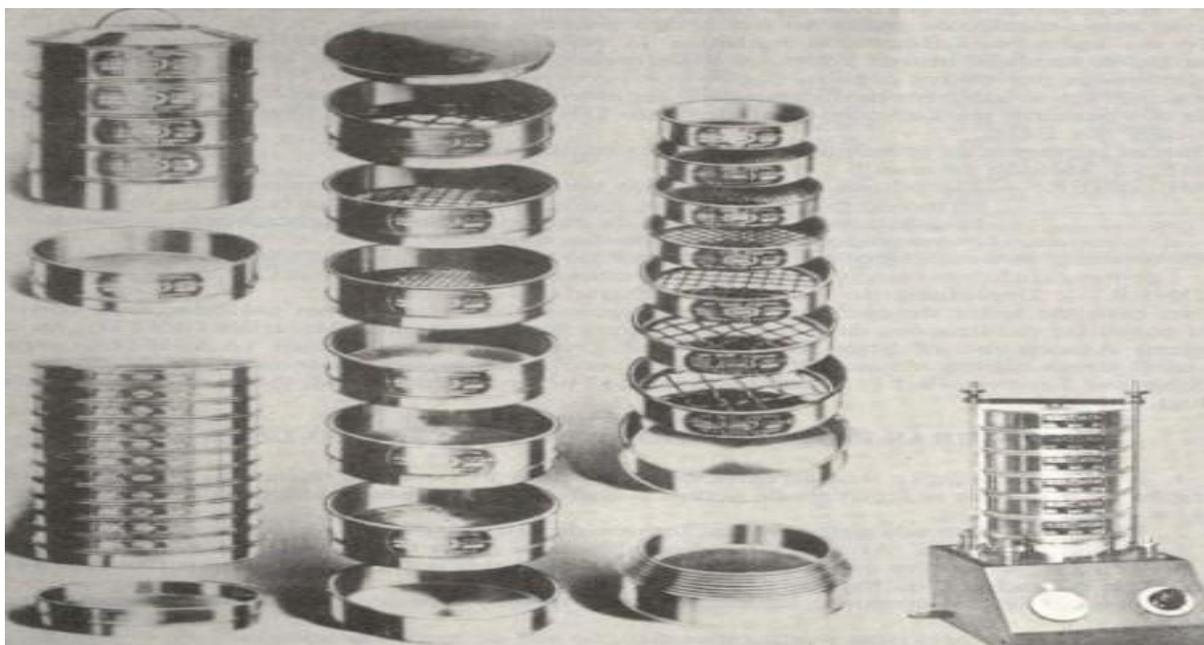
Outro exemplo é o cimento que é um material de origem artificial composto através da mistura de clínquer, gesso e outras adições. O clínquer é um composto produzido através de processo industrial da extração do minério de ferro, minério de calcário e argila. Sendo a origem do cimento a Pozolana, que são argilas contendo cinza de lava de vulcão. Onde o cimento é considerado como rochas sedimentar pois sua origem é natural (BUNDER, 2016).

3.3.2 Dimensão

Os agregados utilizados no concreto são divididos em dois tipos, sendo eles o agregados miúdos e agregados graúdos. O método utilizado para classificá-los é a composição granulométrica, na qual os grãos são separados em diferentes peneiras, cujas aberturas são definidas pela NBR 7211 ABNT 2019 Agregados para concreto-especificações.

Na figura a seguir é possível observar as peneiras utilizadas para a realização do ensaio de granulometria.

Figura 01- Série de peneiras granulométrica seguindo a (ABNT/NBR 5734/80)



Fonte: ABNT/NBR 5734/80.

3.3.3 A granulometria dos agregados de acordo com NBR 7211:2009

Para NBR 7211 ABNT 2019, o agregado é dividido em graúdo e miúdo onde o agregado miúdo é o material que possui granulometria entre 4,80 mm a 0,05 mm e o agregado graúdo o que possui granulometria entre 4,8mm a 76,0mm.

3.3.3.1 Areia

A areia é um solo que possui propriedades próprias, sendo as suas principais características a textura, formato dos grãos e a compactidade. De acordo com a NBR 7211:2009 a areia é dividida em suas partes constituídas em grãos minerais com diâmetro superior a 0,05 mm e os inferiores a 4,8 mm.

Areia possui as sub divisões de grossa, média e fina sendo.

- Grossa grãos com diâmetro entre 2,00mm e 4,80mm
- Média grãos com diâmetro entre 0,42 mm e 2,00mm
- Fina grãos com diâmetro entre 0,05 mm e 0,42 mm

A areia também é dividida quanto à compactidade:

- pouco compactada (fofa);
- medianamente compacta;
- compacta.

3.4 CARVÃO VEGETAL

Segundo Garcia; Rodrigues; Dal Bem; Ferreira, (2017); O Brasil é o país que mais produz e consome o carvão vegetal, sendo utilizado nas indústrias siderúrgicas cerca de 70% e os outros 30% é utilizado em residências e no setor industrial.

Possuindo uma grande interferência na economia, como em Minas Gerais, uma vez que o estado consome cerca de 66,7% do carvão consumido em todo o país (BOTREL et al, 2007, apud ARRUDA et al., 2011).

No Brasil existe um grande problema que é associado à produção de carvão vegetal, onde cerca de 50% da matéria-prima que é destinada à produção de carvão vegetal é oriunda de matas nativas. Porém o governo tem incentivado a utilização de madeiras oriundas de reflorestamento (DUBOC et al., 2007). Este incentivo do governo fez com que no período de 1980 a 2005 o consumo de carvão originário de florestas plantadas aumentou de 14,1% de MDC- Metro de Carvão (quantidade de carvão contida em um metro cúbico) para 50,4% MDC. A fim de controlar o crescimento da exploração de florestas, foi regulamentado pelo Código Florestal Brasileiro, o Decreto 97.628/89, que obriga o produtor de carvão que possuem um consumo superior a 12 mil estéreos (metros cúbicos de madeira a ser utilizada para a produção de carvão) por ano a ter sua própria floresta para produção de carvão. (DUBOC et al., 2007).

Outro problema envolvido, durante a produção do carvão vegetal, é a tecnologia empregada na produção, pois em sua maioria é produzido da mesma forma como era há séculos, não havendo controle qualitativo e quantitativo da

produção, gerando muitas perdas, conseqüentemente causando danos ao meio ambiente, resultando assim em baixa eficiência do sistema (DUBOC et al., 2007).

Para que a produção deste combustível seja considerada como uma atividade sustentável, deve seguir parâmetros de plantio ordenado, a transformação da madeira em carvão deve acontecer em fornos apropriados para se obter um melhor rendimento por área plantada, e ainda deveria ser realizada a produção de subprodutos. Por se tratar de um material muito frágil, ou seja, passível de sofrer fragmentação ou esfacelamento durante sua manipulação, o mesmo gera perdas consideráveis. Dados de Silva et al. (2016) mostram que desde da obtenção do carvão vegetal nas carvoarias até sua efetiva utilização, é gerado um índice de inutilização do produto de cerca de 25% deste combustível, apresentando uma granulometria abaixo de 9 mm, sendo denominado como finos do carvão. onde não possui utilização.

3.4.1 Produção do carvão vegetal

A produção do carvão vegetal é realizada em carvoarias, sendo executadas as atividades produtivas desde o recebimento da madeira in natura até o destino comercial do carvão. Porém no Brasil, a realização do carvão ainda é da forma arcaica, em fornos de tijolo, sendo uma atividade na grande parte insalubres e de baixo nível de capacitação técnica (SILVA et al., 2014). gerando impactos ambientais e problemas sociais.

O carvão vegetal é um subproduto resultante da carbonização da madeira. O aquecimento da madeira é realizado a temperaturas superiores a 300°C, em ambiente bem fechado com atmosfera pobre de oxigênio (DUBOC et al., 2007; CASTRO et al., 2007). A temperatura de carbonização do carvão influencia diretamente no peso por metro cúbico (MDC) e também no teor de carbono fixo do carvão obtido; Segundo Duboc et al. (2007) Durante o processo de carbonização,

que ocorre durante cerca de três dias, o carbonizador supervisiona a entrada de oxigênio, que é importante, para que tenha um carvão de qualidade.

