

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANA FLÁVIA SANTOS FEUSER

GEFERSON ADRIANO HIGUTI

**VERIFICAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DE EVA (ETHYLENE VINIL ACETATE) NA
SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS EM CONCRETOS**

**CASCADEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ANA FLÁVIA SANTOS FEUSER

GEFERSON ADRIANO HIGUTI

**VERIFICAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DE EVA (ETHYLENE VINIL ACETATE) NA
SUBSTITUIÇÃO DOS AGREGADOS EM CONCRETOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora orientadora: Engenheira Civil Mestre
Maria Vania Nogueira do Nascimento Peres.**

**CASCADEL - PR
2017**

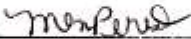
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

**ANA FLÁVIA SANTOS FEUSER
GEFERSON ADRIANO HIGUTI**

**VERIFICAÇÃO DA REUTILIZAÇÃO DE EVA NA SUBSTITUIÇÃO DOS
AGREGADOS EM CONCRETOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora Mestre Engenheira Civil **MARIA VÂNIA NOGUEIRA DO NASCIMENTO PERES**.

BANCA EXAMINADORA


Orientadora Prof^a. Mestre Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil


Professora Mestre Andrea Resende de Souza
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil


Professor Especialista Lincoln Salgado
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil

Cascavel, 20 de novembro de 2017.

DECICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, por não medirem esforços para a realização de nossa formação, incentivando-nos aos estudos, pelo amor e compreensão incondicional. Tudo por vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter nos agraciado com Sua infinita bondade e Seu amor, ouvido nossos pedidos e nos concedendo força e paciência para vencer as dificuldades.

A nossa orientadora, Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres, por todo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Aos nossos pais, Roseli de Fátima Santos Feuser, Arnaldo Feuser, Clarice Teresinha Pastório Higuti e Gerson Aparecido Higuti, pelo apoio, incentivo e amor incondicional. Sem eles não estaríamos aqui.

Aos demais familiares que sempre acreditaram em nosso potencial e torciam por nossa vitória.

Aos amigos, que aguentaram nossas queixas, mal humor e não mediram esforços para oferecer auxílio.

Aos demais professores, que durante essa jornada nos presentearam com o conhecimento.

A Rosângela Gorete dos Santos e Alcira Henrieta Dahmer Voltolini, por seu tempo e paciência para correção de nosso trabalho, sempre nos auxiliando da melhor forma possível.

E aos demais, que dê alguma forma contribuíram para a elaboração dessa monografia.

EPÍGRAFE

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.

Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”

Madre Teresa de Calcuta.

RESUMO

Atualmente, as indústrias passam por rigorosos processos de adequação, a fim de promover a sustentabilidade e reduzir o despejo de resíduos, em consequência disso, busca-se cada vez mais uma destinação final diferente dos aterros sanitários. A construção civil se destaca como receptora desses resíduos, sendo o concreto um dos principais materiais receptíveis a resíduos industriais. Como uma alternativa de substituição dos agregados em concretos, tem-se o resíduo de EVA, proveniente principalmente da indústria calçadista, que em virtude do grande volume gerado mensalmente e suas características de não decomposição, vem se acumulando em grandes aterros a céu aberto, contribuindo para proliferação de doenças. Esse estudo, portanto, foi direcionado para a confecção de concretos com teores de substituição de 10%, 25% e 40% do agregado miúdo, em volume, visando uma nova alternativa de concreto, além da sustentabilidade na construção civil. Verificou-se, entretanto, que quanto maior o grau de substituição de EVA menor sua resistência à compressão em comparação ao concreto de referência, já com relação a sua consistência os concretos com substituição do agregado miúdo apresentaram-se muito fluidos, e por fim nota-se que assim como o concreto convencional, o concreto moldado com resíduos de EVA também perde resistência, quando submetido à temperatura de 600°C. Portanto, concluiu-se que a utilização dos concretos com substituição do agregado por EVA não se apresentou como uma solução vantajosa para a formação de um novo concreto resistente.

Palavras chave: Concreto. Agregado miúdo. EVA. Ensaios

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação do Agregado Graúdo.....	22
Tabela 2- Classificação do Agregado Miúdo.....	22
Tabela 3- Especificações do Cimento CP II Z 32.	31
Tabela 4- Especificações do Agregado Miúdo.....	32
Tabela 5- Composição granulométrica do agregado miúdo.....	32
Tabela 6- Especificações do Agregado Graúdo.....	33
Tabela 7- Composição granulométrica do agregado graúdo.....	33
Tabela 8- Especificação do EVA quanto a agregado miúdo.....	35
Tabela 9- Composição granulométrica do agregado de EVA.	36
Tabela 10- Traço do Concreto de Referência.....	37
Tabela 11- Consumo de agregados naturais e reciclado para 1 m ³ de concreto.....	37
Tabela 12- Índice de consistência através do abatimento de tronco de cone com substituição parcial do agregado miúdo por EVA.....	41
Tabela 13- Massa dos corpos de prova anteriormente e posteriormente ao aquecimento.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Alteração na coloração e resistência do concreto.	27
Figura 2- Curva granulométrica do agregado miúdo natural.	33
Figura 3- Conjunto utilizado para realização do ensaio de massa específica do agregado de EVA.	35
Figura 4- Curva granulométrica do agregado reciclado de EVA.	36
Figura 5- Ensaio de abatimento do tronco de cone.	39
Figura 6- Forno elétrico.	40
Figura 7- Índice de consistência através do abatimento de tronco de cone com substituição parcial do agregado miúdo por EVA.	41
Figura 8- Resistência a compressão dos concretos dosados com substituição da Areia média por EVA.	43
Figura 9- Resistência dos corpos de prova após serem submetidos à temperatura de 600°C.	45

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Cálculo da massa específica do agregado.	34
Equação 2- Cálculo da massa de EVA em função de sua massa específica com relação ao agregado natural.	37

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	15
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	16
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	17
CAPÍTULO 2.....	18
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1.1 Histórico do concreto	18
2.1.2 Conceitos e definições dos agregados	20
2.1.3 Caracterização e propriedades dos agregados	20
2.1.4 Granulometria.....	21
2.1.4.1 Agregado graúdo	22
2.1.4.2 Agregado miúdo	22
2.1.4.3 Forma e textura das partículas	23
2.1.4.4 Empacotamento das partículas	23
2.1.5 Características do Concreto no estado fresco	24
2.1.5.1 Segregação.....	24
2.1.5.2 Exsudação.....	24
2.1.5.3 Consistência.....	25
2.1.6 Características do concreto no estado endurecido.....	25
2.1.6.1 Resistência à compressão axial.....	25
2.1.6.2 Resistência à tração	26
2.1.6.3 Efeitos das altas temperaturas nas propriedades mecânicas dos concretos	26
2.1.6.4 Retração por secagem.....	28
2.1.7 EVA (Ethylene Acetato de Vinila).....	28
2.1.7.1 Propriedades e características do EVA.....	29
2.1.7.2 Principais utilizações do EVA.....	29
2.1.7.3 Utilização do EVA como agregados	29
CAPÍTULO 3.....	31

3.1 METODOLOGIA.....	31
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	31
3.1.2 Caracterização da amostra	31
3.1.2.1 Seleção e caracterização dos materiais	31
3.1.2.2 Dosagem experimental	37
3.1.2.3 Produção dos concretos	38
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	38
3.1.3.1 Consistência do concreto	38
3.1.3.2 Resistência à compressão	39
3.1.3.3 Exposição dos concretos à altas temperaturas	39
3.1.4 Análise dos dados	40
CAPÍTULO 4.....	41
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1.1 Concreto no Estado Fresco	41
4.1.1.1 Consistência do concreto	41
4.1.2 Concreto no Estado Endurecido	42
4.1.2.1 Resistência à compressão	42
4.1.2.2 Desempenho do concreto exposto à altas temperaturas	43
CAPÍTULO 5.....	46
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
CAPÍTULO 6.....	47
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
ANEXOS	52
ANEXO A - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO CONVENCIONAL	52
ANEXO B - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO CONVENCIONAL	53
ANEXO C – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO CONVENCIONAL	54
ANEXO D – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	55

ANEXO E – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	56
ANEXO F – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	57
ANEXO G – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	58
ANEXO H – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	59
ANEXO I – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	60
ANEXO J – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	61
ANEXO K – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	62
ANEXO L – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA.....	63
ANEXO M - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO CONVENCIONAL.....	64
ANEXO N - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO CONVENCIONAL.....	65
ANEXO O – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO CONVENCIONAL.....	66
ANEXO P – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	67

ANEXO Q – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	68
ANEXO R – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	69
ANEXO S – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	70
ANEXO T – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	71
ANEXO U – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	72
ANEXO V – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	73
ANEXO W – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	74
ANEXO X – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA	75

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O acelerado processo de industrialização aliado a uma sociedade que se apresenta cada dia mais consumista tem acarretado em uma produção desenfreada de resíduos sólidos, principalmente os de origem industrial. Quando não há uma correta destinação desses resíduos, depara-se com sérios problemas ambientais. A construção civil além de ser uma das áreas que mais gera resíduos, também se apresenta como uma das maiores consumidoras de recursos naturais.

No sentido de manter a sintonia entre os recursos naturais e o desenvolvimento econômico, atendendo assim às exigências de um modelo de desenvolvimento sustentável, se faz cada vez mais presente a preocupação de pesquisadores da área da construção civil em desenvolver estudos e ações que promovam o reaproveitamento de resíduos e consequente redução no consumo dos recursos naturais. Nesta perspectiva, o setor da construção civil apresenta um grande potencial de absorver resíduos provenientes de outras áreas.

A reciclagem e o aproveitamento dos resíduos industriais é uma tendência que vem se consolidando em âmbito nacional, como por exemplo, o EVA (Ethylene Vinyl Acetate), resíduo proveniente da indústria de calçados, que possui baixa massa específica, tem boas características acústicas e térmicas, é estável, inerte, não suscetível a fungos e pode ser aproveitado como agregado sintético para elaboração de compósitos leves (POLARI FILHO, *et al*, 2003).

Do ponto de vista ambiental e financeiro estão claras as vantagens do reaproveitamento das placas de EVA, uma vez que reduz os custos e dá uma destinação a um resíduo que constitui um problema ao meio ambiente. No entanto há que se verificar em termos de qualidade, que aspectos do concreto convencional são alterados a partir da substituição dos agregados (GARLET, 1997).

Desta forma, o objetivo geral e norteador deste trabalho, será verificar o comportamento de concretos com diferentes percentuais de resíduos de EVA em substituição do agregado miúdo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o comportamento de concretos com resíduos de EVA em substituição do agregado miúdo em 10, 25 e 40%.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a consistência do concreto com substituição do agregado miúdo por EVA;
- Examinar a resistência à compressão dos corpos de prova moldados com resíduos de EVA;
- Verificar a influência da temperatura de 600°C nos concretos com percentuais de substituição do agregado miúdo por EVA;
- Comparar os resultados do concreto com substituição do agregado por EVA com o concreto convencional.

1.3 JUSTIFICATIVA

O novo modelo de sociedade, onde as empresas são pressionadas a promoverem o desenvolvimento de forma sustentável, seja através do rigor da fiscalização dos órgãos ambientais, seja por força da mídia faz com que estas elaborem programas de qualidade que envolvem a gestão ambiental.

Uma das preocupações com relação a danos ao meio ambiente é a geração de resíduos sólidos e a destinação dos mesmos. Com o intuito de minimizar tais danos existem órgãos como o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que em sua resolução nº 313 dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais, especificando em seu art. 1º que resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais serão objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental, ou seja, as indústrias têm a obrigação de apresentar ao órgão de controle, informações sobre geração, características, armazenamento, transporte e destinação de seus resíduos sólidos (CONAMA, 2002).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Calçados (Abicalçados), o Brasil se apresenta como o terceiro maior produtor mundial de calçados, gerando grande quantidade de

resíduos de EVA provenientes da sobra de suas placas. Neste sentido, Garlet (1998), aponta inúmeros problemas em relação ao referido resíduo, entre eles o fato de o mesmo não ser um material biodegradável, que nem mesmo o processo de combustão consegue solucionar, pois além da poluição atmosférica decorrente deste, a combustão só consegue transformar o EVA em um pó que não será absorvido pelo solo. Em consequência disso há o acúmulo dos resíduos provenientes do EVA em aterros sanitários, causando além de poluição visual, problemas de saúde pública, como a proliferação de insetos que podem causar doenças.

