

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

HELOÍSA MARCON DE AZEVEDO

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM
AREIA DE BRITAGEM COMO AGREGADO MIÚDO**

**CASCABEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

HELOÍSA MARCON DE AZEVEDO

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM
AREIA DE BRITAGEM COMO AGREGADO MIÚDO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, 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 Vânia Nogueira do Nascimento Peres**

**CASCADEL - PR
2017**

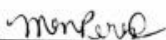
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

HELOISA MARCON DE AZEVEDO

**ANÁLISE DA TRABALHABILIDADE DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM
AREIA DE BRITAGEM COMO AGREGADO MIÚDO**

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.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me incentivaram a batalhar e seguir todos os meus sonhos sem desistir, nem desanimar nas horas difíceis, sempre me dando todo o seu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que com sua infinita bondade me deu saúde e forças para concluir mais esta etapa da vida.

Aos meus pais Luis Volmir de Azevedo e Angela Marcon de Azevedo, que estiveram ao meu lado me apoiando e ajudando em tudo o que estava em seus alcances, por batalharem comigo em todos estes anos e nunca me deixarem desanimar com os desafios encontrados ao longo desta caminhada.

Ao meu irmão, Leonardo Marcon de Azevedo, que mesmo quando estive longe, estava sempre pronto para me apoiar nas dificuldades presentes.

Ao meu namorado, Fernando José Paludo, que pela realização do seu Trabalho de Conclusão de Curso, me inspirou a seguir sua pesquisa, dedicando-se sempre e me dando todo o apoio necessário para alcançar esta conquista tão esperada.

A minha orientadora Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres, minha eterna gratidão, por dividir seus ensinamentos comigo e não medir esforços para me ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial meus amigos, Alana Giongo, Amer Ali, Ana Carolina Kufner, Ana Flavia S. Feuser, Bianca Bernardon Busatta, Bruna Reichert, Diorgenes V. Calegari e Luiza Boschirolli, que permaneceram comigo em todos estes anos, dividindo todas as dificuldades encontradas ao longo deste caminho.

A todos os professores que de alguma forma dividiram comigo seus conhecimentos contribuindo assim para a minha formação pessoal e profissional.

Agradeço o pessoal do Laboratório de Materiais que me auxiliaram sempre que precisei.

Por fim a todos os meus colegas que estiveram presentes em todos estes anos dividindo momentos bons e de dificuldades para alcançarmos nosso tão sonhado diploma.

RESUMO

Este trabalho teve o intuito de avaliar a trabalhabilidade, a capacidade resistente e a absorção de água do concreto não convencional, com substituição de 20% da areia natural por areia de britagem, embasado no trabalho de Paludo (2016), que não alcançou a trabalhabilidade desejada. O estudo consistiu na adição de água e de aditivos, no concreto não convencional, tendo como objetivos, avaliar a consistência do concreto com adição de água e aditivos, determinar a resistência à compressão dos corpos de prova com suas diferentes adições, realizar o ensaio de absorção de água através do ensaio de imersão em água para os concretos em análise, comparar as características dos concretos convencional e com substituição parcial do agregado miúdo e por fim identificar qual adição proporciona melhor comportamento nas características do concreto. Para realizar todos os objetivos propostos, foram realizados ensaios em laboratório, que são, abatimento do tronco de cone (*Slump test*), ensaio de resistência à compressão axial e ensaio de absorção de água por imersão. Os resultados destes ensaios laboratoriais foram favoráveis, a trabalhabilidade teve uma melhora significativa, o *Slump test* aumentou 66,67%, e a resistência a compressão apesar de ter uma queda em relação ao concreto convencional, estas de 8,63% e de 17,22%, não inutilizou o concreto realizado. Com isso concluído, encontrou-se uma forma de melhoria da trabalhabilidade deste concreto não convencional e assim este poderá ser utilizado na construção civil atendendo ao quesito de concreto sustentável, que possui uma boa resistência e uma excelente trabalhabilidade.

Palavras-chaves: Concreto. Agregados. Areia de britagem. Trabalhabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Agitamento mecânico.	29
Figura 2: Deslocamento de água.	33
Figura 3: Separação das partículas.	35
Figura 4: Retirada da água com as peneiras.	35
Figura 5: Moldagem dos corpos de prova; (A) Mistura do concreto; (B) Moldagem dos corpos de prova; (C) Cura dos corpos de prova; (D) Corpos de prova curados e retificados. .	38
Figura 6: Fluxograma dos ensaios.....	39
Figura 7: Socamento com haste.	40
Figura 8: Superfície rasada.....	41
Figura 9: Leitura do abatimento de tronco de cone; (A) Concreto convencional; (B) Concreto com adição de aditivos; (C) Concreto com adição de água.....	41
Figura 10: Ensaio de compressão axial.	42
Figura 11: Ensaio de absorção de água; (A) 1/3 do seu volume imerso; (B) 2/3 do seu volume imerso; (C) Completamente imerso.....	43
Figura 12: Abatimento de tronco de cone.	45
Figura 13: Média da resistência a compressão.....	47
Figura 14: Absorção de água por imersão.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de cimento Portland.	17
Tabela 2 – Classificação conforme a densidade do material que constitui as partículas.	19
Tabela 3 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	20
Tabela 4 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo	21
Tabela 5 – Etapas do processo de produção dos agregados miúdos de britagem.....	23
Tabela 6 – Granulometria do agregado miúdo de origem natural.	29
Tabela 7 – Granulometria do agregado miúdo de origem artificial.....	30
Tabela 8 – Granulometria do agregado graúdo de origem natural.	30
Tabela 9 – Massa específica agregado miúdo natural.	32
Tabela 10 – Massa específica agregado miúdo proveniente de britagem.	33
Tabela 11 – Massa específica agregado graúdo.	34
Tabela 12 – Material pulverulento do agregado miúdo de britagem.....	36
Tabela 13 – Material pulverulento do agregado miúdo de britagem.....	36
Tabela 14 – Proporcinamento dos materiais em kg/m ³	36
Tabela 15 - Resistência a Compressão em Mpa (Concreto Convencional).....	46
Tabela 16 - Resistência a Compressão em Mpa (Concreto com areia de britagem + aditivo).	46
Tabela 17 - Resistência a Compressão em Mpa (Concreto com areia de britagem + 5% de água).	46
Tabela 18 – Média de pesagem dos CP's antes da estufa.....	48
Tabela 19 - Média de pesagem dos CP's após estabilização.....	48
Tabela 20 - Média de pesagem dos CP's após 72h de imersão em água.....	49

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Massa específica aparente do agregado seco.....	31
Equação 2: Volume de água adicionada ao frasco.....	31
Equação 3: Massa específica do agregado saturado superfície seca.....	32
Equação 4: Massa específica agregado miúdo.....	32
Equação 5: Massa específica agregado graúdo.....	34
Equação 6: Determinação da percentagem de material pulverulento.....	36
Equação 7: Percentagem de água absorvida pelo concreto.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

CP – Corpo de Prova

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	16
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
CAPÍTULO 2	17
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1 Concreto de cimento Portland.....	17
2.1.1.1 Cimento Portland.....	17
2.1.1.2 Agregados	18
2.1.1.3 Água.....	19
2.1.2 Características dos agregados miúdos e suas influências nas propriedades do concreto	19
2.1.2.1 Composição granulométrica	19
2.1.2.2 Módulo de finura	21
2.1.2.3 Material pulverulento	21
2.1.2.4 Dimensão máxima característica	22
2.1.2.5 Forma e textura superficial das partículas	22
2.1.3 Processo de produção dos agregados miúdos de origem natural	22
2.1.4 Processo de produção dos agregados miúdos de britagem	23
2.1.5 Propriedades do concreto fresco	24
2.1.5.1 Trabalhabilidade	24
2.1.5.2 Consistência e coesão	25
2.1.6 Propriedades do concreto endurecido	25
2.1.6.1 Resistência	25
2.1.6.2 Durabilidade.....	26
2.1.6.3 Deformação e fissuração.....	26
2.1.6.4 Porosidade.....	27
CAPÍTULO 3	28

3.1 METODOLOGIA.....	28
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	28
3.1.2 Caracterização da amostra	28
3.1.2.1.1 Granulometria	28
3.1.2.1.2 Determinação da Massa Especifica do agregado miúdo	31
3.1.2.1.3 Determinação da Massa Especifica do agregado graúdo	33
3.1.2.1.4 Material Pulverulento no agregado de britagem e no agregado graúdo	34
3.1.2.2 Cimento	37
3.1.2.3 Água.....	37
3.1.2.4 Aditivo	37
3.1.2.5 Proporcinarmento dos materiais	37
3.1.2.6 Moldagem e cura de corpos de prova	38
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados	39
CAPÍTULO 4	45
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1.1 Consistência do Concreto	45
CAPÍTULO 5	51
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO	51
CAPÍTULO 6	53
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
APÊNDICE A – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A	
COMPRESSÃO.....	56
APÊNDICE B – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.	74

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O concreto tem sido usado significativamente na construção civil, em prédios comerciais, residenciais, industriais, pontes e outros. Isto ocorre, devido às vantagens que este possui, baixo custo, boa resistência, fácil execução, durabilidade, adaptabilidade e versatilidade (SHEHATA, 2005). Para Andolfato (2002), o concreto é uma mistura de agregados graúdo, miúdo e material ligante, podendo conter aditivos ou não.

O agregado miúdo geralmente é a areia convencional, composta basicamente de sílica, esta podendo ser obtida nos leitos e margens dos rios, em portos ou bancos de areia, para o agregado graúdo normalmente utiliza-se pedra britada, que é obtida pela britagem mecânica de determinadas rochas (DRAGO; VERNEY; PEREIRA, 2009).

A utilização de agregados de qualidade tem papel fundamental, já que os agregados correspondem a $\frac{3}{4}$ da composição do concreto. Os agregados comprometem significativamente a resistência e a durabilidade do concreto, economicamente falando, é conveniente produzir concreto com volume maior de agregados e menor quantidade de cimento, porém deve-se contrabalancear a relação custo/benefício com as propriedades do concreto que se deseja obter (NEVILLE; BROOKS, 2010).

A importância dos agregados na construção civil sempre será a mesma, não irá diminuir futuramente, porém, as fontes disponíveis de agregados, poderão ter uma queda drástica devido a exploração desenfreada, acarretando o esgotamento do mesmo, bem como, custos com novos arrendamentos e transporte (BOBROWSKY, 1998).

Por esta possível escassez dos agregados naturais, muitos subprodutos industrializados estão sendo pesquisados para uma futura substituição.

A sustentabilidade é um assunto bastante discutido nos últimos anos, a preocupação com o meio ambiente acarreta novos pensamentos e novas formas de se realizarem determinadas coisas, com isso, as pessoas estão investindo em novas tecnologias, para assim conseguir ajudar o mundo a se tornar mais sustentável.

Alguns materiais vem sendo estudados ao longo dos anos, como é o caso da areia de britagem, que é um subproduto que está sendo muito analisado para substituição parcial do agregado miúdo, diminuindo assim um possível aumento de gastos com transportes e o esgotamento da areia convencional que causará impactos ambientais futuros.

Algumas pesquisas neste assunto já foram finalizadas, concluindo assim que a substituição parcial da areia convencional por areia de origem britada alcança uma boa resistência, em contrapartida a trabalhabilidade deste concreto não convencional ficou reduzida, não podendo assim ser utilizado posteriormente (PALUDO, 2016).

Neste contexto, busca-se com este trabalho utilizar areia de britagem em substituição parcial do agregado miúdo, com o intuito de encontrar a trabalhabilidade desejada e ideal para que este concreto possa futuramente ser usado em obras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o comportamento do concreto fresco e endurecido com substituição parcial de 20% do agregado miúdo por areia de britagem com a adição de água e aditivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a consistência do concreto com adição de água e aditivos;
- Determinar a resistência à compressão dos corpos de prova com suas diferentes adições;
- Realizar o ensaio de absorção de água através do ensaio de imersão em água para os concretos em análise;
- Comparar as características dos concretos, convencional e com substituição parcial do agregado miúdo;
- Identificar qual adição proporciona melhor comportamento nas características do concreto.

1.3 JUSTIFICATIVA

O concreto é um excelente material para vários tipos de obras, este apresenta boas características em relação a resistência, fácil execução, versatilidade e um custo considerado baixo quando comparado com outros materiais empregados em estruturas (PALUDO, 2016).

O agregado tem influência considerável quanto a resistência, estabilidade e durabilidade do concreto, bem como papel fundamental na determinação de custos e da trabalhabilidade das misturas de concreto, portanto, os agregados merecem ser valorizados como o cimento (METHA e MONTEIRO, 1994).

Os agregados são fundamentais na composição do concreto, porém as fontes destes podem se esgotar com o tempo, devido à extração desenfreada, podendo desta forma, acrescentar o custo dos mesmos por existirem distâncias entre as jazidas e os grandes centros, como citado anteriormente (BOBROWSKY, 1998).

Rochas basálticas são encontradas com facilidade no meio ambiente, sua extração tem um fator de agressividade menor comparada a extração de areia, pois esta não é extraída de rios e lagos, que são os mais afetados na extração desordenada da areia convencional (PALUDO, 2016).

Neste contexto, este trabalho torna-se muito importante para o futuro do meio ambiente, bem como para o da construção civil. A substituição parcial do agregado miúdo, por areia de britagem, trará uma redução significativa nos impactos causados em rios e lagos pela extração desenfreada da areia natural, contribuindo assim para um futuro mais sustentável para toda sociedade.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

No concreto, quando a areia convencional é substituída pela areia de britagem e são feitas adições de água e/ou aditivos, a resistência, a trabalhabilidade, a rigidez e a absorção de água continuam sendo as necessárias para o uso do mesmo na construção civil?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A substituição parcial do agregado miúdo é uma excelente saída para o fim da sobrecarga do meio ambiente com a extração desenfreada de agregados, porém a mesma não apresenta a trabalhabilidade desejada. Esta poderá ser melhorada e atingir a desejada, sem reduzir a resistência esperada deste concreto, com a adição de água e/ou aditivos.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limita-se a substituição parcial de 20% do agregado miúdo natural por areia de britagem, definido com base no estudo realizado por Paludo (2016). Para a análise do material serão realizados ensaios de consistência, que será verificada no momento da concretagem e resistência à compressão, módulo de elasticidade e absorção de água, testados na idade de 28 dias, conforme prescrições nas normas, não sendo realizado nenhum outro ensaio para análise do comportamento do concreto.