Para a realização do carvão vegetal são seguidas seis (06) etapas sendo elas, corte da madeira, transporte, abastecimento dos fornos, carbonização, resfriamento dos fornos e o empacotamento do carvão.

3.5 UTILIZAÇÃO DO CARVÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ABNT NBR 1172: 1990 define que as adições de produto de origem mineral adicionado ao cimento em argamassas ou concretos, com a finalidade de alterar suas características, podem gerar alterações como melhorar a trabalhabilidade, a resistência e a durabilidade. A adição têm se mostrado uma alternativa muito viável e eficaz para a substituição parcial de componentes na construção civil, e no tocante à diminuição do impacto ambiental, visto que grande parte dessas adições é formada por resíduos que seriam descartados no meio ambiente. Assim consegue, a melhoria do passivo ambiental e o ganho econômico da incorporação desses resíduos nos compostos cimentícios, sendo muito importante pois de acordo com Reis, (2019) os materiais constituintes do concreto são elementos não renováveis.

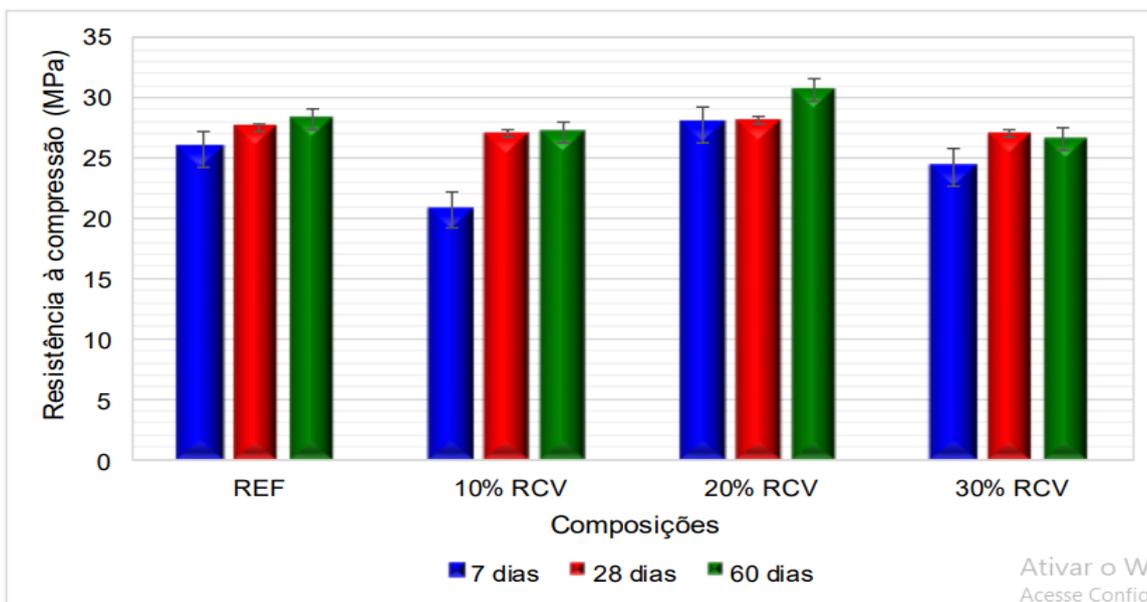
Estão sendo realizados estudos que visam a adição do carvão como agregado para a construção civil. Como é o caso do Siqueira (2012) que realizou o experimento aproveitando a cinza do carvão mineral na argamassa, onde foi realizado a inserção na proporção de 0, 10, 20, 30, 40 e 50%. Com os estudos e testes realizados pode ser observado que a inserção na proporção de 30% pode ser realizada com sucesso em argamassa. Para o estudo, Siqueira (2012) realizou o experimento em um traço de cimento 1:4 pois é o utilizado em sua região, e foi substituindo o cimento nas proporções de 0, 10, 20, 30, 40 e 50%. Após 24h do enchimento das formas foi realizado o desmolde dos corpos de prova e deixado os mesmos em um local protegido da intempérie para a cura por 28 dias. Após os 28 dias foi realizado o ensaio em uma prensa CBR manual sem a utilização do anel

dinamométrico Solotest, para ser observado a relação da resistência do material com a substituição do cimento. Também foi realizado ensaio de compressão.

Pode ser observado que através do aumento do teor de cinza volante em substituição ao cimento houve uma redução da resistência nas argamassas curadas à temperatura ambiente. Porém a substituição do aglomerante por resíduo na proporção de 30% pode ser realizada com sucesso. Os ensaios mostraram um bom resultado, pois obteve uma resistência à compressão e a tração dentro do estabelecido em norma, sendo vantajoso não só no aspecto econômico e ambiental, mas também apresenta uma boa resistência. (SIQUEIRA; 2012).

Reis (2019) Também realizou o experimento com a substituição parcial da areia pelo carvão, onde foi realizado na proporção de 0, 10, 20, e 30%, em um traço de 1:1:1:0,55 (cimento; areia fina; areia média; água). Sendo que o resultado obtido do material criado, mostra que é viável para a construção civil para ser utilizado em locais onde não requer resistência tão elevada, como blocos de pavimentação. Pois todos os corpos de prova obtiveram resistência acima de 20 MPa, podendo ser observado na figura 02, a seguir.

Figura 02 - resultado obtido através do ensaio de resistência à compressão



Fonte: Reis 2019 (resultado encontrado no ensaio a compressão.).

Analisando os resultados encontrados pode ser observado que ainda que a utilização do rejeito de carvão não traz uma contribuição significativa para o efeito Pozolânico e para o ganho de resistência.

Porém, se adicionados os resíduos do carvão vegetal nos teores adequados, pode contribuir grandemente com o aproveitamento de um material que seria descartado, e reduzindo a utilização de materiais não renováveis empregadas no cimento.

Padilha (2018) realizou o experimento onde analisou as características físicas e mecânicas da argamassa de assentamento, preparada com a substituição parcial do cimento e agregados por cinza de carvão vapor; para esta análise foi realizada a utilização da cinza leve como substituição do cimento e a cinza pesada como substituição do agregado; sendo substituído o cimento na proporção de 10 e 30%, tendo a relação água cimento fixada em 0,58. Foram realizados ensaios de índice de consistência, densidade de massa e retenção de água.

Pode ser observado que houve aumento na resistência da argamassa quando incorporado apenas a cinza leve. Os resultados sugerem que a cinza leve

pode substituir em 10 e 30% o volume do cimento Portland sem redução da resistência mecânica aos 28 dias de hidratação.

Santos (2012) realizou estudo da viabilidade da substituição de agregados miúdos para produção de concreto com rejeitos de carvão, sendo uma técnica atraente para a destinação de rejeitos com densidade entre 2,4 e 2,8.

Para o experimento Santos (2012) realizou a britagem do rejeito, obtendo um material onde a granulometria é de 4,75 mm a 0,15 mm, o que de acordo com a NBR 7211 é classificado como sendo agregado miúdo. Onde obteve que a utilização deste material como substitutivo do agregado miúdo é interessante para a realização de blocos de concreto para pavimentação. De maneira que este material gera um grande benefício para o meio ambiente, contribuindo de forma direta para a conservação das jazidas naturais de areia, é dando utilização para os rejeitos de carvão (SANTOS, 2012).

3.6 ARGAMASSA

De acordo com Reis (2019), a argamassa é constituída de agregado miúdo, água e o aglomerante (cimento), segundo Bunder (2016) podendo ser adicionado aditivos de acordo com a necessidade. A argamassa após ser misturada forma uma pasta que passa pelo processo de endurecimento e de aderência, podendo ser utilizadas em diferentes aplicações, sendo as principais o revestimento de paredes e tetos, contra piso e assentamento de alvenaria.

3.6.1 Propriedades da argamassa

➤ trabalhabilidade:

A trabalhabilidade é definida como sendo o trabalho interno útil necessário à obtenção de adensamento total do material, sendo uma propriedade física inerente,

de acordo com Neville; Brooks (2013) é uma característica dos compostos cimentícios, onde é o trabalho exigido para que venha vencer os atritos interno entre as partículas, em termos mais prático a trabalhabilidade significa facilidade de manuseio.

Consistindo a trabalhabilidade como uma das principais propriedades da argamassa em estado fresco, podendo ser observado a facilidade com que o material é misturado, aplicado e consolidado o acabamento, em uma condição homogênea

➤ Plasticidade:

A argamassa possui propriedades plásticas, ou seja, ela tende a deformar quando retirada as tensões de formação. Segundo Cincotto et al. (1995), a plasticidade da argamassa de uma forma mais simples, consiste na propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a se manter deformada. Plasticidade e consistência são as duas propriedades da argamassa que influenciam diretamente na trabalhabilidade.

➤ consistência:

Consistência é a resistência da formação do material, ou seja, é a resistência com que o material tende a fluir(deformar).

Muitas das vezes é tomada como sendo uma média do grau de umidade, onde de acordo com Neville, Brooks (2013) pode ocorrer do material de mesma consistência apresentar trabalhabilidade variáveis.

➤ Massa específica:

A massa específica é a relação que há entre a massa do material e o seu volume. À medida que a massa específica da argamassa diminui, ela torna-se mais leve e com melhor trabalhabilidade, reduzindo o esforço para manuseio da mesma, aumentando a produção do funcionário (PIRES, 2016).

➤ Adesão inicial:

De acordo com Cincotto et al., (1995), a adesão inicial da argamassa, ocorre no estado fresco do substrato, sendo uma propriedade que caracteriza o comportamento futuro do revestimento, definido os termos de desempenho.

Para se obter uma boa aderência inicial da argamassa é necessário seguir as recomendações e cuidados para não deixar que a massa venha entrar em contato com algum resíduo que possa comprometer as suas propriedades.

➤ Aderência no estado endurecido:

Sabbatini (1984), descreve a aderência no estado endurecido como sendo, a capacidade que uma interface tem para absorver tensões de cisalhamento, compressão e tração, sem quebrar, sem haver danos diretos. Por exemplo: Quando aumenta o conteúdo relativo de cimento no aglutinante, gera o aumento ou diminuição da capacidade de adesão, dependendo das características do substrato.

➤ Resistência mecânica:

É a capacidade da matriz cimentícia de resistir a tensões de compressão, tração ou cisalhamento. Alguns fatores podem influenciar como a dosagem da argamassa, natureza do agregado, e a relação água cimento (PIRES, 2016)

➤ Durabilidade:

Helene, Isaia e Tutikian (2011) conceituam o material como sendo durável, desde que possua capacidades de resistir a intempéries. Sendo diretamente ligado a vida útil do material, onde um fator que interfere bastante na durabilidade do material é o ambiente que o mesmo se encontra (áreas litorâneas, submerso, etc.)

Outra forma de degradação a ser considerada é a resistência ao fogo. As peças de concreto nem sempre resistem aos danos, provocados pelo fogo, sujeitas a lascamento e perda de aderência com o aço, expondo a estrutura aos colapsos parcial ou total, conforme HELENE, ISAIA E TUTIKIAN (2011).

Para Medeiros, Andrade e Helene (2011), a durabilidade se dá através do resultado que ocorre na interação entre a estrutura de concreto e o meio ambiente.

A estrutura de concreto é muito influenciada pelas condições de uso, e de manutenção. Uma estrutura pode ter diferentes comportamentos, em suas diversas partes, dependendo da forma como são utilizadas. O estudo da microestrutura permite caracterizar cada constituinte da massa cimentícia e seu relacionamento com os demais. Desta forma, identificam-se mecanismos responsáveis pela resistência, estabilidade dimensional e durabilidade das misturas, de forma a melhorar as características dos componentes construtivos (MEHTA; MONTEIRO, 1994). Tais características também se aplicam às argamassas.

3.6.2 Aditivos para argamassa

Segundo Bunder (2016) os aditivos possuem a finalidade de melhorar ou modificar as propriedades básicas, podendo ser adicionado tanto no concreto como na argamassa onde causa alteração das propriedades do material em ambos os estados, fresco e endurecido.

sendo os principais objetivo da utilização de aditivo:

- Ampliar as qualidades;
- Minimizar os pontos fracos;
- Aumentar a plasticidade;
- Acelerar ou retardar o tempo de pega;
- Reduzir a retração;
- Aumentar a durabilidade;

3.6.2.1 Principais tipos de aditivos

➤ incorporador de ar:

Este aditivo tem como finalidade reduzir as tensões superficiais geradas pela água, e incorporar ar ao concreto ou argamassa, tornando-o mais homogêneo,

também aumenta a resistência mecânica. Diminui a segregação, onde consequentemente melhora o acabamento (ARAÚJO, 2014).

O grau de eficiência está diretamente ligado à presença de finos, pois há uma correlação, ou seja quanto mais fino menos ar é incorporado, onde requer um cuidado especial na dosagem, pois o excesso de ar incorporado diminui de forma direta a resistência mecânica do material (argamassa ou concreto).

➤ Plastificante e redutor de água:

Tem como finalidade plastificar a argamassa aumentando o Slump sem a adição de água, também pode ser utilizado para reduzir a quantidade de água mantendo o Slump (ARAÚJO, 2014). Desta forma aumenta a resistência inicial e final sem alterar o tempo de pega.

➤ Superplastificante:

Os Superplastificantes têm função bem similar a dos plastificantes, porém o mesmo efeito pode ser adquirido com uma menor dosagem.

➤ Modificação de pega:

Os aditivos modificantes do tempo de pega, segundo Araújo, (2014) são utilizados para retardar ou acelerar o processo do pega, onde o acelerador de pega facilita a dissolução da cal e da sílica, fazendo com que haja um menor tempo de cura; Já o aditivo retardador de tempo de pega age retardando a osmose da água nos grãos de cimento fazendo com que a cura seja mais lenta.

➤ modificador de viscosidade:

Tem como objetivo buscar a aglutinação do concreto aumentando sua coesão e não permite que ocorra a segregação; outro ponto importante é que não altera o tempo de pega e a plasticidade do material (ARAÚJO, 2014).

3.6.3 Aplicações e função da argamassa

Sabbatini (1984) relata que a argamassa possui aplicabilidade e funções em:

- Assentamento dos tijolos de vedação; Sendo a massa utilizada para ligar os blocos cerâmicos, onde o recomendado para alvenaria convencional de blocos cerâmicos é 6 MPa de resistência da argamassa.
- Revestimento; A argamassa está presente nas etapas do revestimento desde o chapisco que é uma massa mais líquida que possui a finalidade de dar aderência ao emboço, que é uma argamassa mais consistente que possui finalidade de regularizar a alvenaria; e posteriormente o reboco que é o acabamento da etapa do revestimento, tendo a finalidade de dar acabamento retirando as imperfeições e deixando a alvenaria o mais liso possível (SABBATINI, 1984).
- Proteger a alvenaria e as estruturas de intempéries; De acordo com Cincotto et al (1995), quando utilizado a argamassa como revestimento, serve como cobertura das irregularidades da parede servindo como um acabamento estético da edificação, e a proteção dos blocos cerâmicos de interferências geradas por agentes externos (intempéries).

3.7 DETERMINAÇÃO DA DOSAGEM DA ARGAMASSA

A dosagem do material é entendida como sendo uma proporção (RECENA, 2011), determinada através do estudo que visa obter a melhor relação de agregados para que atinja a resistência esperada, onde pode ser expressa nas unidades de massa ou volume.

Infelizmente não há uma norma ou especificação no Brasil que venha determinar parâmetros a serem seguidos para a escolha da dosagem. Causando assim uma grande divergência de metodologias e dosagem, pois no Brasil há vários pesquisadores que indicam os seus próprios métodos de dosagem baseados em estudos próprios (TUTIKIAN, 2011). Para a realização deste ensaio foi utilizado a

NBR 7215/2019: Cimento Portland- Determinação da resistência à compressão de cimento, onde o traço foi fixado em 1:4 (cimento; Areia fina) e a relação de água cimento de 0,50, tendo como base (PADILHA, 2018).