A construção civil apresenta-se como uma opção de destinação sustentável destes resíduos, a partir de sua utilização como agregado graúdo e miúdo do concreto, ocasionando a diminuição do custo do mesmo, devido ao EVA se apresentar como um material de baixo custo em comparação com os agregados tradicionalmente utilizados em concretos convencionais. Além disso, a substituição do agregado graúdo permite uma diminuição da massa específica do concreto, tornando o mesmo um concreto leve, e assim como a substituição do agregado miúdo ou graúdo, permitem soluções economicamente viáveis (GARLET, 1998).

Justifica-se, portanto a relevância deste trabalho, onde se pretende verificar o comportamento dos concretos mediante a substituição parcial do agregado miúdo convencional por EVA.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A substituição parcial do agregado miúdo por EVA influencia nas propriedades do concreto no estado fresco, modificando sua consistência, e no endurecido, alterando sua resistência e o desempenho a altas temperaturas?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A substituição do agregado miúdo por EVA com percentuais de 10%, 25% e 40% permitirá sua utilização na construção civil, apresentando resultados significativos de resistência à compressão, desempenho considerável a altas temperaturas e consistência.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo será limitado à substituição do agregado miúdo por EVA em concretos com as percentagens de substituição pré-definidas de 10%, 25% e 40%, sendo moldados seis corpos de prova para cada teor de substituição e seis moldados com concreto convencional. A pesquisa teve início com realização de pesquisas bibliográficas por meio de estudos já publicados sobre o assunto em pauta.

Posteriormente foram realizados ensaios com o concreto no estado fresco para determinação da consistência e ensaios com o concreto no estado endurecido, resistência à compressão e a altas temperaturas, na idade de 28 dias. Todos os ensaios foram realizados de acordo com a ABNT, no Laboratório de Ensaos Mecânicos e Construção Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Histórico do concreto

Conhecer a história do concreto e sua evolução é de fundamental importância, sobretudo aos profissionais que se dedicam ou se dedicarão à construção civil. Embora nos dias atuais se tenha dificuldade para imaginar outras formas de se promover grandes edificações, trata-se o mesmo de uma alternativa que pode ser encarada como recente, se considerarmos a evolução humana desde os primórdios. Portanto, o concreto armado conhecido atualmente é relativamente jovem, anteriormente, a madeira e alvenaria eram quem desempenhavam o papel que hoje em dia ele ocupa (CARVALHO 2008).

Neste cenário cada vez mais mutante, onde as inovações são constantes, se deve ter a clareza de que o concreto conhecido atualmente é fruto de aperfeiçoamentos ao longo de sua existência, com relação tanto aos materiais utilizados, quanto as técnicas de fabricação, gerando um produto final utilizado para diversas estruturas (KAEFER, 1998).

Ao apontar o concreto como o material construtivo mais utilizado no mundo, Carvalho (2008) chama atenção para o fato de que o mesmo é um material plástico, moldado a fim de adquirir a forma desejada e após o processo de endurecimento é capaz de suportar cargas solicitadas.

Ainda segundo Carvalho (2008), a utilização do concreto se inicia quando na antiguidade povos buscavam aglomerantes para argamassas de alvenaria utilizando a princípio argamassa de barro e posteriormente a argamassa de cal. A civilização romana sempre buscava maneiras de aperfeiçoar suas técnicas e a partir da mistura da então argamassa de cal com cinza pozzolânica obteve-se um material semelhante ao cimento atual.

Esse cimento, denominado como cimento romano, foi muito utilizado pelo Império Romano, pois garantia a impermeabilidade nas construções, sendo muito utilizado na construção de seus aquedutos ou apenas como meio aglomerante para garantir resistência (CARVALHO, 2008).

O Império Romano destacou-se também devido à construção de suas estradas, sendo a mais conhecida a Via Ápia, onde em vários trechos da mesma, foram utilizadas pedras ligadas por meio de cimento pozzolânico que os romanos denominaram de *concretus* ou *concretum*.

Esse, porém não possui características semelhantes às do concreto atual. Sendo utilizada apenas como argamassa de assentamento, onde tão-somente em alguns casos devido à dimensão das pedras ser semelhante à brita usada atualmente, a mistura se parecia a atual (CARVALHO, 2008).

A esse concreto foi adicionado agregados leves, muito utilizados em suas coberturas como a do Pantheon, assim como barras metálicas, apesar do mesmo apresentar diversos problemas por utilizar barras de bronze, onde as propriedades térmicas eram distintas. Porém segundo Carvalho esse conhecimento foi esquecido durante a Idade Média e resgatado apenas no século XVIII (CARVALHO, 2008).

O cimento Portlhan foi uma sucessão a vários outros cimentos, desenvolvido por Joseph Aspdin em 1824, obteve seu auge de popularidade após substituir o cimento romano em um túnel que após um acidente teve parte de seu teto desabado. Nos anos posteriores várias indústrias patentearam e começaram sua produção (CARVALHO, 2008).

Porém Kaefer (1998) descreve que esse cimento não se assemelha ao produzido atualmente, onde a diferença mais significativa é de sua queima não era realizada em elevadas temperaturas, impossibilitando a formação do clínquer.

Com a mistura entre cimento, agregados e água, aliado a barras metálicas denominadas armadura surge, portanto, o concreto armado de uma forma um tanto quanto peculiar, primeiramente através de um barco desenvolvido por Lambot e posteriormente através de artefatos como vasos para jardinagem e horticultura de Monier, onde a partir daí se desencadeou a produção de diversos artefatos utilizando esse material.

Foi Monier quem averiguou que o concreto possuía boa resistência à compressão e ao esmagamento, em contrapartida não apresentava resultados satisfatórios em relação à tração e cisalhamento. Assim Monier uniu o concreto ao aço intuitivamente, e averiguou que as deficiências do concreto eram supridas pelo aço (CARVALHO, 2008).

Atualmente esse concreto passa regularmente por alterações, afim de cada vez mais buscar a melhoria de suas características, desenvolvendo novas técnicas e substituindo seus materiais. Como o fato da substituição de seus agregados usuais (areia, brita) por agregados industrializados, buscando garantir suas características, afim de futuramente obter lugar no mercado.

2.1.2 Conceitos e definições dos agregados

Quando se trata de concreto é fundamental que se conheça os materiais que o constitui. Os agregados, são materiais que chegam a ocupar 80% do composto do concreto, sendo assim suas características são de suma importância, e ainda de acordo com o PORMIN- (Portal de Apoio ao Pequeno Produtor Mineral), é o insumo mais utilizado na construção civil.

Bauer (2000) cita que agregados são materiais inertes a reações químicas, não coesivos e compostos por diversas dimensões. O mesmo ainda classifica os agregados de três maneiras, segundo a origem (natural, industrializado), dimensão das partículas (gráudo, miúdo) e pelo peso específico aparente (leve, médio, pesado). Neville e Brooks (2013) complementam a classificação com a composição mineralógica e forma e textura das partículas.

Apesar de, por muito tempo esse material fora menosprezado, considerado erroneamente segundo Mehta e Monteiro (1994), como material de enchimento, os mesmos defendem que devido às proporções ocupadas pelos agregados, suas propriedades interferem na durabilidade e resistência. Neville (1997) concorda, e aponta ainda que o agregado não se apresenta totalmente inerte, devido as suas propriedades físicas, térmicas e em alguns casos químicas, interferirem no desempenho do concreto.

Por fim, uma das vantagens da utilização dos agregados é que ele proporciona economia, porém deve ser levado em consideração as propriedades do concreto desejado, aliando o custo ao benefício (NEVILLE e BROOKS, 2013).

2.1.3 Caracterização e propriedades dos agregados

Nos tempos atuais muitos parâmetros estão envolvidos para se projetar uma estrutura em concreto, não priorizando somente o projeto estrutural em si, como também a importância da qualidade e desempenho do mesmo. Nesse contexto a caracterização dos materiais constituintes do concreto tem função fundamental para a melhora de sua qualidade.

No que se diz respeito à dimensão máxima das partículas Mehta e Monteiro (1994) definem como sendo a dimensão da peneira onde ficam retidos 15% ou menos das partículas do agregado. Com relação a influência da mesma, os autores citam que quando maior a dimensão máxima do agregado, menor a área superficial e conseqüentemente menor a demanda de pasta de cimento, quando se considera o preço de ambos os materiais, tem-se uma economia no valor final, pelo fato de o agregado possuir valores significativamente inferiores ao cimento.

Neville (1997) completa, entretanto, que existem limites de dimensão máxima, onde caso sejam ultrapassados, geram prejuízos, pois além de se diminuir o consumo de cimento, se diminui também o consumo de água, onde a carência resulta na não aderência do agregado com a pasta. Junto a isso, a dimensão das partículas tende a ser descontínuas. Tudo isso, acarreta em um concreto com disparidades e resistência inferior.

O módulo de finura é definido como a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa nas peneiras da série normal dividido por 100, onde quanto maior o módulo de finura, maior o agregado (MEHTA e MONTERIO, 1994). Sua utilização segundo Neville e Brooks (2013), é de detectar variações em agregados de mesma origem, que afetam características do concreto no estado fresco, como a trabalhabilidade.

Bauer (2000) completa que o módulo de finura do agregado miúdo influencia na quantidade de água da mistura, onde módulo de finura e quantidade de água são inversamente proporcionais, e ainda quanto maior o consumo de água, maior também o de cimento para manter a relação água/cimento.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), para se dosar um concreto é importante ter o conhecimento do volume ocupado pelos agregados, considerando seus vazios, por isso é determinada a massa específica que segundo os autores é a massa do material por unidade de volume, incluindo seus vazios.

A massa unitária também é necessária para dosagem do concreto, e é definida como a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume (MEHTA e MONTERIO, 1994). Neville e Brooks (2013) acrescentam que essa unidade depende das formas das partículas e sua granulometria.

2.1.4 Granulometria

Granulometria é a distribuição das dimensões dos agregados. A fim de se obter um concreto de boa qualidade é essencial que o mesmo seja composto por agregados de pelo menos duas dimensões, sendo estes o agregado miúdo e agregado graúdo, possibilitando assim o preenchimento dos vazios, garantindo a compacidade do concreto (NEVILLE, 1997).

A separação entre agregado graúdo e miúdo ocorre através da dimensão de 5mm ou peneira ASTM n°4 (NEVILLE e BROOKS, 2013).

2.1.4.1 Agregado graúdo

São partículas que variam de 4,8mm até cerca de 50 mm (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Os agregados graúdos mais utilizados na construção civil são as britas e sua classificação ocorre através do tamanho das partículas, variando entre diâmetros mínimos e máximos como pode observar na Tabela 1 (ANDOLFATO, 2002).

Tabela 1- Classificação do Agregado Graúdo.

	Diâmetro Mínimo e Máximo
Brita 0	4,8 a 9,5mm
Brita 1	9,5 a 19mm
Brita 2	19 a 25mm
Brita 3	25 a 50mm
Brita 4	50 a 76mm
Brita 5	76 a 100mm

Fonte: Andolfato (2002).

2.1.4.2 Agregado miúdo

São partículas menores que 4,8 mm, variando até cerca de 75 μ m (MEHTA e MONTEIRO, 1994). As areias são os agregados miúdos mais empregados em concretos, onde sua classificação ocorre através de seu módulo de finura, os valores de sua classificação são indicados pela NBR 7211- Agregados para Concreto- Especificação (ABNT, 2005) e estão dispostos na Tabela 2 (ANDOLFATO, 2002).

Tabela 2- Classificação do Agregado Miúdo.

	Módulo de finura
Areia grossa	Entre 3,35 e 4,05
Areia média	Entre 2,40 e 3,35
Areia fina	Entre 1,97 e 2,40
Areia muito fina	Menos que 1,97

Fonte: Andolfato (2002).

2.1.4.3 Forma e textura das partículas

A forma e textura das partículas são essenciais para a definição das características do concreto no estado fresco e endurecido (NEVILLE e BROOKS, 2013).

A forma é entendida como as características geométricas, podendo ser classificada como arredondada, angulosa, alongada ou achatada. Segundo Mehta e Monteiro (1994) as arredondadas são partículas geralmente formadas por atrito, pois perdem vértices e arestas no contato, são encontradas principalmente em areias que se depositam pela ação do vento ou pedregulhos e areias depositadas em leitos de rios ou zonas marítimas.

Eles ainda descrevem que os angulosos possuem arestas e vértices bem definidos e são geralmente agregados de rochas intrusivas britadas. Os achatados são os que possuem uma dimensão, a espessura, consideravelmente menor que as outras dimensões. Enquanto os alongados são os que possuem o comprimento muito maior do que as duas outras dimensões. Arenitos, calcários estratificados e folhelho quando fragmentados resultam em agregados achatados e alongados (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A textura superficial é o grau da superfície do agregado que é lisa ou áspera, sendo este baseado na visualização. A textura depende das características da rocha que deu origem ao agregado, como dureza, granulação e porosidade, assim como as condições as quais a rocha foi submetida. Segundo Mehta e Monteiro (1994), a textura pode influenciar na resistência do concreto nas primeiras idades, onde uma textura mais áspera favorece a aderência entre o agregado e a pasta de cimento, aumento sua resistência.

2.1.4.4 Empacotamento das partículas

O empacotamento das partículas proporciona um concreto de alta densidade, apresentando uma melhor resistência a compressão e a tração quando comparado com os concretos comuns. Além disso, a mistura possuirá menor fator água/cimento, ocasionando uma menor porosidade, logo melhorando a durabilidade (TEIXEIRA E CORDON, s/d).

Mehta e Monteiro (1994) completam dizendo que o máximo empacotamento dos agregados proporciona um concreto com menor número de vazios, economizando pasta de cimento.

2.1.5 Características do Concreto no estado fresco

Ter o conhecimento das características do concreto no estado fresco tem grande importância para a obtenção de concretos com bom desempenho no estado endurecido, pois a falta de cuidado com o mesmo nesta fase acarreta em prejuízos em toda vida útil da peça, como a redução de sua durabilidade.

2.1.5.1 Segregação

Esse fenômeno ocorre quando a mistura deixa de ser homogênea, resultando na separação dos constituintes do concreto. O concreto deve ser coeso para exercer uma trabalhabilidade e adensamento adequado. Falhas ou técnicas incorretas referentes à escolha dos agregados ou o manuseio e lançamento do concreto podem causar a segregação (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a segregação pode ocorrer de duas formas, a primeira ocorre em misturas secas, onde os agregados se separam da argamassa de concreto, a segunda quando a água se separa e ocupa o topo da mistura, também definido como exsudação.

A fim de evitá-la, o concreto não deve ser transportado por grandes distâncias ou ser lançado de alturas consideráveis, pois, ao impor impactos à mistura, os agregados tendem a se separar da pasta. O uso de vibradores em excesso para realizar o adensamento também ocasiona a segregação (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Por fim Neville e Brooks (2013) colocam que para diminuir o risco de segregação deve-se evitar o uso de agregados graúdos com densidades muito superior à dos agregados miúdos, e ainda pode se realizar o uso de aditivos incorporadores de ar.

2.1.5.2 Exsudação

A exsudação é um tipo de segregação que ocorre quando a mistura possui água em excesso, ocorrendo, portanto, a separação da pasta de cimento dos agregados. Isto ocorre devido à água ser o componente menos denso da mistura, e após o adensamento ela se separa do restante dos constituintes do concreto por ação da força gravidade. A exsudação se forma como uma película sobre a superfície do concreto recém lançado e adensado, antes de ocorrer a pega do concreto. (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Este fenômeno ocorre de forma não uniforme, devido aos agregados mais densos se depositarem na parte inferior e a água na parte superior, havendo então perda de resistência significativa na região superior da mistura (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Um concreto trabalhável auxilia para que não ocorra a exsudação, onde água em excesso deve ser evitada. Há a possibilidade de correção desse fato através do emprego de partículas finas a mistura, compensando assim a falta de agregados. (ALMEIDA, 2002).

2.1.5.3 Consistência

Segundo Neville e Brooks (2013), consistência é a resistência da forma do concreto no estado fresco, ou a facilidade com que ele flui. É utilizada algumas vezes para definir o grau de umidade, pois geralmente concretos com maior quantidade de água são considerados mais trabalháveis que concreto com pouca água.

A consistência está ligada a propriedades inertes do concreto, estando relacionada com a mobilidade da massa e com a coesão entre seus componentes, buscando uniformidade e compacidade do concreto (ALMEIDA, 2002).

2.1.6 Características do concreto no estado endurecido

As propriedades do concreto no estado endurecido qualificam o concreto e devem ser caracterizadas de acordo com a qualidade exigida para o fim que se destina. Onde o conhecimento das prévias propriedades do concreto que se busca, possibilita ao engenheiro escolher o material adequado para suas obras (BAUER, 2000).

2.1.6.1 Resistência à compressão axial

A capacidade de um material resistir sem que sofra ruptura ou haja o aparecimento de fissura se denomina resistência, sendo que em concretos a resistência é considerada a máxima tensão última aplicada antes que isso ocorra (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A resistência do concreto é a propriedade de maior importância para os engenheiros projetistas, e geralmente o único dado oferecido pelas concreteiras pelo fato de que é derivada da qualidade da mistura em geral, e também de que o ensaio de resistência é muito mais simples

quando comparado com os demais. Para obter-se uma maior resistência deve-se obter um concreto com a menor porosidade possível (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Entretanto, segundo Neville e Brooks (2013), é uma propriedade difícil de definir ou calcular, devido à complexidade para definir o grau de hidratação. Logo na prática, as características menos complexas que afetam a resistência são: Relação água/cimento, grau de adensamento, temperatura e idade do concreto.

2.1.6.2 Resistência à tração

As resistências à tração das estruturas em concreto são relativamente baixas, nos projetos o dimensionamento não depende da resistência a tração, contudo essa resistência é empregada ao cisalhamento e a abrasão (NEVILLE e BROOKS, 2013).

A relação entre as resistências à compressão e a tração são aproximadas, segundo Neville e Brooks (2013) a resistência à compressão é próxima de oito vezes maior, essa variação se dá devido que ao obter idade, quanto maior a resistência, o concreto recebe um aumento de maior proporção na resistência à compressão. Outros fatores como tamanho do corpo de prova, textura e forma do agregado gráudo, características superficiais, umidade do concreto e o método de ensaio da amostra interferem nesta relação.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a partir de um intervalo de 7 a 62 MPa de valores de resistência a compressão é possível classificar a relação tração direta/compressão como 10 a 11% para concretos de baixa resistência, 8 a 9 % para concretos de média resistência, 7% para concretos de alta resistência.

Ao realizar o ensaio de tração direta existe certa dificuldade para realizar a fixação do corpo de prova à fixação do equipamento, tornando a amostra suscetível a rupturas precoce na extremidade fixada e ainda não deve haver excentricidade da carga aplicada. Devido a essas peculiaridades o ensaio a tração direta não é normatizado. Existem alguns métodos alternativos para obter a resistência a tração seguindo normas são através da tração na flexão e tração indireta (NEVILLE e BROOKS, 2013).

2.1.6.3 Efeitos das altas temperaturas nas propriedades mecânicas dos concretos

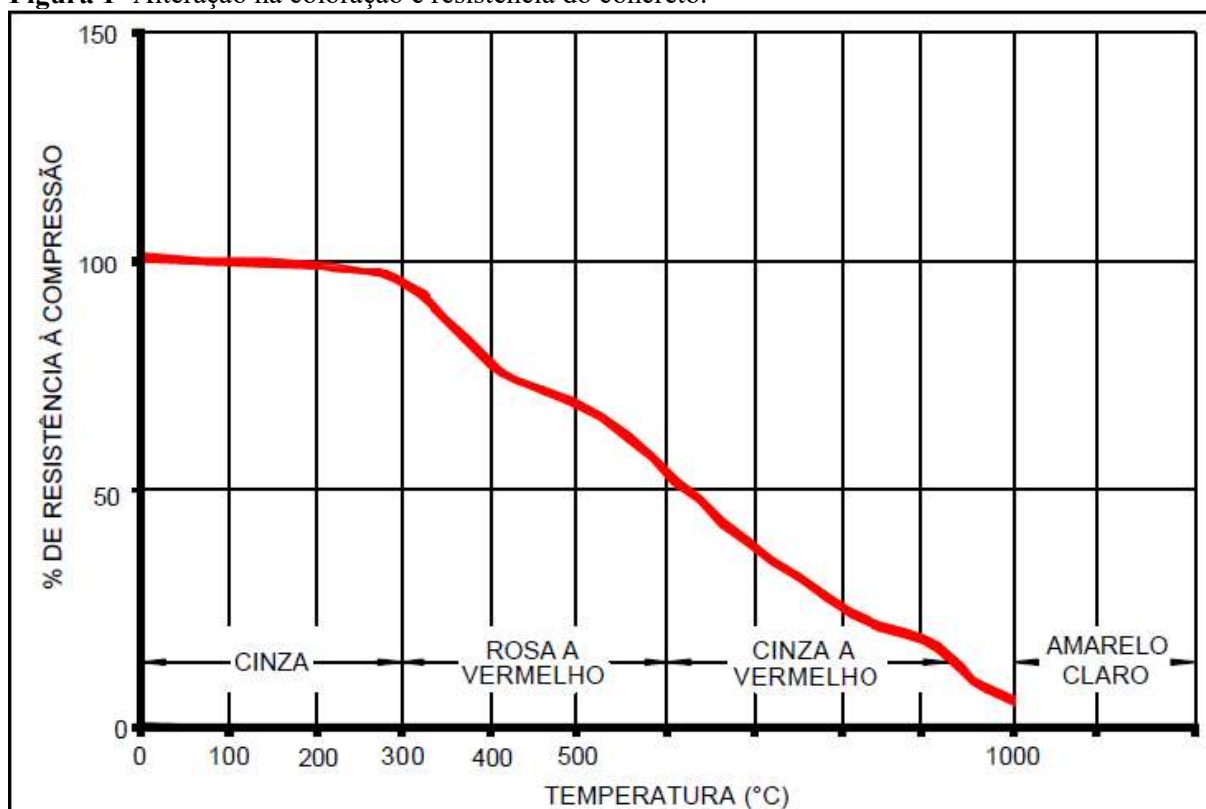
Comparado aos demais elementos estruturais, o concreto pode ser considerado com elevada resistência ao fogo. Onde apesar de apresentar redução de sua capacidade estrutural, o mesmo resiste ao calor, por um tempo considerável, sem que haja colapso (LIMA *et al*, 2004).

Quando submetido a elevadas temperaturas, ocorrem inúmeras alterações químicas e físicas, onde devido à complexidade de analisar seu real comportamento o ideal é subdividir a análise em macro e microestrutura (OLIVEIRA, 2006).

A microestrutura do concreto está diretamente ligada a suas fases, suas características e transformações que sofrem durante o processo de aquecimento. Lima et al (2010), define a estrutura do concreto como complexa, devido ao fato das duas fases da estrutura não serem distribuídas homogeneamente, uma com relação a outra, nem em si mesmas. Podendo a pasta de cimento ser densa, em relação ao agregado graúdo, ou porosa, havendo uma estrutura com vazios capilares.

Com relação a macroestrutura, temos a análise por inspeção visual, que nada mais é o comportamento do concreto analisado através das cores, isso ocorre principalmente quando o mesmo é composto por agregados silicosos ou calcários, devido a presença de componentes com ferro. A Figura 1 traz o comportamento do concreto com relação a sua coloração e perda de resistência, em função do aumento da temperatura (LORENZON, 2014 apud CÁNOVAZ, 1988).

Figura 1- Alteração na coloração e resistência do concreto.



Fonte: LIMA, 2005 apud CÁNOVAZ, 1988.

2.1.6.4 Retração por secagem

A retração por secagem é causada pela saída da água do concreto já no estado endurecido. Ela é uma propriedade extremamente importante, pois é uma das principais causas das fissuras, que está diretamente ligada à durabilidade das estruturas (CABRAL, *et al*, 2010).

As estruturas normalmente estão submetidas a fatores como ambientes extremamente agressivos, para as estruturas com pequenas idades, sendo a causa de maior relevância a umidade do ar, que exceto em casos de ar saturado, é inevitável que ocorra a retração por secagem (CABRAL, *et al*, 2010).

Segundo Neville e Brooks (2013), uma faixa de 40 a 70% da retração por secagem pode ser revertida se o concreto secar armazenado em água ou ao ar com alta umidade, dependendo da idade em que ocorreu a primeira secagem, entretanto não é um método prático, como no caso do ciclo alternado que é caso mais comum e prático, nele são realizados ciclos de molhagem e secagem, com o tempo dependendo da umidade do ar, sendo possível reverter boa parte da retração, porém menos que o armazenamento em água.

2.1.7 EVA (Ethylene Acetato de Vinila)

As indústrias geram toneladas de rejeitos, onde seu reaproveitamento através da própria produtora acarreta custos elevados, afim de economia, há uma busca de outras maneiras de reaproveitamento de resíduos, tem-se a construção civil, onde a diminuição do uso de recursos naturais, redução dos custos dos componentes construtivos e a redução do consumo de energia, segundo Zattera se apresentam como benefícios do reaproveitamento desses resíduos (ZATERRA, 2005).

Nesse quesito, apresenta-se a reutilização de resíduos provenientes de outras indústrias ou até mesmo da própria construção como substituição dos tradicionais agregados para concreto, dentre esses resíduos destaca-se para o EVA (Ethylene Acetato de Vinila), que será o agregado sintético utilizado na pesquisa.

Segundo a cartilha disponibilizada pelo Centro Tecnológico do Couro, Calçados e Afins (CTCCA) de Novo Hamburgo, o EVA é um composto microporoso gerado a partir da mistura de materiais em máquinas especiais de temperatura elevada como a resina de EVA, agentes de expansão e reticulantes, cargas, ativadores, auxiliares de processo e outros polímeros como a borracha (CTCCA, 1993).

2.1.7.1 Propriedades e características do EVA

A ideia de aproveitamento do EVA se deve ao fato do mesmo ser um polímero termofixo, ou seja, uma vez moldado, não permite que o mesmo seja fundido e reprocessado, como também de sua decomposição na natureza levar cerca de 450 anos (GARLET, 1997).

Em consequência disso e de sua baixa densidade há o acúmulo do material em aterros, que possibilitam a proliferação de insetos e causando danos à saúde (SOUZA, 2011).

Ainda de acordo com suas características, o acetato de vinila, componente presente na resina de EVA, de acordo com a quantidade ministrada designa as propriedades da resina. Em função disso, Garlet classifica os copolímeros de EVA, como EVA de baixa concentração contendo até 20% de seu peso de Acetato de Vinila e EVA de alta concentração de 20% até 50% de acetato de vinila (GARLET, 1997).

2.1.7.2 Principais utilizações do EVA

A principal utilização de EVA é na fabricação de solados e palmilhas na indústria calçadista, onde seu surgimento se deu à uma elevação no valor do couro devido sua escassez (SANTIAGO, 2008).

Porém de acordo com a Braskem, empresa produtora de resinas, o EVA pode ser utilizado também na indústria de revestimento de fios e cabos, adesivos, embalagens, filmes flexíveis para agricultura, entre outros (BRASKEM, s/d).

A geração dos resíduos de EVA provenientes das indústrias calçadistas pode se dar de duas formas, a primeira através do recorte de placas expandidas de EVA e o segundo através do pó gerado no lixamento das solas (GARLET, 1997).

A pesquisa buscará a reutilização desses resíduos provenientes do recorte das placas expandidas.

2.1.7.3 Utilização do EVA como agregados

A alternativa de reutilização desses resíduos na construção civil como agregados sintéticos para concretos, se justifica de acordo com Polari Filho *et al* (2005), devido as características do EVA como baixa massa específica, um bom desempenho térmico e acústico, inerte, não susceptibilidade a fungos e estabilidade fazem do material um bom agregado sintético para a elaboração de concretos leves.

O mesmo autor sugere a utilização para enchimento de lajes, blocos de vedação e como isolante acústico entre pavimentos, ampliando a utilização do EVA em diversas áreas da construção, porém para fins não estruturais (POLARI *et al*, 2005).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Tratou-se de uma pesquisa quantitativa, onde a ferramenta utilizada para obtenção dos dados constitui-se de ensaios laboratoriais em corpos de prova cilíndricos, realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Construção Civil disponibilizado pelo Centro Universitário Assis Gurgacz, localizado na cidade de Cascavel, Paraná. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas brasileiras vigentes.

3.1.2 Caracterização da amostra

3.1.2.1 Seleção e caracterização dos materiais

O cimento utilizado na pesquisa foi o cimento CP II Z 32, conforme especificações apresentadas na NBR 11578 – Cimento Portland Composto (ABNT, 1991) e representadas na Tabela 3.

Tabela 3- Especificações do Cimento CP II Z 32.

Exigências físicas e mecânicas			
Características e propriedades		Unidade	Limites de classe
			32
Finura	Resíduo na peneira 75µm	%	≤ 12,0
	Área específica	m²/kg	≥ 260
Tempo de início de pega		h	≥ 1
Expansibilidade a quente		mm	≤ 5
Resistência à compressão	3 dias de idade	MPa	≥ 10,0
	7 dias de idade	MPa	≥ 20,0
	28 dias de idade	MPa	≥ 32,0 ≤ 49,0
Tempo de fim de pega		h	≤ 10
Expansibilidade a frio		mm	≤ 5
Teor da escória		%	-

Teor de material pozolânico	%	6 – 14
Teor de material carbonático	%	0 – 10
Teor clínquer + sulfatos de cálcio	%	94 – 76
Exigências químicas		
Determinações químicas	Limites (% da massa)	
	CP II-Z	
Resíduo insolúvel (RI)	≤ 16,0	
Perda ao fogo (PF)	≤ 6,5	
Óxido de magnésio (MgO)	≤ 6,5	
Trióxido de enxofre (SO ₃)	≤ 4,0	
Anidrido carbônico (CO ₂)	≤ 5,0	

Fonte: NBR 11578 (1991).

A areia utilizada foi a areia média, proveniente de uma pedreira da cidade de Cascavel-PR, e sua caracterização no que se refere à definição da dimensão máxima do agregado, módulo de finura e massa específica foi realizada conforme especificações das normas específicas, sendo que seus resultados estão disponibilizados na Tabela 4, já sua composição granulométrica está representada na Tabela 5.

Tabela 4- Especificações do Agregado Miúdo.

Caracterização Do Agregado	Resultado Obtido
Dimensão Máxima Característica NBR NM 248 (ABNT 2003)	1,18 mm
Módulo de Finura - NBR NM 248 (ABNT, 2003)	2,45 mm
Massa Específica - NBR NM 52 (ABNT, 2003)	2,82 Kg/dm ³

Fonte: Autor (2017).

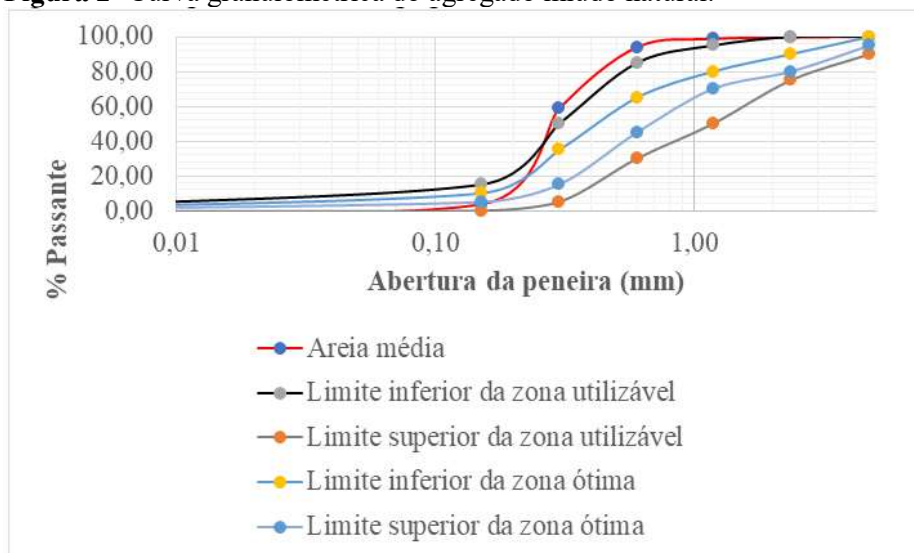
Tabela 5- Composição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira (mm)	Massa (g)	% retido	% retido acumulado	% passante
4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
2,36	1,15	0,38	0,38	99,62
1,18	2,60	0,87	1,25	98,75
µ600	14,25	4,75	6,00	94,00
µ300	104,45	34,82	40,82	59,18
µ150	165,70	55,23	96,05	3,95
< µ150	11,85	3,95	100,00	0,00
	300,00	100,00		

Fonte: Autor (2017).

A curva granulométrica do agregado miúdo natural, com suas zonas de utilizáveis e zona ótimas, e seus respectivos limites superiores e inferiores está disponível na Figura 2.

Figura 2- Curva granulométrica do agregado miúdo natural.



Fonte: Autor (2017).

O agregado graúdo utilizado foi a brita 1, proveniente também de uma pedreira localizada na cidade de Cascavel-PR, e a caracterização no que se refere a definição da dimensão máxima do agregado, módulo de finura e massa específica foi realizada conforme especificações das normas estando a mesma exemplificada na Tabela 6, e sua composição granulométrica está disponível na Tabela 7.

Tabela 6- Especificações do Agregado Graúdo.

Caracterização Do Agregado	Resultado Obtido
Dimensão Máxima Característica NBR NM 248 (ABNT 2003)	19,0 mm
Módulo de Finura - NBR NM 248 (ABNT, 2003)	4,30 mm
Massa Específica - NBR NM 53 (ABNT, 2003)	2,64 Kg/dm ³

Fonte: Autor (2017).

Tabela 7- Composição granulométrica do agregado graúdo.

Peneira (mm)	Massa (kg)	% retido	% retido acumulado	% passante
--------------	------------	----------	--------------------	------------

38,00	0,00	0,00	0,00	100,00
32,00	0,00	0,00	0,00	100,00
25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
19,00	0,10	2,00	2,00	98,00
12,50	2,49	49,80	51,80	48,20
9,50	1,48	29,60	81,40	18,60
6,30	0,88	17,60	99,00	1,00
4,80	0,05	1,00	100,00	0,00
< 4,80	0,00	0,00	100,00	0,00
	5,00	100,00		

Fonte: Autor (2017).

O resíduo de EVA utilizado como substituição parcial do agregado miúdo natural foi proveniente de uma construtora da cidade de Cascavel-PR, o mesmo apresentava dimensão superior para sua utilização como agregado miúdo, portanto foi submetido a um processo de moagem.

O EVA foi caracterizado em função de sua massa específica, granulometria e absorção. Para o ensaio de massa específica as características do material foram levadas em consideração, onde algumas modificações foram realizadas, sendo essa uma junção segundo SOUZA (2011) das NBR's NM 52 (ABNT, 2003) e NM 53 (ABNT, 2003) e um método proposto por LEITE (2001), que através de modificações, resultou no seguinte método:

- i. Pesou-se duas amostras de 10g cada de resíduo de EVA (m₁);
- ii. Pesou-se o frasco + tampa de vidro + água no nível de 500 ml + tela de Nylon (m₂);
- iii. Envolheu-se a amostra em tela de Nylon para evitar que o material flutue e se disperse;
- iv. Submergiu-se as amostras nos frascos com água;
- v. Deixou-se o conjunto m₂ + EVA repousar por 24 horas, a fim de eliminar bolhas de ar;
- vi. Passadas as 24 horas, agitou-se lentamente o conjunto de forma manual;
- vii. Completou-se com água até a marca inicialmente estipulada de 500 ml e pesou-se novamente o conjunto (m₃).

A equação 1 foi utilizada para o cálculo da massa específica por Neville (1997).

$$\gamma = \frac{m_1}{m_2 - m_3 + m_1} \quad (1)$$

Onde:

γ = massa específica do agregado de EVA, em g/cm³ ou kg/dm³;

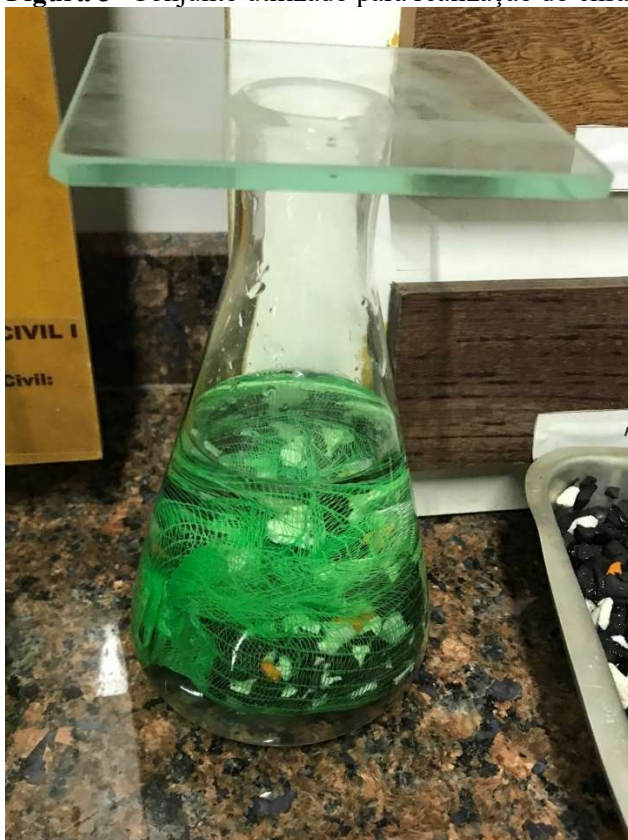
m1 = massa da amostra, em g;

m2 = massa do recipiente + água + nylon + placa de vidro, em g;

m3 = massa da amostra + recipiente + água + nylon + placa de vidro, em g.

Na Figura 3 podemos observar o conjunto utilizado no ensaio, já na Tabela 8 estão descritas suas especificações e suas respectivas normas.

Figura 3- Conjunto utilizado para realização do ensaio de massa específica do agregado de EVA.



Fonte: Autor (2017).

Tabela 8- Especificação do EVA quanto a agregado miúdo.

Caracterização Do Agregado	Resultado Obtido
Dimensão Máxima Característica NBR NM 248 (ABNT 2003)	4,75 mm
Módulo de Finura - NBR NM 248 (ABNT, 2003)	5,77 mm
Absorção de água - NBR NM 30 (ABNT, 2001)	35,00%
Massa Específica - NBR NM 52/53 (ABNT, 2003) adaptada	147 Kg/m ³

Fonte: Autor (2017).

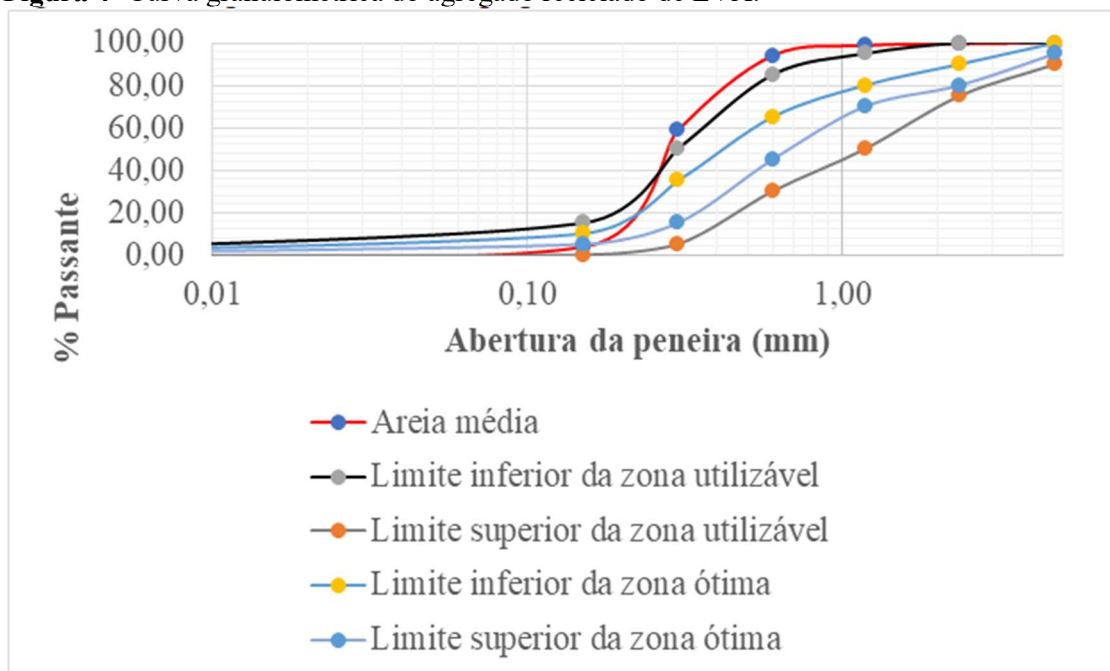
A composição granulométrica do agregado de EVA está disponível na Tabela 9, assim como sua curva granulométrica e as zonas de utilizáveis e ótimas, com seus respectivos limites superiores e inferiores. está disponível na Figura 4.

Tabela 9- Composição granulométrica do agregado de EVA.

Peneira (mm)	Massa (g)	% retido	% retido acumulado	% passante
4,75	5,02	1,67	1,67	98,33
2,36	248,49	82,83	84,50	15,50
1,18	32,67	10,89	95,39	4,61
$\mu 600$	7,55	2,52	97,91	2,09
$\mu 300$	1,85	0,62	98,53	1,47
$\mu 150$	1,66	0,55	99,08	0,92
$< \mu 150$	2,76	0,92	100,00	0,00
	300,00	100,00		

Fonte: Autor (2017).

Figura 4- Curva granulométrica do agregado reciclado de EVA.



Fonte: Autor (2017).

3.1.2.2 Dosagem experimental

O concreto de referência foi dosado seguindo o método da ABCP, sendo definido o traço unitário em massa e o consumo de materiais para a produção do concreto. As características do mesmo estão definidas na Tabela 10, o mesmo foi disponibilizado PERES (2013).

Tabela 10- Traço do Concreto de Referência.

Mistura	Traço unitário	Água/cimento	Cimento (Kg/m³)	Areia (Kg/m³)	Brita (Kg/m³)	Água (Kg/m³)
Referência	1:6,0	0,52	327,36	821,19	1140,96	171,75

Fonte: Peres (2013).

Com base no traço de referência foram definidos os traços unitários e o consumo de materiais para os concretos com EVA, utilizando a Equação 2, considerando as porcentagens de substituição dos agregados miúdo em 10, 25 e 40%, em volume, onde os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 11.

$$Mar = Man \times \frac{\gamma_{ar}}{\gamma_{an}} \quad (2)$$

Onde:

Mar = massa do agregado de EVA (kg);

Man = massa do agregado natural (kg);

γ_{ar} = massa específica do agregado de EVA (kg/cm³);

γ_{an} = massa específica do agregado natural (kg/cm³).

Tabela 11- Consumo de agregados naturais e reciclado para 1 m³ de concreto.

Agregado	Miúdo		
Teor de substituição (%)	10	25	40
Eva em massa (Kg)	4,31	10,78	17,24
Agregado em massa (Kg)	739,07	615,89	492,72

Fonte: Autor (2017).

3.1.2.3 Produção dos concretos

Os concretos foram produzidos em uma betoneira e a execução da mistura obedeceu à sequência: 100% da brita, 50% da água, 100% do cimento, 100% da areia; 50% da água. A mistura foi efetuada por, aproximadamente, 6 minutos após a colocação do cimento, de modo a garantir a sua perfeita homogeneização.

Após a mistura, os corpos de prova foram moldados e curados de acordo com a prescrição da NBR 5738 – Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2003). Após 24 horas, foram desmoldados e armazenados na câmara úmida, com umidade e temperatura controlada para cura até 28 dias, idade de realização dos ensaios do concreto no estado endurecido.

Os corpos de prova possuem dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo moldados 06 (seis) corpos de prova para cada teor de substituição e 06 (seis) para o concreto convencional, totalizando 24 (vinte e quatro). De cada 06 (seis) amostras, 03 (três) foram utilizadas para determinação da resistência à compressão e 03 (três) para determinação do desempenho a elevadas temperaturas.

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

3.1.3.1 Consistência do concreto

Após a mistura dos materiais foi executado o ensaio de abatimento do tronco de cone para determinação da consistência dos concretos analisados, conforme especificações da NBR NM 67 – Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 1998), demonstrada na Figura 5.

Figura 5- Ensaio de abatimento do tronco de cone.



Fonte: Autor (2017).

3.1.3.2 Resistência à compressão

Após o período de cura, definido como idade mínima de 28 dias, foram realizados os ensaios com os concretos no estado endurecido para definir resistência à compressão, conforme especificações da NBR 5739 – Concreto: Ensaio de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007).

3.1.3.3 Exposição dos concretos à altas temperaturas

O desempenho do concreto em altas temperaturas foi realizado com o auxílio de um forno elétrico com capacidade de aquecimento de 1000°C, que pode ser visualizado na Figura 6, onde os corpos de prova foram submetidos a temperaturas de aquecimento de 600°C, sendo mantidos nessa temperatura por 60 minutos para garantir a homogeneização da mesma em toda a amostra.

Figura 6- Forno elétrico.



Fonte: Autor (2017).

Posteriormente, foi analisada a perda da massa com o auxílio de uma balança, e por fim os corpos de provas foram submetidos à imersão de água, resultando em seu resfriamento brusco, secagem e levados para prensa, onde foram submetidos a ruptura.

3.1.4 Análise dos dados

Após os ensaios realizados, foi analisada a viabilidade da utilização dos resíduos de EVA em concreto, através de comparação dos resultados obtidos para concretos com 10%, 25% e 40% de substituição perante o concreto convencional.

A comparação realizada entre os concretos moldados, foi através de tabelas e gráficos onde se analisou os resultados, e se buscou possíveis utilizações na construção para o concreto modificado de acordo com suas características.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Concreto no Estado Fresco

4.1.1.1 Consistência do concreto

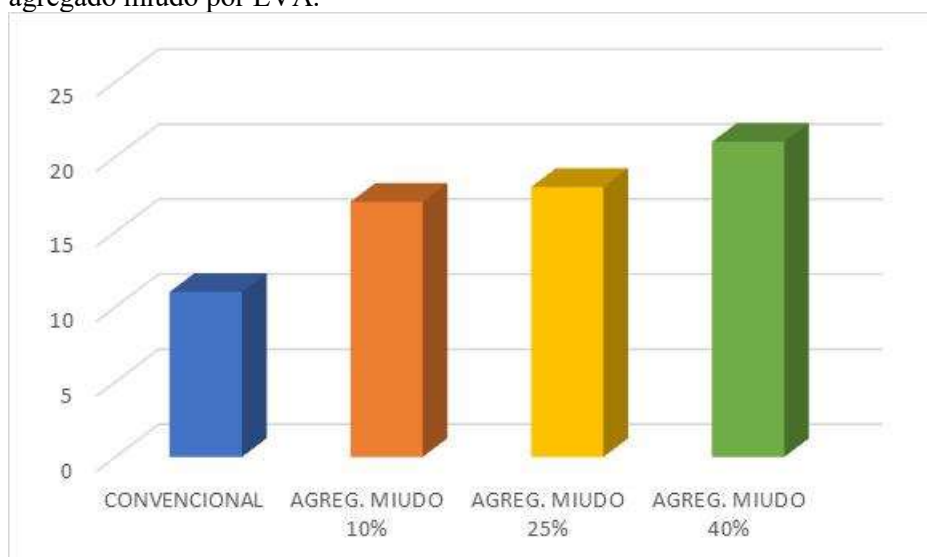
Os resultados do Slump Test obtidos a partir dos concretos com substituição do agregado miúdo por EVA, realizados de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998) estão dispostos na Tabela 12 e representados na Figura 7.

Tabela 12- Índice de consistência através do abatimento de tronco de cone com substituição parcial do agregado miúdo por EVA.

Mistura	Abatimento (mm)
Concreto de referência	110
Substituição de 10% do agregado miúdo por EVA	170
Substituição de 25% do agregado miúdo por EVA	180
Substituição de 40% do agregado miúdo por EVA	210

Fonte: Autor (2017).

Figura 7- Índice de consistência através do abatimento de tronco de cone com substituição parcial do agregado miúdo por EVA.



Fonte: Autor (2017).

O índice de consistência adotado para o concreto convencional foi de 100 ± 20 mm. Os concretos dosados com substituição de EVA não tiveram adição de nenhum tipo de plastificante/superplastificante, não havendo intervenção de suas características naturais, notou-se, portanto, que quanto maior o grau de substituição do agregado natural por agregado reciclado de EVA, menor a consistência do concreto.

De acordo com Santiago (2008), quanto maior o grau de substituição de agregado natural por EVA, a tendência é a diminuição do índice de consistência, ao contrário do observado. Ainda segundo o autor, o EVA não deve ser submetido a temperaturas superiores a 40°C , pois há uma perda de suas características, o que justifica o fato do concreto não seguir o padrão de consistência, afinal seu processo de moagem ocasionou aumento da temperatura.

Outro fato importante se deve aos ensaios realizados para determinar a massa específica e absorção do agregado reciclado, terem sido realizados com o material de dimensão superiores, como especificado no ensaio, podendo possivelmente ser divergentes para partículas menores.

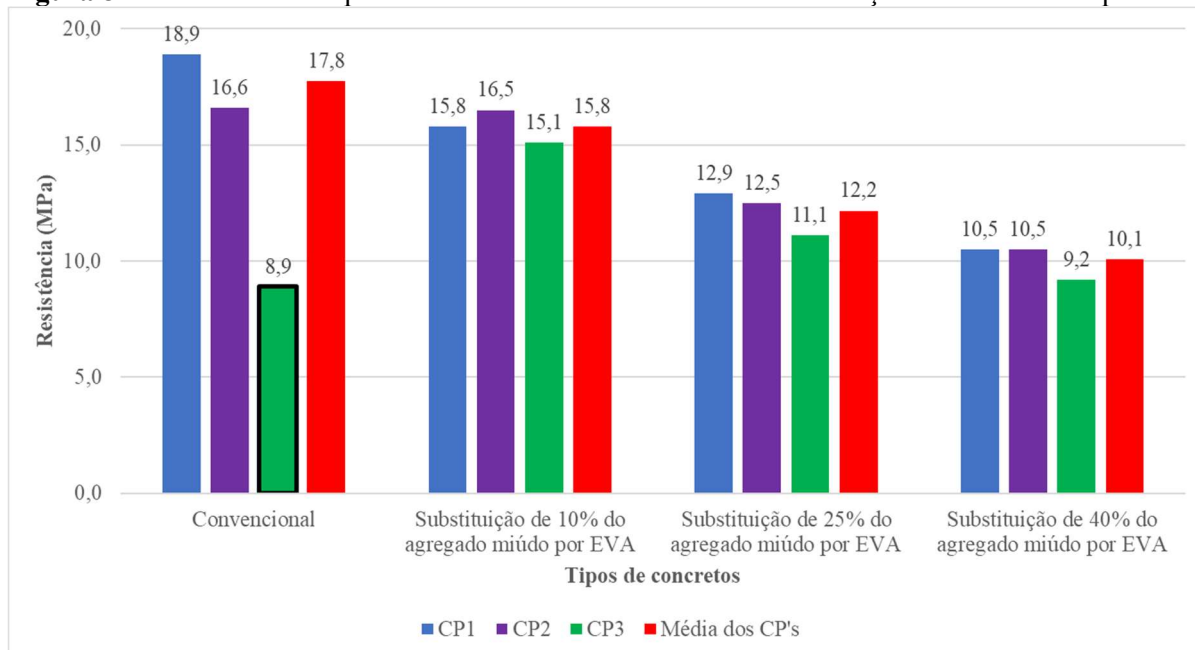
Vale ressaltar ainda, que o agregado reciclado de EVA possui massa específica aproximadamente 16 vezes menor que a apresentada pelos agregados naturais, o que equivale a aproximadamente 6% da massa específica do agregado natural. Em consequência de sua substituição ter sido realizada em volume, e não em massa, a quantidade de resíduo foi extremamente pequena em substituição a uma quantidade significativa de areia, o que também influenciou nos resultados de índice de consistência dos concretos dosados.

4.1.2 Concreto no Estado Endurecido

4.1.2.1 Resistência à compressão

A resistência à compressão de um concreto é a propriedade mais importante para definição da finalidade do mesmo, devido ao fato de servir de parâmetro para analisar outras propriedades. Essa pode sofrer alteração devido a diversos fatores, e está diretamente ligada à porosidade do agregado, onde um agregado mais poroso resulta em um concreto menos resistente (SOUZA, 2011).

A análise da resistência dos concretos foi realizada aos 28 dias, de acordo com as especificações na NBR 5739 – Concreto: Ensaio de corpos de prova cilíndricos, e podem ser visualizados na Figura 8, onde nos ANEXOS de A a L, estão dispostas as curvas de resistência.

Figura 8- Resistência a compressão dos concretos dosados com substituição da Areia média por EVA.

Fonte: Autor (2017).

Verifica-se de acordo com a Figura 8, que a análise foi realizada a partir da média de três corpos de prova para cada teor de substituição, porém para o concreto convencional optou-se apenas pelo resultado de dois corpos de prova, pois o terceiro apresentou resistência consideravelmente inferior aos demais, provavelmente devido a problema de adensamento ou falha do equipamento responsável pelo ensaio.

Observa-se, portanto, que comparado ao concreto convencional o teor de substituição de 10% do agregado miúdo apresenta um decréscimo de 11,2%. Já os com substituição de 25% e 40% decréscimos de 31,5% e 43,3% respectivamente.

Pode-se concluir que o agregado reciclado de EVA é o responsável pela diminuição da resistência.

4.1.2.2 Desempenho do concreto exposto à altas temperaturas

Os resultados encontrados para perda de massa dos corpos de prova submetidos a aquecimento de 600°C estão dispostos na Tabela 13.

Tabela 13- Massa dos corpos de prova anteriormente e posteriormente ao aquecimento.

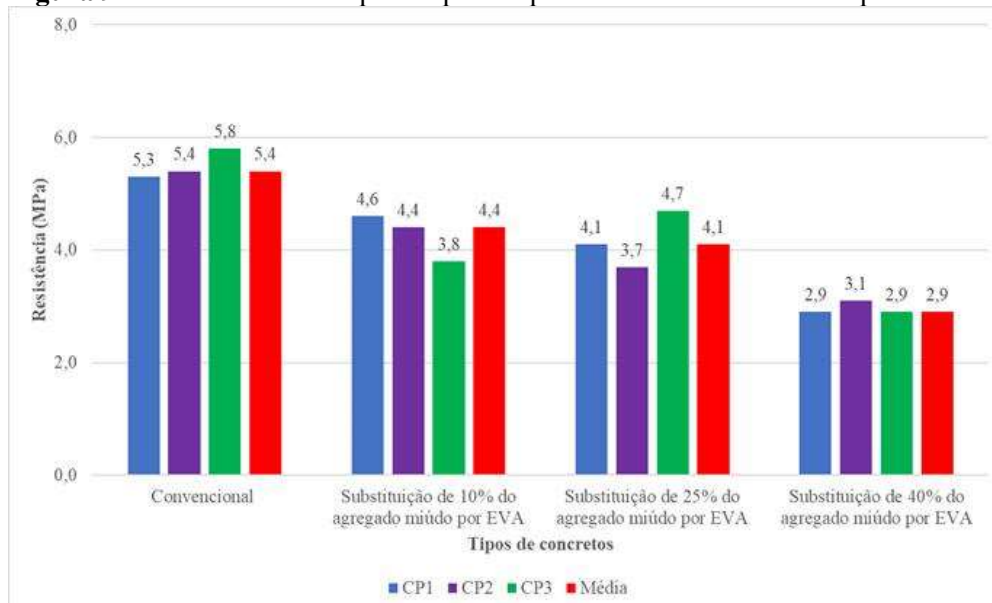
Amostra	Massa da amostra (kg)				
	Antes ao aquecimento	Após ao aquecimento	Perda	Perda em %	Média em %
Convencional CP01	3,806	3,480	0,326	9,37	9,69
Convencional CP02	3,848	3,508	0,340	9,69	
Convencional CP03	3,808	3,470	0,338	9,74	
Substituição de 10% CP01	3,824	3,494	0,330	9,44	9,44
Substituição de 10% CP02	3,736	3,408	0,328	9,62	
Substituição de 10% CP03	3,832	3,504	0,328	9,36	
Substituição de 25% CP01	3,812	3,460	0,352	10,17	10,34
Substituição de 25% CP02	3,750	3,392	0,358	10,55	
Substituição de 25% CP03	3,776	3,422	0,354	10,34	
Substituição de 40% CP01	3,736	3,368	0,368	10,93	11,42
Substituição de 40% CP02	3,688	3,310	0,378	11,42	
Substituição de 40% CP03	3,562	3,156	0,406	12,86	

Fonte: Autor (2017).

Pode-se observar que em relação ao concreto convencional, apenas o concreto com substituição parcial do agregado miúdo de EVA em 10%, apresentou perda de massa em porcentagem inferior, sendo os demais com substituições de 25% e 40%, apresentaram perdas superiores.

Os resultados de resistência a compressão axial dos corpos de provas após serem submetidos ao acréscimo de temperatura até 600°C estão disponíveis na Figura 9, e nos ANEXOS de M a X seus respectivos gráficos de resistência.

Figura 9- Resistência dos corpos de prova após serem submetidos à temperatura de 600°C.



Fonte: Autor (2017).

Os resultados do ensaio de resistência a compressão axial realizados após o concreto ser submetido a temperatura de 600°C, mostram que assim como o concreto convencional, os concretos dosados com substituição parcial do agregado miúdo por EVA, também apresentam perdas consideráveis de resistência.

Em comparação ao concreto convencional, o com substituição de 10% apresentou um decréscimo de resistência de 18,4%, enquanto os de 25% e 40%, simultaneamente de 24,1% e 46,3%. Notou-se, que assim como no ensaio realizado antes dos corpos de prova serem submetidos ao acréscimo de temperatura, após o acréscimo, também houveram perdas de resistência dos concretos.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pretende-se que esse estudo tenha contribuído com a busca por alternativas que permitam construções mais sustentáveis, com a utilização dos resíduos industriais reciclados de EVA. Em virtude dos objetivos propostos inicialmente e dos resultados encontrados, conclui-se que:

Com relação a trabalhabilidade do concreto desenvolvido com substituição parcial do agregado por EVA, quanto maior o teor de substituição, maior o grau de fluidez, sendo este um agravante para a perda de resistência. Essa característica está associada a temperatura que o resíduo de EVA foi exposto em seu processo de moagem, onde suas características podem ter sido alteradas.

Observou-se que a resistência a compressão dos corpos de prova moldados com resíduos de EVA é inversamente proporcional ao teor de substituição, ou seja, quanto maior o teor de substituição de agregado natural por EVA, menores foram as resistências encontradas. Devido principalmente ao EVA apresentar características de baixa rigidez e resistência.

O desempenho do concreto à altas temperaturas com substituição do agregado miúdo por EVA, também não apresentou resultados favoráveis à sua utilização, pois assim como em sua ruptura convencional aos 28 dias, o mesmo também perdeu resistência, em maiores proporções.

Portanto, com relação aos dados encontrados, em comparação ao concreto convencional, pode se dizer que as características desses concretos não apresentam vantagens para a formação de um novo concreto resistente. Essa solução apresenta-se apenas como uma forma de contribuir significativamente com a sustentabilidade, tornando-se receptora de um resíduo que tanto polui o meio ambiente.

Com relação à utilização desse concreto, como o mesmo não apresentou resistência considerável, considerada muito baixa, sua utilização se torna inviabilizada em estruturas como pilares que tenham grandes cargas e vigas com momentos fletores elevados, devido ao fato que sua utilização resultaria em estruturas com seções de grandes dimensões.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Afim de contribuir para o aperfeiçoamento do assunto em pauta, sugere-se os seguintes trabalhos futuros:

- Buscar a melhora da trabalhabilidade do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por EVA;
- Verificar a viabilidade econômica da substituição do agregado miúdo pelo agregado reciclado de EVA;
- Analisar a durabilidade dos concretos moldados com agregados reciclados de EVA em substituição do agregado miúdo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, Luiz Carlos de. **Concreto**: Notas de Aula da Disciplina. 2002. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2017.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle Tecnológico Básico do Concreto**. 2002. Disponível em: <http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_7351contbole_tecnolygico_by_sico_do_concbeto_pdf.pdf>. Acesso em: 16 maio 2017.

Associação Brasileira das Indústrias de Calçados - Abicalçados. **Relatório Setorial Indústria de calçados Brasil/2016**. Disponível em: www.abicalcados.com.br/noticia/abicalcados-lanca-relatorio-com-dados-do-setor/. Acesso em: 15 março 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2003. 6 p.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 1 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2003. 8 p.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo: determinação da massa específica e massa específica aparente. 1 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2003. 6 p.

_____. **NBR 45**: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 1 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2006. 8 p.

_____. **NBR 11578**: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 1997. 5 p.

_____. **NBR NM 67**: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 1 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 1991. 8 p.

_____. **NBR 8522**: Concreto: Determinação do módulo estático de elasticidade à. 2 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2008.

_____. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de corpos de prova cilíndricos. 1 ed. São Paulo: Incorpora Errata, 2007. 9 p.

_____. **NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 1 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2003. 6 p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto: especificação. 3 ed. Rio de Janeiro: Incorpora Errata, 2009. 9 p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2000.

BRASKEM. **EVA**: Copolímero Etileno Acetato de Vinila. 2015. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/download/Principal/21103?file=Cartilha_Braskem.pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.

CABRAL, A. E. B. *et al.* Modelagem de retração por secagem de concretos produzidos com agregados reciclados. **Ibracon: Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.13-13, mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-41952010000100002&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 18 maio 2017

CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. **Sobre as origens e desenvolvimento do Concreto**. Revista Tecnológica, Maringá, v. 17, n. 1, p.19-28, 2008. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/8169/0>>. Acesso em: 15 maio 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335. Acesso em: março 2017.

CTCCA, **Cartilha do EVA**. Centro Tecnológico do Couro Calçados e Afins, Novo Hamburgo, RS, 1993.

GARLET, G.; **Concreto leve usando resíduos de E.V.A. da indústria calçadista**. Porto Alegre, RS. 1997. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1º, Canela, 1997. Artigo técnico.

KAEFER, Luís Fernando. **A Evolução do Concreto Armado**. 1998. Disponível em: <[http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto Protendido/HistoriadoConcreto.pdf](http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf)>. Acesso em: 14 maio 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: atlas, 2003.

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

LIMA, Rogério C. A. de. **Investigação do comportamento de concretos em temperaturas elevadas**. 2005. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

LIMA R. C. A., KIRCHHOF L.D., CASONATO C.A., SILVA FILHO L. C. P.. **Efeito de Altas Temperaturas no Concreto**. Artigo - Grupo de Pesquisas LEME - UFRGS. In: II Seminário de patologia das Edificações. Porto Alegre, 2004.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

LORENZON, Andressa. **Análise da resistência residual do concreto após exposição a altas temperaturas**. 2014. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Acadêmico de Construção Civil do Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1970/1/PB_COECI_2013_2_5.pdf>. Acesso em: 27 set. 2017

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Portal de Apoio Ao Pequeno Produtor Mineral. **Agregados Minerais para Construção Civil: Areia, Brita e Cascalho**. s/d.

Disponível em: <http://www.redeaplmineral.org.br/pormin/noticias/minerais-e-rochas-descricao-aplicacao-e-ocorrencias/agregados_minerais_propiedades_aplicabilidade_ocorrencias.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. Tradução de GIAMMUSO, Salvador E..

NEVILLE, Adam Matthew; BROOKS, J. J.. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Tradução de CREMONINI, Ruy Alberto.

OLIVEIRA, Tiago A. de C. P. de. **Gerenciamento de riscos de incêndio: Avaliação do impacto em estruturas de concreto armado através de uma análise experimental de vigas isostáticas**. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

PAULA, Leonardo Souza. **Utilização de Resíduos de EVA como Agregado Graúdo em Concretos**. 2011. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em:

<http://www.deecc.ufc.br/Download/Projeto_de_Graduacao/2011/Leonardo_Souza_Utilizacao_de_Residuos_de_EVA_como_Agregado_Graudo_em_Concretos.pdf>. Acesso em: 7 maio 2017.

POLARI FILHO, R. S. **Contribuição ao Processo de Reciclagem dos Resíduos da Indústria de Calçados na Construção Civil: Bloco EVA** - Uma alternativa às alvenarias das construções. Dissertação de Mestrado. PPGEU/CT/UFPB, 2005.

POLARI FILHO, R.S.; MELO, A. B. DE; BARBOSA, N. P. **A reciclagem de resíduos da indústria de calçados (EVA) na execução de painéis de vedação na construção civil: avaliação de desempenho**. In.: ENCONTRO TEMÁTICO MEIO AMBIENTE E

EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 2, 2006. João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2006.

SANTIAGO, E.Q.R. **Utilização de agregados de EVA e RCD para a obtenção de concretos leves**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental) – Departamento de Tecnologia. Universidade Estadual de Feira de Santana. Bahia.

TEIXEIRA, Caueh Salzedas; CORDON, Heloísa Cristina Fernandes. **Estudo da Influência do Empacotamento das Partículas nas Propriedades do Concreto**. s/d. Disponível em: <<http://maua.br/files/032015/202840545-ESTUDO-DA-INFLUENCIA-DO-EMPACOTAMENTO-DE-PARTICULAS-NAS-PROPRIEDADES-DO-CONCRETO.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2017.

ZATTERA, A.J. *et al.* **Caracterização de resíduos de Copolímeros de Etileno-acetato de vinila - EVA**. **Polímeros: Ciência e tecnologia**. vol.15, n.1, 2005.

ANEXOS

ANEXO A - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional 02 - cp 1

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 15.160
 Tensão máxima (MPa): 18,9
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO B - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional 02 - cp 02

Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Ana
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Ana
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	13.280
Tensão máxima (MPa):	16,6
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO C – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional 02 - cp 03

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.090
 Tensão máxima (MPa): 8,9
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO D – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% de agregado miúdo - cp 01

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 12.680
 Tensão máxima (MPa): 15,8
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO E – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% de agregado miúdo - cp 02

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 13.200
 Tensão máxima (MPa): 16,5
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO F – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% de agregado miúdo - cp 03

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 12.070
 Tensão máxima (MPa): 15,1
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO G – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% de agregado miúdo - cp 01

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 10.290
 Tensão máxima (MPa): 12,8
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO H – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% de agregado miúdo - cp 02

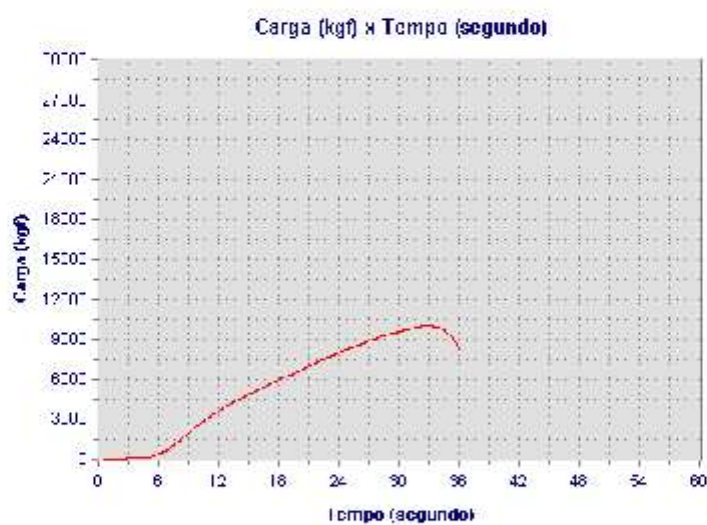
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 10.000
 Tensão máxima (MPa): 12,5
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO I – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% de agregado miúdo - cp 03

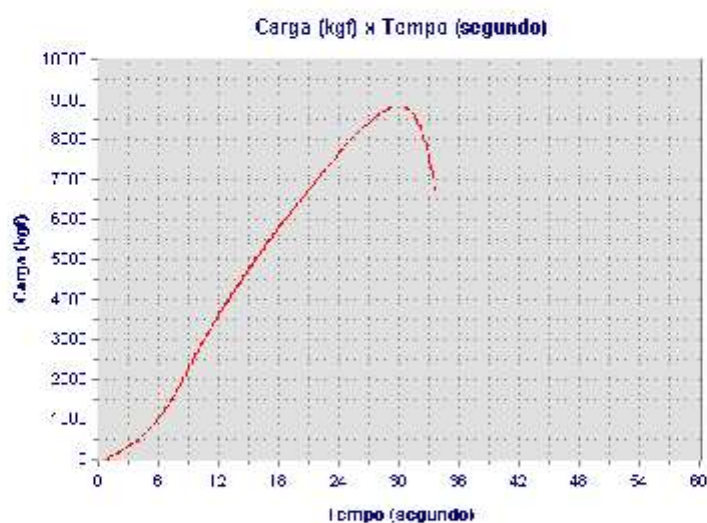
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 8.850
 Tensão máxima (MPa): 11,1
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO J – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% de agregado miúdo - cp 01

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 8.370
 Tensão máxima (MPa): 10,5
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO K – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% de agregado miúdo - cp 02

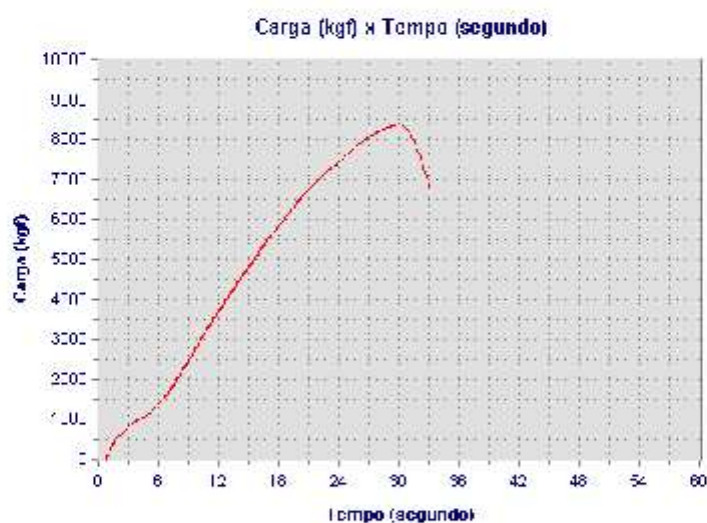
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 8.380
 Tensão máxima (MPa): 10,5
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO L – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% de agregado miúdo - cp 03

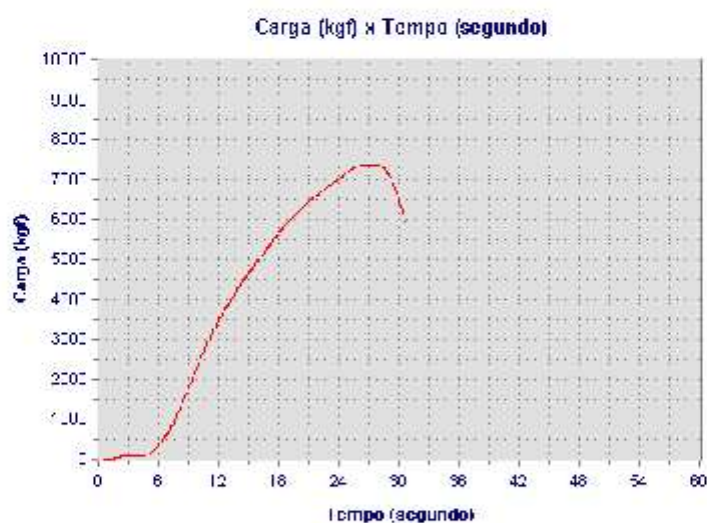
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.390
 Tensão máxima (MPa): 9,2
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



ANEXO M - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional - CP 01

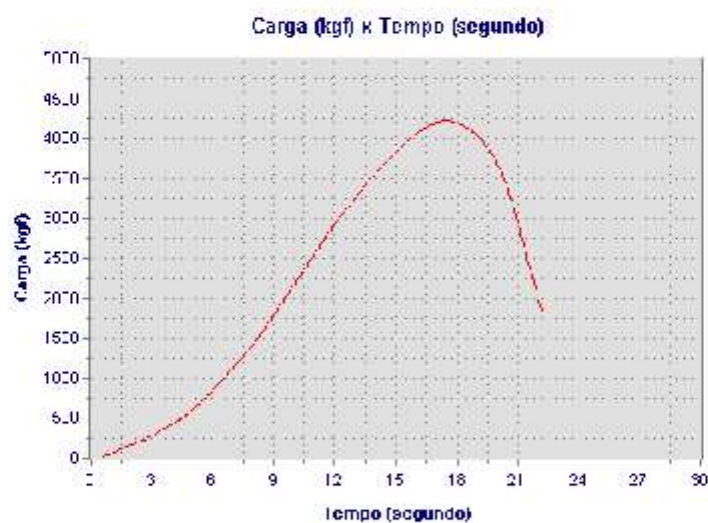
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.220
Tensão máxima (MPa): 5,3
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO N - RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional - CP 02

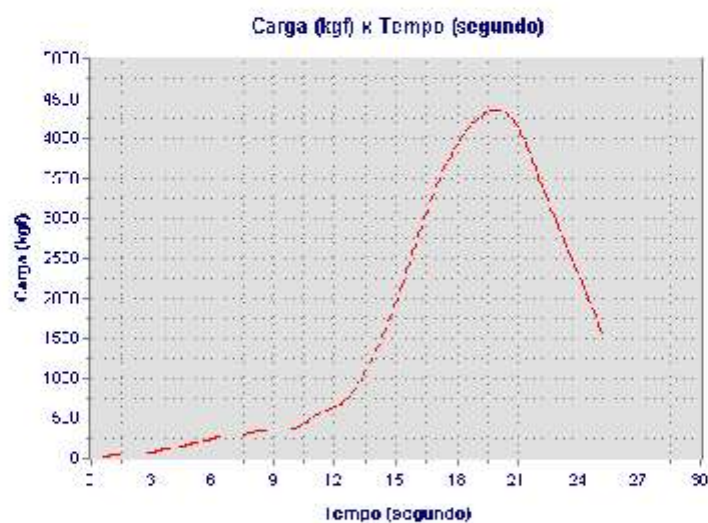
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.360
Tensão máxima (MPa): 5,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO O – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO CONVENCIONAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Convencional - CP 03

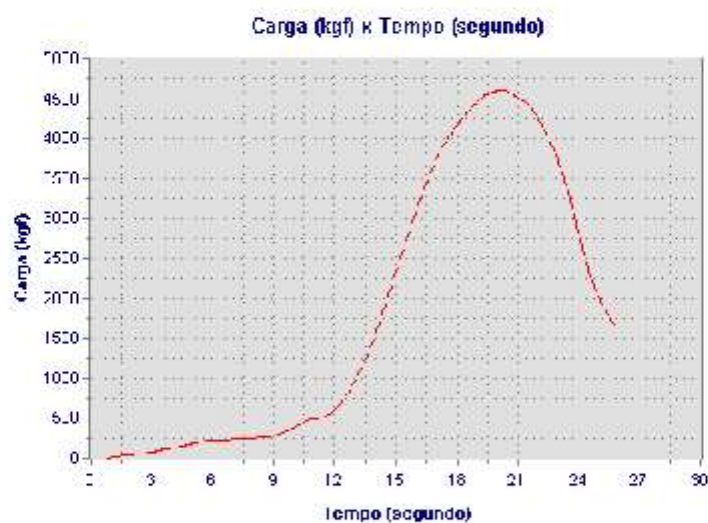
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.610
Tensão máxima (MPa): 5,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO P – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% Agregado Miúdo - CP 01

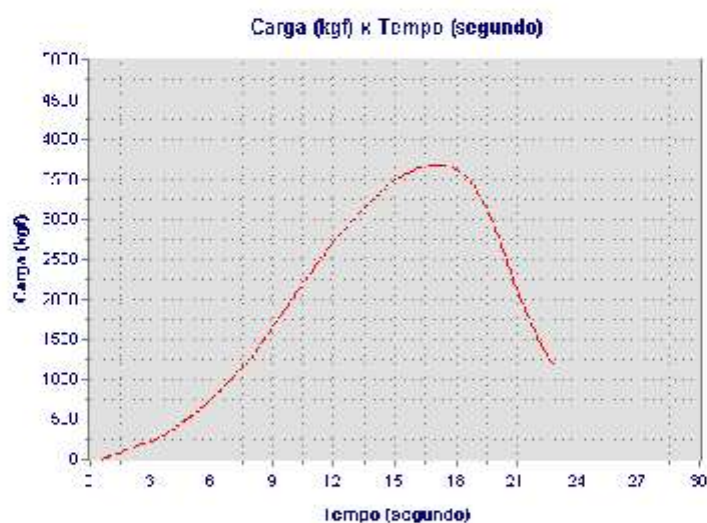
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.690
Tensão máxima (MPa): 4,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

quarta-feira, 18 de outubro de 2017

17:52:00

ANEXO Q – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% Agregado Miúdo - CP 02

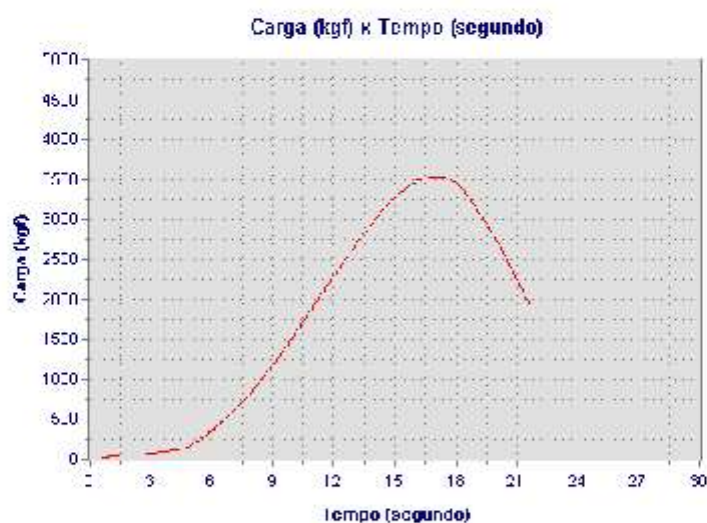
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.540
Tensão máxima (MPa): 4,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO R – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 10%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 10% Agregado Miúdo - CP 03

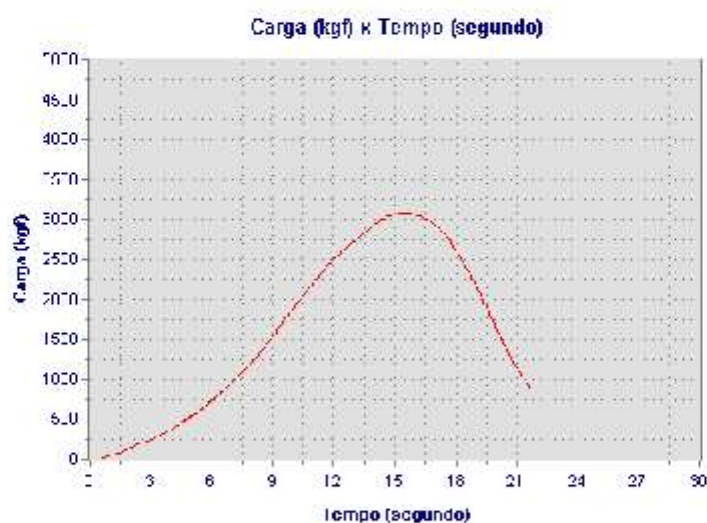
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 23/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.080
Tensão máxima (MPa): 3,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO S – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% - cp 01

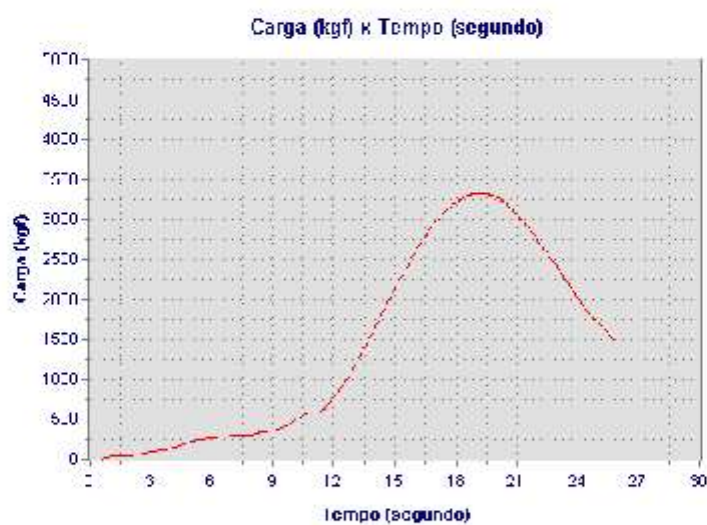
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.320
Tensão máxima (MPa): 4,1
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

quarta-feira, 18 de outubro de 2017

21:45:08

ANEXO T – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% - CP 02

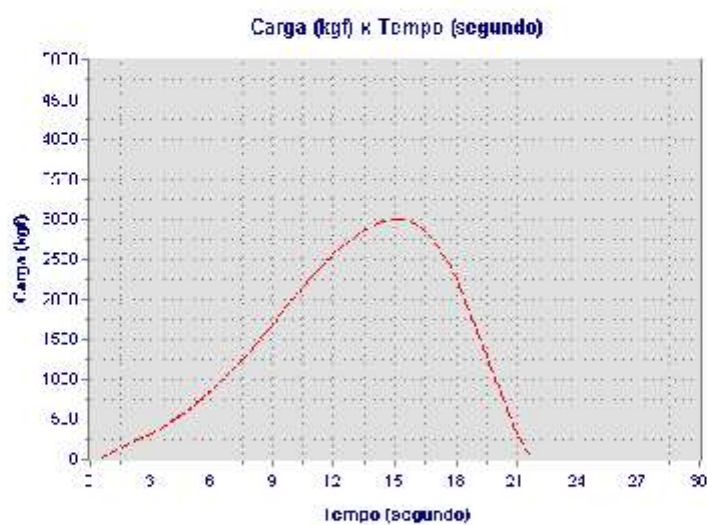
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.000
Tensão máxima (MPa): 3,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO U – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 25%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 25% - CP 03

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.750
Tensão máxima (MPa): 4,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO V – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP01 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40% DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% - CP 01

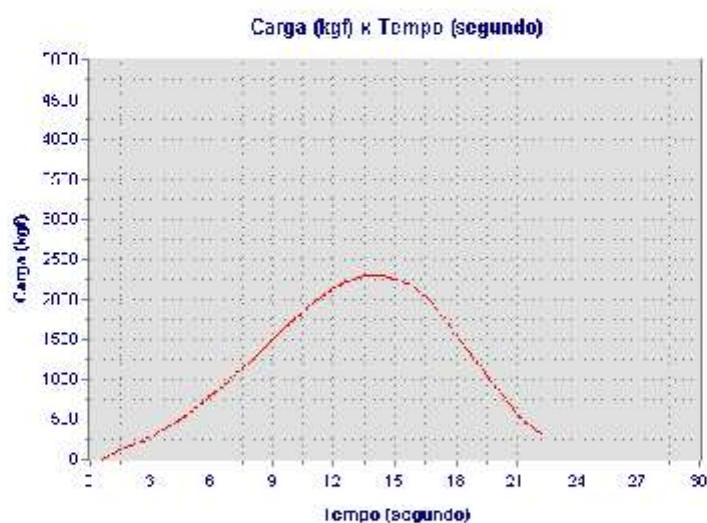
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Ana
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.300
 Tensão máxima (MPa): 2,9
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO W – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP02 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% - CP 02

Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.450
Tensão máxima (MPa): 3,1
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO X – RESULTADO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL
APÓS EXPOSIÇÃO À 600°C DO CP03 DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE 40%
DO AGREGADO MIÚDO POR EVA



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - 40% - CP 03

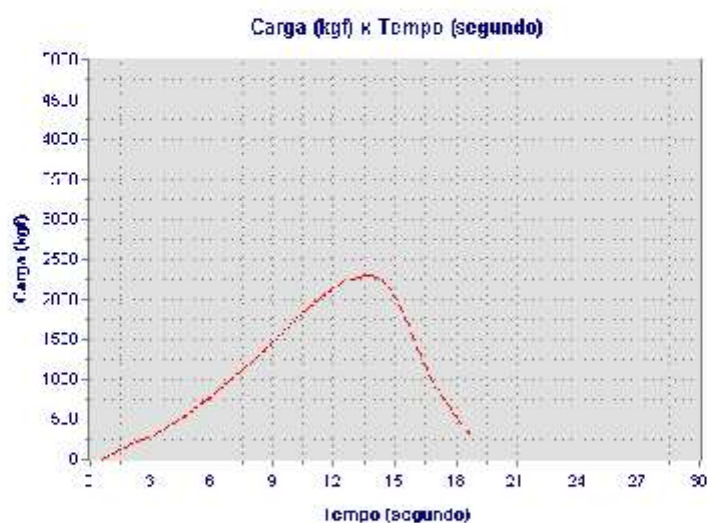
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Ana
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Ana
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 22/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.290
Tensão máxima (MPa): 2,9
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações: