UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Engenharia Civil

Ayandra Figueiredo

Leticia Alves Costa

VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO TRAÇO DE CONCRETO QUANTO A ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA MOÍDA

Teófilo Otoni

2018

Ayandra Figueiredo

Leticia Alves Costa

VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO TRAÇO DE CONCRETO QUANTO A ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA MOÍDA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Stenio Cavalier Cabral.

Teófilo Otoni

2018

Ayandra Figueiredo

Leticia Alves Costa

VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO TRAÇO DE CONCRETO QUANTO A ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA MOÍDA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Stenio Cavalier Cabral.

Data de aprovação: _____/_____/_____

_____

Prof. Ms. Eduardo Lourenço Pinto
Instituto Ciência e Tecnologia - UFVJM

_____

Prof. Ms. Flávio Alchaar Barbosa
Instituto Ciência e Tecnologia - UFVJM

_____

Prof. Dr. Stenio Cavalier Cabral
Instituto Ciência e Tecnologia – UFVJM

Teófilo Otoni

2018

Dedicamos este trabalho a todos que

contribuíram direta ou indiretamente

em nossa formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que contribuíram no decorrer desta jornada, em especial:
A Deus por abençoar nosso caminho, a quem devemos a vida.

As nossas famílias que sempre nos apoiaram nos estudos e nas escolhas tomadas.

Ao orientador Prof. Dr. Stenio Cavalier Cabral que teve papel fundamental na elaboração deste trabalho.

Aos nossos colegas pelo companheirismo e disponibilidade para auxiliar em vários momentos.

A empresa Mix Mattar por disponibilizar o espaço, os materiais e os equipamentos, e ao David por todo auxilio.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a verificação da resistência à compressão para concretos produzidos com a adição de resíduo de cerâmica vermelha moída. Concretos com diferentes teores de adição de resíduo cerâmico foram fabricados, nas proporções de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% em relação ao peso do cimento, além do concreto convencional. Para determinar a resistência mecânica à compressão, ensaios de compressão axial dos corpos-de-prova foram realizados para cada porcentagem, nas idades de 7 e 28 dias de cura. Os concretos apresentaram redução da resistência para as duas idades analisadas, de acordo com o aumento do teor de adição do resíduo, quando comparada ao concreto de cimento Portland sem adição. A partir da análise granulométrica do material utilizado para a incorporação constatou-se que este apresenta caracterização compatível com agregado miúdo, interferindo nos resultados esperados. Pode-se concluir que a adição de cerâmica vermelha moída no concreto, nos teores estudados, causou redução da resistência mecânica, requerendo assim estudos para consolidar a utilização desse material nos diversos tipos de construção.

Palavras chave: Adição. Concreto. Resíduo cerâmico. Resistência à compressão.

ABSTRACT

This work was aimed the verification of the compressive strength for concretes produced with the addition of residue of ground red ceramic. Concretes with different levels of addition to ceramic residue were manufactured in the proportions of 2.5%, 5%, 7.5% and 10% according to the weight of the cement, besides to conventional concrete. To determine the mechanical strength to compression, axial compression tests of the specimens were realized for each percentage, at the ages of 7 and 28 days of cure. The concrete presented a reduction of the resistance for the two ages analyzed, according to the increase of the level of the residue, when compared to the concrete of Portland cement without addition. From the granulometric analysis of the material used for the incorporation, it was found that this one presents compatible characterization with small aggregate, interfering in the expected results. It can be concluded that the addition of ground red ceramics in the concrete, in the studied levels, caused reduction of the mechanical resistance, therefore requiring studies to consolidate the use of this material in the different types of construction.

Keywords: Addition. Concrete. Ceramic residue. Compressive strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - BRITADOR DE MANDÍBULA. 21
FIGURA 2 - ASPECTOS DOS RESÍDUOS BRITADOS. 21
FIGURA 3 - ASPECTOS DO RESÍDUO PENEIRADO. 22
FIGURA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE BRITAGEM E PENEIRAMENTO. 22
FIGURA 5 - JOGO DE PENEIRAS PARA ENSAIO DE GRANULOMETRIA. 24
FIGURA 6 - BETONEIRA. 26
FIGURA 7 - ENSAIO DE ABATIMENTO. 26
FIGURA 8 - CORPOS DE PROVA NO PROCESSO DE MOLDAGEM. 28
FIGURA 9 – RETIFICADORA DA STUHLERT. 29
FIGURA 10 - CP'S APÓS A RETIFICAÇÃO. 29
FIGURA 11 - ROMPIMENTO DE UM DOS CORPOS DE PROVA. 30
FIGURA 12 - CURVA GRANULOMÉTRICA. 33
FIGURA 13 - GRÁFICO DA RESISTÊNCIA POR IDADE DO CONCRETO E TEOR DE ADIÇÃO..... 35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MATERIAIS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DOS CONCRETOS. 23
TABELA 2 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA MOÍDA. 24
TABELA 3 - TRAÇO DE CONCRETO UTILIZADO. 25
TABELA 4 - QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA PARA CADA TRAÇO E IDADE DE RUPTURA. 28
TABELA 5 – RESULTADOS..... 31
TABELA 6 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA UTILIZADO. 32
TABELA 7 - RESULTADOS FINAIS. 34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica;
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ASTM	American Society for Testing and Materials;
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto;
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora;
CP’s	Corpos de prova;
CPI	Cimento Portland Comum;
CPII	Cimento Portland Composto;
CPIII	Cimento Portland de Alto-Forno;
CPIV	Cimento Portland Pozolânico;
RS	Cimento Portland Resistente a Sulfatos;
BC	Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação;
CPB	Cimento Portland Branco;
CO_2	Dióxido de Carbono;
CSH	Silicato de cálcio hidratado;
RC	Resíduo de Cerâmica;
f_{ck}	Resistência característica do concreto;
A	Área;

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

°C	Graus Celsius;
%	Porcentagem;
MPa	Mega Pascal;
Kg/m^3	Quilograma por metro cúbico;
Kg	Quilograma;
g/cm^3	Grama por centímetro cúbico;
mm	Milímetro;
cm	Centímetro;
µm	Micrômetro;
KN	QuiloNewton;
cm^2	Centímetro quadrado;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10
2. OBJETIVOS 11
2.1 Objetivo Geral 11
2.2 Objetivos Específicos 11
3. JUSTIFICATIVA 11
4. REFERENCIAL TEÓRICO 12
4.1 Breve Histórico 12
4.2 Concreto 13
4.2.1 Composição 13
4.2.2 Propriedades 14
4.2.3 Dosagem 16
4.3 Produção de Concreto com Adição de Resíduos de Cerâmica Vermelha 17
4.4 Composição do Resíduo de Cerâmica Vermelha 19
5. METODOLOGIA 20
5.1 Definição e Coleta dos Resíduos de Cerâmica 20
5.2 Britagem e Peneiramento dos Resíduos de Cerâmica 20
5.3 Materiais 23
5.4 Produção dos Concretos 25
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS 32
6.1 Caracterização do Aditivo 32
6.1.1 Composição Granulométrica 32
6.2 Determinação da Resistência à Compressão dos Concretos 33
6.3 Avaliação do Efeito da Adição do Resíduo de Cerâmica Vermelha aos Concretos 34
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 36
8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 37
REFERÊNCIAS 38

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Helene e Tibério (2010), o cimento Portland é o principal material para obtenção do concreto que pode ser definido como “pedra”, devido ao seu estado de resistência após o processo de endurecimento. O concreto é basicamente composto por uma mistura de materiais cimentícios, água e agregados, mas também pode-se utilizar aditivos que melhorarão propriedades desse composto.

O traço de concreto deve ser executado de forma que tenha um controle adequado das quantidades de cada componente, pois a escolha e a utilização inadequada de materiais, erro de dosagem, são algumas causas que dão início as patologias na estrutura, ou seja, estes fatores devem ser observados antes da execução das estruturas, com o objetivo de manter as condições mínimas de produção destes elementos fabricados. (FORTES, 2004).

O uso do resíduo de cerâmica vermelha proveniente da quebra dos blocos cerâmicos na fábrica, como aditivo na confecção do concreto, propicia um benefício ao meio ambiente pela imobilização deste rejeito, agregando–lhe valor. (NASCIMENTO JUNIOR, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), a produção anual de cerâmica vermelha no Brasil é de aproximadamente 70 milhões de toneladas e a perda desse material varia de 5 a 30%, dependendo de fatores como a região e o nível tecnológico da indústria, o que nos leva a propor a sua utilização como material pozolânico.

A incorporação de adições minerais na produção de concretos com o objetivo de melhorar o desempenho e a durabilidade desses materiais tem aumentado significativamente nos últimos anos, sendo que fatores econômicos e ambientais exercem um papel importante nesse crescimento (GARCIA, 2014).

Segundo o mesmo autor, além de vantagens com a diminuição de custos, as adições minerais contribuem para a sustentabilidade na cadeia produtiva do cimento, possibilitando a reciclagem de subprodutos ou resíduos industriais, assim como a redução do gasto de energia e, por vezes, o consumo de recursos naturais não renováveis.

O trabalho baseia-se na verificação de traços de concreto que tenham a adição de diferentes porcentagens de resíduos de cerâmica vermelha para análise quanto a resistência à compressão. O interesse por materiais alternativos, sejam eles novos ou melhorados, têm mostrado constante evolução e perspectivas de grandes avanços no

futuro da construção civil. No contexto da utilização desses materiais, deve-se analisar a viabilidade técnica e econômica de forma a alcançar o comportamento satisfatório dentro das especificações técnicas segundo a NBR 12655:2015 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Reunir informações, analisar viabilidade e utilização do concreto que tenha diferentes porcentagens de resíduos de cerâmica vermelha como aditivo, baseado na resistência à compressão.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir e coletar os resíduos de cerâmica vermelha;
- Através da britagem e peneiramento adquirir uma granulometria de interesse;
- Definir os materiais a serem utilizados para produção dos concretos;
- Realizar ensaios de granulometria e teor de umidade do aditivo, além do teor de umidade do agregado miúdo;
- Produzir os concretos e analisar a trabalhabilidade do concreto de referência através do ensaio de abatimento;
- Verificar a resistência à compressão do traço de concreto após a adição de teores de resíduos de cerâmica vermelha moída, 0%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10%.

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se a colaborar com a preservação dos recursos naturais e amenizar os impactos ambientais através da reutilização de resíduos de materiais cerâmicos, com a finalidade de um produto que apresente propriedades mecânicas satisfatórias.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Breve Histórico

O concreto mais antigo encontrado, foi desenvolvido através da calcinação de pedras calcárias misturadas com pedras e areia por volta de 7.000 a. C. Em 5.600 a. C. utilizaram de uma mistura de cal, argila e agregados empregados em um piso. Datado de 4.000 a.C. fora descoberta uma construção feita parcialmente por concreto (KAEFER, 1998). Os egípcios foram os primeiros a utilizar do cimento tipo não-hidráulico (cal e gipsita) na construção das pirâmides de Gizé. Por volta de 500 a. C. foi construído um reservatório de água utilizando pedras e o concreto para impermeabilizá-lo.

Segundo Kaefer (2006), o concreto Romano datado de 100 a. C. a 400 d. C. era a mistura de cinza vulcânica (pozolana) com a cal hidratada que permitiu a construção da Via Ápia, dos banhos romanos, do Coliseu, do Panteão e dos aquedutos. Aos romanos atribui a primeira utilização de aditivos para incorporação de ar à mistura, utilizaram leite, sangue e gordura animal.

O cimento natural foi então descoberto por John Smeaton em 1755, mas sua patente foi somente obtida por James Parker em 1796, na Inglaterra. O construtor francês Louis Vicat foi quem explicou o comportamento e as propriedades físicas do cimento. Então o cimento Portland surgiu através da queima de calcário e argila, moídos e misturados sob altas temperaturas, descoberto por Joseph Aspdin em 1824. (NEVILLE E BROOKS, 2013).

Na primeira metade do século 17, os fornos eram precários o que retardou o avanço do concreto, então somente a partir da segunda metade do século que houve um melhoramento na qualidade do cimento decorrente dos avanços dos fornos e melhores proporções de calcário. (KAEFER,1998).

Segundo Levy (1997), autores alemães alegam que a reciclagem de materiais na construção civil tem registros desde a antiguidade, na Alemanha, por exemplo, foi utilizado de sobras de blocos de concreto de cimento Portland na produção de artefatos de concreto. Mas, de acordo com Wedler e Hummel (1946), segundo Levy (1997), as pesquisas sobre quantidade de material e granulometria adequada surgiram a partir de 1928.

Os registros efetivos da primeira aplicação de resíduos na construção civil foram no final da Segunda Guerra Mundial. Com o fim da guerra a quantidade de entulho

era de aproximadamente 400 a 600 milhões de metros cúbicos nas cidades alemãs. As estações de reciclagem produziram cerca de 11,5 milhões de metros cúbicos de agregado reciclado de alvenaria e 175000 unidades foram construídas. (LEITE, 2001). Desde então, os estudos e a utilização de reciclados vêm ganhando importância significativa.

4.2 Concreto

4.2.1 Composição

Segundo a NBR 12655:2015, o concreto de cimento Portland é a mistura homogênea de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, podendo ter ou não a incorporação de aditivos químicos, sílica ativa, pigmentos, metacaulim e materiais pozolânicos.

O concreto é um dos materiais de maior utilidade no mundo e seus componentes são basicamente: aglomerantes, agregados graúdos e miúdos e água, sendo que outros materiais, como por exemplo, os aditivos, podem ser adicionados para acrescentar melhorias ou características diferentes (SILVA *et al*., 2011).

O concreto apresenta variações quanto a massa especifica: concreto de densidade normal (compreendida entre 2000 kg/m³ e 2800 kg/m³), concreto leve (< 2000 kg/m³) e concreto pesado (≥ 2800 kg/m³). Quanto a sua resistência à compressão aos 28 dias: concreto de baixa resistência (menor que 20 MPa), concreto de resistência normal (de 20 a 50 MPa) e concreto de alta resistência (maior que 50 MPa). (NBR 12655:2015).

O cimento Portland é um aglomerante obtido pela moagem do clínquer (mistura definida de rocha calcaria e argila, finamente moídas até sua fusão incipiente). Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) são oito tipos de cimento Portland, onde cada tipo é regido por uma norma: Cimento Portland Comum (CPI), Cimento Portland Composto (CPII), Cimento Portland de Alto-Forno (CPIII), Cimento Portland Pozolânico (CP IV), Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS), Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC), Cimento Portland Branco (CPB).

Os agregados são materiais extremamente importantes para o concreto, pois além de influenciar em fatores como retração e resistência, suas características como tamanho, forma dos grãos e a densidade podem interferir de maneira efetiva, conferindo diversas características desejadas no concreto (SCOBAR, 2016).

De acordo com Bauer (2001), o agregado é constituído por partículas, de tamanhos variados, sem atividade química significativa e que não admite a coesão entre suas partículas. São utilizados com a finalidade de melhorar as características do concreto, como a resistência à abrasão e a retração.

Os agregados são materiais granulares que apresentam dimensões e propriedades especificas, geralmente inertes que são classificados como: agregado leve (massa especifica ≤ 2000 kg/m³) e agregado denso (massa especifica ≥ 3000 kg/m³). (NBR 12655:2015).

Os agregados miúdos são aqueles que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm. (NBR 7211:2005). Já os agregados graúdos são aqueles que passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. (NBR 7211:2005).

As adições funcionam como uma incorporação no concreto, constituem materiais que devem ser inseridos em dosagens adequadas para alteração da composição e resultados satisfatórios. Durante o processo de preparação, a quantidade deve ser menor ou igual a 5% da massa de cimento para que altere as propriedades do concreto. (NBR 11768:2011).

4.2.2 Propriedades

A trabalhabilidade é uma propriedade do concreto que sofre influência de outras propriedades, como: consistência, coesão e a exsudação. O concreto fresco apresenta a trabalhabilidade como principal propriedade. De acordo com Mehta e Monteiro (1994), a ASTM (American Society for testing and Materials) define a trabalhabilidade como o esforço exigido para manipulação do concreto quando no seu estado fresco sem que haja perda de homogeneidade.

Segundo Andriolo (1984), a trabalhabilidade está relacionada a facilidade de execução, ou seja, mistura, transporte, lançamento e adensamento, sem que ocorra perda de homogeneidade ou que seja a menor possível.

A consistência é a propriedade que representa o grau de umidade e que tem mais influência na trabalhabilidade, pois depende da quantidade de água no concreto. (GIAMMUSSO,1992).

Segundo a NBR 6118:2014 a consistência do concreto deve seguir as exigências e estar de acordo com as dimensões da peça que será concretada, assim como a distribuição das armaduras e com o processo de lançamento e adensamento.

A consistência pode ser medida por vários métodos, sendo o Slump Test (abatimento do tronco cone) o mais utilizado, este consiste em moldar um tronco de cone com concreto e ensaiar, seguindo da verificação do abatimento causado pelo peso próprio da mistura. (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

De acordo com Neville (1997), a coesão é a propriedade que mantém o concreto misturado sem que seus componentes separem, sendo importante para análise da segregação, ou seja, separação dos componentes que pode ser evitada com a escolha adequada da granulometria.

A exsudação está relacionada ao aparecimento de uma camada de água na superfície logo após a concretagem e adensamento, antes da pega. De acordo com Mehta e Monteiro (1994), a exsudação ocorre devido aos componentes não reterem toda a água da mistura, enquanto ocorre o assentamento dos componentes mais pesados.

O concreto endurecido é quando ocorre o final da pega e assim as propriedades citadas acima, relacionadas ao estado fresco não ocorrem mais neste estado endurecido. As propriedades relacionadas ao estado endurecido são: permeabilidade, retração, fluência, módulo de elasticidade, durabilidade, colmatação, carbonatação e resistência.

Segundo Andriolo (1984), a permeabilidade é a propriedade que permite a passagem de um fluido através dos poros e condutos capilares, pois o concreto em sua constituição é poroso.

A retração está relacionada a capacidade de redução das dimensões do concreto endurecido, pode ser de dois tipos: hidráulica e autógena. A retração hidráulica ocorre devido à perda de água capilar por secagem e a autógena devido à redução de volume dos produtos de hidratação. (GIAMMUSSO, 1992).

Mas para Andriolo (1984), a retração hidráulica ocorre principalmente devido a quantidade e a qualidade da pasta, dosagem e como a cura acontece.

A fluência é a deformação que ocorre lentamente quando o concreto é submetido a um carregamento permanente, ocorre na pasta e está relacionada com a idade do carregamento, perda de umidade e relação tensão/deformação. (ANDRIOLO, 1984). Segundo o mesmo autor, o módulo de elasticidade é a relação entre a tensão e a

deformação, logo refere-se a medida de deformabilidade do concreto, está relacionado com a rigidez do material.

A durabilidade é a capacidade de suportar a condições adversas, como intempéries ou atos de deterioração. Segundo Andriolo (1984), o concreto é durável quando passa por seus processos da forma correta, tenha projeto estrutural e de função corretos, utiliza-se materiais adequados e de boa qualidade, garanta a impermeabilidade, tenha baixa retração sem que ocorra trincas e fissuras e mão-de-obra qualificada.

A colmotação para Giammusso (1992), é um fenômeno de fechamento de aberturas ou microfissuras através da hidratação de partículas de cimento que ainda não estão completamente hidratadas. Essas aberturas podem ser causadas por um início de ruptura, retração ou alguma outra causa. Já a carbonatação, para o mesmo autor é o fenômeno de formação de carbonato de cálcio através do hidróxido de cálcio e o CO2 do ar fazendo com que o meio se torne menos alcalino deixando à armadura menos protegida.

Segundo Neville (1997), utilizando de fenolftoleína na superfície exposta, pode-se determinar a profundidade da carbonatação.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), a resistência é a propriedade que mede a tensão exigida para romper o material e os principais fatores que afetam são: tipo de material, idade, relação água/cimento, temperatura, granulometria dos agregados e relação agregado/cimento.

4.2.3 Dosagem

De acordo com Tutikian e Helene (2011), a dosagem é compreendida como o estudo dos procedimentos necessários para obter a melhor proporção dos materiais que constituem o concreto, também conhecido como traço.

O objetivo da dosagem do concreto é buscar a melhor composição dos seus materiais constituintes, de forma que, no estado fresco o concreto possua plasticidade suficiente, permitindo a adequada moldagem das peças e que, após o endurecimento, as mesmas tenham qualidade assegurada, atendendo as especificações pré-estabelecidas para a utilização desejada. (ABREU, 2003).

São necessários alguns cuidados na produção do traço de concreto e de acordo com Helene e Tutikian (2011), no Brasil ainda não há um consenso estipulado em norma brasileira que especifica os procedimentos e parâmetros de dosagem, o que tem levado diversos pesquisadores a proporem seus próprios métodos. Segundo os mesmos autores,

apesar de haver algumas diferenças nos métodos de dosagem, existem processos que são comuns a todos, por exemplo, o cálculo da resistência média de dosagem e a correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento. Entretanto, o objetivo principal para qualquer dosagem é a obtenção de uma resistência especificada em projeto, em conjunto com os requisitos econômicos e sustentáveis.

A necessidade de uma dosagem bem desenvolvida vem da preocupação em obter uma mistura ideal, atendendo algumas condições, e que seja vantajosa economicamente. Assim as condições e características dos materiais que compõe o concreto dependem da região de onde os mesmos são provenientes, o que eleva a preocupação do setor com a qualidade das matérias-primas utilizadas, para que se possam atender os requisitos técnicos de qualidade. Dentre os requisitos que necessitam ser analisados e avaliados para a elaboração de um traço de concreto, têm-se: resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade, deformabilidade e sustentabilidade. (HELENE & TUTIKIAN, 2011).

Todos os estudos de dosagem de concretos são fortemente fundamentados pela ciência e pela tecnologia, porém, sempre há necessidade de realizações experimentais em laboratórios e/ou campo, levando alguns pesquisadores a considerar a dosagem de concreto mais uma arte do que uma ciência. (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Segundo Aitcin (1998), o método de dosagem tem por objetivo determinar uma combinação de materiais adequada tanto técnica como econômica, chegando o mais próximo possível de alcançar as propriedades desejadas. A dificuldade em desenvolver um método de dosagem teórico, que possa ser usado universalmente com várias combinações de cimento Portland, quaisquer agregados e adições acontece devido aos elementos constituintes precisarem atender a alguns critérios normalizados e o produto resultante obedecer a critérios de resistência e trabalhabilidade.

4.3 Produção de Concreto com Adição de Resíduos de Cerâmica Vermelha

A indústria cerâmica gera uma grande quantidade de resíduos em virtude do seu significativo volume de investimento e produção em seus vários segmentos, disponibilizando anualmente cerca de 6 milhões de toneladas de resíduos provenientes da sua produção industrial. (ANFACER, 2011).

A indústria cerâmica é destaque na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, devido ao elevado volume de produção que propicia o consumo de grandes quantidades de rejeitos e que, aliado às características físico-químicas das matérias-primas cerâmicas e às particularidades do processamento, faz deste ramo industrial uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos. (MENEZES *et al*., 2002).

De acordo com Pinto (1999), no Brasil eram gerados anualmente cerca de 90 kg de resíduo cerâmico por habitante e a grande parte deste material lançada no meio ambiente, sem qualquer tipo de tratamento. A maioria das argilas utilizadas na fabricação de blocos cerâmicos em estado natural possui pequena atividade pozolânica, porém, torna-se reativa quando calcinada em temperaturas da ordem de 700 a 900 ºC. Quando moído, o material apresenta composição físico-química dentro das especificadas pela ASTM 618 (American Society for Testing and Materials - ASTM, 1992) para uso como adição mineral em misturas com cimento Portland.

A utilização de materiais adicionais para a produção de materiais cimentíceos é capaz de diminuir a emissão de CO_2 (dióxido de carbono), o consumo de energia, minimizando o impacto ambiental relacionado com a sua destinação e também pode proporcionar ganhos nas propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos. (GONÇALVES, 2007).

Os resíduos da indústria cerâmica são uma alternativa para serem utilizados como substitutos parciais do cimento Portland na produção de argamassas e concretos, em virtude da grande disponibilidade deste material no Brasil e dos benefícios técnicos e ambientais da sua utilização. O uso de resíduos de tijolos cerâmicos como substituto parcial do cimento em argamassas e concretos tem sido objeto de recentes pesquisas. (GONÇALVES, 2007)

De acordo com Leite (2001), o material cerâmico, quando moído finamente, contribui com a atividade pozolânica, provocando uma melhoria no desempenho mecânico dos concretos em idades mais avançadas.

O resíduo de cerâmica vermelha, pode apresentar características pozolânicas, sob certas condições. As pozolanas exercem um importante papel quando empregadas em substituição ao cimento Portland, transformando o hidróxido de cálcio em CSH e, por conseguinte, trazendo benefícios como a redução e refinamento da porosidade do material e aumento da sua resistência mecânica (MORAES *et al*., 2000; SABIR *et al*., 2001).

4.4 Composição do Resíduo de Cerâmica Vermelha

De acordo com Verçoza (1987) a cerâmica vermelha é caracterizada por produtos provenientes da argila ou de misturas contendo argila, através de moldagem, secagem e queima da mesma, resultando a cor avermelhada que dá o seu nome.

As cerâmicas tradicionais são compostas por materiais argilosos formados basicamente por três minerais: argila, sílica e feldspato. A composição química é por silicatos hidratados de alumínio (Al_2O_3-SiO_2-H_2O) e adições menores de vários óxidos. (SMITH, 2012).

A sílica é o componente que confere dureza e resistência à cerâmica, 37 inclusive à altas temperaturas. Já o feldspato funciona como ligante entre as partículas, por vezes provocando a vitrificação durante o cozimento do material nos fornos. (SMITH, 2012).

As cerâmicas são materiais inorgânicos, formados pela união química entre metais e não-metais, com combinações simples ou complexas, e apresentam elevada dureza e resistência à compressão em altas temperaturas, são pouco dúcteis, podendo fragmentar se submetidas a impacto ou a esforços de torção ou flexão. Possuem baixa resistência à tração, porém, são bons isolantes elétricos e térmicos, com boa resistência à temperatura, ao atrito e à corrosão, além de uma significativa resistência à compressão. (SMITH, 2012).

Os materiais cerâmicos têm seu nome derivado da palavra grega “keramus”, que significa barro queimado e estes são conhecidos desde os tempos mais remotos. Os utensílios fabricados desse material, como panelas e vasilhames de água, eram obtidos a partir da argila moldada e submetida à queima. Atualmente, este termo se refere também a todo material inorgânico não metálico obtido após tratamento térmico a altas temperaturas, por exemplo: pisos, louças para banheiro, vidros, fibras óticas, utensílios culinários, combustível nuclear, implantes ósseos e dentários, entre outros. Os materiais cerâmicos possuem propriedades específicas como alta estabilidade química, resistência à corrosão e ao calor, entre outras. (PEREIRA, 2006).

Segundo Vieira (2005), os resíduos cerâmicos, podem ter significativa variabilidade em relação a sua composição e atividade pozolânica de acordo com a temperatura da queima, composição da matéria-prima e finura dos seus grãos, que podem interferir na capacidade destes resíduos em afetarem determinadas características do concreto.

5. METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos propostos no item 2 deste trabalho, a priori foram adotadas literaturas e posteriormente desenvolvida uma pesquisa experimental que contempla definição e coleta de materiais, britagem, definição do traço e produção do concreto, realização de ensaios de laboratório e análise dos resultados.

5.1 Definição e Coleta dos Resíduos de Cerâmica

Optou-se pela utilização, neste estudo, de resíduos de cerâmica vermelha que pudessem representar parte dos resíduos disponíveis na região do Vale do Mucuri. Estes são provenientes de uma cerâmica localizada em Teófilo Otoni/MG que possui boa representatividade de produção e forte atuação no mercado da região.

Quanto ao perfil dos resíduos, existe uma grande dificuldade em definir, pois a matéria-prima origina-se de regiões diferentes o que pode acarretar significativa variabilidade em relação a sua composição e atividade pozolânica, assim como a temperatura em que ocorre a queima e a finura dos seus grãos.

5.2 Britagem e Peneiramento dos Resíduos de Cerâmica

O processo de britagem foi realizado através do britador de mandíbula que funciona sob o princípio de compressão, a moagem acontece numa câmara larga na parte superior e estreita na parte baixa, está câmara tem forma de V propiciando que o material seja comprimido entre uma superfície fixa e outra móvel. Na Figura 1 a seguir, são mostrados detalhes do equipamento e na Figura 2 os aspectos dos resíduos de cerâmica vermelha britada.

Figura 1 - Britador de mandíbula.

Fonte: Própria do autor.

Figura 2 - Aspectos dos resíduos britados.

Fonte: Própria do autor.

Os resíduos cerâmicos foram submetidos à britagens sucessivas vezes até que a mudança do aspecto do material fosse imperceptível. Após a britagem foi efetuado o peneiramento do material obtido com a finalidade de atingir frações granulométricas de interesse para a preparação do concreto. Na Figura 3 a seguir, é apresentado o material após o peneiramento.

Figura 3 - Aspectos do resíduo peneirado.

Fonte: Própria do autor.

A Figura 4 a seguir, é apresentada como forma de comparação entre os processos de britagem e peneiramento.

Figura 4 - Comparação entre os processos de britagem e peneiramento.

Fonte: Própria do autor.

A britagem e o peneiramento foram executados na Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM – Campus Mucuri), em seguida o material selecionado foi devidamente embalado e transportado ao laboratório para produção do concreto.

5.3 Materiais

Os materiais definidos para a realização dos ensaios que subsidiaram esta pesquisa foram selecionados utilizando critérios práticos, como os que são facilmente encontrados no mercado para que o experimento se tornasse possível de ser executado.

Os materiais utilizados para a confecção do concreto, assim como o laboratório e equipamentos necessários foram todos cedidos pela empresa Mix Mattar, localizada na cidade de Teófilo Otoni/MG. Exceto os resíduos de cerâmica vermelha obtidos em uma cerâmica de notoriedade na cidade.

Na Tabela 1 a seguir, são listados os materiais utilizados para produção do concreto com adição de cerâmica vermelha.

Tabela 1 – Materiais utilizados para a produção dos concretos.

Cimento	Cimento Portland de Alto-Forno – CPIII (Liz, Classe 25)
Agregado Graúdo	Brita 1 (19 mm)
Agregado Miúdo	Areia média industrializada
Aditivo	Resíduo de Cerâmica Vermelha
Água	

Fonte: Próprio autor.

A areia artificial passou pelo processo de secagem para posterior análise do teor de umidade que foi medido em 2,78%, e a brita de granulometria 1 é de rocha gnaisse.

Os resíduos de cerâmica vermelha foram submetidos ao ensaio de granulometria através da mesa vibratória e jogo de peneiras conforme apresentado a seguir na Figura 5. A Tabela 2, apresenta o módulo de finura obtido a partir da porcentagem retida em cada peneira.

Figura 5 - Jogo de peneiras para ensaio de granulometria.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 - Composição granulométrica do resíduo de cerâmica vermelha moída.

Peneira (mm)	Massa (g)	Massa Retida (%)	% Retida Acumulada
	Amostra	Amostra	Amostra
4,75	0,01	0,72	0,72
2,36	0,19	19,55	20,27
1,18	0,17	17,90	38,17
600	0,22	23,05	61,21
300	0,15	14,92	76,13
150	0,10	10,29	86,42
Fundo	0,13	13,58	100,00
Total	0,84	Módulo de finura	2,83

Fonte: Próprio autor.

Por meio do ensaio de umidade desenvolvido pelo método fogareiro, o teor de umidade residual do material cerâmico é equivalente a 2,88%.

5.4 Produção dos Concretos

Foram produzidos corpos de prova (CP's) de concreto com a adição de resíduos de cerâmica vermelha. O traço unitário para elaboração dos CP's foi conforme apresentado na Tabela 3, tendo como base para determinação o traço de 25 MPa.

Tabela 3 - Traço de concreto utilizado.

Traço			
Cimento	Areia	Brita	Água
1	1,98	3,23	0,61

Fonte: Próprio autor.

Após a seleção dos materiais a serem utilizados, estes foram devidamente pesados, utilizando uma balança apropriada para garantir a precisão das medidas. Já para a massa de resíduos de cerâmica vermelha moída as medidas ocorreram conforme as porcentagens estabelecidas baseadas na quantidade de cimento utilizada.

Iniciou-se a produção dos concretos definidos no projeto experimental com a moldagem dos CP's para a execução do ensaio.

Para a produção da mistura dos materiais, seguiu a ordem utilizada para concretos convencionais, agregado graúdo, água, cimento e agregado miúdo. Os concretos foram misturados em uma betoneira de volume igual a 150l como mostra a Figura 6, por um período de aproximadamente 3 minutos.

Figura 6 - Betoneira.

Fonte: Própria do autor.

Após a mistura, a trabalhabilidade do concreto de referência foi determinada através da medida do ensaio de abatimento (Slump Test) de acordo com a prescrição da NBR NM 67:1996, respectivamente como mostra a Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Ensaio de abatimento.

Fonte: Própria do autor.

O ensaio foi efetuado para que fosse possível controlar a produção dos concretos a serem desenvolvidos, pois devido à textura e forma do aditivo serem muito parecidas a do cimento, decidiu que não haveria necessidade de fazer o Slump Test para todos os traços com porcentagens de aditivos. Contudo, encontrou-se um abatimento de 13 cm.

Dessa forma, após realização do Slump Test, prosseguiu com a produção dos concretos com teores crescentes de resíduos de cerâmica vermelha seguindo as proporções especificadas: 2,5%, 5%, 7,5% e 10%.

Os resíduos de cerâmica vermelha foram adicionados somente no final, para que houvesse um retardamento do contato com a água e assim diminuir a absorção, evitando que parte da água necessária ao amassamento fosse absorvida pela cerâmica moída.

A moldagem e a cura dos CP’s seguiram a NBR 5738:2015. Dessa forma, foram moldados 4 CP’s cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura para cada porcentagem sendo 2 CP’s para cada idade do concreto. A idade do concreto foi estabelecida como 7 e 28 dias visando avaliar o comportamento no início e na idade padrão que são os 28 dias. Porém, outra razão que conduziu a escolha das idades foi o tempo e espaço cedido pela empresa para execução dos ensaios.

A moldagem é realizada colocando o concreto na fôrma cilíndrica dividindo em duas camadas de forma que através do soquete são aplicados 12 golpes em cada camada visando seu adensamento e eliminar vazios. Através da Figura 8 a seguir, pode-se observar alguns CP’s no processo de moldagem.

Figura 8 - Corpos de prova no processo de moldagem.

Fonte: Próprio autor.

Nas primeiras 24 horas a cura foi feita ao ar livre e após dois dias foram desmoldados, devidamente identificados e levados ao tipo de cura por imersão em uma solução de água e cal até a idade de serem ensaiados. A Tabela 4 apresenta a quantidade de CP's moldados para cada traço e idade de ruptura.

Tabela 4 - Quantidade de corpos de prova para cada traço e idade de ruptura.

Aditivos (%)	7 dias	28 dias
0	2	2
2,5	2	2
5	2	2
7,50	2	2
10	2	2
Total	10	10

Fonte: Próprio autor.

Após a cura são retirados da imersão e feita a regularização das faces com o auxílio de uma retificadora da Stuhlert, conforme apresentada a seguir, Figura 9 e Figura 10, respectivamente.

Figura 9 – Retificadora da Stuhlert.

Fonte: Própria do autor.

Figura 10 - CP's após a retificação.

Fonte: Própria do autor.

A ruptura dos CP’s foi feita aos 7 e 28 dias, através de uma prensa elétrica digital de teste de compressão como apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Rompimento de um dos corpos de prova.

Fonte: Próprio autor.

As resistências obtidas na prensa de compressão elétrica foram expressas em NK e convertidas para MPa conforme a Equação 1:

Equação 1 - Conversão da resistência em NK para MPa.

$$fck = \frac{fck}{9{,}81 \ \times A} \times 100$$

Onde:

A: Área do corpo de prova (A = 78,54 cm²).

f_{ck}: Resistência característica do concreto.

Dessa forma, adotando a metodologia da NBR 5739:2018, pôde determinar a carga máxima suportada de acordo com as idades de ruptura, como segue na Tabela 5, os resultados da média dos valores de resistência à compressão encontrados.

Tabela 5 – Resultados.

Porcentagem de adição	7 dias		28 dias	
	Resistência à compressão (KN)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à compressão (KN)	Resistência à compressão (MPa)
0%	112,34	14,58	182,43	23,7
2,5%	99,22	12,88	153,81	20
5%	78,05	10,13	117,39	15,2
7,5%	54,29	7,05	82,29	12,0
10%	29,51	3,83	63,54	9,3

Fonte: Próprio autor.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados e discutidos os resultados obtidos do concreto produzido com o resíduo de cerâmica vermelha moída a partir de porcentagens definidas.

6.1 Caracterização do Aditivo

6.1.1 Composição Granulométrica

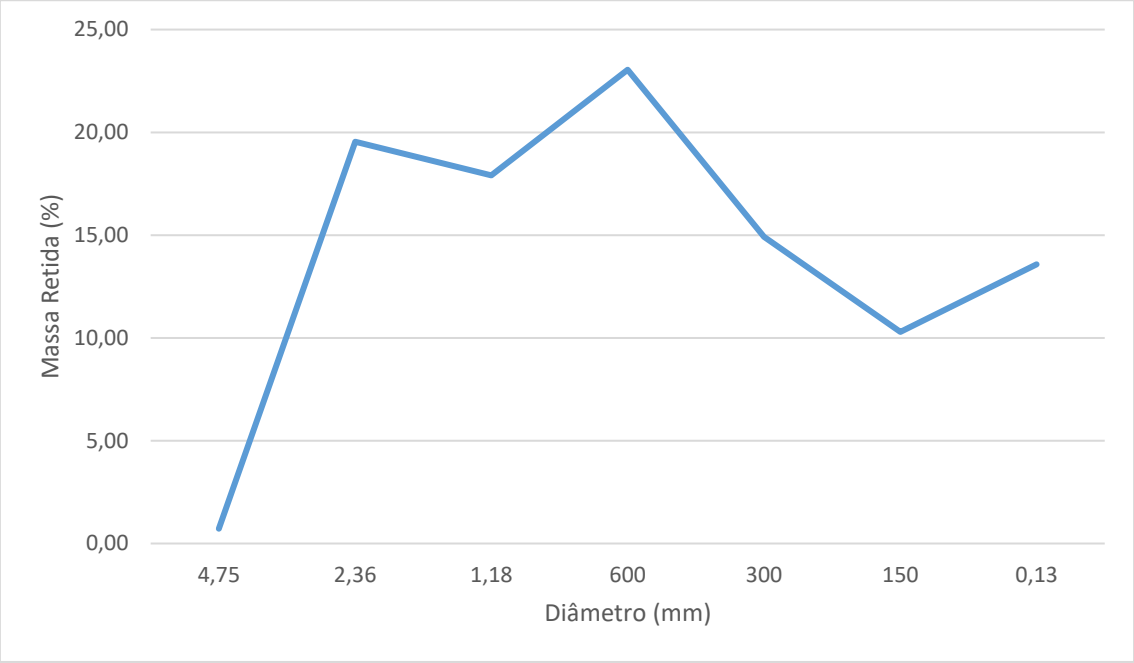
A Tabela 6 e a Figura 12, a seguir respectivamente, apresentam os valores da composição granulométrica do resíduo de cerâmica vermelha e o gráfico referente a curva granulométrica do material.

Tabela 6 - Composição granulométrica do resíduo de cerâmica vermelha utilizado.

Peneira (mm)	Massa (g)	Massa Retida (%)	% Retida Acumulada
	Amostra	Amostra	Amostra
4,75	0,01	0,72	0,72
2,36	0,19	19,55	20,27
1,18	0,17	17,90	38,17
600	0,22	23,05	61,21
300	0,15	14,92	76,13
150	0,10	10,29	86,42
Fundo	0,13	13,58	100,00
Total	0,84	Módulo de finura	2,83

Fonte: Próprio autor.

Figura 12 - Curva Granulométrica.



Fonte: Próprio autor.

Conforme a caracterização do aditivo, a amostra apresentou módulo de finura igual a 2,83. Assim, conclui-se que o material utilizado apresentou módulo de finura que conduz a caracterização de agregado miúdo devido encontrar-se no limite granulométrico da zona ótima que varia de 2,20 a 2,90. (ABNT NBR 7211:2005).

6.2 Determinação da Resistência à Compressão dos Concretos

Os ensaios de resistência à compressão foram analisados aos 7 e 28 dias para os diferentes teores de adição do resíduo de cerâmica vermelha moída. A Tabela 7 apresentada a seguir, traz os valores referentes à resistência a compressão obtidos pelos concretos produzidos e ensaiados.

Tabela 7 - Resultados finais.

Porcentagem de adição	7 dias	28 dias
	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)
0%	14,6	23,7
2,5%	12,9	20,0
5%	10,1	15,2
7,5%	7,0	12,0
10%	3,8	9,3

Fonte: Próprio autor.

6.3 Avaliação do Efeito da Adição do Resíduo de Cerâmica Vermelha aos Concretos

Os concretos com adição de resíduo proveniente da quebra de cerâmica vermelha apresentaram resistências à compressão inferiores às do concreto referencial.

Os valores de resistência à compressão foram alcançados com a ruptura dos corpos de prova dos concretos com e sem adição de resíduo cerâmico.

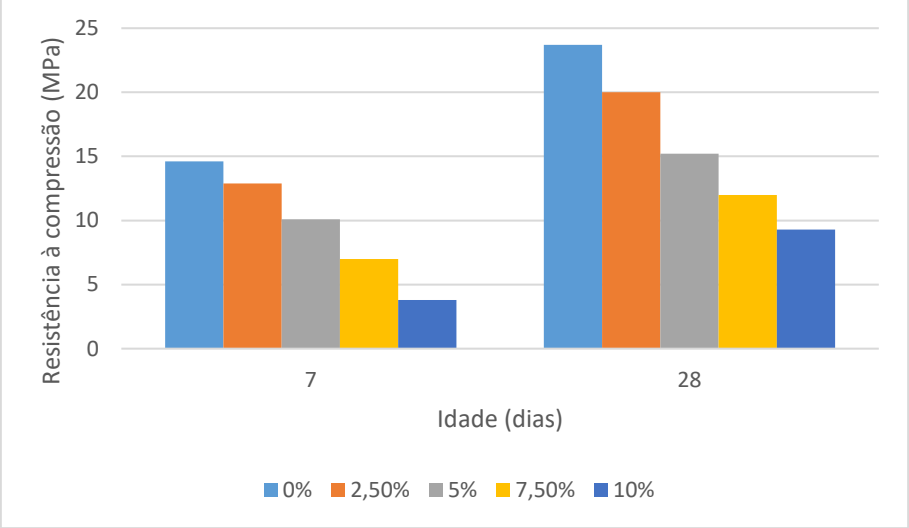
Os mesmos foram rompidos nas idades de 7 e 28 dias de cura e a partir da análise dos resultados, as maiores resistências observadas foram referentes ao menor teor de adição do resíduo cerâmico, verificando uma melhoria no desempenho mecânico dos concretos em idades mais avançadas, aos 28 dias.

Os valores obtidos para 28 dias de cura mostraram uma tendência linear da perda de resistência de acordo com o aumento do teor de adição do resíduo, sendo significativamente maior para todos os percentuais em relação ao concreto de 7 dias de cura. O resultado pode ser explicado pelo tempo da reação pozolânica ocorrer lentamente, permitindo o aumento da resistência apenas com idades maiores de cura.

De acordo com Zampierri (2005) o resíduo cerâmico demanda de certa quantidade de hidróxido de cálcio para atingir o máximo de resistência à compressão. Ao se utilizar uma quantidade menor ocorrerá uma deficiência dos resultados e quando se usa quantidade superior a esse valor, o excesso de pozolana agirá como inerte. Este fato pode explicar a maior perda de resistência para o concreto com 10% de substituição.

Com base nos resultados do ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova aos 7 e 28 dias de cura, elaborou-se o gráfico apresentado na Figura 13, a seguir.

Figura 13 - Gráfico da resistência por idade do concreto e teor de adição.



Fonte: Próprio autor.

Como pode ser visto no gráfico, houve perda na resistência a compressão dos concretos com adição de resíduo cerâmico, em relação ao concreto sem adição. Observa-se que o decréscimo da resistência do concreto de 25 MPa convencional para o concreto com adição de 2,5% de material cerâmico, após 7 dias, foi de 1,7 MPa. Porém, quando a porcentagem de material aumenta para 10%, o valor da resistência à compressão tem um decréscimo expressivo.

Possivelmente, a discrepância nos valores da resistência à compressão para a pesquisa realizada ocorreu devido à granulometria do material utilizado para a adição. De acordo com a análise granulométrica, há uma variação no tamanho das partículas da cerâmica moída, pois o aditivo enquadra-se dentro dos limites granulométricos de agregado miúdo.

Contudo, há possibilidade de uma moagem inadequada ter acarretado uma menor área específica que influenciou no efeito pozolânico do resíduo estudado, assim como aumentado a porosidade e o índice de vazios do concreto. Ressalta-se que pode haver outros diversos fatores de interferência, como o controle de umidade e dosagem inadequada do material cerâmico.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, buscou investigar a resistência à compressão do concreto quando adicionado resíduos de cerâmica vermelha moída. Logo, dentro do objetivo proposto, segue algumas conclusões segundo os resultados obtidos:

- A determinação da resistência à compressão do concreto é um fator muito importante, pois o valor de referência da resistência adotado para um determinado projeto estrutural tem interferência na segurança e durabilidade da estrutura construída. A resistência à compressão é o principal parâmetro para estruturas de concreto simples e armado e são vários os efeitos que estão direta ou indiretamente associados a esse critério.

- Quando adicionado à composição do concreto, nos teores de 2,5%, 5%, 7,5%, e 10%, o resíduo cerâmico afetou significativamente a resistência do mesmo. As composições contendo maiores teores de adição apresentaram resultados inferiores quanto à carga suportada, quando comparada ao concreto de cimento Portland sem adição de resíduos para 7 e 28 dias de cura.

- Através da análise granulométrica, constatou-se a caracterização do material como agregado miúdo, podendo ser este fator o responsável por decréscimo nos valores de resistência à compressão para as duas idades de ruptura. Destacando a necessidade de controle quanto a especificação, normalização e utilização dos materiais para a produção de concreto.

- Constatou-se então, a inviabilidade da adição de resíduos de cerâmica vermelha moída no concreto de cimento Portland para os teores analisados, requerendo assim estudos para consolidar a utilização desse material nos diversos tipos de construção.

- Acentua-se que, ao longo do tempo, a perda de resistência dos concretos diminui e com idade mais avançada os valores da resistência aumentam significativamente, constatando que com o aumento da idade do concreto a tendência da resistência à compressão para concretos com resíduo de cerâmica moída é aumentar, admitindo um resultado mais favorável.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista a importância da continuidade da pesquisa para contribuir com o melhor aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha que são descartados pela indústria cerâmica e assim o entendimento do comportamento e desempenho do concreto produzido com a adição desse material, recomenda-se:

- Realizar estudos referentes aos métodos de dosagem;
- Aprimorar os estudos para a umidade e composição granulométrica;
- Avaliar os efeitos da resistência à compressão para idades mais avançadas;
- Avaliar um estudo dos tipos de impurezas que podem conter no resíduo utilizado e o quanto podem influenciar;
- Avaliar os agregados utilizados para a produção dos CP’s;
- Ampliar as pesquisas bibliográficas e os experimentos.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. V. **Estudo de concreto de alta resistência compactado com rolo para pavimentação**, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC-329, 2003.

AITCIN, P. C. **High-Performance Concrete**. Londres: E&FN Spon, 1998. 591p.

ANDRIOLO, F. R. **Construções de Concreto**. São Paulo: PINI, 1984.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica de **Revestimentos, História da Cerâmica, informação**. Disponível em: http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=157&n=Hist%C3%B3ria-daCer%C3%A2mica. Acessado em: 10/06/2018, São Paulo, 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland: Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland: Preparo, Controle e Recebimento**.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA - http://www.abceram.org.br – Acesso em 04/06/2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM 618**. 1992

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.

FORTES, A. S; PADARATZ, I. J. Patologia em estruturas pré-fabricadas de concreto em Florianópolis. Anais 46º IBRACON. Florianópolis, 2004.

GARCIA, E. [*et al*.], 2014. **Resíduo de Cerâmica Vermelha (CRV):** Uma alternativa como material Pozolânico. Cerâmica Industrial.

GIAMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos.** Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 60, n. 4, p. 639-644, 2007.

HELENE, P. R. L; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle de concreto**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini, 1993.

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

KAEFER, Luís Fernando. **Concreto**. 2006. Disponível em: <vhttp://www.cimento.org/index.php?option=com_content&view=article&id=26:concreto&catid=29:geral&Itemid=2 >. Acesso em: 05/05/2018.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho de construção civil, para utilização como agregados de argamassa e concretos.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. 146p.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Porto Alegre: UFRS, 2001. 249 p. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Ed. PINI, São Paulo:573p, 1994.

MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

MENEZES, R. R.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C. **O Estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.

NASCIMENTO JUNIOR, A**. Avaliação da resistência à compressão de concreto utilizando adição de resíduo de cerâmica vermelha.** Monografia de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2011.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Ed. PINI, 2ª edição. São Paulo, 1997.

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

PEREIRA, F. R. **Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentíceas** – Tese de doutorado, Universidade de Aveiro Portugal – 2006.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 189f. (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SCOBAR. R. L. **Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencionalpor argila expandida**. Campo Mourão, 2016.

SMITH, W. F. HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5ª ed., Porto Alegre, AMGH Editora Ltda., 2012, 715p.

TUTIKIAN, Bernardo; HELENE, Paulo. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. Concreto: Ciência e Tecnologia, v. 1, n. 1927, p. 439-471, 2011.

TUTIKIAN, F. B.; HELENE, P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. Cap. 12. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto: IBRACON. 2011.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**. v. I e II. 3. ed. Porto Alegre: Sagra, 1987.

ZAMPIERI, V. A**. Mineralogia e mecanismos de ativação e reação das pozolanas de argilas calcinadas**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1989. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrografia. 191p.