Para cada ensaio serão moldados 6 (seis) corpos de prova cilíndricos, com dimensões 10 cm x 20 cm, totalizando 36 amostras, que serão testadas no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Construção Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz.

A escolha dos experimentos foi determinada pela sua relevância, conforme a disponibilidade de laboratório e equipamentos destinados à pesquisa.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Concreto de cimento Portland

2.1.1.1 Cimento Portland

Segundo a NBR 5732 (ABNT, 1991), o Cimento Portland comum é definido como aglomerante hidráulico, obtido pela moagem de *clínquer* Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato.

Neste contexto Bauer (1979) diz que, o Cimento Portland é obtido pela pulverização de *clinker* composto basicamente de silicatos hidráulicos de cálcio e uma proporção de sulfato de cálcio natural, porém, em alguns casos são adicionados algumas substâncias que modificam suas propriedades e facilitam seu emprego.

Para a produção dos cimentos são usadas diferentes composições químicas, isto faz com que os mesmos apresentem diferenças em suas propriedades quando hidratados. Existem diferentes tipos de cimentos, e uma diferente classificação dos mesmos, geralmente diferenciam-se pelas propriedades físicas, principalmente nos estágios iniciais de hidratação (NEVILLE; BROOKS, 2010).

Contudo, entendemos que é possível produzir cimentos com características especiais, como, alta resistência inicial, baixo calor de hidratação, alta resistência aos sulfatos, moderado calor de hidratação ou moderada resistência ao sulfato (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (1994), o cimento Portland pode ser classificado em 8(oito) tipos, conforme apresentados no Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de cimento Portland.

TIPO I	Utilizado quando não são requeridas as propriedades especiais especificadas para qualquer um dos outros tipos.
TIPO IA	Cimento tipo I com incorporador de ar, onde o ar incorporado é necessário. EX: Produção de concreto resistente ao congelamento.
TIPO II	Para uso geral e especialmente quando se deseja moderada resistência ao sulfato ou moderado calor de hidratação. Como o C ₃ A e o C ₃ S produzem elevados calores de hidratação, a norma limita suas quantidades.
TIPO IIA	Cimento tipo II com incorporador de ar, onde o ar incorporado é necessário.
TIPO III	Utilizado quando se deseja uma alta resistência inicial. A norma limita também o teor de C ₃ A.
TIPO IIIA	Cimento tipo III com incorporador de ar, quando se deseja ar incorporado.

TIPO IV	Utilizado quando se deseja um baixo calor de hidratação. C_3A e o C_3S produzem alto calor de hidratação, por isso a norma os limita, já o C_2S produz menos calor, então a norma estabelece um mínimo de 40%.
TIPO V	Utilizado quando se deseja uma alta resistência ao sulfato.

Fonte: Adaptado de Mehta e Monteiro (1994).

2.1.1.2 Agregados

Os agregados são partículas minerais, que tem função de aumentar o volume da mistura, reduzir o custo da mesma, bem como, contribuir para a estabilidade volumétrica do produto final (PINHEIRO, 2008).

Para Bauer (1979), agregado é um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, sendo uma mistura de partículas com uma grande gama de tamanhos. Estes se classificam segundo sua origem, dimensões de partículas e peso específico aparente.

Segundo sua origem os agregados podem ser, naturais e industrializados. Naturais são agregados que já se encontram na natureza, prontos para uso, como, areia e cascalho. Já agregados industrializados são os que necessitam de processos industriais, neste caso a matéria prima pode ser, rocha, argila, entre outros (BAUER, 1979).

Para Mehta e Monteiro (1994), os agregados de origem natural são os mais utilizados na produção de concretos de cimento Portland, como agregados graúdos, utiliza-se pedra britada, e como miúdos, areia sílica natural.

Ainda para Mehta e Monteiro (1994), existe uma grande vantagem na produção de agregados industrializados. Esta vantagem é produzir um concreto de granulometria padronizada, isto se deve ao fato de poder determinar o tamanho e a forma das partículas.

Segundo as dimensões das partículas, os agregados podem ser, miúdo e graúdo, sendo os miúdos as areias e os graúdos os cascalhos e britas (BAUER, 1979).

Agregado miúdo segundo a NBR 7211 – Agregados para concreto: especificação (ABNT, 2009), são os agregados cujos grãos passam, na peneira com abertura de malha de 4,75mm.

Agregado graúdo segundo NBR 7211 (ABNT, 2009), são os agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm, e ficam retidos na peneira com abertura de 4,75 mm.

Já segundo seu peso específico aparente, o agregado é classificado conforme a densidade do material que constitui as partículas, podendo ser leves, médios e pesados, como representado na Tabela 2 (BAUER,1979).

Tabela 2 – Classificação conforme a densidade do material que constitui as partículas.

LEVES		MÉDIOS		PESADOS	
Vermiculita	0,3	Calcário	1,4	Barita	2,9
Argila Expandida	0,8	Arenito	1,45	Hematita	3,2
Escória Granulada	1,0	Cascalho	1,6	Magnetita	3,3
		Granito	1,5		
		Areia	1,5		
		Basalto	1,5		
		Escória	17		

Fonte: Adaptado de Bauer (1979).

2.1.1.3 Água

Para Bastos (2011), o concreto necessita da água, para poder executar reações químicas de hidratação do cimento, que garantem as propriedades de resistência e durabilidade do concreto.

Deve-se ter atenção na qualidade da água de amassamento e para a cura do concreto, por via de regra a água deve ter pH entre 6,0 a 9,0. Esta atenção é muito importante, pois as impurezas contidas na água podem ser fatores negativos na existência do concreto, podem causar manchas na superfície do mesmo, ou ainda, corroer sua armadura (NEVILLE, 1997).

2.1.2 Características dos agregados miúdos e suas influências nas propriedades do concreto

2.1.2.1 Composição granulométrica

Composição granulométrica de um agregado é o percentual dos seus diferentes tamanhos de grãos, considerando a quantidade de material, em massa, retido nas peneiras da série normal (76; 38; 19; 9,5; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm), determinados de acordo com a NM 248:2003 (VIACELLI, 2012).

Para Mehta e Monteiro (1994), composição granulométrica é a distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões, geralmente é usada em porcentagens acumuladas maiores e menores do que cada uma das aberturas de uma série de peneiras, ou porcentagens entre certos intervalos de aberturas de peneiras.

Existem várias razões para que haja especificações de limites granulométricos e de dimensões máximas dos agregados, a principal é a sua relação com a trabalhabilidade e o custo. Areias grossas produzem concretos ásperos e não trabalháveis, enquanto areias finas aumentam o consumo de água, tornando-o antieconômico (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A distribuição granulométrica, determinada segundo a ABNT NBR NM 248 – Agregados: determinação da composição granulométrica (ABNT, 2003), deve atender aos limites estabelecidos na Tabela 3. Podem-se utilizar materiais com distribuição granulométrica diferente da representada, desde que estudos prévios de dosagem comprovem sua aplicabilidade, conforme especificações na NBR 7211 – Agregado para concreto: especificação (ABNT, 2009).

Tabela 3 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: NBR 7211 (ABNT 2009).

A distribuição granulométrica, determinada segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), deve atender aos limites indicados para o agregado graúdo constantes na Tabela 4 (NBR 7211, ABNT 2009).

Tabela 4 – Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ²⁾	65 ²⁾ – 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-
9,5 mm	2 – 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 – 100	-	-	-	-

¹⁾ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

²⁾ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: NBR 7211 (ABNT 2009).

2.1.2.2 Módulo de finura

Segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), “Módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100”.

2.1.2.3 Material pulverulento

Segundo a NBR 7219 – Agregado: determinação do teor de material pulverulento (ABNT, 1987), “Materiais pulverulentos, são partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados”.

Geralmente é constituído por partículas de argila, estas reduzidas a um pó muito fino, contribui para preencher os vazios da areia e influi para que o cimento envolva melhor os grãos de areia, ligando-os mais fortemente entre si (PETRUCCI, 1998).

2.1.2.4 Dimensão máxima característica

Segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), é a grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira, da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5%.

Para Mehta e Monteiro (1994), a dimensão máxima de agregados é designada pela dimensão da abertura da peneira na qual ficam retidos 15% ou menos das partículas dos agregados. Em geral, quanto maior a dimensão máxima do agregado será necessário uma quantidade menor da pasta cimento, sendo que este custa em média 10 vezes mais do que o agregado, então com isto pode-se obter uma melhora econômica significativa.

2.1.2.5 Forma e textura superficial das partículas

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a forma e textura dos agregados influenciam muito mais nas propriedades do concreto no estado fresco do que endurecido. Partículas arredondadas e lisas requerem menos pasta de cimento, em comparação as partículas ásperas, angulosas e alongadas, portanto, estas trazem um aumento significativo do custo deste concreto.

2.1.3 Processo de produção dos agregados miúdos de origem natural

Os agregados de origem natural são os que já se encontram em forma particulada na natureza: areia e cascalho (BAUER, 1979).

Os agregados de origem natural são os mais utilizados na produção de concreto de cimento Portland. O agregado miúdo mais utilizado é a areia de sílica natural (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo Lodi (2006), a areia representa 30% do volume de concretos, sendo que este é o material de construção mais utilizado do mundo. O processo de extração da areia natural agride fortemente a natureza, principalmente relacionada aos rios, por estes perderem suas calhas naturais, aumentando a vazão da água ou acelerando a erosão das margens dos mesmos.

Em muitas regiões do Brasil e do mundo as jazidas de areia natural estão cada vez mais escassas. No Sudoeste do Paraná, a distância entre jazidas de areia natural são maiores que 200Km de determinados locais de obras (VIACELLI, 2012).

2.1.4 Processo de produção dos agregados miúdos de britagem

São considerados agregados industrializados os agregados que tem sua composição obtida por processos industriais. A matéria-prima nestes casos pode ser: rocha, escória de alto-forno e argilas (BAUER, 2010).

Concretos com agregados industrializados possuem uma grande vantagem, esta é que pode-se determinar o tamanho e forma das partículas, produzindo um concreto com granulometria patronizada (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo Viacelli (2012), o processo de produção dos agregados miúdos de britagem é basicamente a redução de tamanho de pedras maiores por trituração em equipamentos mecânicos. Este processo é dividido em várias etapas, que podem ser observados no Tabela 5.

Tabela 5 – Etapas do processo de produção dos agregados miúdos de britagem

Decapagem do terreno	• Consiste na limpeza das bancadas, com intuito de remover argila e outros materiais impróprios para a britagem.
Desmonte da rocha	• Retirada de blocos de grandes dimensões da mina de extração.
Britador primário	• Principal função de reduzir o tamanho dos blocos. • Possui uma grade fixa no alimentador que retira o excesso de materiais finos do processo e os transporta para o estoque. • Normalmente britadores de mandíbula. • O material retido em peneira 2" (50,802 mm), passa para o britador secundário.
Britador secundário	• O material é lançado sobre uma peneira com abertura igual a 40mm. O material passante é levado direto ao peneiramento, já o material retido é lançado para dentro do Britador Hydrocone. • Em seguida, é conduzido sobre o transportador de correia até o peneiramento. O material retido na peneira 35mm retorna ao Britador Cônico para rebitagem o pó de pedra 3/16" é transportado ao estoque, o passante na peneira 35mm e retida na 3/16", segue no processo abastecendo a britagem terciária.
Britador Terciário	• Material é lançado em um compartimento circular fechado onde ocorrem diversas colisões entre as partículas de pedra. • Possibilita uma grande melhora no formato dos grãos, tornando-os mais arredondados.

	• Todo o material vai para esteira e logo após para o peneiramento.
Peneiramento	• Separa os grãos em seus diferentes tamanhos, classificando-os segundo as normas.
Lavagem	• Realizada para a remoção da quantidade excessiva de material pulverulento.
Estocagem	• Pode ocorrer em depósitos a céu aberto, bem como em silos.

Fonte: Adaptado de Viacelli (2012).

2.1.5 Propriedades do concreto fresco

2.1.5.1 Trabalhabilidade

Para que seja possível executar uma compactação que assegure a máxima densidade possível, é indispensável que exista a trabalhabilidade (BAUER, 1979).

Segundo Petrucci (1998), a trabalhabilidade é a mais importante característica do concreto, porém, a mesma depende muito de outras características, tornando-a uma propriedade de difícil conceituação.

Petrucci (1998), ainda define trabalhabilidade como basicamente a propriedade do concreto fresco que define sua maior ou menor aptidão para ser empregado com determinada finalidade, sem perder sua homogeneidade.

O teor de água da mistura é o principal fator que interfere na trabalhabilidade, pois, quanto mais adição de água, maior será a lubrificação entre as partículas (NEVILLE; BROOKS, 2010).

Mehta e Monteiro (1994), dizem que para uma boa trabalhabilidade, a mesma depende de duas características fundamentais, a consistência e a coesão, estas são medidas de umidade e de abatimentos do concreto, respectivamente.

Para Lodi (2006), o acréscimo de água pode acarretar a redução de sua resistência mecânica, porém, esta desvantagem pode ser combatida introduzindo junto a massa de concreto, aditivos plastificantes e redutores de água.

Para medir a trabalhabilidade são utilizadas duas proposições, a primeira, pela deformação causada em uma massa de concreto devido a uma força aplicada, já a segunda é pelo esforço que será necessário para ocasionar uma deformação preestabelecida (PETRUCCI, 1998).

2.1.5.2 Consistência e coesão

Segundo Bauer (1979), a consistência e coesão do concreto possuem duas definições, a primeira é que eles são, a relativa mobilidade do concreto ou argamassa escoar, a segunda diz que, é a resistência de um material não newtoniano à deformação. Ainda segundo Bauer, a consistência de um concreto fresco, depende fundamentalmente da sua compacidade e também da mobilidade.

Mehta e Monteiro (1994), dizem que a coesão é uma medida da facilidade de adensamento e acabamento do concreto, isto é avaliado pela capacidade de desempenamento e pela avaliação visual de resistência a segregação. Já a consistência, é a medida da umidade da mistura sendo que na maioria dos casos é avaliada em termos de abatimento.

2.1.6 Propriedades do concreto endurecido

2.1.6.1 Resistência

Para se determinar a resistência de um concreto a NBR 5739 – Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007) prescreve o método pelo qual devem ser ensaiados à compressão dos corpos de prova, cilíndricos de concreto moldados, conforme o procedimento da NBR 5738 – Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2016).

As características de resistência do concreto endurecido são geralmente determinadas em corpos de prova, que são preparados simultaneamente com a concretagem da peça estrutural da qual foram retirados, mantendo o máximo possível as mesmas condições de cura (LEONHART; MONNING, 2008).

A resistência do concreto é geralmente considerada a propriedade mais importante do mesmo, esta da uma ideia geral de qualidade, pois está relacionada diretamente com a estrutura da pasta de cimento hidratada (NEVILLE, 1997).

Para Mehta e Monteiro (1994), a resistência é relacionada com a tensão requerida para causar a fratura e é sinônimo do grau de ruptura no qual a tensão aplicada alcança seu valor máximo.

2.1.6.2 Durabilidade

Uma longa vida útil é sinônimo de durabilidade, para o concreto, a durabilidade é definida como sua capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração, ou seja, um concreto durável conservará sua forma original, qualidade e capacidade de utilização quando exposto ao seu meio ambiente (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Ainda segundo Mehta e Monteiro (1994), nenhum material é inerentemente durável, pois com o passar do tempo torna-se inevitável a mudança de determinados materiais. O material atinge seu fim de vida útil quando o mesmo passa a ser inutilizado, quando o uso do mesmo passa a ser inseguro ou antieconômico.

Os principais agentes agressivos no concreto em relação a sua durabilidade são: temperatura, ação do fogo e de fluidos agressivos de toda espécie (PETRUCCI, 1998).

Para Neville e Brooks (2010), a obtenção de um concreto durável se dá com a produção do mesmo com um rigoroso controle da relação água/cimento, além de seguir critérios de cobrimento mínimo da armadura para cada tipo de ambiente em que estará a estrutura, conforme indicação das normas previstas.

2.1.6.3 Deformação e fissuração

As deformações no concreto, que frequentemente levam a fissuração, ocorrem como um resultado da resposta do material à carga externa e ao meio ambiente (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Mehta e Monteiro (1994), ainda salientam que, quando o concreto recém endurecido é exposto à temperatura e umidade do ambiente, ele geralmente sofre deformações.

Para Neville e Brooks (2010), a fissuração ocorre quando o concreto é submetido a tensões de tração. A retração do concreto é causada pela perda de água, tanto por evaporação quanto pela hidratação do cimento. A evaporação da água depende da velocidade do vento, temperatura do ar e do concreto como também da umidade relativa do ar, ou seja, quanto maior for a velocidade de evaporação da água, maior será o índice de retração do concreto.

É muito importante que sejam conhecidas as deformações, pois estas possibilitam possíveis fissurações, o que abre caminhos para agressão de agentes exteriores, bem como o surgimento de esforços adicionais nas peças com variação dimensional, em estruturas hiperestáticas (PETRUCCI, 1998).

2.1.6.4 Porosidade

Para Neville e Brooks (2010), existe uma relação direta entre porosidade e a relação água/cimento, isto porque quanto mais água adiciona-se ao concreto mais poroso ele se tornará. Existe também a relação entre a porosidade e a resistência do concreto, esta diz que quanto mais poroso é o concreto, menos resistente ele será.

O excesso de água na mistura do concreto gera a maioria dos poros presentes no mesmo, o concreto é um material obrigatoriamente poroso (BAUER, 1979).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

A metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento da pesquisa consistiu em um programa experimental compreendendo a caracterização dos materiais utilizados e ensaios laboratoriais, como, consistência, resistência à compressão e absorção de água, para avaliação do desempenho de concretos com resíduos de britagem em substituição da areia natural, conforme prescrições de normas, não sendo realizado nenhum outro ensaio para análise do comportamento do concreto. A escolha dos experimentos foi determinada pela sua relevância, conforme a disponibilidade de laboratório e equipamentos destinados à pesquisa.

A pesquisa limitou-se a substituição parcial de 20% do agregado miúdo natural por areia de britagem, definido com base no estudo realizado por Paludo (2016). Todos os ensaios propostos foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos e Construção Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz em Cascavel-PR.

3.1.2 Caracterização da amostra

3.1.2.1 Agregados

Para caracterização dos materiais foram realizados os seguintes ensaios:

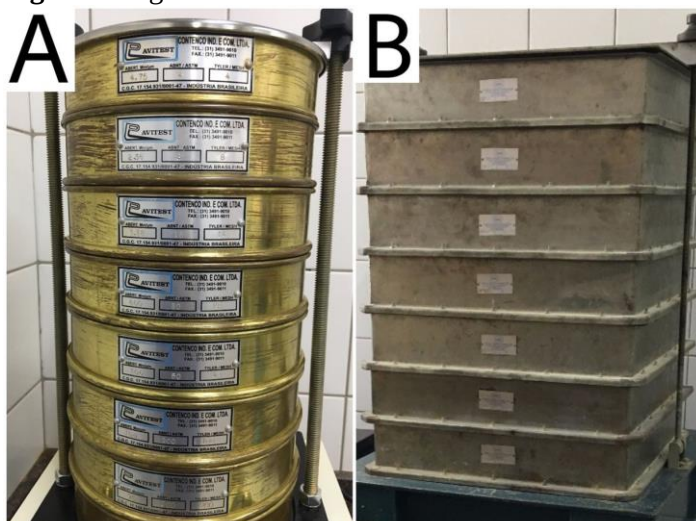
3.1.2.1.1 Granulometria

Para os ensaios de composição granulométrica dos agregados foram seguidos os procedimentos descritos na NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Primeiramente as amostras de areia de britagem, areia convencional e brita, foram colocadas na estufa por 24hrs numa temperatura de 105°C, após isto as mesmas foram resfriadas em temperatura ambiente e então foi separado seis amostras de 300g, 300g e 5kg, respectivamente, pois foram realizados dois ensaios para cada agregado.

Obtendo todas as peneiras corretamente higienizadas deu-se início ao encaixe das mesmas, de modo de formar um único conjunto de peneiras, para a caracterização dos agregados miúdos foram utilizadas as peneiras: 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 600 μ m, 300 μ m, 150 μ m, 75 μ m, além do fundo e da tampa, já para o agregado graúdo as peneiras utilizadas foram: 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, além do fundo e da tampa, estas foram encaixadas em ordem crescente da base para o topo, sem esquecer-se de encaixar o fundo. Quando todas as peneiras já estavam devidamente encaixadas foi depositada a amostra e iniciou-se o agitação mecânica das mesmas (Figura 1).

Figura 1: Agitação mecânica.



Fonte: Autor (2017).

Após isto o acúmulo de agregado que se encontrava em cada peneira foi pesado e os dados estão dispostos nas tabelas 6 a 8

Tabela 6 – Granulometria do agregado miúdo de origem natural.

Agregado miúdo de origem natural			
Peneira (mm)	Amostra retida (g)	% retida simples	% retida acumulada
4,75	0,26	0,09%	0,09%
2,36	0,69	0,23%	0,32%
1,18	2,73	0,91%	1,23%
0,6	13,78	4,61%	5,84%
0,3	106,87	35,72%	41,56%
0,15	164,35	54,93%	96,49%

Fundo	10,51	3,51%	100,00%
TOTAL	299,2	100,00%	100,00%

Fonte: Autor (2017).

Tabela 7 – Granulometria do agregado miúdo de origem artificial.

Agregado miúdo de origem artificial			
Peneira (mm)	Amostra retida (g)	% retida simples	% retida acumulada
4,75	0,249	0,08%	0,08%
2,36	79,93	26,64%	26,73%
1,18	79,69	26,56%	53,29%
0,6	45,47	15,16%	68,44%
0,3	31,16	10,39%	78,83%
0,15	26,35	8,78%	87,61%
0,075	18,78	6,26%	93,87%
Fundo	18,38	6,13%	100,00%
TOTAL	300,0	100,00%	100,00%

Fonte: Autor (2017).

Tabela 8 – Granulometria do agregado graúdo de origem natural.

Agregado graúdo de origem natural			
Peneira (mm)	Amostra retida (g)	% retida simples	% retida acumulada
19	0	0,00%	0,00%
12,5	0	0,00%	0,00%
9,5	0	0,00%	0,00%
6,3	1,53	30,36%	30,36%
4,75	1,75	34,72%	65,08%
Fundo	1,76	34,92%	100,00%
TOTAL	5,0	100,00%	100,00%

Fonte: Autor (2017).

Conforme os parâmetros de norma, os resultados obtidos após a realização de todos os ensaios, os agregados encontrados e utilizados posteriormente foram classificados como, areia média convencional, areia de britagem e brita zero.

3.1.2.1.2 Determinação da Massa Específica do agregado miúdo

Para os ensaios de determinação de massa específica e massa específica aparente dos agregados miúdos foram seguidos os procedimentos descritos na a NBR NM 52 (ABNT, 2003).

Para dar início ao ensaio primeiramente foi separada uma amostra de 500g de cada um dos agregados e em seguida estas foram colocadas em um frasco aferido e pesadas novamente, para assim registrar-se a massa do conjunto.

O frasco foi cheio até a marca de ml e agitado lentamente para que as bolhas de ar presentes fossem eliminadas, sua massa foi anotada, com isto feito, o mesmo foi deixado de repouso por uma hora, após este intervalo o mesmo foi completado novamente até a marca de 500ml e pesado novamente.

O agregado miúdo presente no franco foi retirado após a última pesagem e submetido a secagem na estufa a 105°C, até uma massa constante, após esfriar a amostra foi pesada novamente e sua massa foi anotada, para que assim os cálculos pudessem ser feitos. Todos os cálculos foram feitos seguindo as Equações 1 a 4.

$$d^1 = \frac{m}{V - V_a} \quad (1)$$

Onde:

d^1 , é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a Equação 2;

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad (2)$$

Onde:

m_1 , é a massa do conjunto (frasco + agregado), em gramas;

m_2 , é a massa total (frasco + agregado + água), em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

$$d_2 = \frac{m_s}{V - V_a} \quad (3)$$

Onde:

d_2 , é a massa específica do agregado saturado superfície seca, em gramas por centímetro cúbico;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionada ao frasco, em centímetros cúbicos

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}} \quad (4)$$

Onde:

d_3 , é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionado ao frasco, em centímetros cúbicos;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Após coleta dos dados e posteriores cálculos de massa específica, os resultados foram dispostos nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9– Massa específica agregado miúdo natural.

Agregado miúdo natural		
Amostra	Massa específica (g/cm³)	Média (g/cm³)
Amostra 1	2,84	2,82
Amostra 2	2,86	
Amostra 3	2,76	

Fonte: Autor (2017)

Tabela 10 – Massa específica agregado miúdo proveniente de britagem.

Agregado miúdo proveniente de britagem		
Amostra	Massa específica (g/cm³)	Média (g/cm³)
Amostra 1	2,36	2,48
Amostra 2	2,6	
Amostra 3	2,48	

Fonte: Autor (2017).

3.1.2.1.3 Determinação da Massa Específica do agregado graúdo

Para os ensaios de determinação de massa específica e massa específica aparente dos agregados graúdos foram seguidos os procedimentos descritos na a NBR 9776 (ABNT, 1987).

No frasco de Chapman foram depositados 200m³ de água, logo em seguida uma amostra seca de 500g foi separada e colocada no mesmo, assim podendo-se coletar os valores iniciais e finais do que se foi depositado na proveta (Figura 2). Assim, descontou-se o volume inicial do volume final para assim encontrar o volume do material a ser analisado, conforme Equação 5.

Figura 2: Deslocamento de água.

Fonte: Autor (2017).

$$Me = \frac{M}{V} \quad (5)$$

Onde:

Me = Massa específica do agregado (g/cm³)

M = Massa do agregado (g)

V = Volume do agregado (cm³)

Após coleta dos dados e posteriores cálculos de massa específica, os resultados foram dispostos na Tabela 11.

Tabela 11 – Massa específica agregado graúdo.

Agregado graúdo		
Amostra	Massa específica (g/cm³)	Média (g/cm³)
Amostra 1	2,96	2,94
Amostra 2	2,91	
Amostra 3	2,95	

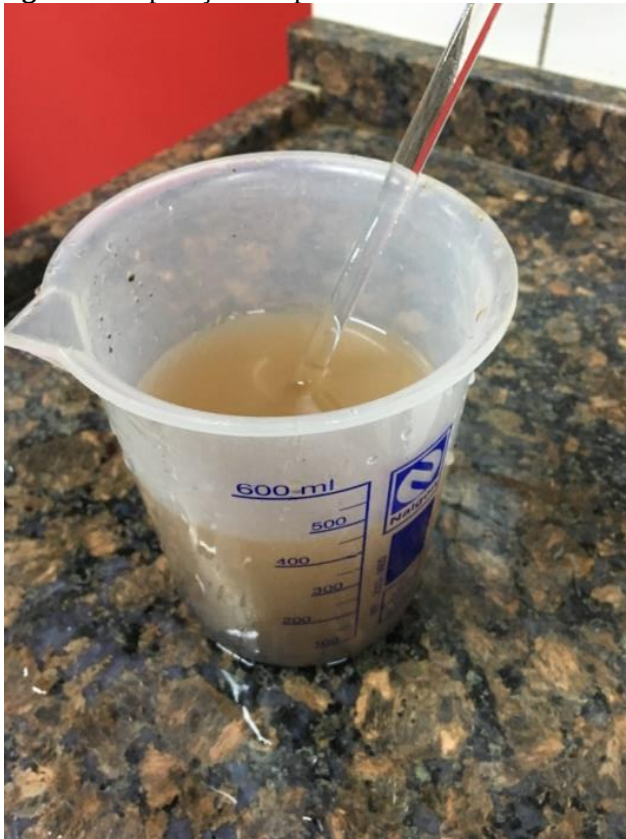
Fonte: Autor (2017).

3.1.2.1.4 Material Pulverulento no agregado de britagem e no agregado graúdo

Para os ensaios de determinação de material pulverulento no agregado de britagem e no agregado graúdo foram seguidos os procedimentos descritos na a NBR 7219 (ABNT, 2000).

Para dar início aos ensaios secou-se as amostras em estufa a 105°C, após as mesmas estarem secas estas foram pesadas para a determinação das suas massas secas. Posteriormente estas foram depositadas em um recipiente transparente, as amostras foram recobertas com água e com o auxílio de uma haste executou-se a agitação das partículas, para que assim estas se separassem e as partículas finas ficassem suspensas, conforme Figura 3. Após, o material foi despejado no conjunto de peneiras que estava encaixado na seguinte ordem, 1,2; 0,75mm e fundo, como observado na Figura 4.

Figura 3: Separação das partículas.



Fonte: Autor (2017).

Figura 4: Retirada da água com as peneiras.



Fonte: Autor (2017).

Com isto feito, o material retido nas peneiras foi relançado para o recipiente e o mesmo foi recoberto com água novamente, este procedimento foi repetido até que a água de lavagem se tornasse límpida.

Quando a água límpida foi detectada as partículas novamente foram recobertas por água e deixado em repouso para que as partículas decantassem, quando isso ocorreu a água do recipiente foi retirada do frasco com o auxílio de uma bisnaga e o material foi levado para a estufa à 105°C para a secagem, após esta a mesma foi pesada para obter-se a nova massa, e finalmente para obter a porcentagem de material pulverulento foi-se utilizada a Equação 6.

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

m = porcentagem de material mais fino que a peneira de 75µm por lavagem;

m_i = massa original da amostra seca; em gramas;

m_f = massa da amostra seca após lavagem; em gramas.

Após realização do cálculo, utilizando a Equação 6, determinou-se a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75µm como mostra as Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Material pulverulento do agregado miúdo de britagem.

Resultado do ensaio de determinação do material pulverulento do agregado miúdo de britagem		
m _i (g)	m _f (g)	m (%)
100	87	13

Fonte: Autor (2017).

Tabela 13 – Material pulverulento do agregado miúdo de britagem.

Resultado do ensaio de determinação do material pulverulento do agregado miúdo de britagem		
m _i (g)	m _f (g)	m (%)
100	98	2

Fonte: Autor (2017).

3.1.2.2 Cimento

O cimento empregado no programa experimental foi definido em função da disponibilidade na região e foi classificado segundo especificações normativas físicas e químicas.

O cimento utilizado para este estudo foi do tipo CP V – ARI, adquirido na cidade de Cascavel – PR, fabricado pela empresa Votoran, do lote 0207228808L04.

3.1.2.3 Água

A água que foi utilizada tanto para o amassamento da mistura de concreto, quanto para a posterior cura dos corpos de prova foi oriunda da concessionária de distribuição local – SANEPAR.

3.1.2.4 Aditivo

O aditivo utilizado para as dosagens do concreto também foi definido com base na disponibilidade desse produto na região classificando-o de acordo com as normas vigentes.

O aditivo utilizado para o aumento da trabalhabilidade do concreto foi o *Tecflow 7030*, a dosagem utilizada foi a recomendada pelo fabricante é de 0,6 a 2,0%.

3.1.2.5 Proporcinarmento dos materiais

O proporcinarmento dos materiais foi definido com base na pesquisa desenvolvida por Paludo (2016), o traço utilizado foi o: 1 : 1,96 : 2,86 : 0,55 (cimento : areia : pedra : relação água/cimento), o proporcinarmento dos materiais kg/m³ pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 – Proporcinarmento dos materiais em kg/m³.

Cimento	Areia	Pedra	Água
392,00 kg/m ³	769,23 kg/m ³	1122,44 kg/m ³	215,85 L

Fonte: Autor (2017).

3.1.2.6 Moldagem e cura de corpos de prova

Foram produzidos três tipos de concreto, um concreto convencional, com 100% de agregado natural, os outros dois traços, com 20% de substituição do agregado natural pelo agregado reciclado, sendo utilizado para melhorar a trabalhabilidade, adição de água (5%) e no outro aditivo, conforme especificações do fabricante. Para cada traço foram moldados 9 (nove) corpos de prova, de dimensões 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo 06 (seis) para ensaios de compressão e 03 (três) para absorção de água, totalizando 27 (vinte e sete) corpos de prova, de acordo com a NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2008). Após a moldagem, os corpos de prova foram curados ao ar livre por 24 horas e, em seguida, armazenados em uma câmara úmida com umidade e temperatura controladas até a idade de ruptura, conforme demonstra a Figura 5.

Figura 5: Moldagem dos corpos de prova; (A) Mistura do concreto; (B) Moldagem dos corpos de prova; (C) Cura dos corpos de prova; (D) Corpos de prova curados e retificados.



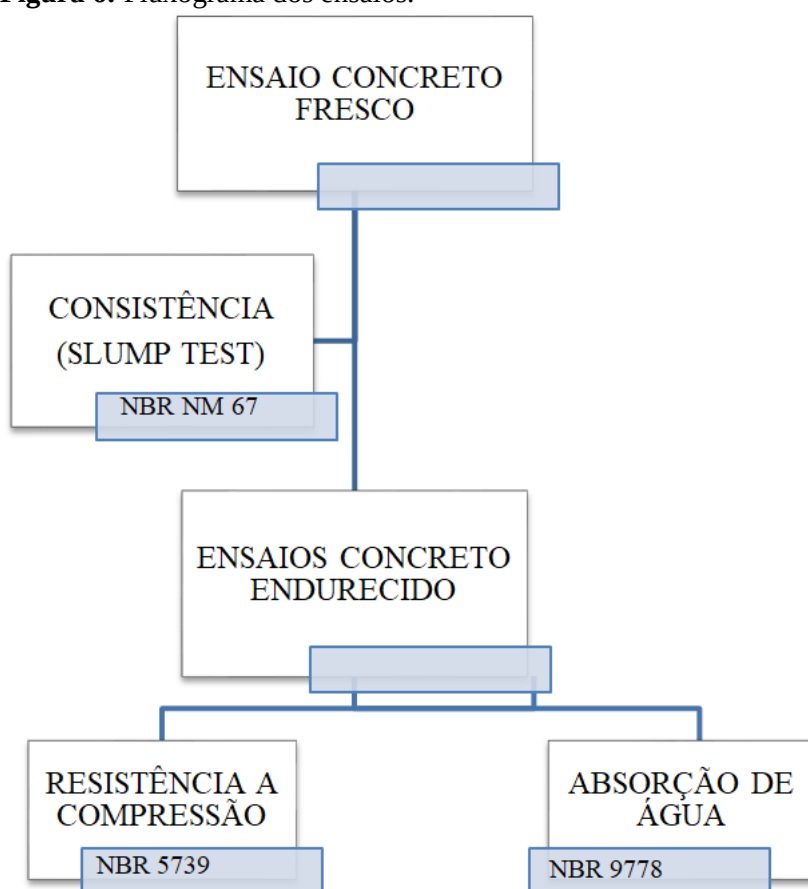
Fonte: Autor (2017).

3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Para a coleta de dados foram realizados diversos tipos de ensaios laboratoriais, alguns deles realizados no momento da concretagem e outros na idade de 28 dias.

No momento da concretagem foi realizado o ensaio de consistência, conforme recomendações da NBR NM 67 – Concreto: determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone (ABNT, 1998), com idade de 28 dias foram realizados ensaios de resistência à compressão seguindo as prescrições da NBR 5739 – Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007) e absorção de água seguindo a NBR 9778 – Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica (ABNT, 2009), submetidos a ruptura na idade de 28 dias, não sendo realizado nenhum outro ensaio para análise do comportamento do concreto. O procedimento acima descrito é resumido pela Figura 6, a qual apresenta um fluxograma dos ensaios que foram desenvolvidos.

Figura 6: Fluxograma dos ensaios.



Fonte: Autor (2017).

3.1.3.1 Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone

Para dar início ao ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone (*slump test*) o molde foi umedecido, bem como a placa base, após isto o operador posicionou-se sob as hastes do molde e o mesmo começou a ser preenchido rapidamente.

Quando o molde estava com 1/3 cheio o operador compactou a camada com 25 golpes com a haste de socamento, como mostra a Figura 7.

Figura 7: Socamento com haste.



Fonte: Autor (2017).

Com o molde cheio até 2/3 a compactação foi realizada novamente e quando o mesmo estava completamente preenchido a compactação também foi realizada. Após isto a superfície foi rasada com uma desempenadeira como mostra a Figura 8.

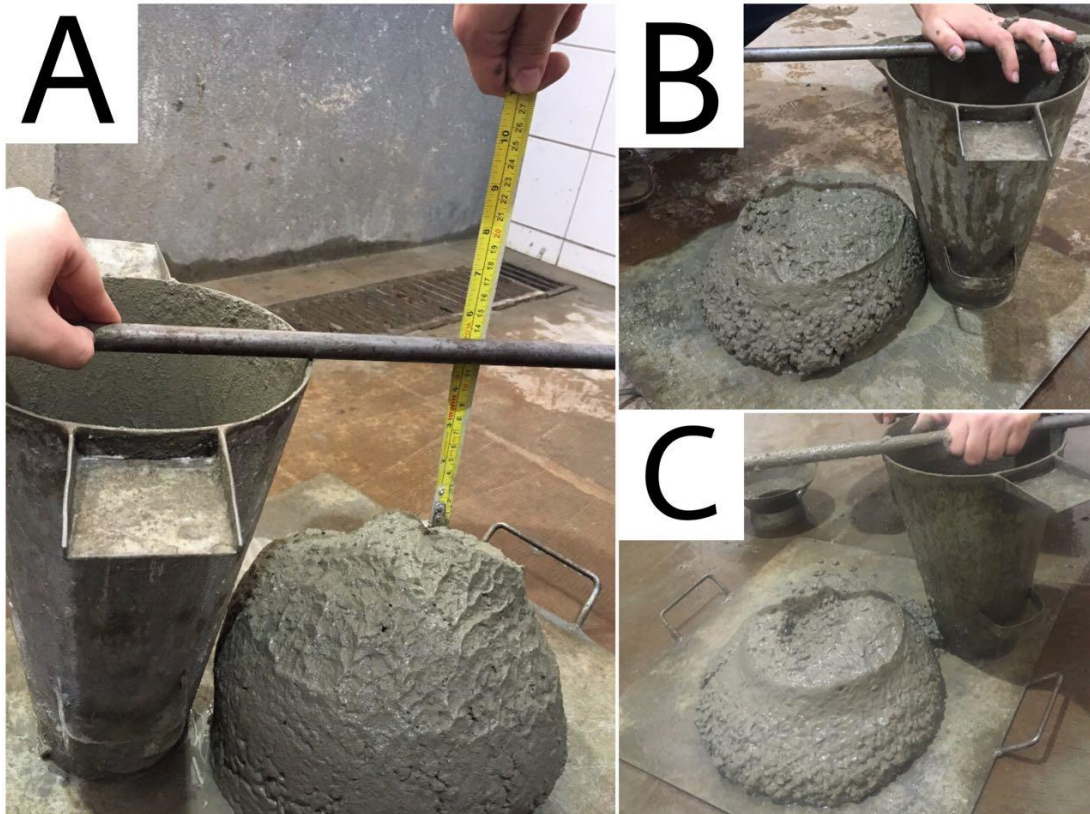
Figura 8: Superfície rasada.



Fonte: Autor (2017).

O molde foi retirado rapidamente sem pausas e imediatamente foi realizada a medição do abatimento, como mostra a Figura 9.

Figura 9: Leitura do abatimento de tronco de cone; (A) Concreto convencional; (B) Concreto com adição de aditivos; (C) Concreto com adição de água.



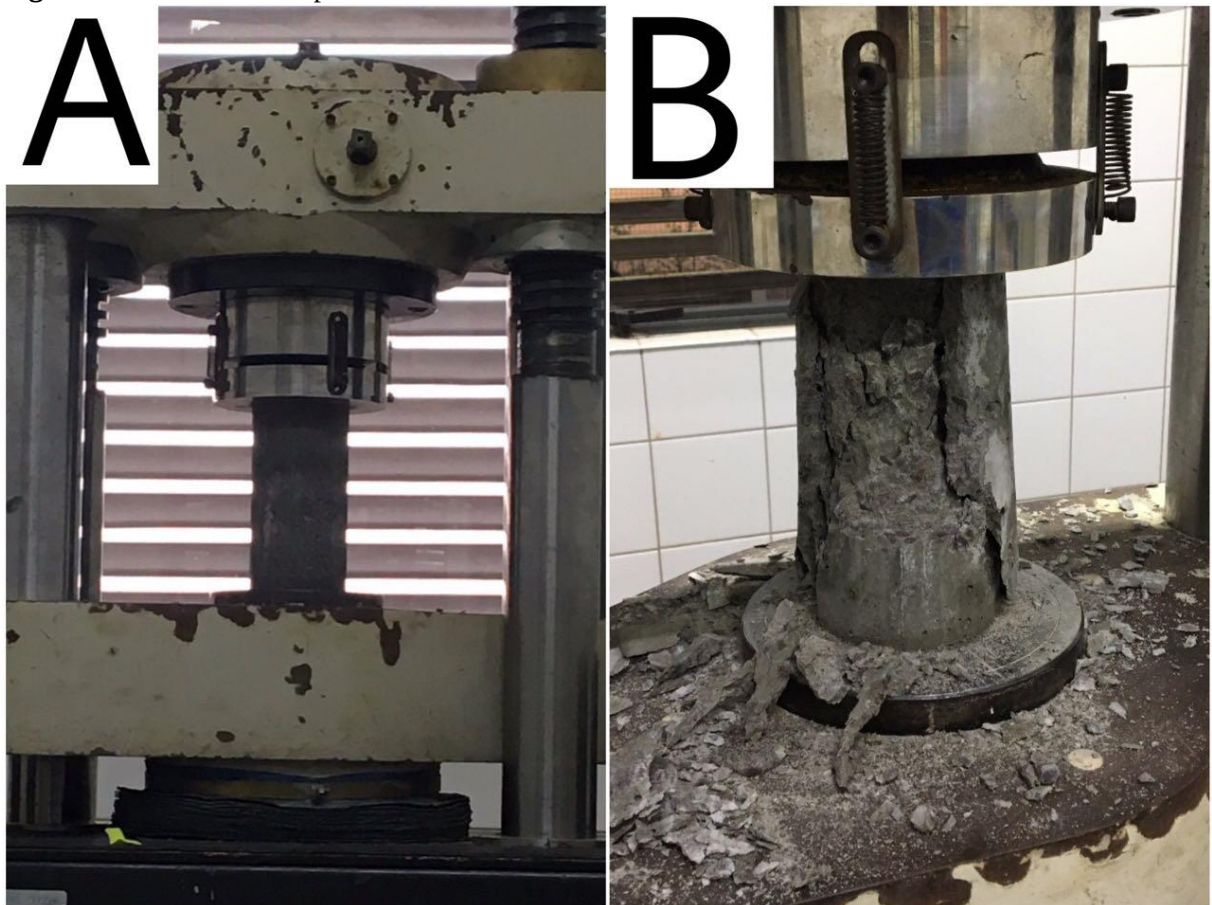
Fonte: Autor (2017).

3.1.3.2 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Após a cura de 28 dias dos corpos de prova, os mesmos foram levados para a realização do ensaio de compressão. Antes dos ensaios, todos os corpos de prova foram submetidos ao faceamento (retifica) do topo e da base.

Quando todos os corpos de prova estavam devidamente retificados estes foram levados para a prensa e foram rompidos à compressão axial, como mostra a figura 10.

Figura 10: Ensaio de compressão axial.



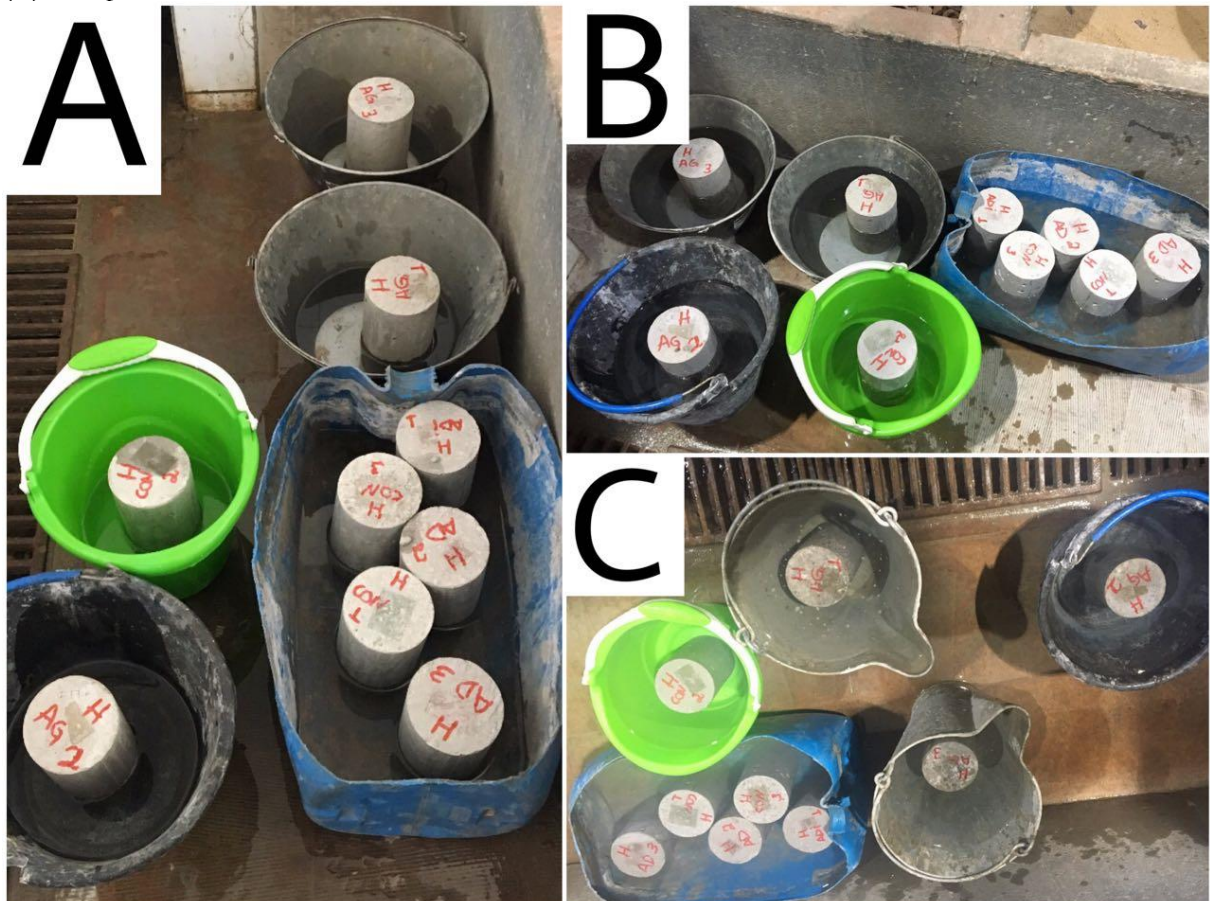
Fonte: Autor (2017).

3.1.3.4 Determinação da absorção de água por imersão

Após a cura de 28 dias os corpos de prova foram pesados e então colocados em estufa à temperatura de 105°C, foram realizadas pesagens após 24h, 48h e 72h de permanência na estufa. Posteriormente a amostra foi resfriada ao ar seco.

Com a amostra devidamente preparada e seca a mesma foi mantida com 1/3 do seu volume imerso nas primeiras 4h e 2/3 nas 4h subsequentes, sendo completamente imerso nas 64h restantes, como mostra a figura 11.

Figura 11: Ensaio de absorção de água; (A) 1/3 do seu volume imerso; (B) 2/3 do seu volume imerso; (C) Completamente imerso.



Fonte: Autor (2017).

Concluídas às 72h de imersão os corpos de prova foram secos com o auxílio de uma toalha e pesados novamente, para que assim poder realizar determinação do percentual de absorção de água por imersão, utilizando a Equação 7.

$$A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

A = Porcentagem de água absorvida pelo concreto;

Msat = massa do corpo de prova saturado;

Ms = massa do corpo de prova seco em estufa.

3.1.4 Análise dos dados

Após a coleta de dados, e a realização de todos os ensaios propostos, foi iniciada a análise dos dados, através de gráficos e tabelas do *Microsoft Office Excel*. Esta consistiu em, avaliar a consistência do concreto com adição de água e aditivos em comparação ao concreto convencional, comparar a resistência à compressão dos corpos de prova com suas diferentes adições, avaliar a absorção de água através do ensaio de imersão e por fim identificar qual adição proporciona melhor comportamento nas características do concreto.

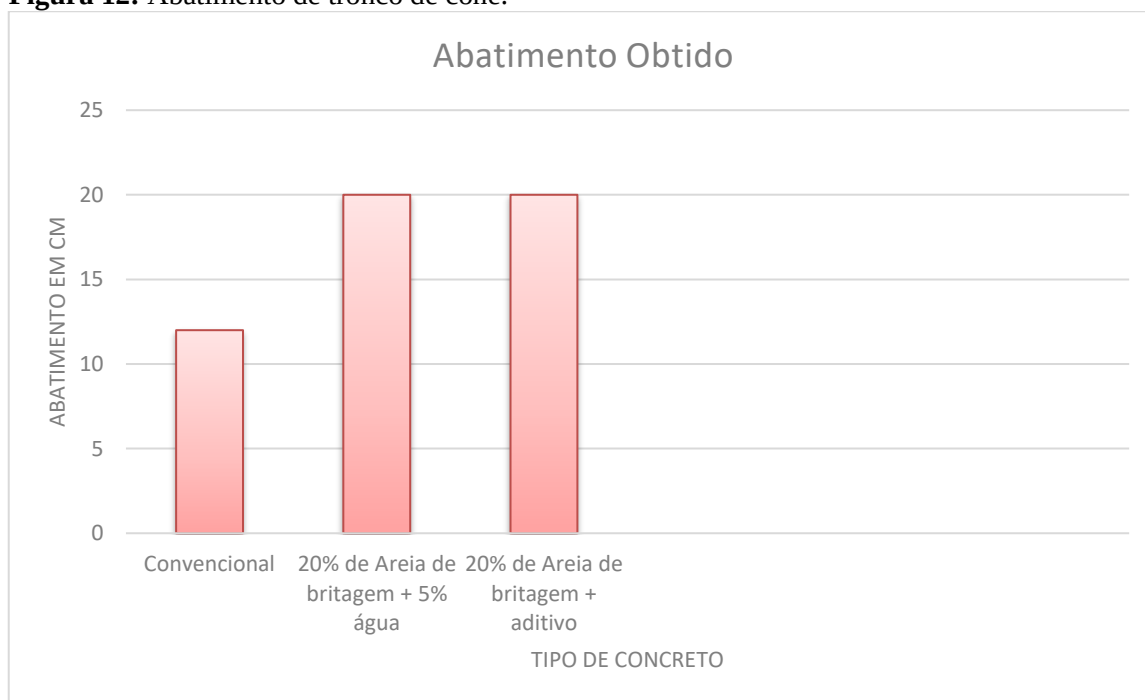
CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Consistência do Concreto

O concreto produzido com agregado miúdo de origem natural obteve abatimento do tronco de cone igual a 12cm, consistência que permite que este material seja utilizado em vigas pilares e lajes.

Figura 12: Abatimento de tronco de cone.



Fonte: Autor (2017).

Os concretos produzidos com a substituição de 20% do agregado natural pelo agregado miúdo de origem britada, tanto o concreto com adição de aditivo quanto o concreto com 5% a mais de água, obtiveram abatimento de tronco de cone igual a 20cm, o que significa uma grande melhora na trabalhabilidade destes concretos, sendo esta melhor que a do concreto convencional produzido no estudo, isto pode ser observado na Figura 12.

4.1.2 Resistência à compressão

Após a realização dos ensaios de resistência à compressão podem-se verificar os resultados conforme apresentados nas Tabelas 15, 16 e 17, que foram feitas seguindo o Apêndice A.

Tabela 15 - Resistência a Compressão em MPa (Concreto Convencional).

CP's	Resistência a Compressão em MPa
	Concreto Convencional
1	44,2
2	42,4
3	43,3
4	44,4
5	44,1
6	42,2
Média	43,43
Desvio Padrão	0,96
Coef. De Variação	2,20%

Fonte: Autor (2017).

Tabela 16 - Resistência a Compressão em MPa (Concreto com areia de britagem + aditivo).

CP's	Resistência a Compressão em MPa
	Concreto com areia de britagem + aditivo
1	40,6
2	39,3
3	40,6
4	38,6
5	40,3
6	38,7
Média	39,68
Desvio Padrão	0,93
Coef. De Variação	2,35%

Fonte: Autor (2017).

Tabela 17 - Resistência a Compressão em MPa (Concreto com areia de britagem + 5% de água).

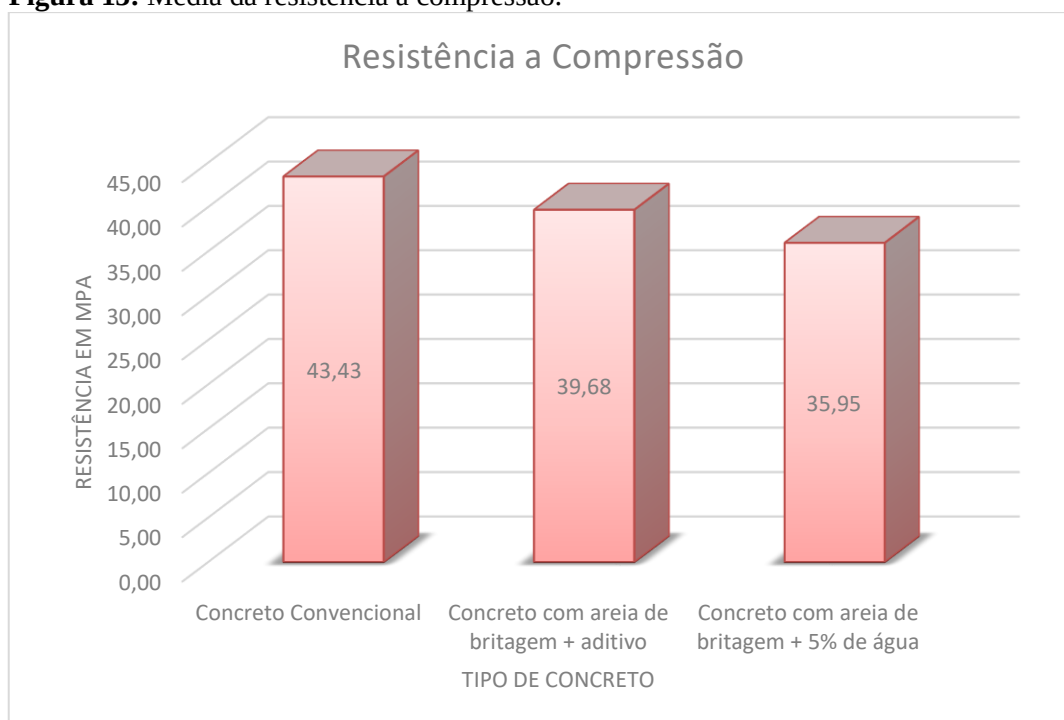
CP's	Resistência a Compressão em MPa
	Concreto com areia de britagem + 5% de água
1	38,2

2	34,6
3	32,3
4	36,9
5	36,2
6	37,5
Média	35,95
Desvio Padrão	2,17
Coef. De Variação	6,04%

Fonte: Autor (2017).

Os resultados podem ser analisados a partir do Gráfico com valores médios representados na Figura 13.

Figura 13: Média da resistência a compressão.



Fonte: Autor (2017).

A partir dos resultados apresentados na Figura 13 pode-se concluir que a resistência dos concretos com a substituição de 20% do agregado miúdo de origem natural pelo agregado de origem britada, com adição de aditivo tem a resistência reduzida em comparação ao concreto convencional, esta redução é de 8,63%, já o concreto com adição de 5% de água tem uma redução de 17,22%, apesar desta redução ter sido significativa, todos os concretos

alcançaram uma resistência maior de 29 MPa que foi a resistência estimada por Paludo (2016).

4.1.4 Absorção de água

As tabelas 18 e 19 apresentam os valores médios das pesagens antes da colocação na estufa e três dias após permanecer o tempo todo na estufa a 105°C quando o peso já estava estabilizado, estas médias foram obtidas seguindo as tabelas do Apêndice B.

Tabela 18 – Média de pesagem dos CP's antes da estufa.

Pesagem dos CP's antes da estufa	
Tipo de concreto	Média de peso (g)
CP's concreto convencional	3910,9
CP's concreto com areia de britagem e aditivo	3879,17
CP's concreto com areia de britagem+5% de água	3885,63

Fonte: Autor (2017).

Tabela 19 - Média de pesagem dos CP's após estabilização.

Pesagem dos CP's após estabilização	
Tipo de concreto	Média de peso (g)
CP's concreto convencional	3685,3
CP's concreto com areia de britagem e aditivo	3640,17
CP's concreto com areia de britagem+5% de água	3642,93

Fonte: Autor (2017).

A tabela 20 apresenta os valores dos corpos de prova após os três dias de imersão em água.

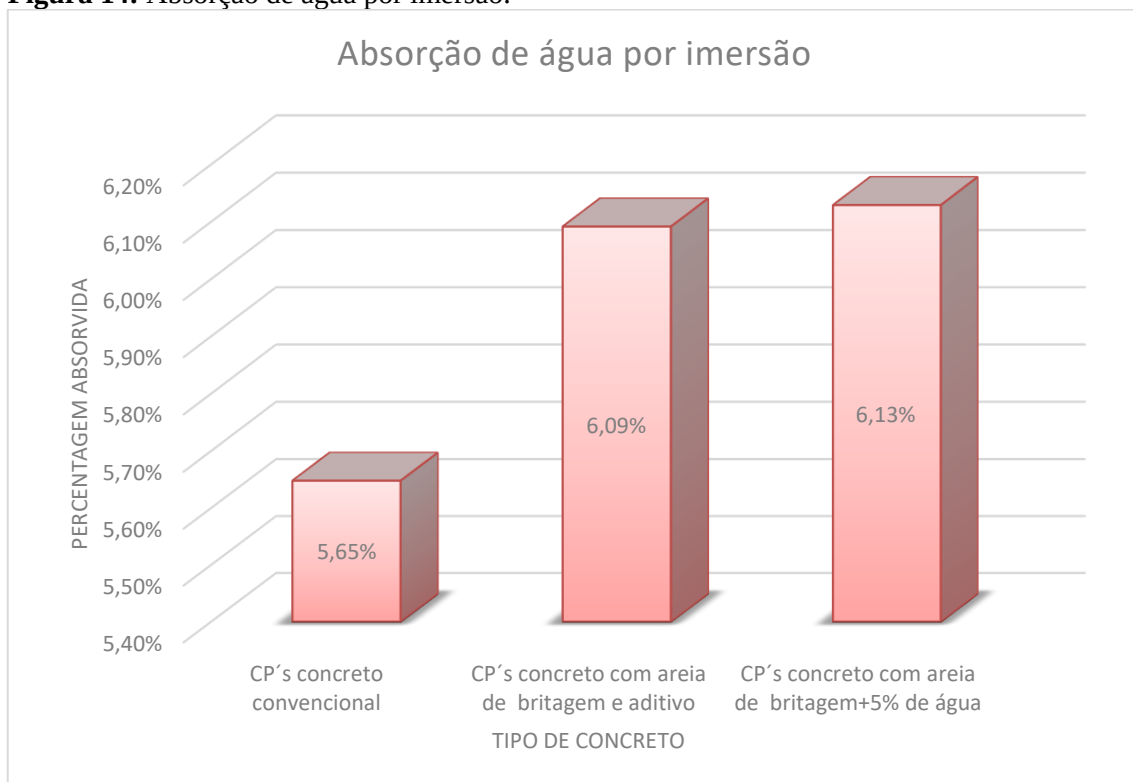
Tabela 20 - Média de pesagem dos CP's após 72h de imersão em água.

Pesagem dos CP's após 72h de imersão em água	
Tipo de concreto	Média de peso (g)
CP's concreto convencional	3893,4
CP's concreto com areia de britagem e aditivo	3861,90
CP's concreto com areia de britagem+5% de água	3866,20

Fonte: Autor (2017).

Como todos os valores descritos nas tabelas 18,19 e 20, estes foram utilizados na Equação 7 e com isso foram obtidos os seguintes resultados, apresentados na Figura 14.

Figura 14: Absorção de água por imersão.



Fonte: Autor (2017).

Os concretos produzidos com areia de britagem tiveram um aumento na absorção de água, em comparação com o concreto convencional, sendo assim estes são considerados mais porosos que o convencional.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO

O objetivo geral do presente estudo foi analisar o comportamento do concreto fresco e endurecido com substituição parcial de 20% do agregado miúdo por areia de britagem com a adição de água e aditivos.

Para esta análise primeiramente foi analisada a consistência do concreto não convencional com adição de água e aditivos, no estado fresco, pode-se observar que nestes concretos o *slump test* tem uma alta significativa em comparação ao concreto convencional, de 12cm para 20cm, no estudo de Paludo (2016) o abatimento encontrado foi de 3cm, este inutilizou o concreto produzido, com este novo abatimento encontrado este concreto passa a ter uma trabalhabilidade excelente, alcançando um dos objetivos proposto no presente estudo.

Em relação à resistência à compressão dos concretos de diferentes adições, podemos observar que o concreto convencional por ser feito com o cimento CP-V e por ter sido rompido apenas em 28 dias tem uma resistência muito boa (43,43 MPa), maior do que a estabelecida por Paludo (2016) (29 MPa), existe então uma redução desta resistência nos concretos que foram utilizadas adições de aditivo aproximadamente 8,63%, e água aproximadamente 17,22%, porém como estes foram também produzidos com o cimento CP-V esta redução não os deixa inutilizáveis, considerando que a resistência dos mesmos, mesmo sendo mais baixa, ainda é adequada para este ser utilizado em obra e continua sendo superior a estipulada por Paludo (2016).

Na realização dos ensaios de absorção de água, pode-se concluir que os concretos não convencionais absorvem mais água em comparação com o concreto convencional, porém a diferença entre o concreto produzido com aditivo para o concreto produzido com 5% a mais de água é praticamente irrelevante diferente da comparação destes com o concreto convencional. Assim pode-se observar que os concretos não convencionais absorvem mais água, portanto são mais porosos.

Analisando todos os ensaios realizados e todas as propriedades dos concretos produzidos, quando no concreto com substituição parcial de 20% do agregado miúdo por areia de britagem é adicionado o aditivo que melhora a trabalhabilidade dos concretos, este não perde tanta resistência e sua trabalhabilidade fica ótima, sobressaindo-se do concreto em que foi adicionado 5% a mais de água.

Ambos os concretos não convencionais perdem um pouco sua resistência e sua absorção de água aumenta, porém esta perda e este aumento não tornam estes concretos inutilizáveis, sendo assim, todas as demais vantagens destes concretos podem ser levadas em consideração e este posteriormente pode sim ser aplicado na construção civil, pensando sempre na redução de custos e diminuindo a extração desenfreada da areia natural, visando um concreto mais sustentável.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Desenvolver uma análise econômica dos concretos não convencionais realizados no estudo, em comparação ao concreto convencional;

Desenvolver um novo estudo utilizando outros cimentos, para analisar a resistência destes concretos;

Realizar uma análise mais aprofundada quanto porosidade dos concretos não convencionais realizados neste estudo.

REFERÊNCIAS

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: 03 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

_____. **NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

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

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo: determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003. 8 p.

_____. **NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2008. 6 p.

_____. **NBR NM 67**: Concreto: determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

_____. **NBR 5739**: Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

_____. **NBR 8522**: Concreto: determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro, 2008. 16 p.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009. 3 p.

_____. **NBR 5732**: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991. 5 p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2004. 11 p.

_____. **NBR 7219**: Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos. Rio de Janeiro, 1987. 2 p.

BASTOS, P. S. S. B. **Fundamentos do Concreto Armado**. Bauru, 2011, 92 pp.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. Ed. Rio de Janeiro, 1994, 960pp.

BOBROWSKY, P. T. **Aggregate reouces in global perspective**. In: _____ - **Aggregate reouces: a global perspective**. Rotterdam: A. A. **Balkema**. 1998. 7p.

DRAGO, Cristina; VERNEY, José Carlos Krause de; PEREIRA, Fernanda Macedo. **Efeito da utilização de areia de britagem em concretos de cimento Portland**. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rem/v62n3/v62n3a21.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. **Construções de Concreto**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008, 336 pp.

LODI, V. H. **Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento Portland na região de Chapecó-SC**. 2006, 131 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina convênio Unochapecó, Florianópolis, 2006.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **CONCRETO: ESTRUTURA, PROPRIEDADES E MATERIAIS**. São Paulo: Pini Ltda., 1994. 573 p.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010, 390 pp.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do concreto**. São Paulo :Pini, 1997

PALUDO, Fernando José. **A INFLUÊNCIA DA CURA NA POROSIDADE DE CONCRETOS PRODUZIDOS COM AREIA DE BRITAGEM COMO AGREGADO MIÚDO**. 2016. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, União de Ensino do Sudoeste do Paraná – Unisep Faculdade Educacional de Francisco Beltrão – Fefb Curso de Engenharia Civil, Francisco Beltrão, 2016.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. Porto Alegre, 1971.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. São Carlos, 2007, 380 pp.

SHEHATA, Ibrahim Abd El Malik. **Propriedades do Concreto: Concreto**. 2005. Disponível em: <<http://www.poc.ufrj.br/~ibrahim/propriedade.htm>>. Acesso em: 03 mar. 2017.

VIACELLI, L. **Estudo da Viabilidade da Utilização do Agregado Miúdo Britado em Concreto Convencional**. 2012, 59 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil - Universidade Tecnológica do Sudoeste do Paraná, Pato Branco, 2012.

APÊNDICE A – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Concreto Convencional - CP 06

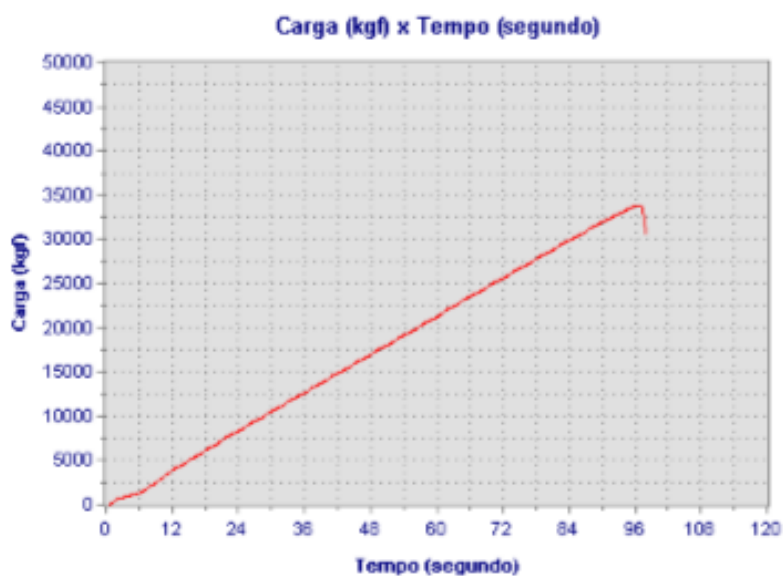
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	33.820
Tensão máxima (MPa):	42,2
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com adição de água - cp 02

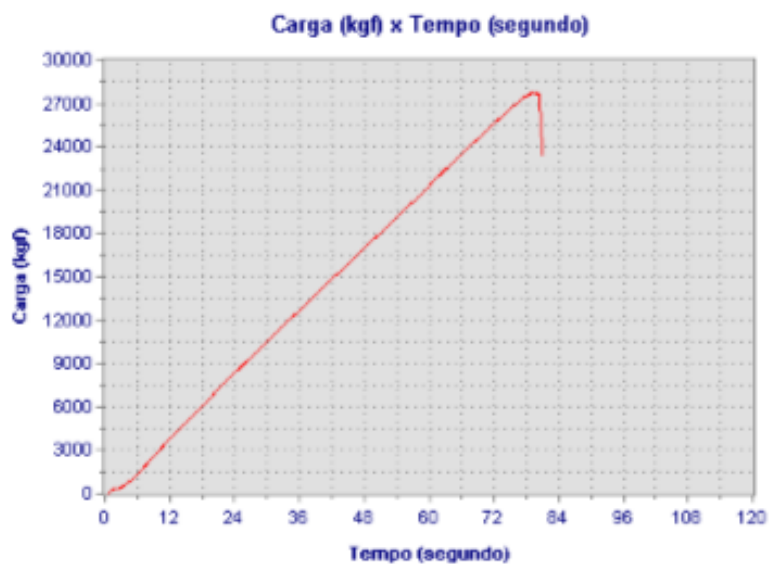
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	27.690
Tensão máxima (MPa):	34,6
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com adição de água - cp 03

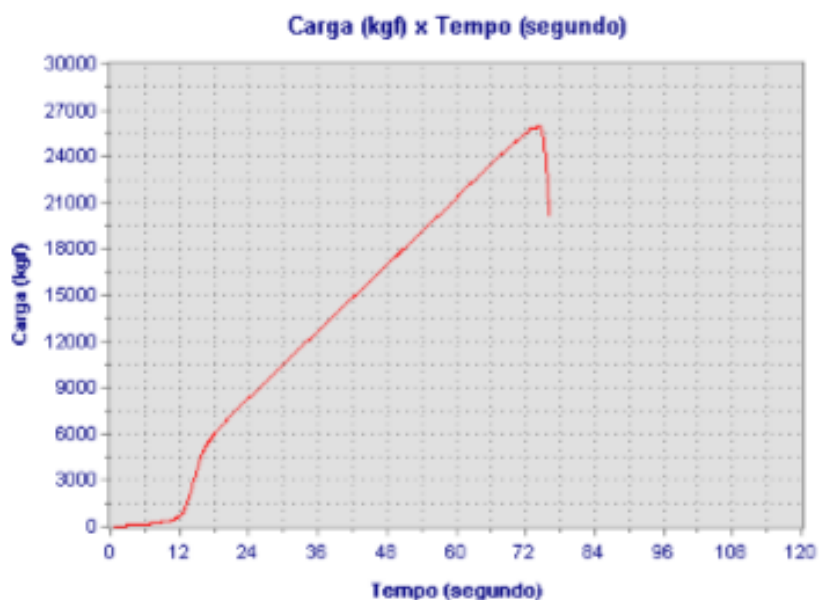
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Heloisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Heloisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 25.900
Tensão máxima (MPa): 32,3
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com adição de água - cp 04

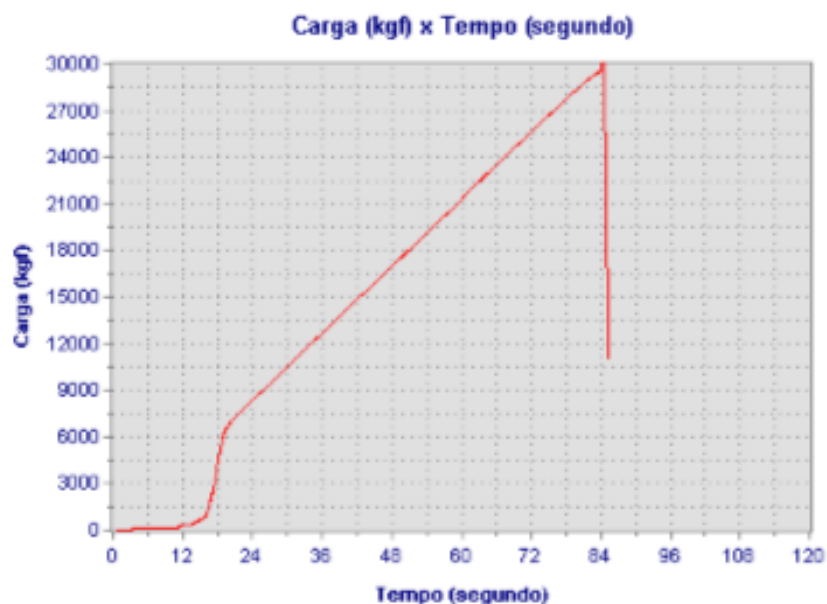
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	29.540
Tensão máxima (MPa):	36,9
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com adição de água - cp 05

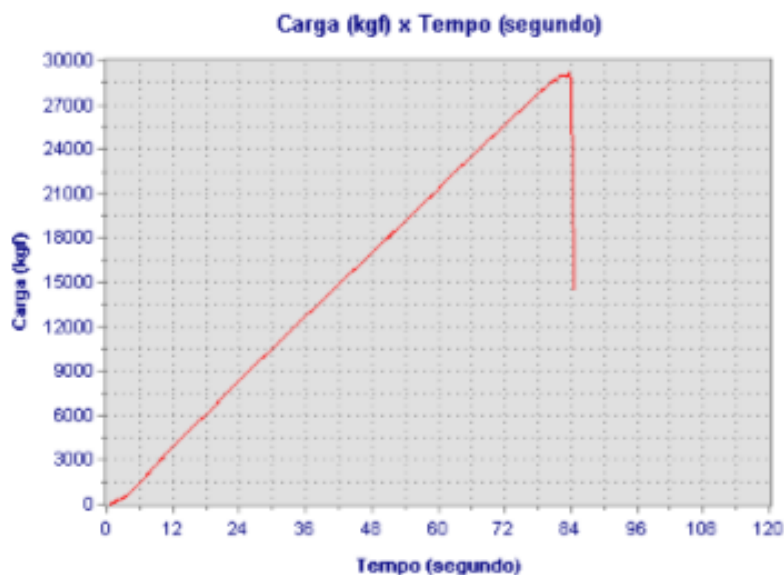
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	29.000
Tensão máxima (MPa):	36,2
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com adição de água - cp 06

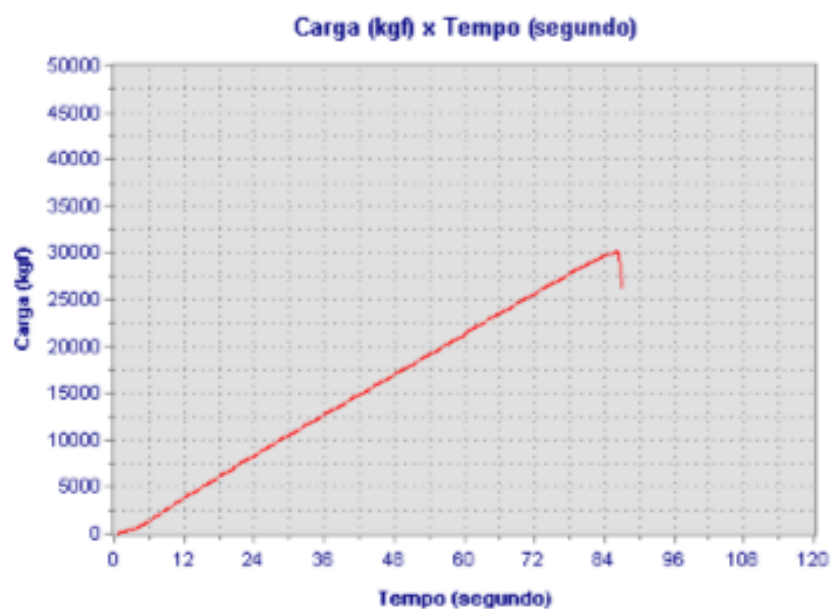
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 30.030
Tensão máxima (MPa): 37,5
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 01

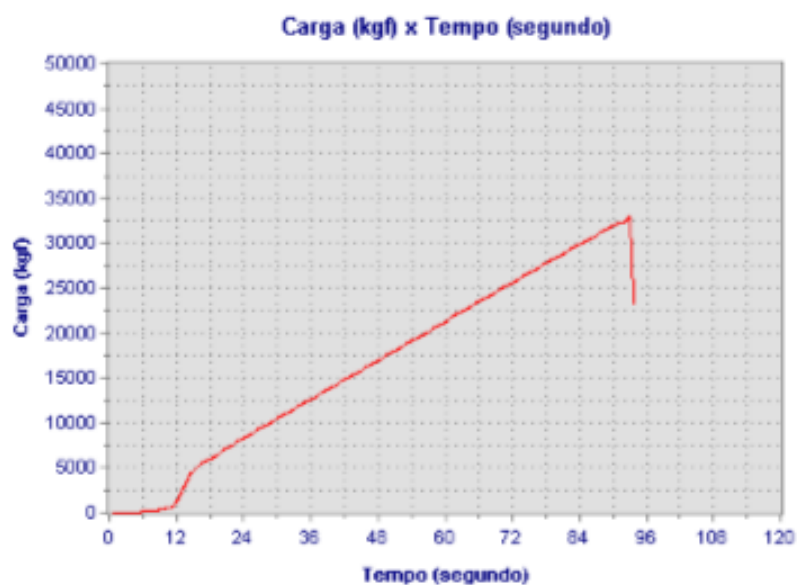
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	32.480
Tensão máxima (MPa):	40,6
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 02

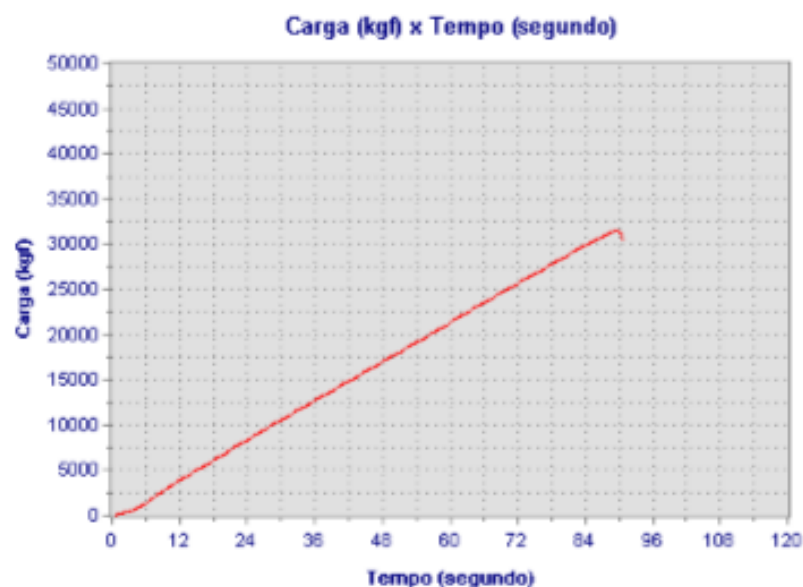
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 31.510
Tensão máxima (MPa): 39,3
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 03

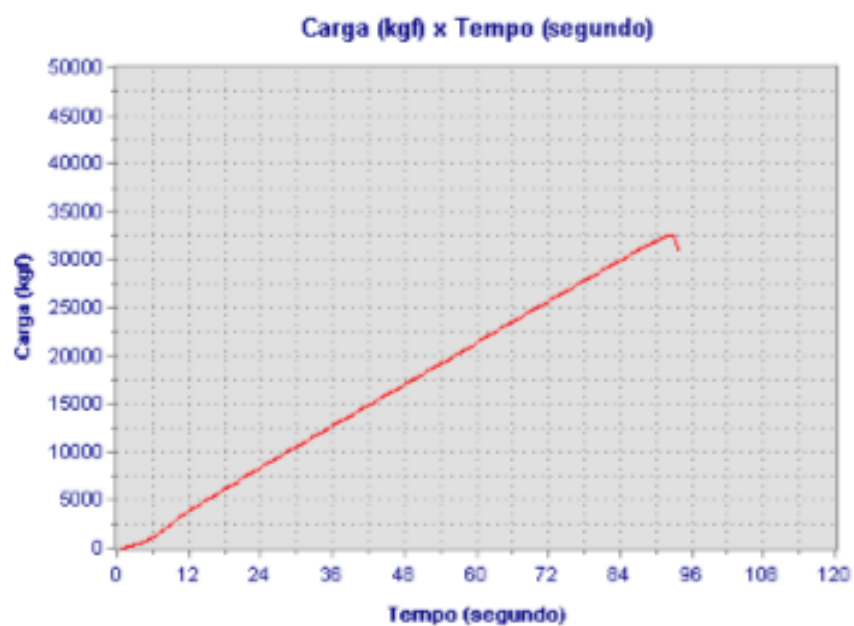
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 32.510
Tensão máxima (MPa): 40,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 04

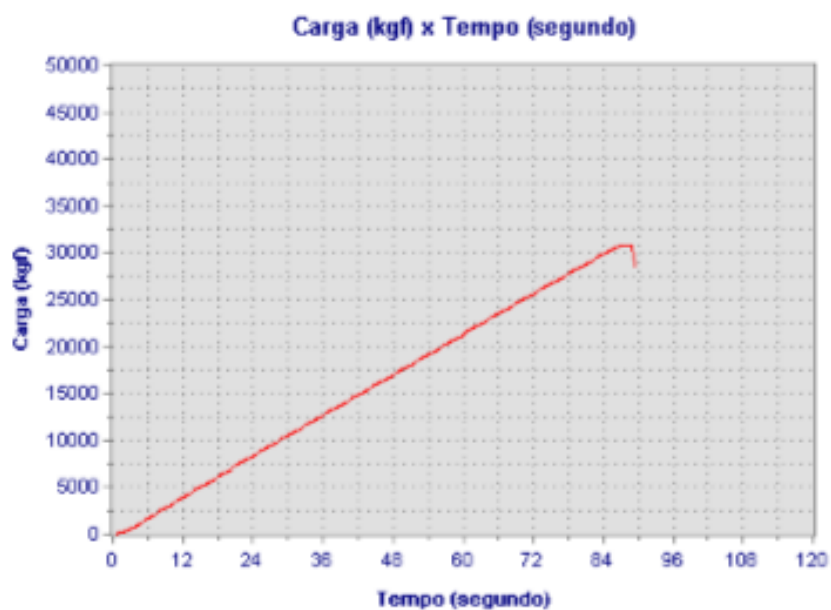
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Heloisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Heloisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 30.920
Tensão máxima (MPa): 38,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 05

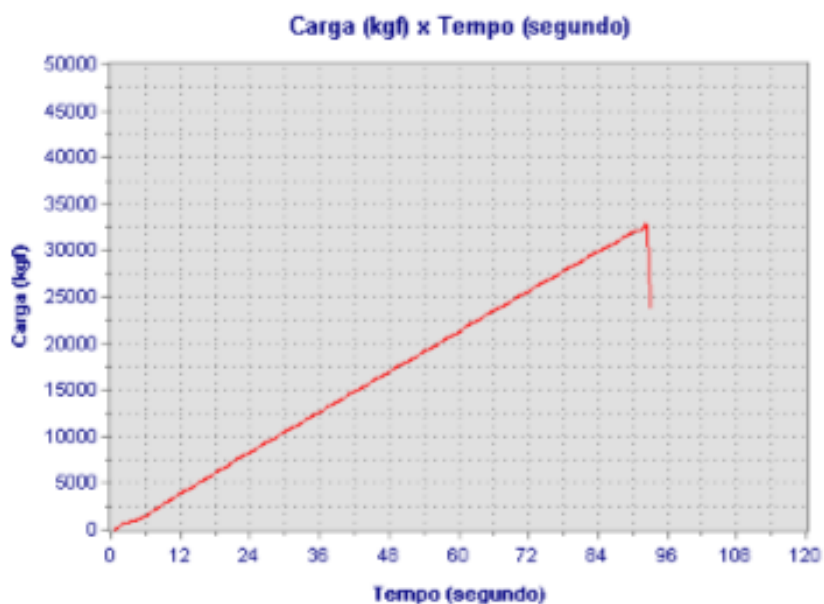
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	32.250
Tensão máxima (MPa):	40,3
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - Areia de britagem com aditivo - cp 06

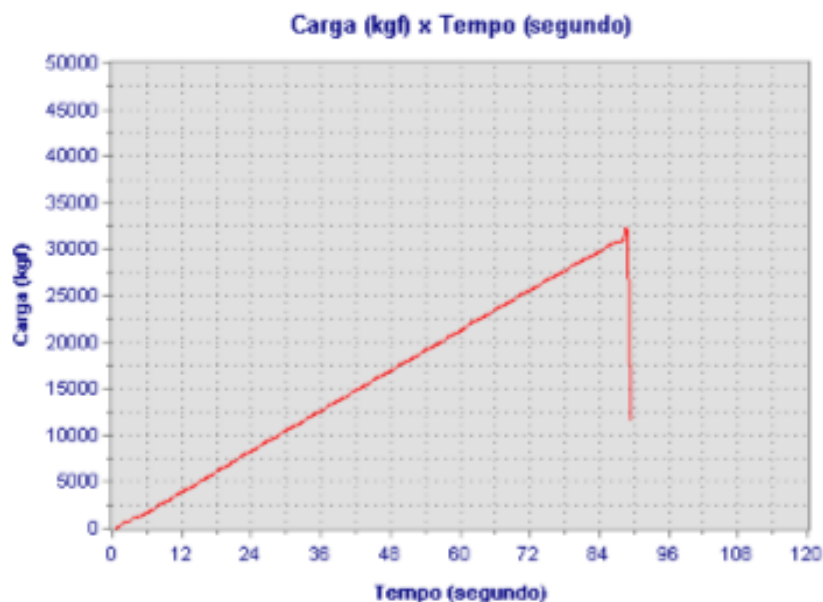
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Heloisa
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Heloisa
 Responsável: Wesley
 Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 30.970
 Tensão máxima (MPa): 38,7
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





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

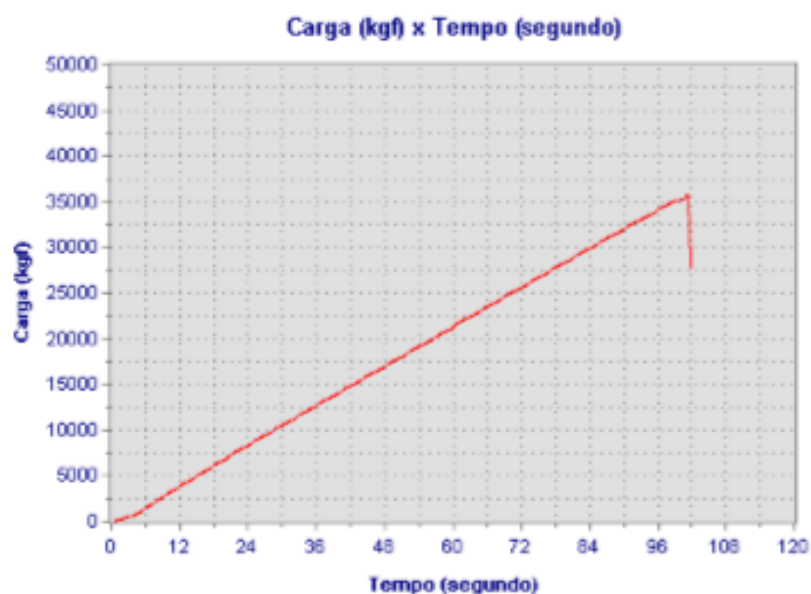
Dados Cadastrais

Amostra:	TCC Helolisa
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Helolisa
Responsável:	Wesley
Data de Moldagem:	21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	35.370
Tensão máxima (MPa):	44,2
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado





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

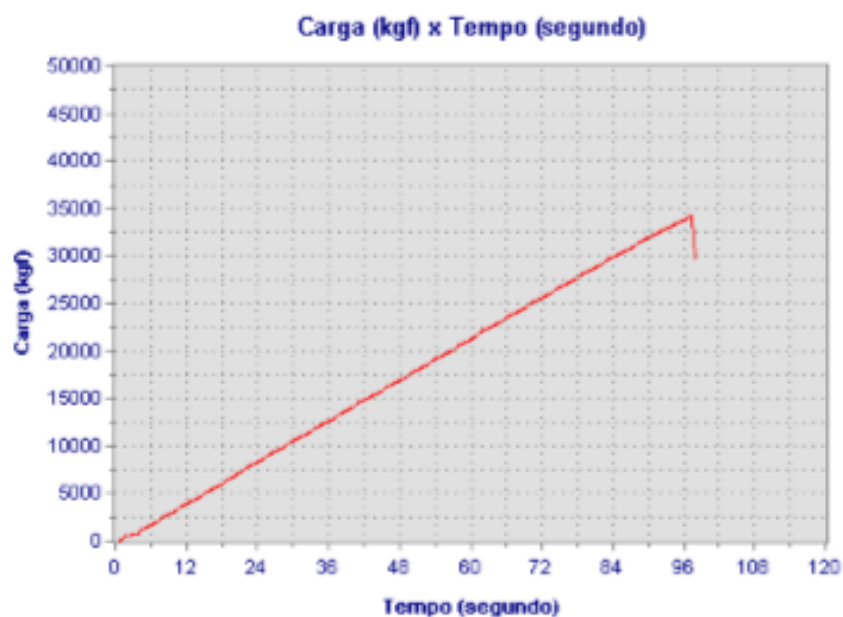
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 33.940
Tensão máxima (MPa): 42,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





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

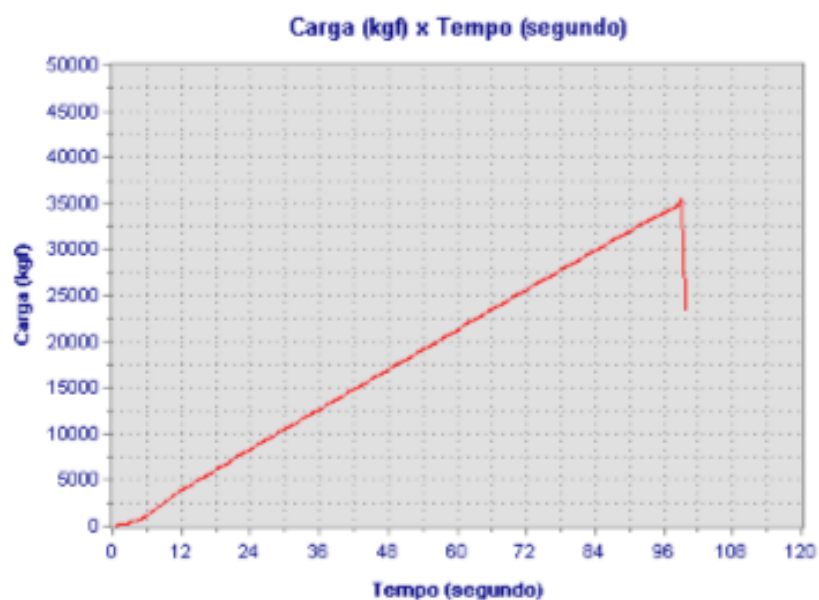
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Heloisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Heloisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 34.690
Tensão máxima (MPa): 43,3
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Concreto Convencional - CP 04

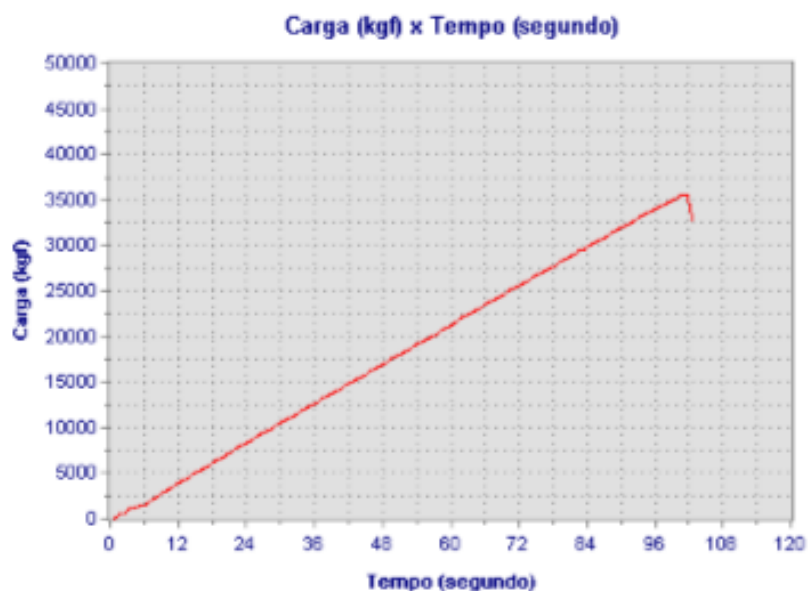
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 35.570
Tensão máxima (MPa): 44,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Concreto Convencional - CP 05

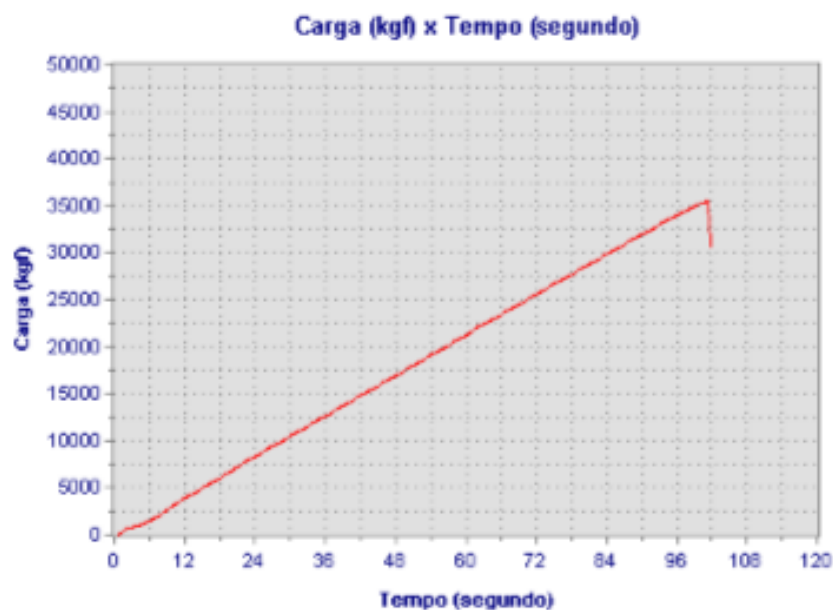
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 35.350
Tensão máxima (MPa): 44,1
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - Concreto Convencional - CP 06

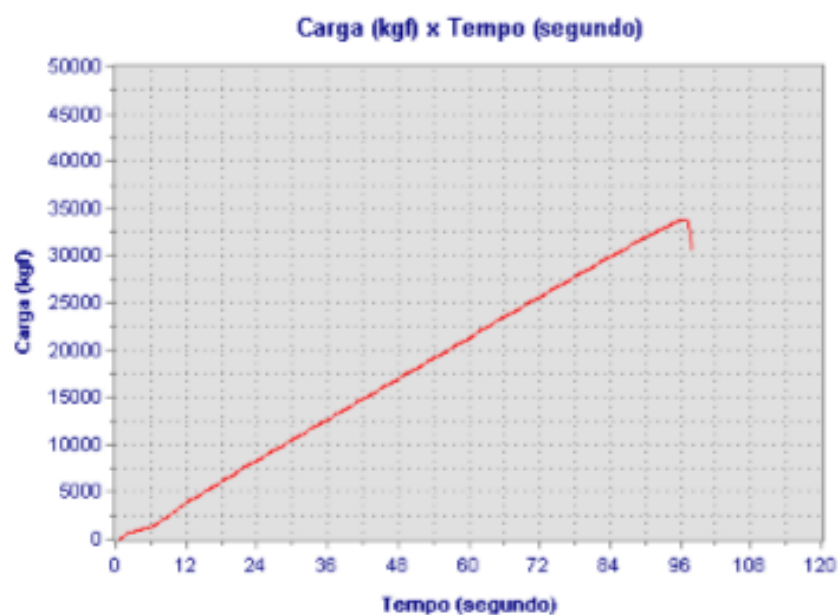
Dados Cadastrais

Amostra: TCC Helolisa
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Helolisa
Responsável: Wesley
Data de Moldagem: 21/08/2017

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 33.820
Tensão máxima (MPa): 42,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



APÊNDICE B – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.

Pesagem dos CP's antes da estufa		
CP's concreto convencional		
CP's	Peso em g	Média
1	3921,5	3910,9
2	3916,9	
3	3894,2	

Pesagem dos CP's antes da estufa		
CP's concreto com areia de britagem e aditivo		
CP's	Peso em g	Média
1	3872,9	3879,9
2	3849,1	
3	3917,7	

Pesagem dos CP's antes da estufa		
CP's concreto com areia de britagem+5% de água		
CP's	Peso em g	Média
1	3869,6	3885,63
2	3889,7	
3	3897,6	

Pesagem dos CP's após estabilização		
CP's concreto convencional		
CP's	Peso em g	Média
1	3696,5	3685,3
2	3689,9	
3	3669,5	

Pesagem dos CP's após estabilização		
CP's concreto com areia de britagem e aditivo		
CP's	Peso em g	Média
1	3630,8	3640,17
2	3616,6	
3	3673,1	

Pesagem dos CP's após estabilização		
CP's concreto com areia de britagem+5% de água		
CP's	Peso em g	Média
1	3630,6	3642,93
2	3634,6	
3	3663,6	

Pesagem dos CP's após 72h de imersão em água		
CP's concreto convencional		
CP's	Peso em g	Média
1	3904,1	3893,4
2	3899,7	
3	3876,5	

Pesagem dos CP's após 72h de imersão em água		
CP's concreto com areia de britagem e aditivo		
CP's	Peso em g	Média
1	3853,9	3861,90
2	3832,5	
3	3899,3	

Pesagem dos CP's após 72h de imersão em água		
CP's concreto com areia de britagem+5% de água		
CP's	Peso em g	Média
1	3850,3	3866,20
2	3868,7	
3	3879,6	