

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Curso de Engenharia de Materiais



Trabalho de Conclusão de Curso

**Análise do desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos
de concreto**

Carlos Felipe de Medeiros Cunha

Pelotas, 2018

Carlos Felipe de Medeiros Cunha

**Análise do desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos
de concreto**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Materiais da Universidade Federal de
Pelotas, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Cava

Pelotas, 2018

Carlos Felipe de Medeiros Cunha

Análise do desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos de
concreto

Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial, para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de
Pelotas.

Data da Defesa: 17 de dezembro de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Sergio da Silva Cava - (Orientador)

Doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Prof. Msc. Aline Tabarelli- (Banca)

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Profa. Dra. Margarete Regina Freitas Gonçalves - (Banca)

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar saúde e força para driblar todos os obstáculos e completar esta longa jornada.

A minha esposa Francine Aldrighi Cunha por me apoiar e incentivar a cada dia para seguir em frente.

Ao Prof.Dr. Sergio Cava e aos demais professores deste curso, que me ajudaram a construir o conhecimento necessário para a realização da graduação e deste trabalho.

Ao Prof.Dr. Claudio Martin Pereira pelas oportunidades, apoio e amizade durante a graduação.

Enfim, deixo o meu agradecimento a todos que participaram e contribuíram, direta ou indiretamente, pois a concretização do mesmo, teve a parcela de muitas pessoas que de alguma maneira me ajudaram.

RESUMO

CUNHA, Carlos Felipe de Medeiros. **Análise do Desempenho Mecânico Após Reprocessamento de Resíduos de Concreto.** 39f 2018. Graduação em Engenharia de Materiais, CD Tec, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

A disposição final e o uso dos resíduos da construção é um grande problema. A atual necessidade da construção civil em desenvolver uma produção ambientalmente correta, torna necessário estudos e a reutilização destes resíduos para diversos fins. O presente trabalho consiste na análise do desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos de concreto sujeitados a metodologias experimentais de própria autoria. Durante a execução do trabalho foram desenvolvidas duas metodologias de reprocessamento, onde consistem em aumentar a relação água/cimento e armazenar o concreto por períodos determinados, com o objetivo de estudo da viabilidade de armazenamento e reutilização desses concretos em momentos posteriores.

Palavras-Chave: *concreto, resistência a compressão do concreto, reutilização de resíduos.*

ABSTRACT

CUNHA, Carlos Felipe de Medeiros. **Analysis of Mechanical Performance After Reprocessing of Concrete Residues.** 39f 2018. Graduação em Engenharia de Materiais, CDTec, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

The final disposal and use of construction waste is a major problem. The current need of civil construction to develop environmentally correct production makes it necessary to study and reuse these wastes for various purposes. The present work consists in the analysis of the mechanical performance after reprocessing of concrete residues subjected to own experimental methodologies. During the execution of the work, two reprocessing methodologies were developed, which consists in increasing the water / cement ratio and storing the concrete for determined periods, with the purpose of studying the viability of storage and reuse of these concretes in later moments.

Keywords: *concrete, compressive strength of concrete, concrete waste.*

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	10
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo Geral.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 JUSTIFICATIVA	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Concreto	12
2.1.1 Cimento Portland.....	12
2.1.2 Química do Cimento.....	13
2.1.3 Pega e Endurecimento.....	14
2.1.4 Finura do Cimento.....	14
2.1.5 Tipos de Cimento Portland.....	15
2.3 Água	18
2.4 Agregado miúdo - Areia	19
2.5 Agregado graúdo - Brita.....	19
3. METODOLOGIA.....	20
3.1 Metodologias desenvolvidas	24
3.1.1 Metodologia Grupo I	24
3.1.2 Metodologia Grupo II	25
3.2 Caracterização dos materiais	25
3.2.1 Caracterização do agregado miúdo	25
3.2.2 Caracterização do agregado graúdo.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28

4.1 Resultados do Grupo I	28
4.2 Resultados do Grupo II	29
5. CONCLUSÃO	30

Lista de Figuras

Figura 1: Influência da área específica do cimento na resistência	15
Figura 2: Evolução da resistência média à compressão do diferentes tipos de cimento Portland	17
Figura 3: Balança com precisão de 1g.	20
Figura 4: Recipiente plástico levemente cônico com tampa.....	21
Figura 5: Bandeja de plástico para a mistura	21
Figura 6: Colher de pedreiro	22
Figura 7: Recipientes com concreto armazenado e/ou reprocessado	23
Figura 8: Reprocessamento em longos períodos de armazenamento	24
Figura 9: Cura dos corpos de prova	25
Figura 10: Série de peneiras e agitador.	26
Figura 11: Balança utilizada na pesagem dos agregados	26

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Curva granulométrica do agregado miúdo	27
Gráfico 2: Curva Granulométrica do agregado graúdo	27
Gráfico 3: Perda da Resistência de 0 a 18 horas de armazenamento	28
Gráfico 4: Resistência de 0 a 12 horas de armazenamento.....	29

Tabelas

Tabela 1: Química do Cimento..... 14

Quadros

Quadro 1: Composição do Cimento Portland	17
Quadro 2: Resultado do Ensaio de Compressão aos 7 e 28 dias	28
Quadro 3: Resultados do Ensaio de Compressão aos 7 dias	29

Lista de Abreviaturas e Siglas

UFPel – Universidade Federal de Pelotas

CP - Cimento Portland³

ARI - alta resistência inicial

RPM – Rotações por minuto

E - Escória

Z - Pozolana

F - Fíler

S - Com adição de mais de um item

RS - Resistente a sulfatos

IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto

ABCP – Associação Brasileiro de Cimento Portland

CP - Cimento Portland³

ARI - alta resistência inicial

E - Escória

Z - Pozolana

F - Fíler

S - Com adição de mais de um item

RS - Resistente a sulfatos

a/c - Relação água e cimento

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

ISO – Organização Internacional de Padronização

MPa – Mega Pascal

h - Hora

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material largamente utilizado na engenharia e um dos materiais mais importantes da construção civil. No entanto, sua utilização deve respeitar normas técnicas nacionais e internacionais. Dentre estas, destacam-se algumas que se referem ao processamento, transporte, tempo de cura e descarte de resíduos.

Estima-se que anualmente no mundo são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto, ou seja, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante (PEDROSO, 2009).

Em um país onde mais de 80% da atividade industrial concentra-se no setor de Construção Civil, a preocupação com o volume e a destinação que se dá com os resíduos decorrentes dessa atividade é um assunto preocupante e atual. A falta de fiscalização suficiente para inspecionar o descarte desses sólidos remanescentes, obriga uma abordagem pedagógica sobre o tema para despertar no empreendedor da obra a responsabilidade de evitar firmemente o desperdício de materiais e o descarte inadequado de resíduos (MATUCK, 2017).

Neste trabalho realizamos a análise do desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos de concreto, utilizando metodologias experimentais de própria autoria, com o objetivo de avaliar a possibilidade do desenvolvimento de um processo de armazenamento e/ou reutilização do concreto que sobra nas concretagens.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2012), o período de tempo para operações de lançamento e adensamento de concreto devem ser inferiores a 150 minutos após a primeira adição de água, no caso do emprego de caminhão betoneira, e inferior a 60 minutos no caso de veículo não dotado de equipamento de agitação. Não se admite adição suplementar de água.

Em caso de desrespeito da norma de adição suplementar de água ao concreto, o mesmo não atingirá a resistência pretendida, e em caso de constatação, a empresa de dosagem, se culpada, deve arcar com os custos de demolição e nova concretagem, além de indenização.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analizar o desempenho mecânico após reprocessamento de resíduos de concreto, a fim de estudar a possibilidade do desenvolvimento de um processo de armazenamento e/ou reutilização.

1.2.2 Objetivos Específicos

Analizar a resistência à compressão para constatar se há resistência estrutural após reprocessamento.

1.3 JUSTIFICATIVA

A preocupação com o meio ambiente e o desperdício de materiais de construção é um tema que deve ter bastante atenção. O concreto é um material amplamente utilizado, como referido anteriormente por PEDROSO 2009, são consumidos 11 bilhões de toneladas de concreto por ano. Porém, a falta de leis e fiscalização referente a descartes indevidos, deixa na mão dos empreendedores a responsabilidade e a consciência sobre a correta destinação destes resíduos.

Quando nos referimos a questão do desperdício, devido as rígidas normas de segurança e qualidade, quando há imprevistos ou uma deficiência no gerenciamento de processos, ocorrem grandes desperdícios de material, por deixarem de se enquadrar nas especificações técnicas.

Pensando nisso, nosso estudo visa estudar alternativas de reutilização de resíduos de concreto, com o objetivo de amenizar o impacto financeiro e ambiental causados por este problema.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em 5 capítulos, sendo eles:

Capítulo 1 – Apresenta a Introdução, Justificativa, Objetivos do Trabalho, dando um prévio entendimento do que foi estudado;

Capítulo 2 – Esse capítulo contém uma breve revisão bibliográfica sobre as características do concreto, componentes, aplicação, normas, comportamento e estudos relacionados ao tema;

Capítulo 3 – Esse capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para a realização do trabalho;

Capítulo 4 – Apresentação dos resultados obtidos;

Capítulo 5 –Conclusões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Concreto

O concreto é uma mistura de pedra britada, areia, cimento e água, que, face à hidratação do cimento, perde a sua característica de moldável durante a mistura e ganha forma definitiva e resistência com o passar do tempo. O cimento hidratado é a cola dessa mistura heterogênea. O concreto é uma tentativa de construir uma pedra artificial e que tem sobre a pedra natural uma grande e fundamental vantagem: o concreto durante a sua preparação é moldável permitindo adquirir a forma que sua fórmula indicar (BOTELHO E MARCHETTI, 2013).

O concreto pode ser considerado um dos materiais mais importantes da construção civil, além de ser um dos produtos mais fabricados no mundo em termos de volume. Tal significância atingida por este composto se deve, basicamente, a excelente resistência à água, baixo custo, facilidade de uso e disponibilidade em todo o mundo (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Para obter este composto com qualidade é necessária uma série de cuidados que engloba desde a escolha dos materiais, a determinação do traço, a resistência requerida, o adensamento e a cura (ABESC, 2007).

2.1.1 Cimento Portland

Cimento Portland é a denominação técnica do material usualmente conhecido na construção civil como cimento. O cimento Portland foi criado e patenteado em 1824, por um construtor inglês chamado Joseph Aspdin. Naquela época, era moda na Inglaterra construir com pedra, de cor acinzentada, originária da ilha de Portland, situada ao sul do país. Como o resultado da invenção de Aspidin se assemelhava, na cor e na dureza, a pedra de Portland foi patenteada com o nome de cimento de Portland (AMBROZEWICZ, 2012).

É produzido essencialmente da mistura de um material cárquico, como calcário ou giz, e a Silica e a alumina encontradas em argilas ou folhelhos. O processo de produção consiste em moer as matérias-primas cruas até a obtenção de um pó bastante fino, mistura-las intimamente em proporções predeterminadas e queimá-las

em um grande forno rotativo em urna temperatura próxima a 1400°C. No forno, ocorre a sinterização do material e sua fusão parcial na forma de clinquer. que após ser resfriado recebe uma determinada quantidade de gipsita (sulfato de cálcio), sendo então novamente moído até resultar em um pó fino. O produto resultante é o cimento Portland comercial, utilizado em todo o mundo (NEVILLE E BROOKS, 2010).

Cimento, no sentido geral da palavra, pode ser descrito como um material com propriedades adesivas e coesivas que o fazem capaz de unir fragmentos minerais na forma de uma unidade compacta. Esta definição abrange uma grande variedade de materiais cimentícios. Na área de construção, o significado do termo “cimento” é restrito à materiais aglomerantes utilizados com pedras, areias, tijolos, blocos para alvenaria, etc. os principais constituintes desse tipo de cimento são os compostos de calcário, de modo que, em engenharia civil e construções, quando se utiliza o termo cimento, estamos nos referindo ao cimento de base calcária. Visto que reage quimicamente com a água, os cimentos tem a propriedade de reagir e endurecer sob a água, sendo então, denominados de cimentos hidráulicos (NEVILLE, 2015).

2.1.2 Química do Cimento

Quatro compostos são destacados como os principais constituintes do cimento e estão listados na Tabela 1, juntamente com suas abreviações. Essa denominação abreviada, utilizada pela química de cimento, descreve cada óxido por uma letra, ou seja: $\text{CaO} = \text{C}$; $\text{SiO}_2 = \text{S}$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A}$ e $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}$. Da mesma forma que H_2O no cimento hidratado é representado como H (NEVILLE E BROOKS, 2010).

Tabela 1: Química do Cimento.

Nome do Composto	Composição em Óxidos	Abreviatura
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
Silicato dicálcico	2CaO.SiO ₂	C ₂ S
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Ferroaluminato tetracálcico	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Fonte: NEVILLE E BROOKS, 2010.

2.1.3 Pega e Endurecimento

Conforme Neville (2015), a pega muitas vezes é conceituada como forma de descrever o enrijecimento da pasta de cimento, como esta definição é muito ampla, muitas vezes pode ser confundida com o endurecimento, é correto definir pega como à mudança de estado, de fluído para sólido. Os dois primeiros compostos a reagirem após a adição de água são o C₃A e o C₃S, a adição do sulfato de cálcio regula as reações através do retardo do tempo de pega. Existem alguns fatores físicos que alteram o tempo de pega, como a temperatura. Quando a temperatura está mais elevada, o tempo de pega diminui e em baixas temperaturas a pega é retardada.

2.1.4 Finura do Cimento

Segundo Metta e Monteiro (1994): a finura dos aglomerantes afeta a velocidade de hidratação, consistência, segregação, trabalhabilidade, retração e quantidade de ar incorporado. A finura do cimento influencia na velocidade de hidratação, a qual inicia na superfície das partículas; a área geral da superfície do cimento representa o material disponível para hidratação (NEVILLE, 1997). A resistência inicial terá uma rápida evolução, no entanto, a velocidade inicial maior ocorrerá um desprendimento de calor de hidratação. Quando a pasta de cimento é fina, tende a apresentar maior fissuração e retração, mas diminui a exsudação do concreto. Cimentos mais finos apresentam uma elevada de C₃A disponível para hidratação. Para melhorar a trabalhabilidade do concreto aumenta-se a quantidade de água na mistura (NEVILLE, 1997).

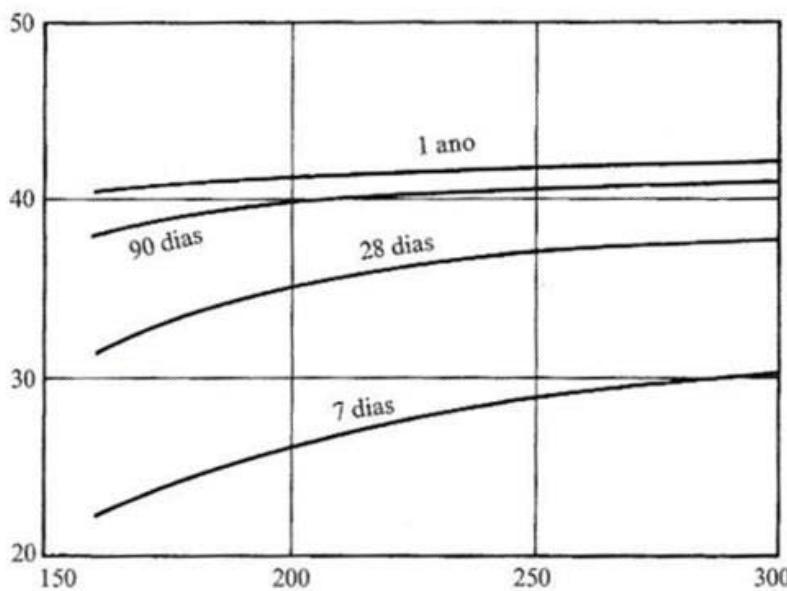


Figura 1 - Influência da área específica do cimento na resistência a diversas idades.
Fonte: Neville (2015).

2.1. 5 Tipos de Cimento Portland

Na designação dos cimentos, as iniciais CP correspondem à abreviatura de Cimento Portland e são seguidas dos algarismos romanos de I a V, conforme o tipo de cimento, sendo a classe expressa por números (25, 32 e 40) que indicam resistência à compressão do corpo de prova padrão, em Mpa.

Conforme a composição e as adições feitas em sua produção, os cimentos Portland podem ser classificados conforme segue:

2.1.5.1 Cimento Portland comum

O Cimento Portland comum (CP I) é produzido sem quaisquer adições além do gesso, que é utilizado para regularizar a pega.

2.1.5.2 Cimento Portland composto

As pesquisas tecnológicas indicaram que cimentos antes classificados como especiais, em razão de adições de escória de alto-forno, pozolana e material carbonático, tinham desempenho equivalente ao do cimento Portland comum. Depois de conquistado bons resultados na Europa o Cimento Portland Composto (CP II) surgiu no mercado brasileiro (1991). O CP II é um cimento com composição intermediária entre os Cimento Portland Comum e o Cimento Portland com adição de escória ou pozolana. Atualmente, os cimentos Portland compostos respondem

por 70% da produção industrial brasileira, sendo utilizado na maioria das aplicações usuais, em substituição ao antigo CP.

2.1.5.3 Cimento Portland de alto-forno

O Cimento Portland Alto-Forno (CP III) é obtido pela adição de escória granulada de alto-forno. As escórias apresentam propriedades hidráulicas latentes. Mas as reações de hidratação da escória são muito lentas e, para que seu emprego se possível, são necessários ativadores físicos e químicos. A ativação física obtém-se com a finura, decorrente da moagem da escória separada ou conjuntamente com o clínquer.

2.1.5.4 Cimento Portland Pozolânico

O Cimento Portland Pozolânico (CP IV) é obtido pela adição de pozolana ao clínquer. Ao contrário da escória, a pozolana não reage com o hidróxido de cálcio em presença de água e em temperatura ambiente, dando origem a compostos com propriedades aglomerantes.

2.1.5.5 Cimento Portland de alta resistência inicial

O Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI) tem a propriedade de atingir altas resistências já nos primeiros dias após a aplicação. Isto é possível pela utilização de uma dosagem específica de calcário e argila na produção do clínquer, além de uma moagem mais fina para que o cimento, ao reagir com a água, adquira elevadas resistências com maior velocidade.

Quadro 1 – Composição dos cimento Portland.

COMPOSIÇÃO DOS CIMENTO PORTLAND						
Composição (% massa)						
Tipo Cimento	Sigla	Clínquer + Gesso	Escória de Alto Forno (E)	Escória de Pozolânico (Z)	Material Carbonático (F)	Norma
Comum	CPI	100	--	--	--	NBR 5732
	CPI-S	99 - 95	--	--	--	
	CPII-E	94-56	6 - 34	--	0 - 10	
Composto	CPII-Z	94 - 76	--	6 - 14	0 - 10	NBR 11578
	CPII-F	94 - 90	--	--	6 - 10	
Alto-forno	CPIII	65 - 25	35 - 70	--	0 - 5	NBR 5735
Pozolânico	CPIV	85 - 45	--	15 - 50	0 - 5	NBR 5736
Alta Resistência inicial	CPV-ARI	100 - 95	--	--	0 - 5	NBR 5733

Fonte: AMBROZEWICZ, 2012

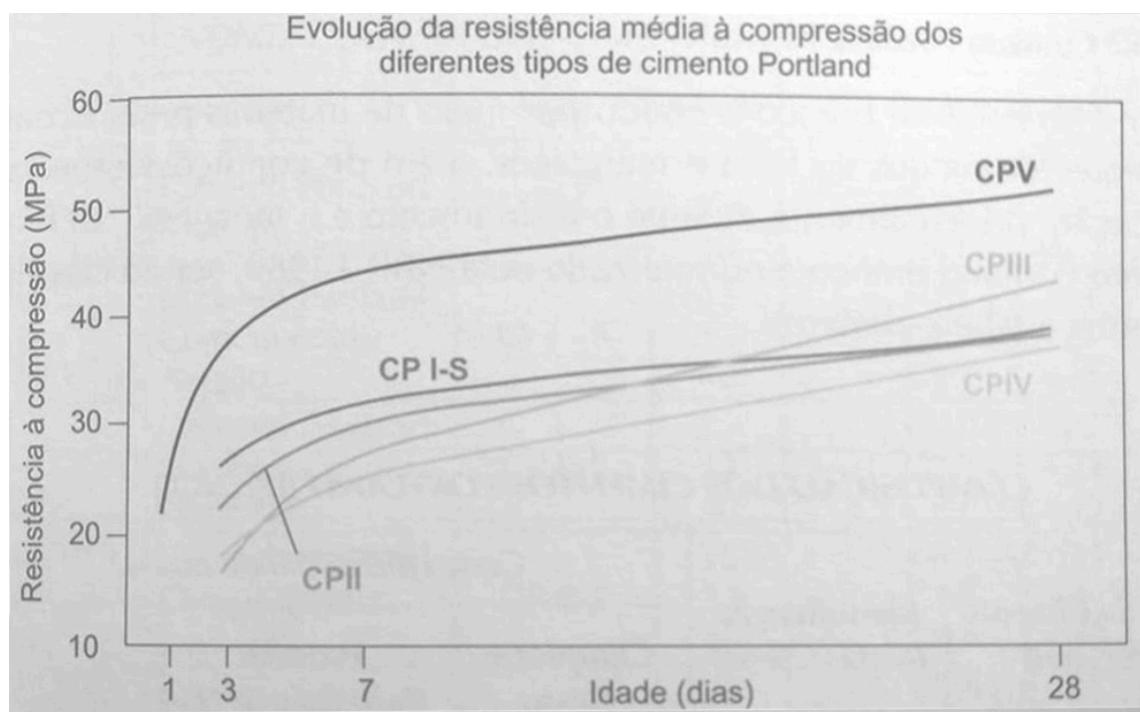


Figura 2 – Evolução da resistência média à compressão do diferentes tipos de cimento Portland.

Fonte: AMBROZEWICZ, 2012.

2.3 Água

De maneira geral, este precioso líquido não é visto e nem tratado como material de construção. Nas composições de custos de serviços de engenharia não se inclui o item água, mesmo sabendo-se que, para a confecção de um metro cúbico de concreto, gastam-se em média de 160 a 200 litros. (AMBROZEWICZ, 2012)

A água é usada em quase todos os serviços de engenharia, às vezes como componente e outras como ferramenta. Entra como componente nos concretos e argamassa e como ferramenta nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura de concreto. É um dos componentes mais importantes na confecção de concretos e argamassas. Um material de construção nobre, que influencia diretamente na qualidade e segurança da obra.

A água utilizada para o amassamento dos aglomerantes deve corresponder certas qualidades químicas, não pode conter impurezas e ainda estar dentro dos parâmetros recomendados pelas normas técnicas, a fim de que garantam a homogeneidade da mistura.

A NB-1 prescreve que a água destinada ao amassamento do concreto deverá ser isenta de teores prejudiciais e de substâncias estranhas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis e as que tenham um pH entre 5,80 e 8,0 e respeitem os seguintes limites máximos.

- Matéria orgânica (expressa em oxigênio consumido)... 3 mg/l
- Resíduo sólido... 5.000 mg/l
- Sulfatos (expresso em ions SO_4)... 300 mg/l
- Cloretos (expresso em ions CL)... 500 mg/l
- Açucar ... 5 mg/l

As impurezas e os sais dissolvidos na água, quando em excesso, podem ser nocivos para os aglomerantes utilizados na preparação de concretos e argamassas.

Opor-se-ão particularmente as águas selenitas, aquelas que contêm gesso, pois sua ação é extremamente corrosiva. As águas sulfatadas, as águas ácidas dos terrenos de turfas e despejos, e assim como as águas correntes que contêm ácidos carbônicos, são águas que destroem os cimentos.

A água do mar, as águas pluviais procedentes de terrenos não calcários, as águas que contém matérias químicas ou orgânicas atacam, desagregam ou decompõem os aglomerante tanto mais rápido quanto maior seja a dosificação em cal dos mesmo, por isso devem ser excluídas da preparação dos concretos e argamassas. (AMBROZEWICZ, 2012).

Para escolher qual a qualidade da água a ser utilizada deve-se definir qual será a sua finalidade de uso. De um modo geral, utiliza-se água potável em construções, sendo, portanto, livre de contaminações ou poluições. Porém, há casos de utilização de água de mananciais ou fontes localizadas nas redondezas do canteiro de obras, devendo a qualidade ser testada em laboratório de modo que não se tenha contaminação dos materiais de construção utilizados. (SOUZA, 2008).

2.4 Agregado miúdo - Areia

A areia, geologicamente, é um sedimento inconsolidado, cujos grãos têm diâmetros limites entre 0,150 mm e 4,75 mm. As areias grossas são, usualmente constituídas de fragmentos de rocha e as areias finas de grãos minerais. (AMBROZEWICZ, 2012).

2.5 Agregado graúdo - Brita

Segundo a norma ABNT NBR 7211:2004, é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NM 248:2003, com peneiras padronizadas pela norma ABNT NBR ISSO 3310-1:2010. (ISAIA, 2011)

3. METODOLOGIA

O experimento consiste na produção de concreto através do método IPT com o traço de 1:5, sendo, para cada parte de cimento, 2,24 de areia média e 2,76 de brita 1. Utilizamos a relação água/cimento de 0,8 e o cimento do tipo CPV-ARI, por ser um cimento com secagem rápida, com o objetivo de simular as condições mais críticas e em caso de sucesso, ter uma fácil aplicação nos demais tipos de cimento. Para tal, também foi escolhido o teor de argamassa de 48% e não foram inseridos aditivos. Para a execução destes experimentos foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:



Figura 3 - Balança com precisão de 1g.

Fonte: Autoria própria.



Figura 4 - Recipiente plástico levemente cônicocom tampa.

Fonte: Autoria própria.



Figura 5 - Bandeja de plástico para a mistura.

Fonte: Autoria própria



Figura 6 - Colher de pedreiro.

Fonte: Autoria própria

- Areia média
- Brita 1

A areia e brita utilizada em todos os experimentos foi armazenada em local seco e coberto, e sua granulometria foi determinada.

Os experimentos utilizaram o traço descrito anteriormente, e a metodologia aplicada foi de dívida em dois grupos, porém a metodologia padrão foi executada da seguinte forma. O concreto era dosado, e logo em seguida, era inserido em recipientes, onde eram vedados por tempos variados (2h, 4h, 6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h, 20h, 22h, 24h e 26 horas), conforme mostra a Figura 8.



Figura 7 – Recipientes com concreto armazenado e/ou reprocessado.

Fonte: Autoria própria

Após o tempo de armazenamento, o concreto era retirado dos recipientes e misturado novamente, voltando para os moldes, afim de continuar o seu processo de cura. Este experimento foi realizado para inibir a evaporação da água e visualizar quantas horas era possível deixa-lo armazenado, afim de reutilizá-lo posteriormente.

Quando o concreto fica por longo período armazenado (de 14 a 24horas), ele acaba ficando levemente endurecido, e é necessário dar golpes com alguma ferramenta para que fique em condições de uso. A figura 8 ilustra como ocorre o processo quando o concreto fica por longo período armazenado.



Figura 8 – Reprocessamento em longos períodos de armazenamento.

Fonte: Autoria própria.

3.1 Metodologias desenvolvidas

Como citado anteriormente, os corpos de prova foram divididos em dois grupos, afim de aplicar e variar as metodologias desenvolvidas, sendo os dois grupos com o objetivo de ensaiar a resistência mecânica à compressão.

3.1.1 Metodologia Grupo I

A metodologia aplicada neste grupo utilizou o traço 1:5, a relação água/cimento 0,8 com teor de argamassa de 48% e cimento CPV-ARI. O concreto foi dosado e armazenado pelos períodos de 6, 8, 10, 12, 14 e 18, após estes períodos o concreto foi reprocessado, onde foi posteriormente moldado conforme a norma ABNT NBR 5738, para cada período de armazenamento foram moldados de 4 a 6 CPs.

Até o dia do ensaio de compressão os corpos de prova foram submetidos a imersão, método preconizado nas normas NBR 5738, NBR 7680 e NBR 9479, conforme ilustra a figura 13. Os ensaios de compressão foram realizados aos 7 dias de idade, utilizando uma prensa hidráulica.



Figura 9 – Cura dos corpos de prova.

Fonte: Autoria própria

3.1.2 Metodologia Grupo II

Utilizamos uma metodologia semelhante a aplicada no grupo I, porém, o traço inicial utilizou relação a/c de 0,4 e após 90 minutos sem agitação, foi adicionado mais 0,4 a/c e armazenado por períodos variados. Após o armazenamento foi adicionado cimento, 33% em peso da adição inicial, afim de aumentar a sua resistência e melhorar a sua trabalhabilidade. Neste grupo foram realizados ensaios aos 7 dias de idade.

3.2 Caracterização dos materiais

3.2.1 Caracterização do agregado miúdo

A caracterização do agregado miúdo foi realizada utilizando o ensaio de acordo com a NBR NM 248. Utilizando a série de peneiras entre 4,75mm e 0,150mm, e um agitador, conforme ilustra na figura 10. Também foi utilizado uma balança, conforme ilustra a figura 11. E ao realizar o ensaio, se obteve a curva granulométrica ilustrada no gráfico 1, com característica predominante de areia média.



Figura 10 – Série de peneiras e agitador.

Fonte: Autoria própria.



Figura 11 – Balança utilizada na pesagem dos agregados.

Fonte: Autoria própria.

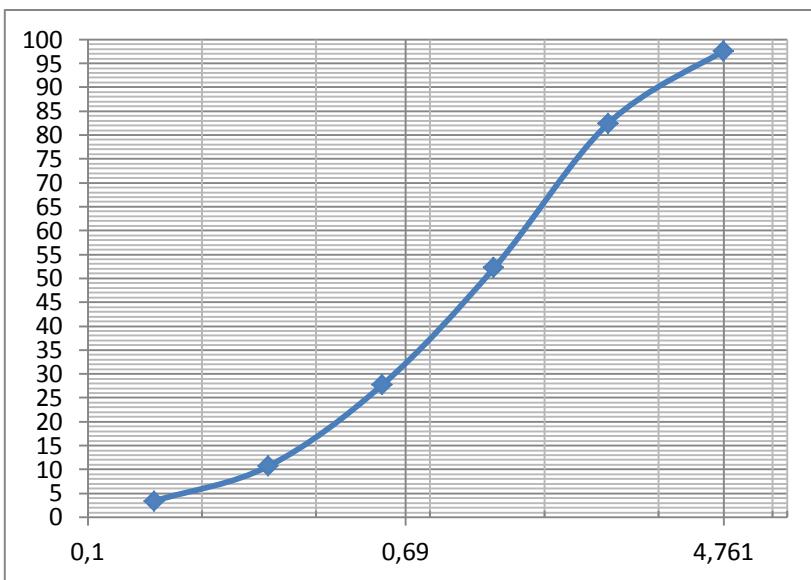


Gráfico 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo.

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Caracterização do agregado graúdo

A caracterização do agregado graúdo foi realizada utilizando o ensaio de acordo com a NBR NM 248. Utilizando a série de peneiras entre 4,75mm e 12,5mm e os demais equipamentos utilizados para a caracterização do agregado miúdo. A curva granulométrica pode ser observada no gráfico 2, com predominância caracterizando brita 1.

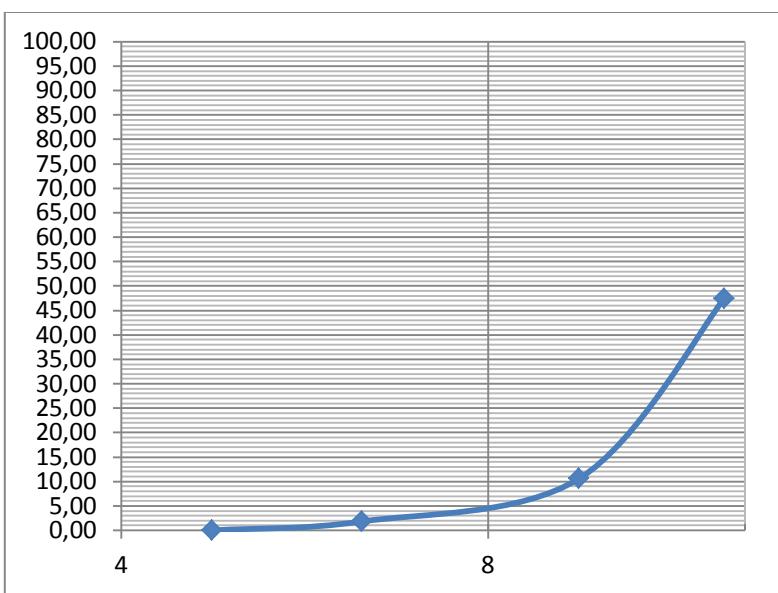


Gráfico 2 – Curva Granulométrica do agregado graúdo.

Fonte: Autoria própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com as metodologias aplicadas nos dois grupos de corpos de prova, neste capítulo apresentaremos os resultados dos ensaios de compressão.

4.1 Resultados do Grupo I

Conforme descrito na metodologia, foram moldados corpos de prova e realizado o ensaio de compressão aos 7 dias de idade, conforme podemos observar os resultados no quadro 1 e no gráfico 3.

Quadro 2 – Resultado do Ensaio de Compressão aos 7 dias.

Corpo de prova	Horas Armazenado	Nº CPs	7 dias	% perda
CPs – Padrão	0	4	17,52 Mpa	-
CPs – Tipo 1	6	4	17,36 Mpa	0,91
CPs – Tipo 2	8	4	16,16 Mpa	7,76
CPs – Tipo 3	10	4	13,15 Mpa	24,9
CPs – Tipo 4	12	4	10,74 Mpa	38,7
CPs – Tipo 5	14	4	6,12 Mpa	65,0
CPs – Tipo 6	18	4	2,35 Mpa	86,6

Fonte: Autoria própria

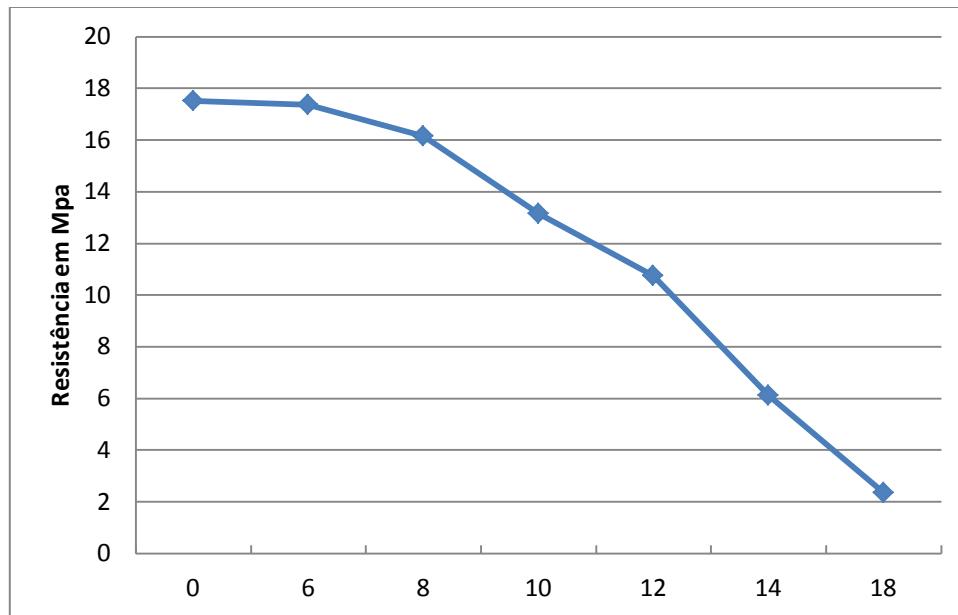


Gráfico 3 – Perda da Resistência de 0 a 18 horas de armazenamento.

Fonte: Autoria própria.

Podemos observar que com o armazenamento de até 8 horas o concreto não teve perdas tão significativas, e pode ser utilizado em aplicações que não exijam resistência estrutural.

4.2 Resultados do Grupo II

Neste grupo foi utilizada uma metodologia semelhante ao Grupo I, porém foi simulado uma situação que ocorre em concretagens, onde o concreto passa do tempo descrito na norma, e precisa ser descartado. Onde aplicamos a metodologia de adicionar mais água, armazenar, e após armazenamento adicionar cimento. Podemos observar os resultados do ensaio de compressão no quadro 2 e no gráfico 4.

Quadro 3 – Resultados do Ensaio de Compressão aos 7 dias.

Corpo de prova	Horas Armazenado	Nº CPs	7 dias	% ganho
CPs – Padrão	0	4	17,52 Mpa	-
CPs – Tipo 1	6	2	25,6 Mpa	46,11
CPs – Tipo 2	8	2	22,96 Mpa	31,05
CPs – Tipo 3	10	2	17,83 Mpa	1,77
CPs – Tipo 4	12	2	14,74 Mpa	-15,86

Fonte: Autoria própria.

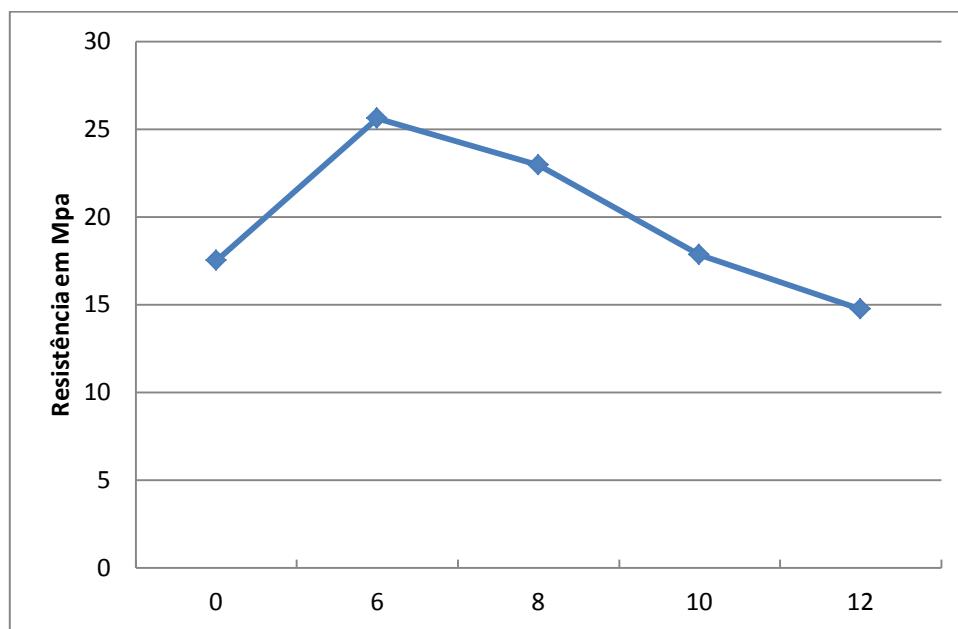


Gráfico 4 – Resistência de 0 a 12 horas de armazenamento

Fonte: Autoria própria.

Podemos observar que a adição de 33% de cimento propiciou um ganho considerável em resistência, e a partir deste método podem ser desenvolvidos estudos mais completos e detalhados sobre o tema. Estes resultados foram obtidos sem a utilização de aditivos no concreto, demonstrando que é viável o desenvolvimento de processos que visem o armazenamento e reutilização de concreto.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho conseguimos estudar o comportamento do concreto exposto ao armazenamento e desenvolver metodologias de armazenagem e reutilização. No caso da metodologia aplicada no grupo I, conseguimos observar a queda da resistência de acordo com tempo de armazenamento, e concluir que a sua reutilização pode se tornar inviável dependendo da aplicação.

Ao observar os resultados do grupo II, podemos concluir que há potencial na utilização deste método, onde ao invés de descartar o material que sobra, é possível realizar a adição de água e armazenar, e posteriormente fazer adição de cimento para aumentar a sua resistência. Esta pesquisa serviu para obter dados preliminares afim da obtenção da viabilidade desta metodologia, e estudos mais aprofundados podem ser realizados em trabalhos futuros.

Por fim, concluímos que, se o estudo for aprofundado, as centrais de dosagem podem aplicar esta metodologia e encontrar utilizações secundárias para o concreto que sobra, podendo ser benéfico financeiramente e ajudando o meio ambiente no que se refere a produção de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de Construção** – São Paulo – Editora Pini, 2012. 457p.

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil. **Manual do Concreto dosado em central**. São Paulo, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica**, 2003.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: **Execução do concreto dosado em central – procedimentos**, 2012

ABCP. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

‘ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil 2016**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado, eu te amo**: volume 2. 3 ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2013. v. 2

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos – Estudos e Procedimentos de Execução**. São Paulo, Editora Pini, 2003. 224p.

PEDROSO, Fábio Luís. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto e construções**, n. 53, 2009. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018.

MATUCK, C. A.P.; GIORDANO, F. **Gestão do reuso e reciclagem de materiais de obras de construção: considerações gerais**. 6th International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

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

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 390 p.

IBRACON. CONCRETO: MATERIAL CONSTRUTIVO MAIS CONSUMIDO NO MUNDO. Revista Concreto e Construções, São Paulo, n°53, 2009.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 888 p.

SOUZA, Marcos Ferreira. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2008.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1.ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 1v.

ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1.ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 2v.