De acordo com o estudo de Padilha (2018), pode-se concluir que a incorporação de cinza leve possui um grande potencial de substituição do cimento Portland em argamassas. A incorporação da cinza nas misturas de argamassa nas parcelas de 10 e 30% promoveu um aumento nas resistências à compressão e flexão. O resíduo tem potencialidade para ser utilizado como material cimentício suplementar.

3.8 ENSAIOS

3.8.1 Em estado fresco

A argamassa possui uma certa funcionalidade adequada para cada tipo de aplicação.

No Brasil para analisar a trabalhabilidade da argamassa é adotado o ensaio de índice de consistência, onde é considerado a consistência da argamassa em estado fresco, tendo como parâmetro a norma regulamentadora e a ABNT NBR 13276/2002 –Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Onde é recomendado como deve ser realizado o ensaio.

O ensaio de índice de consistência possui a finalidade de analisar qual a consistência que a argamassa possui, onde de acordo com a consistência a mesma possui uma utilização conveniente. Como a argamassa para assentamento de alvenaria que o índice de consistência indicado é de 170 a 165mm.

Em estado fresco também é realizado o ensaio de densidade da massa e teor de ar incorporado. Onde a argamassa de acordo com a NBR 13276/2002 possui

densidade classificada de M1 a M6, sendo que quanto mais próximo de M1 mais fluida é a argamassa.

Já o teor de ar incorporado é classificado como A teor de ar abaixo de 8%; B teor de ar entre 8 e 17%; é C acima de 17%. Onde quanto maior o teor de ar, mais vazios possui a argamassa.

3.8.2 Em estado endurecido

➤ Resistência à compressão:

A resistência à compressão tem como objetivo verificar a resistência à compressão do material. onde este ensaio possui a NBR 7215/2019 Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpo de prova cilíndrico, que regulamenta como deve ser realizado o ensaio.

➤ Resistência à tração na flexão:

Para que o resultado seja mais preciso, todas as atividades de compressão devem ser padronizadas, com objetivo de não ocorrer diferenças geradas por procedimentos inadequados, seja de preparo ou execução.

➤ Absorção de água, índice de vazios e massa específica:

Os ensaios foram realizados seguindo criteriosamente a NBR 9778/2005 - Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho possui como finalidade produzir argamassa com a adição de rejeito de carvão vegetal, substituindo o cimento. Analisando por meio de ensaios laboratoriais a viabilidade da utilização do novo produto.

De acordo com Zhang (1990) o comportamento e a durabilidade da argamassa são diretamente ligados ao agregado; desta forma no presente trabalho foi observado o comportamento da argamassa, em relação a substituição do cimento pelo rejeito de carvão, sendo analisado tanto no estado fresco quanto no endurecido, seguindo três etapas, sendo a primeira a caracterização dos materiais. Na segunda etapa foi realizada os cálculos de dosagem de material, moldagem dos corpos de prova e a cura, também foi analisado o índice de consistência e densidade da massa, e teor de ar incorporado respeitando a NBR 13278/2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - densidade da massa e teor de ar incorporado, onde é estabelecido todos os critérios de como realizar os ensaios.

Na última etapa foi analisado o comportamento da argamassa no estado endurecido sendo realizado os ensaios de compressão, tração e absorção d' água.

O material analisado foi uma argamassa referencial, que não possui adição de carvão, e outras amostras com a substituição do cimento na proporção de 10, 20, 30% para carvão; Tendo como referência Reis (2019), que utilizou esta proporção com base em outros estudos. Onde foi observado que a substituição acima de 30 % é inviável, pelo fato de reduzir muita a resistência, é também foi analisado que um intervalo de 10 gera um gráfico sem grandes curvaturas, possibilitando a análise.

Destaca-se que Padilha (2018), analisou que a proporção de 10 e 30% de substituição do carvão por cinza leve, teve um aumento de resistência, onde para a verificar foi adotado a proporção de 30% máximo, como forma de análise.

A produção dos corpos de provas, os ensaios no estado fresco, e ensaios mecânicos, foram realizados no laboratório da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes- RO.

4.1 MATERIAL

4.1.1 Carvão

Para iniciar a amostragem foi realizada a coleta do material gerado na etapa do empacotamento do carvão, sendo coletado este material nas carvoeiras ao redor de Ariquemes/RO.

Posteriormente a coleta do material, foi realizado o ensaio de granulometria seguindo a NBR- 7211/2019 ABNT -Agregado para concreto, onde de acordo com o resultado foi identificado a granulometria do rejeito de carvão. Na tabela 01 pode ser observado os resultados obtidos através de ensaio de granulometria.

Tabela 01- Granulometria do carvão

Peneiras		Carvão				Média de retirada (%)	Retida acumulada (%)
n°	mm	m1		m2			
		Peso retido (g)	Retido %	Peso retido (g)	Retido %		
16	1,18mm	239,69	48,48%	235,2	52,39%	50,44%	50,44%
28	600Hm	79,08	15,99%	65,53	14,60%	15,30%	65,73%
35	425Hm	26,76	5,41%	22,3	4,97%	5,19%	70,92%
48	300Hm	45,01	9,10%	36,64	8,16%	8,63%	79,56%
100	150Hm	50,12	10,14%	39,1	8,71%	9,42%	88,98%
200	75Hm	23,26	4,70%	23,96	5,34%	5,02%	94,00%
270	53Hm	10,07	2,04%	8,38	1,87%	1,95%	95,95%
Fundo	00mm	20,44	4,13%	17,79	3,96%	4,05%	100,00%
Total		494,43	100,00%	448,9	100,00%	100,00%	645,58%
Diâmetro máximo característico		1,18					
Módulo de finura		1,78					
Massa específica(g/cm³)		2,34					
Teor de umidade(%)		0,92%					

Fonte: Próprio autor (2021).

Como pode ser observado na tabela anterior o rejeito de carvão possui características granulometria superior à do cimento, desta forma foi peneirado todo o material para retirar as partículas maiores e posteriormente passou em um moinho de facas, para que o mesmo venha ficar com uma granulometria semelhante à do cimento, como pode ser observado na figura 03 a seguir, o cimento e o carvão com as granulometrias semelhantes.

Figura 03- Comparativo de carvão com o cimento



Fonte: Próprio Autor 2021.

Com a grande semelhança dos materiais, como pode ser observado da figura 03. Foi realizada a substituição do cimento por carvão na proporção de 10, 20, 30%.

4.1.2 Areia

Na confecção do corpo de prova foi utilizado areia média conforme Silva (2020), atendendo criteriosamente ao estabelecido pela NBR 7211 ABNT 1983-Agregados para concreto, onde a mesma estabelece a granulometria de cada agregado. Podendo ser observado na tabela 02 os resultados encontrados no ensaio de granulometria da areia média.

Tabela 02- Granulometria da areia

Peneiras		Areia média				Média de retirada (%)	Retida acumulada (%)
n°	mm	m1		m2			
		Peso retido (g)	Retido %	Peso retido (g)	Retido %		
8	2,36mm	88,76	17,70%	90,65	18,14%	17,92%	17,92%
16	1,18mm	117,31	23,39%	123	24,62%	24,01%	41,93%
28	600mm	130,32	25,99%	133,14	26,65%	26,32%	68,25%
35	425mm	47,44	9,46%	46,82	9,37%	9,42%	77,66%
48	300mm	79,08	15,77%	73,89	14,79%	15,28%	92,94%
100	150mm	34,77	6,93%	29,72	5,95%	6,44%	99,38%
Fundo	00mm	3,77	0,75%	2,41	0,48%	0,62%	0,62%
Total		501,45	100,00%	499,63	100,00%	100,00%	398,70%
Diâmetro máximo característico		1,18					
Módulo de finura		1,80					
Massa específica(g/cm³)		1,68					
Teor de umidade(%)		1,61%					

Fonte: Próprio autor (2021).

A escolha para a utilização da areia média deu-se por proporcionar uma maior resistência ao concreto, tendo como base Silva, (2020).

4.1.3 Cimento Portland

Para o experimento o cimento utilizado foi cimento Portland CP II Z 32, da marca CIPLAN, tendo como base Silva, (2020) onde foi obtido em uma loja de material de construção no município de Ariquemes/ RO. O preparo e recebimento do cimento Portland foi realizado de acordo com a NBR 12655- concreto de cimento portland- Preparo, controle e recebimento - procedimento (ABNT, 2006).

Sendo as propriedades do cimento CP II Z 32 de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático; Atendendo dez de estruturas em concreto armado até

argamassa de assentamento e revestimento e concreto tanto o de pavimento como o de massa.

4.1.4 Água

Para a realização dos ensaios a água utilizada foi a fornecida pela instituição (FAEMA) sendo utilizada em temperatura ambiente.

4.2 MÉTODOS

Posteriormente a coleta do material, que foi realizada no município de Ariquemes/ RO, o mesmo foi ensacado e levado para a estufa onde permaneceu por 24 horas para a total secagem do produto. Após a secagem foi realizada caracterização do material como é estabelecido pela ABNT 2016 NBR 6457- Amostra de solo- preparo para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Onde foi realizado o peneiramento do material, posteriormente foi passado no moinho de facas, gerando a granulometria adequada para a confecção da argamassa.

No processo de execução da atividade foi realizada uma massa de argamassa no traço de 1:4 com a relação água cimento de 0,5 (PADILHA, 2018), onde segue a ordem cimento e areia média. Sendo realizados quatro parâmetros, baseado em outros trabalhos (REIS, 2019; PADILHA,2018); onde o primeiro é a referência, e as demais foi substituído o cimento em proporção de 10, 20, 30%. Para cada cenário foram realizados três corpos de prova, para que seja obtido uma média de cada ensaio, deste modo tendo uma maior precisão dos resultados. Deste modo foram realizados 12 corpos de prova cilíndricos para ensaio de absorção de água, e 48 corpos de prova prismáticos para os ensaios de tração e compressão. Sendo utilizado a seguinte quantidade de cada material, podendo ser observado na tabela a seguir.

Tabela 03- Quantitativo de material prismáticos

Dosagem para todos os ensaios PRISMÁTICOS				
TRAÇO (ASSENTAMENTO)	CIMENTO (KG)	CARVÃO (KG)	AREIA (KG)	ÁGUA
TRAÇO 0% = 100% CIMENTO (TRAÇO REFERÊNCIA)	1,722	0	5,166	0,861
TRAÇO F10	1,55	0,17221	5,166	0,861
TRAÇO F 20	1,378	0,34441	5,166	0,861
TRAÇO F30	1,205	0,51662	5,166	0,861
TOTAL (Kg)	5,855	1,033	20,66	3,44
TOTAL (g)	5854,984	1033,232	20664,65	3444,11

fonte: Próprio autor (2021).

No ensaio de absorção de água utilizou-se corpos de provas cilíndrico seguindo recomendações da NBR- 9778:2005- Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, sendo a quantidade de cada material estabelecida na tabela a seguir.

Tabela 04 - Quantitativo de material cilíndrico

Dosagem para todos os ensaios CILÍNDRICOS				
TRAÇO (ASSENTAMENTO)	CIMENTO (KG)	CARVÃO (KG)	AREIA (KG)	ÁGUA
TRAÇO 0% = 100% CIMENTO (TRAÇO REFERÊNCIA)	0,37	0	1,109	0,222
TRAÇO F10	0,333	0,03698	1,109	0,222
TRAÇO F 20	0,296	0,07396	1,109	0,222
TRAÇO F30	0,259	0,11095	1,109	0,222
TOTAL (Kg)	1,257	0,222	4,44	0,89
TOTAL (g)	1257,401	221,894	4437,88	887,58

Fonte: Próprio autor (2021).

4.3 ENSAIOS LABORATORIAIS

4.3.1 Teor de umidade

Para analisar o teor de umidade foi realizado o ensaio em duas amostras de 80g, para se ter uma média, onde o ensaio foi seguido a NBR 6457/1986-amostra de solo- preparo para ensaio de compactação e de caracterização (anexo determinação de teor de umidade). podendo ser observado os resultados na tabela a seguir.

Tabela 05 - Teor de umidade

Teor de umidade	
Carvão	0,92%
Areia	1,61%

Fonte: Próprio autor (2021).

4.3.2 Massa unitária

Foi realizado o ensaio de acordo com a ABNT NBR NM 45: 2006-agregados- determinação da massa unitária e do volume de vazios. O ensaio foi realizado com a areia média e o carvão, sendo realizado o método C, onde é preenchido um recipiente com o material até a altura em torno de 5 cm da borda, sendo espalhado de forma uniforme, com uma régua é realizado o nivelamento, e posteriormente pesado. Para o cálculo é dividido a massa obtida pelo volume do recipiente, podendo ser observado o resultado na tabela a seguir.

Tabela 06- Massa unitária

Massa unitária (M=m/v)			
Item	m (Kg)	v (m³)	M(Kg/m³)
Carvão	0,54	1,296E-03	4,167E+02
Areia média	2	1,296E-03	1,543E+03

Fonte: Próprio autor 2021.

4.4 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

4.4.1 Preparo do material

O material foi preparado no laboratório da instituição (FAEMA) utilizando uma argamassadeira automática da marca Enge totus (equipamento do laboratório de engenharia), podendo ser observado na figura a 04.

Figura 04 - Argamassadeira



Fonte: Próprio autor (2021).

O processo do preparo da argamassa de cimento Portland foi referenciado conforme a norma NBR 7215/2019: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Onde para a mistura mecânica foi adicionado na cuba da argamassadeira toda a quantidade de água, utilizada para

confeção do corpo de prova, logo em seguida foi adicionado o cimento, e ligada a argamassadeira na velocidade baixa por 30s. Posteriormente foi adicionado a areia em pequenas proporções durante o tempo de 30s. Com esta etapa concluída, aumentou-se a velocidade para alta, misturando-se os materiais durante 30s. Após este tempo, desligou-se a argamassadeira por 1 min e 30s. Sendo os 15s iniciais utilizados para retirar o acumulado nas bordas, em seguida a argamassa ficou em repouso na cuba, coberta com pano limpo e úmido por 1 min e 15s. Após este intervalo, foi ligada a argamassadeira na velocidade alta, por mais 1 min.

Os corpos de prova com adição de carvão, foram realizados da mesma forma; sendo o carvão adicionado juntamente com o cimento.

4.4.2 Ensaio em estado fresco

Em estado fresco foi realizado o índice de consistência da argamassa através do estabelecido pela NBR 13276/2002: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Para este ensaio foi utilizado o equipamento mesa de índice de consistência, molde tronco cônico. Tendo o objetivo de analisar a influência da substituição do cimento pelo carvão. Na figura 05 pode ser observado a mesa utilizada para a realização do ensaio.

Figura 05 - Mesa de ensaio do índice de consistência



Fonte: Próprio autor (2021).

Em estado fresco também foi realizado o ensaio de teor de ar incorporado, de acordo com recomendações da norma NBR 13278/1995: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Onde a norma dá parâmetros para determinar a densidade, e o teor de ar incorporado em argamassa no estado fresco. Sendo este ensaio realizado através da adição da argamassa em seu estado fresco em um recipiente cilíndrico (o recipiente deve ter o seu volume conhecido), sendo formado três camadas de alturas aproximadas, sendo realizado em cada camada 20 golpes para o adensamento da camada. Após o preenchimento do recipiente, deve-se efetuar três quedas do cilindro, com altura aproximada de 3 cm, e posteriormente pesá-lo. Para o cálculo foi utilizado a Fórmula 01 de densidade da massa a seguir.

Fórmula 01- Densidade da massa

$$d = \frac{M_c - M_v}{V_r} * 1000$$

Sendo:

- d densidade da massa da argamassa (Kg/m³);

- m_c é a massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio (g);
- m_v é a massa do recipiente cilíndrico vazio (g);
- V_r é o volume do recipiente cilíndrico (cm^3).

Para realizar o cálculo do ar incorporado, foi seguido a norma NBR 13278/1995: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado onde foi utilizado a fórmula 02 para o cálculo de teor de ar incorporado.

Fórmula 02- Teor de ar incorporado

$$A = 100\left(1 - \frac{d}{d_1}\right)$$

Onde:

- A é o teor de ar incorporado;
- d é a densidade da massa da argamassa, em g/cm^3 ;
- d_1 é a densidade de massa teórica da argamassa, em g/cm^3 , sem vazios.

Para argamassas que são preparadas in loco, a densidade de massa teórica deve ser calculada pela fórmula 03.

Fórmula 03- Densidade de massa teórica

$$d_t = \frac{\sum m_i}{\sum (m_i/y_i)}$$

Onde:

- d_t é a densidade teórica
- m_i é o somatório da massa seca de cada componente da argamassa com a massa da água;
- y_i é a massa específica dos componentes da argamassa.

4.4.3 Convecção do corpo de prova

Os corpos de prova cilíndricos foram realizados em fôrmas com as seguintes dimensões, 5 cm de diâmetro e a altura sendo de 10 cm. A moldagem foi realizada de acordo com o recomendado na NBR 7215/2019: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Para cada traço foram realizados 3 (três) corpos de prova que serão utilizados para o ensaio de absorção de água aos 28 dias. Já os prismáticos seguem as recomendações da NBR 13279/2005: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão, foram 12 corpos de prova de cada cenário com dimensões de 4x4x16cm.

Podendo ser observado na figura a seguir os corpos de prova prismáticos e cilíndricos, que foram confeccionados para ser realizado os ensaios.

Figura 06 - (A) corpo de prova prismático, (B) corpo de prova cilíndrico



(A)



(B)

Fonte: Próprio autor (2021).

A seguir pode ser observado a tabela com a quantidade de corpo de prova, e a porcentagem de substituição do cimento por carvão, e o período de cura em dias.

Tabela 07 - Quantidade dos corpos de prova prismático

Quantidade de corpo de prova - Prismático					
Cenário	7 dias	14 dias	31 dias	60 dias	Total
Ref	3	3	3	3	12
10%	3	3	3	3	12
20%	3	3	3	3	12
30%	3	3	3	3	12
Total					48

Fonte: Próprio autor (2021).

Tabela 08 - Quantidade dos corpos de prova cilíndrico

Quantidade de corpo de prova - Cilíndrico	
Cenário	28 dias
Ref	3
10%	3
20%	3
30%	3
Total	12

Fonte: Próprio autor (2021).

4.4.4 Cura do corpo de prova

Após 24 horas da confecção, o corpo de prova foi desenformado e posteriormente deixado no processo de cura, onde os corpos de prova cilíndricos tiveram cura de 28 dias, já os prismáticos o seu processo de cura foi de 7, 14, 31 e 60 dias.

Onde a cura foi realizada submersa em água com solução de cal, sendo os corpos de prova totalmente cobertos pela solução, em um local protegido de intempéries.

4.4.5 Rompimento do corpo de prova

O rompimento do corpo de prova foi realizado em uma prensa da marca Solotest, disponível no laboratório da faculdade FAEMA.

Sendo realizado o ensaio da resistência à compressão do corpo de prova. Nos seguintes períodos de 7, 14, 31 e 60 dias. Inicialmente foi previsto o rompimento com 28 dias, porém nesta data a prensa estava danificada, desta forma o ensaio foi realizado com 31 dias. O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7215/2015.

Também foi realizado o ensaio a tração na flexão seguindo a NBR 13279/2005, sendo realizado com o período de 7 e 14 dias, devido a prensa ter estragado impossibilitando os demais ensaios de 28 e 60 dias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer deste tópico serão apresentados através de gráficos e tabelas a relação dos resultados obtidos com os ensaios em estado fresco e endurecido da argamassa de cimento Portland, com a substituição do cimento por carvão, na proporção de 10, 20 e 30%.

Onde poderá ser observado que houve uma diferença considerada dos estudos citados na referência teórica; pelo fato do presente trabalho estudar uma nova substituição, tendo como referência estudos realizados com a mesma metodologia, porém alterando outro componente da argamassa.

5.1 ARGAMASSA EM ESTADO FRESCO

Em estado fresco foi realizada a caracterização da argamassa seguindo a NBR 13276/2002 que determina o índice de consistência, e a NBR 13278/1995 que determina a densidade da massa e o teor de ar incorporado.

5.1.1 Índice de Consistência

Pode ser observado na tabela 09, os resultados obtidos através do ensaio de índice de consistências realizado a cada traço de argamassa, o ensaio tem como objetivo analisar a influência gerada com a adição de carvão como substituinte do cimento na argamassa em relação a sua trabalhabilidade.

Tabela 09- Consistência da argamassa

Ensaio de consistência da argamassa		
Traço	Relação A/C	Índice de consistência em mm
0%	0,5	170
10%	0,5	160
20%	0,5	155
30%	0,5	150

Fonte: Próprio autor (2021).

Analisando a tabela 09, pode ser observado que a quantidade de matéria fina é diretamente proporcional a consistência, onde quanto maior a porcentagem de material fino, menor a consistência da argamassa, sendo comprometido as características de se moldar, podendo ser observado na figura 07.

De acordo com Sampaio, (2013) a redução no índice de consistência é causada pela alta porosidade do rejeito de carvão, e pela forma de obtenção do mesmo, que se dá pela combustão incompleta do material, fazendo com que venha absorver mais água, contribuindo diretamente para que a argamassa venha ser mais seca, reduzindo diretamente o índice de trabalhabilidade. O recomendado seria utilizar um aditivo plastificante para que a argamassa não venha perder trabalhabilidade. Na imagem a seguir pode ser observado a olho nu o quanto a massa ficou mais seca com a adição do rejeito de carvão.

Figura 07- (a) argamassa referência, (b) argamassa com adição de 30%



Fonte: Próprio autor (2021).

5.1.2 Teor de ar incorporado e densidade da massa

O teor de ar incorporado se dá através dos vazios preenchidos com ar, que possui a argamassa, desta forma quanto mais fluida é a argamassa menor será o teor de ar incorporado. Podendo ser observado na tabela a seguir os resultados obtidos através do ensaio realizado para obtenção do teor de ar incorporados, e a densidade da massa.

Tabela 10 - Teor de ar incorporado

Argamassa	Densidade da massa (g/cm ³)	Teor de ar incorporado
Ref	2,19	8,53%
10%	2,06	2,41%
20%	2,03	0,95%
30%	1,68	16,63%

Fonte: Próprio autor (2021).

Ao ser analisado os resultados da tabela 10 pode ser observado que ocorre uma redução na densidade da massa, sendo diretamente proporcional a substituição do cimento pelo carvão vegetal. Através da densidade é possível classificar a argamassa de acordo com a tabela 11 que apresenta a classificação da argamassa segundo a NBR 13278/2005.

Tabela 11 - Classificação da densidade em estado fresco da argamassa

Classe	Densidade de massa no estado fresco (Kg/m ³)	Método de Ensaio
M1	≤ 1400	ABNT NBR 13278:2005
M2	1200 a 1600	
M3	1400 a 1800	
M4	1600 a 2000	
M5	1800 a 2200	
M6	> 2000	

Fonte: NBR 13278 (ABNT,2005).

A argamassa referencial possui uma densidade de 2190 kg/m³ sendo classificada como uma argamassa M5, as amostras que possuem 10% e 20% de substituição também é classificada como M5 pois possui uma densidade de 2060 kg/m³ e 2030 kg/m³; Já a amostra 30% de adição possui uma densidade de 1680 kg/m³ sendo classificada como M4. Sendo a densidade da massa a relação dos agregados secos e o volume gerado.

Já em relação ao teor de ar incorporado pode ser observado através dos resultados obtidos, que a argamassa possui um teor de ar baixo, o que demonstra que apresentou poucos vazios, como pode ser observado na imagem 07, argamassa ficou bem líquida o que fez reduzir o teor de ar incorporado. Já a amostra de 30% ficou com o teor de ar incorporado maior, podendo ser observado na tabela 10; o que pode ser confirmado a olho nu na imagem 07 pois a amostra de 30% ficou mais seca e conseqüentemente com mais vazios.

