

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE EUCALIPTO NA INCORPORAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO
DO CONCRETO**

**Elizânea Gabrielle Krul Maciel
Matheus Franco Pereira de Almeida**

Teófilo Otoni
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
INSTITUTO DE CIÊNCIA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE EUCALIPTO NA INCORPORAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO
DO CONCRETO**

Elizânea Gabrielle Krul Maciel
Matheus Franco Pereira de Almeida

Orientador: Dr. Stênio Cavalier Cabral

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Instituto de
Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para
obtenção do título de graduando.

Teófilo Otoni

2018

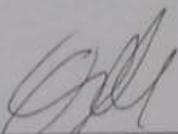
**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE EUCALIPTO NA INCORPORAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO
DO CONCRETO**

Elizânea Gabrielle Krul Maciel
Matheus Franco Pereira de Almeida

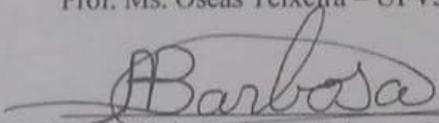
Orientador: Dr. Stênio Cavalier Cabral

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Instituto de
Ciência, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para
obtenção do título de graduando.

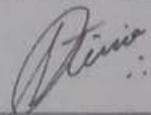
APROVADO em 13/09/2018



Prof. Ms. Oséas Teixeira – UFVJM



Prof. Ms. Flávio Barbosa Alchaar – UFVJM



Prof. Dr. Stênio Cavalier Cabral - UFVJM

Teófilo Otoni

2018

RESUMO

O presente estudo trata de um experimento com empenho de aferir se há viabilidade técnica no reaproveitamento de cinza do cavaco do eucalipto quando este incorporado ao concreto seja por adição ou substituição parcial do cimento na proporção de 5% em relação ao cimento adicionado no processo de dosagem do concreto, mediante análise laboratorial inerente ao comportamento mecânico da mistura, é possível observar o desempenho quanto à sua capacidade de resistência a compressão axial, com finalidade de satisfazer os parâmetros preestabelecidos pelas normas vigentes. Os dados expostos na pesquisa dão ênfase ao desenvolvimento do concreto com viés sustentável, no que tange ao reaproveitamento da cinza do cavaco do eucalipto obteve-se uma satisfatória conformidade com os requisitos técnicos propostos evidenciando que o planejamento e desenvolvimento de novas soluções sob a vertente da reutilização, desencadeia impactos ambientais, sociais e econômicos positivos, sem alterações significativas dos requisitos técnicos do produto final.

Palavras chave: Cinza do Cavaco do Eucalipto; Sustentabilidade; Adição; Substituição; Concreto.

ABSTRACT

The present study deals with an experiment with an effort to assess if there is technical feasibility in the reuse of ash from the eucalyptus chip when it is incorporated into the concrete by addition or partial replacement of the cement in the proportion of 5% in relation to the cement added in the dosing process of the concrete, through laboratory analysis inherent to the mechanical behavior of the mixture, it is possible to observe the performance as to its capacity of resistance to axial compression, in order to satisfy the parameters pre-established by the current norms. The data presented in the research show the emphasis on the development of concrete with a sustainable bias in relation to the reuse of the ash of the eucalyptus chip obtained a satisfactory compliance with the proposed technical requirements evidencing that the planning and development of new solutions under the reuse side, triggers positive environmental, social and economic impacts, without significant changes in the technical requirements of the final product.

Key words: Eucalyptus flint ash; Sustainability; Addition; Replacement; Concrete.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3 JUSTIFICATIVA	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1 Breve Histórico	13
4.2 Tipos de Cimento Portland	14
4.2.1 Cimento Portland Comum (CP-I) e (CP-I S).....	14
4.2.2 Cimento Portland Composto (CP-II)	15
4.2.3 Cimento Portland de Alto-Forno (CP-III).....	17
4.2.4 Cimento Portland de Pozolânico (CP-IV).....	18
4.2.5 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP - V ARI).....	18
4.2.6 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC).....	20
4.2.7 Cimento Portland de Branco (CPB).....	20
4.3 Materiais Pozolânicos	21
4.4 Agregados	23
4.5 Água de Amassamento.....	24
4.6 Adições em Cimento e Concreto	26
5 MATERIAIS E METODOS	28
5.1 Tratamento de Dados	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1 Umidade Residual do Agregado Miúdo.....	33
6.2 Determinação do Traço.....	33
6.3 Abatimento do Tronco de Cone e Confecção dos Corpos de Prova.....	33
6.4 Ensaio de Avaliação da Resistência a Compressão Axial do Concreto.....	35
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
8 TRABALHOS FUTUROS	39
9 REFERÊNCIAS	40

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone.....	31
Figura 2 - Corpos-de-prova executados	31
Figura 3 - Prensa Hidráulica Automática.....	32
Figura 4 - Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone.....	34
Figura 5 - Corpos-de-prova Confeccionados	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cimento Portland Comum, teores de composição.....	15
Tabela 2 - Cimento Portland Composto, teores de composição	16
Tabela 3 - Cimento Portland de Alto-Forno, teores de composição.....	17
Tabela 4 - Cimento Portland Pozolânico, teores de composição.....	18
Tabela 5 - Cimento Portland de alta resistência inicial teores de composição	19
Tabela 6 - Exigências físicas e mecânicas para elementos componentes do CP-V.....	19
Tabela 7 - Cimento Portland Branco, teores de composição	21
Tabela 8 - Requisitos químicos.....	22
Tabela 9 - Requisitos Físicos	23
Tabela 10 - Resultados dos Ensaio de Compressão Axial Referentes as Amostras 1, 2 e 3.....	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de Abrams – Relação Água/Cimento	26
Gráfico 2 - Relação de Resistencia Produzida Pelas Amostras 1, 2 e 3 aos 28 dias.....	37

1 INTRODUÇÃO

No âmbito da construção civil é evidente que o concreto possui uma extensa gama de aplicações, o que conjectura sua popularidade mundial. Equidistante a este sentido o IBRACOM (2009), afirma que o concreto se trata do segundo material mais consumido do mundo, precedido apenas pela água, referente ao material em questão estima-se um consumo de 11 bilhões de toneladas anualmente. Enfatizando a utilização do concreto a ABCP (2013), afirma que o emprego deste elemento toma uma escala crescente de aproveitamento ao passar dos anos, generalizadamente fundamentado pelos incentivos governamentais.

Helene e Tibério (2010) endossam a definição do concreto de maneira análoga a uma pedra, porém esta artificial, ainda afirma que o elemento em questão se decompõe em dois estados físicos, o primeiro designado estado fresco, o qual firma um composto plástico moldável segundo a criatividade humana na esfera construtiva, e o segundo estado decorrente do seu endurecimento onde se desenvolve resistência congênera às rochas naturais. A obtenção do concreto é basicamente desenvolvida pela mistura plausível de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água, ocasionalmente pode ocorrer à utilização de algum aditivo, este desencadeia a alteração de certas propriedades físicas ou químicas do elemento fresco ou endurecido.

A prática de reciclagem de resíduos, a tomar como exemplo a aplicação no cenário da construção civil, é perceptível o interesse que tem se consolidado no cenário nacional impulsionado por uma série de fatores de viés sustentável e relativos ao custo implicado na utilização de materiais habituais.

Paralelo a esta perspectiva o desenvolvimento de materiais alternativos com comportamento similar ou compatível a sua aplicação, com menor custo e adornado da atrativa vantagem de se apresentar uma destinação significativa para resíduos reciclados. Nesta toada, o objetivo deste trabalho está direcionado para a incorporação de cinza proveniente da queima do cavaco do eucalipto na forma de adição ou substituição em dosagem preestabelecida para composição do concreto.

Por fim, esta pesquisa evidencia a proeminência do concreto e da utilização da técnica na busca de experiências práticas na construção civil, o perpetuo interesse em aprendizagem por meio da pesquisa que propiciem seu progresso pelo intermédio da melhoria de suas propriedades de resistência e durabilidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral a incorporação de cinza proveniente da queima do cavaco do eucalipto na forma de adição ou substituição em dosagem preestabelecida para composição do concreto.

2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer a natureza dos materiais utilizados na confecção do concreto;
- Incorporar cinza de eucalipto por adição e substituição no processo de dosagem do concreto;
- Submeter os corpos de provas desenvolvidos a análises de resistência a compressão axial;
- Analisar a relação produzida pela dosagem do concreto com sua resistência a compressão.

3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa é justificada pela expressiva representatividade do concreto no cenário mundial da construção civil associado à busca por novas soluções em materiais construtivos fundamentados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, almejantes da viabilidade técnica e aprimoramento de suas características, especialmente relacionadas à durabilidade e resistência, as quais geram reflexos significativos na perspectiva econômica, o que consequentemente agrega alta competitividade de mercado para um material tão solicitado.

Além do anseio de agregar a comunidade acadêmica e categoria profissional com desenvolvimento deste trabalho, a motivação maior provém da busca pelo interesse e o fomento da pesquisa.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Breve Histórico

Segundo Kaefer (1998), a primeira composição símile ao concreto usufruída pelo homem foi registrada 1970 por geólogos israelenses, desenvolvido ocasionalmente pela combustão gerada pelo calcário e argila xistosa e assim constituindo um depósito natural deste composto, em sua posterior análise, pôde-se identificar que sua criação se deu por volta de 12.000 anos a.C.

Ainda contemplando os apanhados de Kaefer (1998), entre 3.000 e 2.500 a.C destaca-se a utilização de palhas misturadas ao barro para produção de tijolos e a constituição de argamassa desenvolvida através da gipsita e cal utilizadas na construção das pirâmides de Gizé.

Consonante ao avanço tecnológico, o cenário cimentício teve grande evolução por volta de 600 anos a.C, a civilização romana já desenvolvia a utilização da cal como aglomerante, contudo a descoberta de *Opus Caementicium*, um aglomerante inovador e mais eficaz que impulsionou significativamente a engenharia romana. O novo composto consistia de argamassa de cal adicionada de cinza pozzolânica¹, trazendo o despertar de um material semelhante ao cimento consumido atualmente. Registros antigos como o de Vitruvius (27 a.C), descreve tal elemento como uma espécie de pó que por condições intrínsecas a natureza de sua composição, confere firmeza a todo edifício, assim como os diques no mar, solidificam embaixo d'água.

Segundo Neville e Brooks (2013), em 1824 ocorreu o salto mais significativo em termos de desenvolvimento tecnológico do concreto, neste período foi desenvolvido pelo químico britânico Joseph Aspdin o cimento Portland. Obtido através da queima de calcário e argilas compostas por sílica e alumina, moídos até a formação de um pó fino levado a fornos com temperatura aproximada a 1400°C, neste processo de queima, decorre a sintetização dos elementos e sua fusão parcial em forma de clínquer e posteriormente ao resfriamento ocorre o acréscimo de da gipsita, feito este procedimento o material é levado ao moedor para produção do conhecido pó fino denominado cimento Portland.

Endossa Kaefer (1998), que a partir de 1836 foram principados ensaios sistemáticos para determinação da resistência a tração e compressão do cimento na Alemanha, com a justificativa do melhoramento no que tange a qualidade do cimento, o que decorreu devido aos avanços relacionados

¹ Material artificial ou natural constituído por materiais silicosos que quando divididos finamente e adicionados à água produz reação com hidróxido de cálcio, o que resulta em compostos com propriedades aglomerantes.
Fonte: ASTM International Standards. C 125 – 03: **Standard Terminology Relating to Concrete and concrete Aggregates**. United States.

aos projetos dos fornos de queima para o aumento da uniformidade do clínquer, posteriormente em 1871, volta-se os olhos da pesquisa e avanço tecnológico para análises químicas de toda matéria prima utilizada na produção do cimento. O somatório produzido por estes avanços resultou no desenvolvimento de um clínquer com enrijecimento maior devido às atualizações dos fornos de queima, tão como a seleção mais adequada de proporções de calcário baseado em análises químicas de todos os elementos incorporados na produção do cimento Portland.

4.2 Tipos de Cimento Portland

Tomando os estudos de Bauer (1987) e Neville (1997), fica estabelecido que o cimento Portland é um material fundamentalmente constituído de clínquer e adições. O clínquer é o material de maior significância na composição do cimento e esta presente em todos os tipos de cimento Portland, as adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento. Segundo a ABCP (2002), além do clínquer a constituição do cimento Portland contempla outras matérias-primas, denominadas adições ou agregados sendo estes: gesso, escórias de alto-forno, materiais carbonáticos e pozolânicos.

O termo cimento Portland é uma identificação genérica para um agrupamento que possui variações pertinentes a composição química do cimento. Souza (1999) salienta que o Brasil tem como principal produção, o cimento Portland comum, comum com adições, de alto-forno, composto, Pozolânico e de alta resistência inicial e que para cada um destes mencionados pode-se obter cimentos resistentes a sulfatos. Nesta toada ainda respaldando a variedades de tipos de cimento, endossa o IBRACON (2009), que o mercado nacional dispõe de 8 tipos de cimentos os quais estão apresentados nos seguintes tópicos.

4.2.1 Cimento Portland Comum (CP-I) e (CP-I S)

O Cimento Portland Comum normatizado pela NBR 5732 (ABNT, 1991), mais conhecido na construção civil como CP-I, caracterizado por não possuir nenhuma adição além do gesso como retardador de pega, não é indicado para exposição a sulfatos ou águas subterrâneas, possui alto custo e menor resistência e possuir classe de resistência em 25 MPa. O Cimento Portland CP-I tem as mesmas características do CP-I S, entretanto, o segundo se diferencia por apresentar variação de até 5% de sua massa total resultante da adição de materiais pozolânicos, escorias de alto forno ou materiais carbonáticos, tais teores podem ser observados através da Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Cimento Portland Comum, teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)					
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escoria de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP - I	25	100	0	0	0
	32				
	40				
CP - IS	25	99 - 95	1 - 5	1 - 5	1 - 5
	32				
	40				

Fonte: NBR 5732 (ABNT, 1991).

Como pôde-se observar na Tabela 1 a classe do cimento Portland comum apresenta duas variações, cada uma com classes de resistências de ordem de 25, 32 e 40 MPa, esta variação do cimento se dá especificamente por sua composição na qual o CP-I possui clínquer mais sulfatos de cálcio e não é contemplado de adições como escoria de alto-forno, materiais pozolânicos ou materiais carbonáticos. A segunda composição denominada CP -IS apresenta adições de ordem de 1% até 5% de escoria de alto-forno, materiais pozolânicos ou materiais carbonáticos e composição principal de clínquer mais sulfatos de cálcio da ordem de 95% a 99%.

4.2.2 Cimento Portland Composto (CP-II)

O Cimento Portland Composto ou CP-II é normatizado pela NBR 11.578 (ABNT, 1991), quanto a sua aplicação este tipo de cimento apresenta bastante semelhante com o CP-I, sendo abrangido generalizadamente em obras de engenharia por possuir melhor desempenho que o CP-I, ainda que também não seja indicado para exposição a sulfatos ou águas subterrâneas. É um tipo de cimento que apresenta versatilidade em todas as fases da obra e sua classe de resistência pode ser de 25, 32 e 40 MPa. Quanto a sua composição apresenta mudanças razoáveis decorrentes de proporções mais oscilantes em sua massa total o que lhe confere menor calor de hidratação e desdobra uma classificação mais específica em função variabilidade dos elementos adicionados:

- CP-II E: Cimento Portland com adição de escória de alto-forno;

- CP-II Z: Cimento Portland com adição de material pozolânicos;
- CP-II F: Cimento Portland com adição de material carbonáticos.

A Tabela 2 adiante apresenta um detalhamento desta variabilidade e respectiva classificação quanto aos elementos adicionados a sua composição.

Tabela 2 - Cimento Portland Composto, teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)					
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escoria de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
CP - II E	25	100	6 – 34	–	0 – 10
	32				
	40				
CP - II P	25	99 - 95	–	6 - 14	0 – 10
	32				
	40				
CP - II F	25	94 - 90	–	–	6 10
	32				
	40				

Fonte: NBR 11578 (ABNT, 1991).

Como pôde-se observar na Tabela 2 a classe do cimento Portland composto apresenta três variações, cada uma com classes de resistências de ordem de 25, 32 e 40 MPa, a citada variação do cimento se dá especificamente por sua composição na qual o CP-II E é desenvolvida com utilização de clínquer mais sulfatos de cálcio preponderantemente, contemplando adições como escoria de alto-forno com ordem de adição de 6% a 34% da massa total do material, ainda pode ser considerado a incorporação de 0% a 10% de materiais carbonáticos. A segunda composição denominada CP - II P apresenta adições de ordem de 6% até 14% de materiais pozolânicos e ainda pode ser considerado a incorporação de 0% a 10% de materiais carbonáticos. A terceira composição denominada CP – II F é composta por clínquer mais sulfatos de cálcio preponderantemente, considerando apenas a incorporação de materiais carbonáticos da ordem de 6% a 10%.

4.2.3 Cimento Portland de Alto-Forno (CP-III)

O Cimento Portland de Alto-Forno ou de modo mais popular cimento CP-III, é regulamentado pela NBR 5735 (ABNT, 1991), semelhante ao modelo apresentado anteriormente possui classe de resistência com versatilidade de 25, 32, 40 MPa, este aglomerante hidráulico possui composição com predeterminado teor de materiais pozolânicos, escórias granulares de alto forno ou materiais carbonáticos, mais especificamente com variação de 35% a 70% de materiais pozolânicos e 6% a 34% de escoria de alto-forno, estes em adição simultânea lhe confere maior impermeabilidade e durabilidade decorrentes da alteração na microestrutura do concreto, possui baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão em função da reação álcali-agregado, além de possuir boa resistência a sulfatos apresenta forma com menor porosidade. Devido suas características é um aglomerante muito solicitado em obras de barragens ou símile aplicação (ABCP, 2002). Através da Tabela 3 apresentada a seguir pode-se conhecer os teores tangíveis as adições atribuídas aos cimentos do tipo CP-III.

Tabela 3 - Cimento Portland de Alto-Forno, teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)					
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escoria de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
	25				
CP – III	32	65 - 25	6 – 34	35 – 70	0 - 5
	40				

Fonte: NBR 5735 (ABNT, 1991).

Como pôde-se observar na Tabela 3 a classe do cimento Portland de Alto-Forno não apresenta variações tipológicas em sua produção, quanto a classes de resistências apresenta ordem de 25, 32 e 40 MPa, sua composição é desenvolvida com utilização de clínquer mais sulfatos de cálcio com ordem de 25% a 65%, ainda possui incorporação de v com proporções de 6% a 34%, quanto a adição de materiais pozolânicos a tabela 3 deixa explícito uma variação com ordem de 35% a 70% no que tange a sua incorporação e por fim ainda considera uma possível variação de 0% a 5% de materiais carbonáticos adicionados a produção do CP – III.

4.2.4 Cimento Portland de Pozolânico (CP-IV)

O Cimento Portland de Pozolânico ou sua comum denominação CP-IV é regulamentado pela NBR 5736 (ABNT, 1991), a composição deste cimento não apresenta interação com escória de alto-forno e se desenvolve com quantidades de pozolana ocorrentes entre 15% e 50% de sua massa total, o que lhe proporciona melhor estabilidade ao uso de agregados reativos, assim como em ambientes com acidez mais acentuada, esfericamente por sulfatos. Apresenta classe de resistência mais restrita com os modelos de 25 e 32 MPa apenas. Por característica possui baixo calor de hidratação, assim, recomendado para concretagem de maiores volumes especialmente em temperaturas elevadas, por possuir cura lenta, ajuda na sua aplicação em casos de obras com grandes volumes de concreto. A Tabela 4 a seguir apresenta o detalhamento dos teores relativos às adições na produção do CP-IV.

Tabela 4 - Cimento Portland Pozolânico, teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)				
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Material pozolânico	Material carbonático
CP - IV	25	85 - 45 (%)	15 - 50	0 - 5
	32			

Fonte: NBR 5736 (ABNT, 1991).

Relativo as considerações da Tabela 4 pôde-se observar classes de resistências de ordem de 25 e 32 MPa, quanto sua composição explicitada na mesma Tabela observa-se ocorrência majoritária do clínquer mais sulfatos de cálcio com ordem de 45% a 85% e 15% a 50% de materiais pozolânicos, ainda pode ser considerado a incorporação de 0% a 5% de materiais carbonáticos, nesta composição não se contempla a incorporação de escorias de alto-forno.

4.2.5 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP - V ARI)

O Cimento Portland de Alta Resistência Inicial ou CP-V ARI é normatizado pela NBR 5733 (ABNT, 1991), é caracterizado por apresentar alta reatividade nas primeiras horas de aplicação

fazendo com que atinja resistências elevadas em um curto intervalo de tempo, ocorrência devido a uma diferenciação na dosagem do calcário e argila na produção do clínquer além da desconsideração de escoria de alto-forno e materiais pozolânicos em sua produção. Outra particularidade é que este tipo de cimento é concebido com uma moagem mais acentuada o que aumenta seu grau de fineza. Ao final dos 28 dias de cura apresenta resistência maior que os cimentos convencionais, é muito utilizado em obras que exigem menor tempo de execução. A Tabela 5 abaixo apresenta o detalhamento dos teores relativos às adições na produção do CP-V ARI.

Tabela 5 - Cimento Portland de alta resistência inicial teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)		
Sigla	Clínquer + sulfatos de cálcio	Material carbonático
CP - V ARI	100 - 95 (%)	0 – 5

Fonte: NBR 5733 (ABNT, 1991).

Conforme explicitado na Tabela 5 identifica-se que o CP -V ARI é composto basicamente por clínquer mais sulfatos de cálcio com proporção de 95% a 100% e a possível ocorrência de incorporação de material carbonático com proporções de 0% a 5%.

A Tabela 6 a seguir refere-se aos critérios do item 5.2.1 determinados pela NBR 5733 (ABNT, 1991), que tange as exigências físicas preestabelecidas quanto a granulometria dos materiais empregados e sua expansão, indicativos da sua resistência a compressão ao no decorrer de 1, 3 e 7 dias.

Tabela 6 - Exigências físicas e mecânicas para elementos componentes do CP-V

CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES	UNIDADE	LIMITES
Resíduo retido na peneira 75 µm	%	6
Área específica	m ² /kg	300
Tempo de início de pega	H	1
Expansividade a quente	Mm	5

Resistência a compressão (1º dia)	MPa	14
Resistência a compressão (3º dia)	MPa	24
Resistência a compressão (7º dia)	MPa	34

Fonte: NBR 5733 (ABNT, 1991).

4.2.6 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)

O Cimento Portland de baixo calor de hidratação possui propriedade de desenvolver lentamente a evolução do calor interno, retardando o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto com finalidade de evitar o surgimento de fissuras de origem térmica, estas geradas em função do calor desenvolvido durante a hidratação do cimento. A NBR 13116 (ABNT, 1992) é a norma que estabelece os procedimentos e condições para este tipo de cimento, a qual prescreve que o valor máximo de calor de hidratação deve gerar até 260 J/g ao terceiro dia e até 300 J/g ao sétimo dia de hidratação.

Ainda segundo a NBR 13116 (ABNT, 1992), o cimento Portland de baixo calor de hidratação pode ser desenvolvido para cada tipo de cimento, a considerar: CP-I, CP-II, CP-III, CP-IV e CP-V ARI, sendo este preparado com a dissipação mais prolongada do calor gerado durante a hidratação. Considerando o desenvolvimento do cimento com este aspecto de produção o cimento passa a ser designado pelas siglas originais de classe e de seu tipo, acrescentadas no final pelo sufixo BC. Exemplo: CP-I32 BC, CP-IV 25 BC, CP-V ARI 40 BC.

4.2.7 Cimento Portland de Branco (CPB)

O cimento branco ou CPB é regulamentado pela NBR 2989 (ABNT, 1992), sua principal peculiaridade é a coloração branca resultante da utilização de matérias primas com baixo teor de manganês e ferro e substituição do caulim pela argila associados a maiores cuidados durante seu esfriamento.

Este tipo especificamente compartilha duas modalidades de utilização: Estrutural e não estrutural. Quando obtido para finalidades estruturais apresenta classe de resistência de 25, 32 e 40 MPa. Quando não estrutural não apresenta classe de resistência e é geralmente indicado para ser utilizado em rejuntamento de azulejos ou afins, também enfatiza sua utilização em projetos arquitetônicos para assegurar um acabamento delgado. Através da Tabela 7 a seguir pode-se verificar o detalhamento dos teores relativos às adições na produção do CPB.

Tabela 7 - Cimento Portland Branco, teores de composição

COMPONENTES EM MASSA (%)			
Denominação	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Material carbonático
Cimento Portland branco estrutural	25	100 - 75 (%)	0 - 25
	32		
	40		
Cimento Portland branco não-estrutural	—	74 - 50 (%)	26 - 50

Fonte: 12989 (ABNT, 1992).

Como pode-se observar na Tabela 7, o cimento Portland branco se decompõe em duas vertentes de utilização, sendo estas estrutural ou não, a primeira apresenta classes de resistências de ordem de 25, 32 e 40 MPa, sua composição é desenvolvida considerando preponderantemente a utilização de clínquer mais sulfatos de cálcio com proporções que podem variar de 75% a 100% nesta solução ainda pode ser considerado a incorporação de 0% a 25% de materiais carbonáticos. Quanto ao cimento Portland branco não estrutural, este não apresenta classe de resistência uma vez que sua utilização não tem funcionalidade estrutural, apenas arquitetônicas. Sua composição é desenvolvida apenas com utilização de clínquer com sulfatos de cálcio e incorporação de materiais carbonáticos, este primeiro com proporções da ordem de 50% a 74% e respectivamente o segundo com proporções de ordem de 26% a 50%.

4.3 Materiais Pozolânicos

Cita a NBR 12653 (ABNT, 2012) que materiais pozolânicos são aqueles cuja composição deriva de materiais silicosos ou sílico-aluminosos, estes, intrinsecamente não apresentam propriedades cimentícias, contudo, quando este material está refinado e na presença umidade apresenta reação química com o hidróxido de cálcio sob temperatura ambiente gerando um composto

com propriedades cimentícias. Dentre as possíveis formações das pozolânas, a norma NBR 12653 (ABNT, 2012) apresenta as seguintes diferenciações:

- Pozolânas Naturais: De origem vulcânica, geralmente de caráter petrográfico ácido com mais de 65% de SiO₂, ou de origem sedimentar com atividade pozolânica;
- Pozolânas Artificiais: materiais provenientes de tratamento térmico ou subprodutos industriais que apresentem atividade pozolânica;
- Cinzas Volantes: Materiais finamente divididos provenientes da combustão de carvão mineral pulverizado ou graduado com atividade pozolânica;
- Outros Materiais: materiais não-tradicionais, tais como: escórias siderúrgicas ácidas, cinzas de resíduos vegetais e rejeito de carvão mineral.

A norma NBR 12653 (2012), apresenta uma classificação conjecturada por requisitos gerais que compõem três classes cujas propriedades atendam aos requisitos químicos apresentados na Tabela 8 e requisitos físicos apresentados na Tabela 9.

- Classe N: Pozolânas naturais e artificiais que atendam aos requisitos químicos e físicos;
- Classe C: cinza volante produzida pela queima de carvão mineral em usinas termoelétricas que obedece aos requisitos químicos e físicos;
- Classe E: qualquer pozolâna cujos requisitos diferem das classes anteriores.

Tabela 8 - Requisitos químicos

Propriedades	Classe do material pozolânico		
	N	C	E
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	≥ 70	≥ 70	≥ 50
SO ₃	≤ 4	≤ 5	≤ 5
Teor de umidade	≤ 3	≤ 3	≤ 3
Perda ao fogo	≤ 10	≤ 6	≤ 6

Álcalis disponíveis em Na ₂ O	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
--	-------	-------	-------

Fonte: NBR 12653 (ABNT, 2012)

Tabela 9 - Requisitos Físicos

Propriedades	Classe do material pozolânico		
	N	C	E
Material retido na peneira com abertura de malha de 45 µm	≤ 34%	≤ 34%	≤ 34%
Índice de atividade pozolânica			
Com cimento aos 28 dias, em relação ao controle	≥ 75%	≥ 75%	≤ 75%
Com a cal aos 7 dias	≥ 6 MPa	≥ 6 MPa	≥ 6 MPa
Água requerida	≤ 115%	≤ 110%	≤ 110 %

Fonte: NBR 12653 (ABNT, 2012)

4.4 Agregados

Na produção do concreto, os elementos denominados agregados podem ser definidos como materiais de enchimento inertes por não apresentar reação química com a água. Para Mehta (1994), em função do significativo papel desempenhado pelos agregados que influenciam em muitas propriedades relevantes do concreto, esta visão tradicional de tomar os agregados como materiais inertes é seriamente questionada.

Mehta e Aitcin (1990) apresentam em sua literatura a diferenciação dos agregados compostos de modo natural ou sintetizado a modo artificial, como agregado natural à utilização de areia, pedregulho e pedra britada, e como agregado artificial cita rejeitos industriais escória de alto-forno e cinza volante.

Para Mehta e Monteiro (1994), a colaboração dos agregados na resistência do concreto convencional é pequena, quando estes apresentam densidade normal. Por outro lado, a fase dos agregados é diretamente responsável pela estabilidade dimensional e módulo de deformação do concreto. Autores como Gonçalves (2000), Mehta e Aitcin (1990), comprovaram através de estudos técnicos que a medida que se eleva a resistência do concreto o agregado passa a ter significativa influencia na limitação da resistência a compressão.

A cerca dos requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland, ficam estabelecidos os crivos técnicos da NBR 7211 (ABNT, 2005). Ainda apoiado nos embasamentos da citada norma os agregados graúdos e miúdos se diferenciam pela seguinte configuração:

- Agregado miúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m;
- Agregado graúdo: Agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm.

Abordando uma análise mais detalhada os agregados ainda podem ser classificados em função de densidade, sendo estas caracterizadas por leve, normal e pesada.

Segundo Cánovas (1988), os agregados ocupam cerca de 70% a 80% do volume total do concreto, portanto é sensato esperar que estes tenham uma importante influência sobre suas propriedades. Nesta toada afirma Mehta (1994) que as características dos agregados são imprescindíveis para composição de determinadas propriedades do concreto, a citar, relevantes características são: porosidade, composição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial das partículas, resistência à compressão, resistência à abrasão, módulo de elasticidade e os tipos de substâncias deletérias presentes.

A NBR (ABNT, 2005), expõe em seu acervo que os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

4.5 Água de Amassamento

A água é um elemento de fundamental importância na preparação do concreto, sua qualidade é um fator determinante para obtenção de um concreto de boa qualidade.

Assente as afirmações anteriores, Freitas (2013) enfatiza a importância da qualidade da água para que não haja interferência nas reações químicas que ocorrem na mistura e consequentemente nas características do concreto como resistência e durabilidade.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a resistência à compressão é a principal propriedade do concreto, e apesar de que as condições de cura, as dimensões mineralógicas dos agregados, o adensamento e outros fatores sejam de relevância para a determinação da resistência do concreto, a relação água/cimento é fundamentalmente determinante neste aspecto.

Para Recena (2011), apesar de que o fator água seja crucial na dosagem do concreto é relevante considerar que, além de sua importância, a proporção mais econômica dos materiais constituintes do concreto como cimento, agregados e aditivos, justificando que o produto final atinja as propriedades físicas, químicas e mecânicas determinadas para o bom funcionamento da peça estrutural. O autor ainda enfatiza que a dosagem se trata de encontrar o concreto mais adequado, econômico e que apresente o desempenho esperado.

Nesta toada reafirma Mehta e Monteiro (1994):

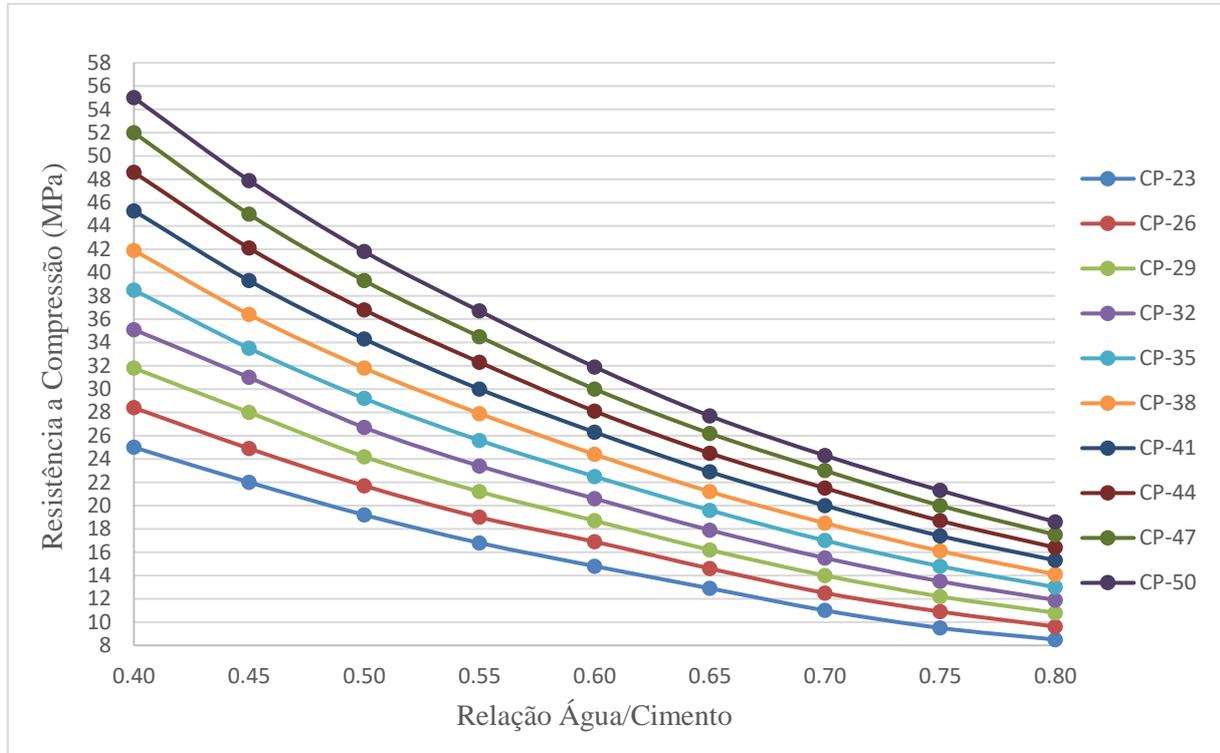
O objetivo amplo do proporcionamento do concreto pode expressar-se resumidamente como a escolha dos materiais adequados entre aqueles disponíveis e a determinação da combinação mais econômica destes que produza um concreto que atenda características de desempenho mínimo estabelecidas.

Ressalta Alves Neto (2001) que o produto da relação água/cimento está diretamente relacionado à permeabilidade e durabilidade do concreto e saliente que no decorrer do processo de cura do concreto há uma parcela de água compulsiva a evaporação, o que conseqüentemente ocasiona vazios na massa do concreto.

Como é sabido que a relação água/cimento interfere significativamente de modo que a resistência à compressão é condicionada fundamentalmente por este fator, é sensato que exista um parâmetro indicador desta dosagem, o que de fato ocorre e é determinado pela curva de Abrams, parâmetro desenvolvido através do rompimento de uma vasta quantidade de corpos de prova com uma variabilidade considerável para que fosse possível identificar tal relação.

Considerando as assertivas expressas no parágrafo anterior, através da sintetização da relação produzida pela quantidade de água que gera uma elevação ou redução da resistência do concreto e concomitantemente sua trabalhabilidade. Retratando os estudos de Abrams desenvolveu-se o Gráfico 1 a seguir para expor a relação água cimento com base na resistência a compressão e qual cimento utilizado. O ábaco foi criado a partir de vários dados experimentais que foram compilados para uma melhor comparação dessas relações.

Gráfico 1 - Curva de Abrams – Relação Água/Cimento



Fonte: ABCP (1998)

4.6 Adições em Cimento e Concreto

Compreender a microestrutura do concreto é necessário para que seja possível detectar fatores pertinentes à natureza do elemento que comprometam seu desempenho, o que geralmente ocasiona intervenções com adições de novos elementos ao concreto com finalidade de melhorar suas propriedades, seja através de implicação química, como é o caso dos materiais pozolânicos ou física como é o caso dos fillers ou ambos os efeitos simultaneamente. Tal conjectura é alvo de inúmeras pesquisas que se fundamentam particularmente por um efeito de cunho social e viés sustentável

considerando a reutilização de resíduos em que seu descarte ou emissão provocam descontrolada degradação ambiental.

Afirma Braga e Hespanhol (2002), ser impossível consumir qualquer material até sua aniquilação pela fundamentação da lei de conservação de massa, o que veemente implica na geração de resíduos em todas as atividades dos seres vivos, o que a princípio é indesejável, mas que podem ser reincorporados ao meio-ambiente por meio de ciclos biogeoquímicos.

A reutilização de resíduos é uma tendência que tem buscado consolidação no cenário nacional, estimulados pelo alto custo dos materiais tradicionais o desenvolvimento de materiais alternativos com desempenho similar ou até mesmo melhor, desenvolve a vantagem de dar uma destinação adequada aos resíduos.

Mehta e Aitcin (1990) endossam que a incorporação de resíduos e subprodutos industriais na forma de adição ao concreto pode acarretar inúmeras vantagens técnicas, e enfatiza que nenhum concreto deveria ser desenvolvido sem estes, salvo para a existência de razões fundamentadas para isso.

Malhotra e Mehta (1996) enfatizam que os benefícios do uso de adições em cimento ou em concreto é sustentado pelo seguinte tripé:

- Benefícios à engenharia: No que tange a incorporação de partículas finas ao concreto que tendem a sua melhoria da sua trabalhabilidade e redução da quantidade de água necessária para atingir a consistência ideal, com incremento de resistência, redução de permeabilidade e aumento da resistência a ataques químicos;
- Benefícios econômicos: No que tange aos materiais de composição do concreto, o cimento Portland é o mais oneroso e seu custo tem aumentado ao decorrer dos anos em consequência do aumento do custo de energia para sua produção. As adições de resíduos ou subprodutos de indústrias, incorporados ao concreto tendem a reduzir a quantidade necessária de cimento na mistura o que conseqüentemente diminui o custo do concreto;
- Benefícios ecológicos: Resíduos ou subprodutos utilizados como adições aos cimentos e concretos contém em suas composições químicas substâncias poluentes, tóxicas e patogênicas, e estas podem ser nocivas ao meio se não forem dispostas adequadamente. A indústria do cimento e concreto é um alvo recorrente para dispor resíduos e subprodutos, principalmente porque a grande maioria dos materiais contaminantes, como metais podem ser seguramente incorporados na hidratação dos produtos do cimento. Outro ganho ambiental se

dá pela diminuição da quantidade de cimento produzido, reduzindo-se a poluição e preservação de recursos naturais.

5 MATERIAIS E METODOS

Este trabalho traz a abordagem de uma pesquisa de cunho quanti-qualitativo, uma vez que os resultados obtidos estão relacionados tanto qualidade do elemento estudado quanto é relativo a quantidade no que se refere a suas características de resistência, embasado em método investigativo no que diz respeito ao caráter subjetivo do material em análise.

Quanto aos fins, tomando considerações de Gil (2002), julga-se a pesquisa exploratória, a qual se interessa em identificar o comportamento do concreto com a adição e substituição parcial do cimento pela cinza do cavaco do eucalipto.

Quanto aos meios de investigação este trabalho engaja delineamento mais adequado para estudo experimental segundo implicações de Yin (2001), com fundamentação na investigação, sustentado pelo propósito de que o fenômeno seja analisado através de condições específicas com fito comparativo aos padrões determinados para o estudo em questão.

5.1 Tratamento de Dados

Inicialmente para melhor entendimento do tema foram tomadas literaturas pertinentes aos meios de desenvolvimento de concreto, suas variações, propriedades e características, outro recurso tomado para melhor compressão dos processos e ensaios tangíveis a dosagem do concreto foi a o acompanhamento dos procedimentos técnicos da Concreteira Mix Mattar.

Os materiais empregados na composição do concreto experimentado foram cedidos pela Concreteira Mix Mattar, também disponibilizou laboratório e equipamentos necessários para realização dos ensaios propostos. Os materiais empregados na confecção do concreto estão elencados a seguir.

- Cimento Liz CPIII (40 MPa);
- Brita 1 (19mm);
- Areia média usinada;
- Água de qualidade admissível.

As orientações pertinentes a qualidade admissível da água no cimento são encontradas na NBR 15900-1(2009) onde considera no item 3.2 que a água proveniente do abastecimento público é considerada adequada para o uso em concreto sem ser necessário um ensaio.

Silva (1991) afirma que a presença de impurezas na água pode afetar o tempo de pega do cimento, a resistência à compressão do concreto, a ocorrência de eflorescência e a corrosão da armadura, dentre outros tipos de manifestações.

A cinza do cavaco do eucalipto proposta para incorporação ou adição no concreto fora disponibilizada pela Cerâmica Santa Clara localizada no bairro Turma 37 em Teófilo Otoni/MG.

As soluções desenvolvidas para análise compõem o conjunto de três amostras ensaiadas, todas estabelecidas pelos mesmos crivos técnicos.

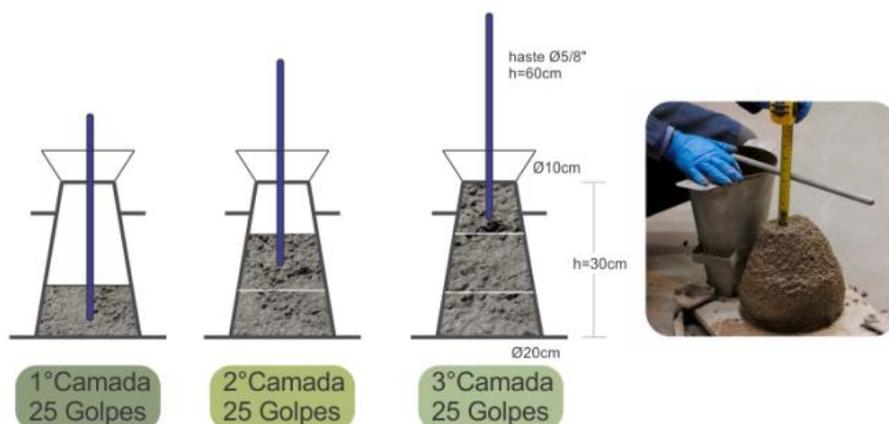
As amostras foram desenvolvidas na seguinte sequência de avaliação:

- AMOSTRA 1: Concreto convencional, sem adição ou substituição;
- AMOSTRA 2: Concreto com adição de 5% de cinza do cavaco do eucalipto no cimento;
- AMOSTRA 3: Concreto com substituição de 5% de cimento por cinza do cavaco do eucalipto.

O método de dosagem adotado para o procedimento foi adaptado do método ABCP de dosagem apresentado através do Estudo Técnico – 67 (ET-67).

Realizada a dosagem do concreto conforme método mencionado, fez-se necessário avaliar sua consistência através do ensaio de abatimento de tronco de cone, para este ensaio foram tomadas as orientações dispostas na norma NBR NM 67 (ABNT, 1998), tal procedimento foi inicialmente desenvolvido através do umedecimento do molde e sua placa de base, sequencialmente foi adicionado o concreto confeccionado em três parcelas separadas, compondo aproximadamente um terço da altura do molde, cada uma destas camadas foram compactadas uniformemente com 25 golpes da haste de adensamento, após o preenchimento o molde foi removido cuidadosamente na direção vertical evitando movimentos de torção lateral, efetuada a remoção, de imediato é aferido abatimento do concreto com o auxílio de trena. Através da Figura 1 a seguir pode-se observar sistematicamente o procedimento adotado.

Figura 1 - Ensaio de Abatimento do de Tronco de Cone



Fonte: ABCP (1998)

Posterior ao ensaio de abatimento de tronco de cone foi desempenhada a moldagem dos corpos-de-prova com objetivo de mensurar a resistência a compressão do concreto conforme instrução da norma NBR 5738 (ABNT, 2015). Os moldes de corpos-de-prova utilizados apresentaram dimensões de 100mm de diâmetro e 200 mm de altura, preenchidos com concreto em duas camadas, cada uma compactada com 12 golpes da haste de adensamento, seguido o adensamento da última camada foi efetuado o rasamento da superfície com régua metálica.

Finalizado o procedimento de moldagem dos corpos-de-prova, os moldes foram acomodados em superfície horizontal inflexível livre de vibrações e intemperes pelo período de 24 horas, encerrada esta etapa, os corpos-de prova foram direcionados para um reservatório preenchido com água de admissível qualidade visual e posteriormente submetidos ao ensaio de resistência a compressão axial com intervalos de 7, 14 e 28 dias. A Figura 2 a seguir apresenta os corpos-de-prova já confeccionados.

Figura 2 - Corpos-de-prova executados



Fonte: Própria do autor

A realização do seguinte procedimento diz respeito ao rompimento dos corpos-de-prova com o auxílio de uma prensa hidráulica automática, confeccionados os corpos-de-prova e superado os devidos intervalos de cura, foi promovida a execução do rompimento por compressão axial com intervenção da aplicação de carga instantaneamente ao momento de ruptura, para o desempenho deste procedimento foi tomada a norma NBR 5739 (ABNT, 2007). Através da Figura 3 adiante pode-se visualizar o equipamento responsável pelo procedimento de rompimento do corpo-de-prova.

Figura 3 - Prensa Hidráulica Automática



Fonte: Própria do autor

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Umidade Residual do Agregado Miúdo

No que tange o traço do concreto, os dados obtidos através do método de dosagem ABCP, considerando o peso seco e úmido dos materiais componentes da mistura, se iniciam pela determinação da umidade presente no agregado miúdo, através do método do fogareiro trabalhando com uma amostra de 1 kg pode-se conhecer o teor de umidade residual existente na amostra com finalidade de corrigir a proporção de adição de água à confecção do concreto, o qual foi equivalente a 6,38% em relação a massa total.

6.2 Determinação do Traço

Paralelo a metodologia de dosagem da ABCP para um concreto de 30 MPa, foi considerado o traço desenvolvido para amostras úmidas, o qual apresentou a seguinte proporção:

- Traço para amostras úmidas: 1: 1,58: 2,59: 0,44 em massa;

Este traço é obtido pelo método ABCP (1998) relacionando o tipo de cimento empregado com a resistência a compressão axial desejada. Sendo assim, nós temos que para cada uma unidade de cimento será necessário 1,58 unidades de areia, 2,59 unidades de brita e 0,44 unidades de água.

Considerando a composição desenvolvida com 6 Kg de cimento obteve-se as seguintes proporções:

- 9,48 Kg de areia;
- 15,54 Kg de brita;
- 2,64 L de Água.

6.3 Abatimento do Tronco de Cone e Confecção dos Corpos de Prova

Para cada uma das Amostras propostas, sendo estas de concreto convencional, concreto com adição e concreto com substituição do cimento, foram desenvolvidos os concretos com dosagem obtida pelo método e em seguida avaliados os abatimentos para cada Amostra.

Para a Amostra 1 composta pelo concreto convencional pode-se observar um abatimento de 55mm no ensaio de tronco de cone, apresentando uma boa trabalhabilidade.

A Amostra 2 composta pelo traço encontrado através da metodologia ABCP de dosagem acrescido de 300g ou 5% de cinza do cavaco do eucalipto, apresentou no ensaio de abatimento de tronco de cone um abatimento de 50mm.

Para a Amostra 3 composta pelo traço encontrado através da metodologia ABCP de dosagem com substituição de 300g ou 5% do cimento pela cinza do cavaco do eucalipto, obteve-se no ensaio de abatimento de tronco de cone um abatimento de 45mm.

Através da Figura 4 a seguir exemplifica-se o procedimento realizado no ensaio de abatimento de tronco de cone.

Figura 4 - Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone



(a) Confeção do concreto; (b) Adensamento;



(c) Remoção do cone;

(d) Aferição do abatimento.

Fonte: Própria do autor

Após a consolidação do ensaio de abatimento de tronco de cone, para cada amostra proposta foram moldados 21 corpos-de-prova com fito de desenvolver respectiva avaliação da resistência do concreto pertinente a 7, 14 e 28 dias de cura. Mais especificamente foram desenvolvidos 2 corpos-de-prova para cada idade avaliada, relativo as 3 Amostras inicialmente propostas e ainda um corpo-de-prova reserva para cada Amostra. Através da Figura 5 a seguir observa-se os corpos-de-prova separados para o processo de cura.

Figura 5 - Corpos-de-prova Confeccionados



Fonte: Própria do autor

6.4 Ensaio de Avaliação da Resistência a Compressão Axial do Concreto

Os resultados obtidos através da avaliação de resistência a compressão axial do concreto foram sintetizados em forma de tabela e gráfico para melhor compreensão dos dados obtidos, nesta

etapa do trabalho observou-se relevante aproveitamento no que tange as resistências desenvolvidas tanto pelo concreto convencional quanto pelos modelos sugeridos com adição da cinza do cavaco do eucalipto e substituição do cimento pela mesma cinza apresentaram bom comportamento. A resistência desenvolvida pela Amostra 2 apresentou aprazia com o esperado em termos de resistências aos 28 dias de idade, apresentou resistência de 32,39 MPa. Amostra 3 também apresentou aprazia com as expectativas no que tange a resistência, desenvolvendo capacidade de 29,93 MPa o que é completamente considerável ainda que houvesse preestabelecido margem de tolerância de 1 MPa a menos que os 30 MPa propostos inicialmente para delinear o estudo.

Através da Tabela 10 apresentada a seguir pode-se avaliar o comportamento em termos de resistência relativo as amostras submetidas ao ensaio de compressão axial.

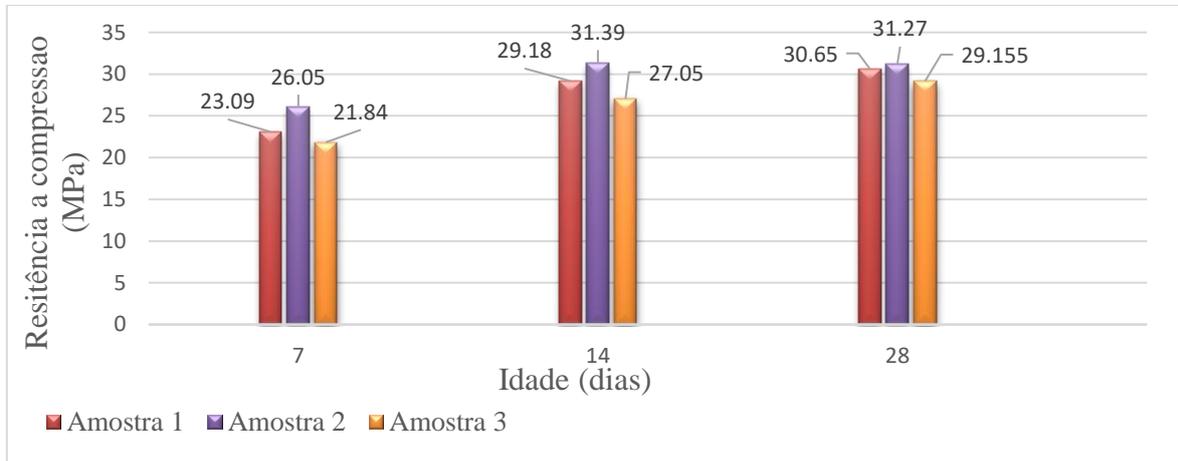
Tabela 10 - Resultados dos Ensaios de Compressão Axial Referentes as Amostras 1, 2 e 3.

Amostra	Idade (dias)	Corpo-de-prova	Resistência (MPa)	Média da resistência (MPa)	Percentual em relação à 30 MPa (%)
1	7	1	21,76	23,09	76,97
		2	24,42		
	14	1	30,57	29,18	97,27
		2	27,79		
	28	1	29,33	30,68	102,28
		2	32,04		
2	7	1	26,49	26,00	86,68
		2	25,52		
	14	1	28,35	31,39	104,63
		2	34,43		
	28	1	32,39	31,27	104,25
		2	30,16		
3	7	1	22,59	21,84	72,80
		2	21,09		
	14	1	27,82	27,05	90,17
		2	26,28		
	28	1	29,93	29,15	97,18
		2	28,38		

Fonte: Própria do Autor.

Através da síntese da média de resistência obtida entre os corpos-de-prova ensaiados pode-se condensar o Gráfico 2 a seguir para facilitar o entendimento da relação produzida entre as Amostras aos 28 dias de idade.

Gráfico 2 - Relação de Resistencia Produzida Pelas Amostras 1, 2 e 3 aos 28 dias



Fonte: Própria do autor

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo explorou fundamentalmente analisar a utilização da cinza do cavaco do eucalipto na dosagem do concreto, apresentando êxito no tange a totalidade dos objetivos inicialmente propostos, o que sistematicamente sugere a viabilidade de utilização da cinza do cavaco do eucalipto na construção civil ou pavimentação, como adição ou substituição parcial do cimento.

O desenvolvimento de materiais reciclados na construção civil está sendo inserida com o intuito de favorecer economicamente e ambientalmente a sociedade, visto que o cimento Portland que é um material caro e que em sua produção atinge diretamente o meio ambiente poderá ser substituído pelo cavaco de eucalipto, este que não teria mais utilização após sua queima. Logo é relevante discorrer que a aplicação da cinza do cavaco do eucalipto traz resultados técnicos positivos na vertente sustentável, que é um dos pontos mais discutidos atualmente, visto que a reutilização dos resíduos proporcionam benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

O subsidio técnico guarnecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e a Associação Brasileira de Cimento Portland contribuiu categoricamente para êxito das propostas sugeridas, uma vez que os resultados finais de resistência a compressão axial do concreto apresentaram valores aprazíveis para um predeterminado F_{ck} de 30 MPa, ressaltando a importância da dosagem do concreto tanto em seu viés prático como teórico são expressivos no que compete a obtenção de um comportamento mecânico satisfatório.

8 TRABALHOS FUTUROS

A incorporação da cinza do cavaco do eucalipto como adição ou substituição ao concreto se manifestou como uma viável possibilidade, contudo o trabalho deixa a sugestão da realização de algumas análises mais aprofundadas como a influência da cinza do cavaco de eucalipto no que diz respeito a corrosão de armaduras no concreto armado, outro aspecto interessante é a análise de concretos compostos com teores superiores a 5% tanto em forma de adição como substituição com fito de desenvolver um refinamento da aplicação da cinza, seja para fins de resistência mecânica, durabilidade ou aspectos econômicos.

9 REFERÊNCIAS

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem de concreto**. ET-67. 3ed. São Paulo: IBRACON– Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em: 21 julho 2018.

PEDROSO, F. L. Concreto: **Material construtivo mais consumido no mundo**: Revista Ibracon, São Paulo, n. 53, jan./fev./mar. 2009.

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**: PEF 5707: Concepção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos. São Paulo, 1998.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, Tradução Salvador Eugênio Giammusso, 1997.

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1987. v. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002.

SOUZA, A. M. N. **Estudo da Influência da Relação Água/Aglomerante nas Propriedades Mecânicas e Elétricas do Concreto de Alta Resistência**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

PEDROSO, F. L. Concreto: **Material construtivo mais consumido no mundo**: Revista Ibracon, São Paulo, n. 53, jan./fev./mar. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto: Especificação. Rio de janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**: Cimento Portland comum: Especificação. Rio de janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland de Alta resistência: Especificação. Rio de janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735**: Cimento Portland Alto-forno: Especificação. Rio de janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Cimento Portland Pozolânico: Especificação. Rio de janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Cimento Portland composto: Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12989**: Cimento Portland branco: Especificação. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13116**: Cimento Portland de baixo calor de hidratação: Especificação. Rio de Janeiro, 1994.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. Tradução de Paulo Helene R. L. (coord.). São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P.K., AÏTCIN, P.C. Principles underlying production of High-Performance Concrete. Cement, Concrete e Aggregates, Philadelphia: ASTM. v. 12, n. 2, p.70-78, 1990.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. Tradução de Paulo Helene R. L. (coord.). São Paulo: Pini, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, M. R. **Materiais de construção**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1991. METHA, P. K.

FREITAS, E. S. Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de Campos dos Goytacazes para uso na construção civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. 2013.

ALVES NETO, J. M. **Desenvolvimento e análise de grautes minerais utilizados em reparos de estrutura de concreto**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.T.L.; BARROS, M.T.L.; VERAS Jr., M. S.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

MALHOTRA, V. M. & MEHTA, P. K. Pozolanic and Cementitious Materials – Advanced in Concrete Technology. V1, Amsterdam. 1996.

YIN, Robert K. Estudo de caso – **planejamento e métodos**. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem de concreto**. ET-67. 3ed. São Paulo: IBRACON– Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM-67**: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM-67. Rio de Janeiro, 1998.

GIL, Antônio Carlos; Como Elaborar Projeto de pesquisa. Atlas, São Paulo: 2002.