As características da argamassa com adição de até 20%, ficaram propícias para o assentamento de alvenaria, reboco entre outras atividades que requer um esforço menos que 20 MPa , já o de 30% de substituição possui características para contrapiso e calçada pelo fato de ser uma massa mais seca.

5.2 CARACTERIZAÇÃO EM ESTADO ENDURECIDO DA ARGAMASSA

No decorrer deste tópico são apresentados os resultados alcançados através dos ensaios em estado endurecido da argamassa, sendo estes ensaios o de tração e compressão. Onde os ensaios foram realizados no período de 7, 14, 31 e 60 dias.

5.2.1 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO - NBR 13279/2005

Para se obter a resistência à tração na flexão, foram realizados os ensaios com 7 e 14 dias de cura. Podendo ser observado na tabela 12 os resultados encontrados, através dos ensaios.

Foi realizado os corpos de prova para o rompimento com 31 e 60 dias, porém não foi possível obter se um resultado significativo, pelo fato da prensa ter estragado impossibilitando os ensaios.

Tabela 12- Resistência à tração na flexão dos corpos de provas

Média de resistência à tração na flexão (MPa)				
Dias	Referencial	10%	20%	30%
7 dias	8,16	8,05	5,36	4,29
14 dias	9,5	8,35	5,36	4,82

Fonte: Próprio autor (2021).

Na tabela 12, é feita a ilustração da média de resistência encontrada em cada ensaio, facilitando a leitura dos resultados e sendo possível a verificação que a substituição do cimento não proporcionou uma melhora para a argamassa, pelo contrário a substituição do cimento pelo carvão gerou uma redução na resistência da argamassa. Como pode ser observado que é diretamente proporcional à relação de porcentagem de substituição e a resistência à tração na flexão.

Isto pode ter ocorrido em decorrência de erro no preparo da argamassa, pois gera grande influência na resistência; outro possível motivo pode ser do lote que foi retirado o pó do carvão para o experimento, podendo ser tanto no tipo de madeira, como também erros no processo de fabricação do carvão.

Massucato (2005) em sua pesquisa observou que a adição de escória de alto forno a carvão vegetal gerou uma redução na resistência na tração do novo material em todas as idades verificadas.

Segundo Reis (2019) em sua pesquisa observou que a argamassa com adição de rejeito de carvão vegetal, teve uma redução da resistência à tração como na amostra de 30% teve uma redução de 21,87 %.

Lima e Iwakiri (2010) analisou que a resistência à tração, com a adição de alguns materiais sofrem redução, como é o caso da adição de resíduos de madeiras de pinus que obteve uma redução de 2,62 MPa. Já Nascimento et al (2016) obteve uma redução de 3,60 MPa para concreto com adição da cinza de algaroba.

No decorrer desta pesquisa pode ser observado uma redução bem maior, comparadas com os estudos citados na revisão, sendo o principais motivos o tipo de material utilizado que para esta pesquisa foi rejeito de carvão vegetal e as pesquisas

citadas utilizam carvão mineral; Podendo ser observado que a substituição pelo carvão vegetal gerou uma redução de 51,65% do referencial para o com adição de 30%.

5.2.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO- NBR 13279/2005

Para o ensaio de resistência à compressão foram utilizadas as metades do corpo de prova obtido com o ensaio de tração. Onde na tabela 13 pode ser analisado os resultados da média dos ensaios para melhor compreensão.

Tabela 13- Média de resistência à compressão

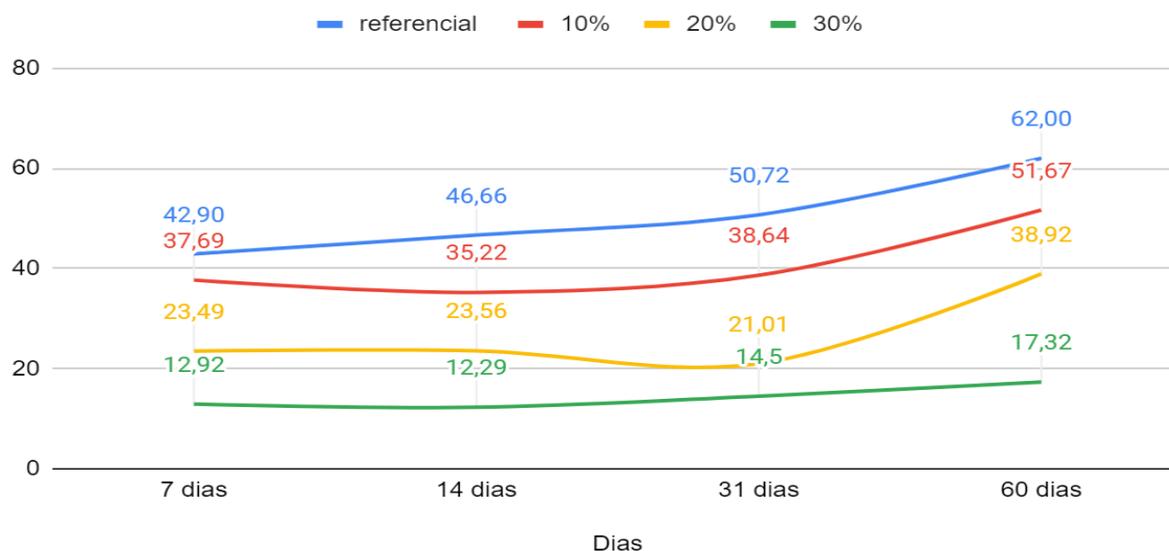
Média de resistência à compressão (MPa)				
Dias	Referencial	10%	20%	30%
7 dias	42,90	37,69	23,49	12,92
14 dias	46,66	35,22	23,56	12,29
31 dias	50,72	38,64	21,01	14,50
60 dias	62,00	51,67	38,92	17,32

Fonte; Próprio autor (2021).

Ao analisar a tabela 13 nota-se que a quantidade de substituição do carvão é diretamente proporcional à redução da resistência à compressão. Para se ter uma melhor análise pode ser observado na figura 08 a relação entre o tempo de cura e a resistência dos corpos de prova.

Figura 08 - Gráfico de relação de tempo e resistência à compressão

Ref, 10%, 20% e 30%



Fonte: Próprio autor (2021).

Através do gráfico é possível observar que as linhas possuem curvatura bem semelhante, o que nos mostra que possui comportamentos bem parecidos em relação a perda de resistência com adição de carvão, e o ganho de resistência gerado no decorrer da cura.

Sendo possível observar que a adição do carvão não proporciona benefícios no ganho de resistência com a cura. Porém mantém sempre uma resistência menor que o referencial, onde podemos analisar que a adição de rejeito de carvão para aumentar a resistência da argamassa não é viável, pelo fato de ter ficado com uma resistência abaixo da referência. Porém as proporções de 10 e 20%, podem ser utilizadas em locais onde não irão receber esforços superiores a 20 MPa.

5.2.3 Absorção de água aos 28 dias

Com este ensaio pode ser analisado que o carvão faz com que venha ser retido mais água, podendo ser observado, que o referencial obteve uma retenção de

4,95%, já o de 30% de substituição obteve uma retenção de 5,60%. Onde não é uma boa característica para a argamassa pois quanto mais água retém maior é a tendência de criar partículas como lodo, e também possui grande tendência a ter infiltração por capilaridade. Podendo ser observado os resultados obtidos através do ensaio na tabela 14.

Tabela 14- Absorção de água

Absorção de água	
Ref	4,95%
10%	5,10%
20%	5,33%
30%	5,60%

Fonte: Próprio autor (2021).

6 CONCLUSÃO

Tendo como base os resultados obtidos através dos ensaios realizados, onde se buscou a substituição parcial do cimento pelo carvão vegetal, nas proporções de 10, 20, 30% na dosagem de uma argamassa de traço 1:4 relação de água cimento de 0,5. Os resultados encontrados no ensaio de índice de consistência, demonstram que a substituição do cimento pelo carvão provoca uma redução no índice de consistência, desta forma acaba sendo reduzido a trabalhabilidade da argamassa, principalmente na proporção de 30%. Indicando que a argamassa com adição de carvão, deve-se utilizar aditivo Superplastificante para que venha evitar o aumento de água.

Já no ensaio mecânico de resistência à tração pode ser notado que o traço que apresentou melhor desempenho foi o referencial, demonstrando que a adição de carvão provocou uma redução na resistência à tração da argamassa. No ensaio a compressão também foi gerado uma queda na resistência do material.

Deste modo é possível relatar que a substituição do cimento pelo carvão não é viável para peças estruturais, mas pode ser utilizado para construções de calçadas e blocos para pavimentação de locais com baixo fluxo.

Porém é necessário que venha ser realizado estudos, mais aprofundado a fim de ter um resultado mais sólido do custo benefício que terá a utilização do carvão como substituinte do cimento.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É sugerido que seja realizado em outros estudos os seguintes itens.

- Analisar com uma outra relação de água cimento.
- Monitorar a absorção de água que terá a argamassa.
- realizar ensaios em porcentagem com intervalos menores.
- Será observado o comportamento do material submetido a fogo.
- Analisar o custo benefício da adição do carvão.

- realizar os ensaios nas idades que faltaram. (tração “28 e 60 dias”; compressão “28 dias”).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5734: **Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico**. 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16697: **Cimento Portland- Requisitos**. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

ARAÚJO, Neuber Nascimento de; **desempenho de argamassas de revestimento produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da grande natal-rn**, Natal- RN. 2014

ARRUDA, T. P. M.; PIMENTA, A. S.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. D.; ACOSTA, F. C. **Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares**. *Revista Árvore*, Viçosa MG, v. 35, n. 4, p. 949-955, 2011.

Associação brasileira de cimento portland (ABCP). Pesquisa via site:<

[ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7215. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.](https://abcp.org.br/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/#:~:text=O%20cimento%20%C3%A9%20um%20p%C3%B3,sob%20a%20a%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1gua.&text=Gra%C3%A7as%20a%20essas%20caracter%C3%ADsticas%2C%20o,humanidade%2C%20superado%20apenas%20pela%20%C3%A1gua.> Acesso em 02 de dez 2020.</p></div><div data-bbox=)

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção - Novos Materiais para a Construção Civil**. 5°. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 488 p, 2013.

BAUNER, L.A. Falcão. **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**, 1ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2016.

BUNDER J. **O Concreto: sua origem, sua história**. Universidade de São Paulo Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. 2016.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Boletim Técnico n. 68, 1995.

COSTA, Eugênio B ; Guerreiro, Agenara Q; Nobre, Thiago R. S; Kirchheim, Ana Paula; Mancio, Maurício. **Cimentos Portland e Sulfoaluminato de Cálcio Belítico: quantificação da emissão de CO2 pela decomposição da matéria-prima;** IBRACON 2012.

DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. S.; PALUDO, A. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. Planaltina-DF, Embrapa Cerrados, 37 p.37, ISSN 1517-5111, 2007.

GARCIA, D. P.; RODRIGUES, C. R.; DAL BEM, E. A.; FERREIRA, J. P. **Qualidade do carvão vegetal visando uso doméstico**. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v.11, p. 59-67, 2017.

HELENE, P; ISAIA, G.C; TUTIKIAN, B.F. **Concreto de Alto e Ultra Alto Desempenho**. In: ISAIA, G. C. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: IBRACON, Cap 36, 2011.

JORGE, Fernando Batista da Rocha; **Incorporação de fibra de garrafa pet em concreto como aditivo;** Porto Nacional- TO 2017.

JORGE, Fernando Batista da Rocha; **Incorporação de fibra de garrafa pet em concreto como aditivo**; Porto Nacional- TO 2017.

LIMA, A. J. M.; IWAKIRI, S. **Utilização de resíduos do desdobro de toras de Pinus spp, sílica ativa e cinza de casca de arroz em compósito cimento-madeira**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.38, n.87, p.459-469, 2010.

MAURY, Maria Beatriz; Blumenschein, Raquel naves; **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente**, Sustentabilidade em debate, 2012

MASSUCATO, Carlos José. **Utilização de escória de alto- forno à carvão vegetal como adição no concreto**. UECFEC. Campinas, São Paulo. 2005

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O.; HELENE, P. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. In: ISAIA, G. C. (Org.). Concreto: Ciência e Tecnologia. Florianópolis: IBRACON, V. 2, cap. 22, p. 1327-1365. 2011.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1.ed. São Paulo: PINI,. 581p, 1994.

NASCIMENTO, J. E. M. F.; SANTOS, H. M. M.; NETO, M. F. S.; JÚNIOR, J. C. C. S. **Avaliação das propriedades dos concretos nos estados fresco e endurecido após a adição de cinza de madeira**. Cientefico. v.16, n.34, p129-150, Fortaleza, 2016.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA NBR 6457- **Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de características**, 2016.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA NBR 1172 – **Aglomerante de origem mineral – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1990.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA NBR 7211 – Agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland - Especificações. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA NBR 7211 – Agregados para concreto- versão corrigida 2019.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA NBR 7215- cimento Portland- determinação da resistência a compressão de corpo de prova cilíndricos, 2019

NETO, J. C. M. ; CÓRDOBA, R.E. Resíduos da Construção Civil em Municípios de Pequeno Porte: Estudo de Caso de Olímpia-SP. In: XV

SILUBESA Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012, Belo Horizonte. Anais do XV SILUBESA, 2012.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto / Tradução Ruy Alberto Cremonini, 2ªed., bookman, 2013.

PADILHA, Lilian; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei; análise das características físicas e propriedades mecânicas da argamassa de assentamento com substituição parcial de cimento e agregado por cinzas de carvão vapor;
UNESC- Universidade do Extremo Sul Catarinense – 2018/1

PIRES, D. R. Desenvolvimento de argamassas com substituição parcial de cimento Portland por cinzas de algaroba geradas do APL (Arranjo Produtivo Local) de confecções pernambucano. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2016.

REIS, Marielza dos. **Incorporação de resíduos de carvão vegetal em argamassa cimentícias**. UFSC. São Carlos, 2019.

RECENA, F. A. P.; PEREIRA, F. M. **Produção e controle de concreto em obras. Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I**. IBRACON, 2011.

RIBEIRO, Couto Carmen; PINTO, Joana Darc Silva; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 4. ed. rer. Belo Horizonte. UFMG, 2017

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária**. São Paulo. 1984. 298 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.1984.

SAMPAIO, Z. L. M. **Análise do Comportamento Mecânico de Concretos de Combinação de CINZAS do Bagaço da Cana-de-Açúcar das Variedades SP911049, RB92579 E SP816949**. 2013. 150f. Dissertação (Mestrado em Mecânica das Estruturas, Estruturas de Concreto e Alvenaria e Materiais e Processos Construtivos) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2013.

SANTOS, Cassiano Rossi dos. **estudo da utilização de rejeito de carvão mineral na fabricação de blocos de concreto para a pavimentação em substituição ao agregado miúdo natural**. UFRGS. 2012

SANTOS, S. F. O.; HATAKEYAMA, K. **Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural**. Produção, v.22, n.2, p. 309- 321, 2012.

SILVA, D. A. L.; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; MALINOVSKI, R. A. **Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos**. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.

SILVA, Simoní Barros da; estudo comparativo das propriedades mecânicas entre argamassa de cimento portland convencional e argamassa com adição nanotubo de carbono – NTC; ariquemes, 2020.

SIQUEIRA, J. S; Souza, C. A.G; Souza, J.A.S; **reaproveitamento de cinzas de carvão mineral na formulação de argamassa**. UFPA/ PPEQ. Belém 2012

TUTIKIAN B. F.; HELENE P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. Concreto: Ciência e Tecnologia** Vol I. IBRACON, 2011.

ZHANG, M. H.; GJφRV, O. E. **Microstructure of the Interfacial Zone Between Lighthweight Aggregate and Cement Paste. Cement and Concrete Research (20)**, p. 610-618, 1990.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Natália Ferreira Alves

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 16.09.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **3,8%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 

Suspeitas confirmadas: **1,46%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 

Texto analisado: **85,4%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quinta-feira, 16 de setembro de 2021 18:58

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **NATÁLIA FERREIRA ALVES**, n. de matrícula **27066**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 3,8%, devendo a aluna fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente