

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE TECNOLOGIA EM CONCRETO**

**ANA PAULA DURAN
DANIELLY FRACARO**

**VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BÁSICAS DO CONCRETO
INDUSTRIALIZADO FORNECIDO EM EMBALAGENS DE 30kg**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2011**

ANA PAULA DURAN

DANIELLY FRACARO

VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BÁSICAS DO CONCRETO INDUSTRIALIZADO FORNECIDO EM EMBALAGENS DE 30kg

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Concreto do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Curitiba, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Concreto.

Orientador: Prof. Ozires de Jesus Ribeiro

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BÁSICAS DO CONCRETO INDUSTRIALIZADO FORNECIDO EM EMBALAGENS DE 30 kg

Por

Ana Paula Duran e Danielly Fracaro

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Concreto, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 05 de dezembro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Ozires de Jesus Ribeiro
UTFPR

Prof. Rodrigo Kanning
UTFPR

Prof. Fernando Matitz
UTFPR

**Dedicamos este trabalho primeiramente à Deus, por nos
permitir realizar mais uma conquista em nossas
vidas, aos nossos familiares e todas as
pessoas que colaboraram
de alguma forma.**

RESUMO

Com a crescente expansão do mercado da construção civil, novos materiais e soluções industrializadas estão surgindo para eliminar etapas, reduzir o tempo de trabalho nos canteiros de obra, garantir a qualidade e evitar o desperdício desnecessário de materiais. As novas tecnologias contribuem para substituir materiais tradicionais por outros alternativos e também ajudam a inovar o que já existe, por opções significativamente melhoradas. Apesar de caros, os novos materiais têm sido utilizados com bastante frequência, com a falta de mão de obra e equipamentos, optar por novas técnicas pode ser a solução. Dessa maneira, o presente trabalho teve por objetivo, verificar as propriedades básicas do concreto industrializado fornecido em embalagens de 30 kg. Material este, desenvolvido para quem precisa fazer pequenos reparos ou pequenas construções, atende essas necessidades, por ser prático, fácil de preparar, não exige que a pessoa tenha conhecimentos sobre concreto para poder utilizar, é dosado para obter uma resistência de 21 MPa e a quantidade de água a ser adicionada está indicada na embalagem. Foram verificadas as propriedades do concreto industrializado embalado, no estado fresco, a trabalhabilidade, coesão, segregação e no estado endurecido, a resistência à compressão axial e massa específica. Foi estabelecida ainda, uma relação entre a dosagem do concreto industrializado com a dosagem do concreto convencional, utilizando o método ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland - de dosagem. Para isso, foi necessária a aplicação dos mesmos ensaios do concreto industrializado no concreto convencional. No decorrer do trabalho são explanados os ensaios realizados, de acordo com os procedimentos das normas, específicos para cada propriedade. Também são expostas as vantagens e características desse material pronto e embalado. As dosagens e ensaios do concreto no estado fresco e endurecido foram desenvolvidas principalmente no laboratório da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná -, no entanto, foi desenvolvida uma atividade experimental, “in loco”. A construção de uma rampa para portadores de necessidades especiais em uma igreja localizada em Campo Largo, na qual utilizou o concreto industrializado embalado. O preparo e a aplicação do concreto foram acompanhados para que os mesmos procedimentos realizados no laboratório

fossem seguidos evitando assim, qualquer alteração nos resultados.

Palavras Chave: Propriedades do concreto, resistência à compressão, dosagem de concreto.

ABSTRACT

With the growing expansion of the building industry, new materials and industrial solutions are emerging to eliminate steps, reduce the working time on construction sites, to ensure quality and avoid unnecessary wastage of materials. The new technologies help to replace traditional materials by other alternative and also help innovate what already exists, for significantly improved options. Although expensive, the new materials have been used quite often, the lack of manpower and equipment, new techniques can choose to be the solution. Thus, this study aimed to verify the basic properties of concrete industrialized supplied in packs of 30 kg. This material, developed for those who need minor repairs or minor construction, meets these needs to be practical, easy to prepare, does not require that the person has actual knowledge to be able to use, is measured to obtain a strength of 21 MPa and the amount of water to be added is indicated on the packaging. We checked the properties of concrete industrial packaged, fresh, workability, cohesion, and segregation in the hardened state, the axial compressive strength and density. Yet been established, a relationship between the dosage of the concrete with the industrial strength of concrete using conventional method ABCP - Brazilian Portland Cement Association - dosage. For this, it was necessary to apply the same tests of concrete in industrialized conventional concrete. In the course of the work are explained the testing carried out in accordance with the procedures of standards specific to each property. Also exposed are the advantages and characteristics of this material ready and packed. Dosages and testing of fresh concrete and hardened were mainly developed in the laboratory of UTFPR - Federal Technological University of Parana -, however, an experimental activity was developed "in situ". The construction of a ramp for the disabled in a church located in Campo Largo, in which the concrete used industrial packaging. The preparation and application of concrete were followed to the same procedures followed were conducted in the laboratory, thus avoiding any change in the results.

Keywords: Properties of concrete, compressive strength, dosage concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone	29
Figura 2 – Concreto coeso	31
Figura 3 – Concreto não coeso	31
Figura 4 – Embalagem maior – agregados	36
Figura 5 – Embalagem menor – cimento	37
Figura 6 – Corpos de prova na câmara úmida	43
Figura 7 – Ensaio “ <i>Slump Test</i> ” do concreto dosado pelo método ABCP	44
Figura 8 – Ensaio “ <i>Slump Test</i> ” do concreto ensacado	45
Figura 9 – Ensaio de resistência a compressão axial	46
Figura 10 – Preparação da rampa para concretagem	48
Figura 11 – Mistura dos agregados e do cimento do concreto ensacado	48
Figura 12 - Adição de água e preparo manual do concreto ensacado	49
Figura 13 - Ensaio “ <i>Slump Test</i> ” do concreto ensacado	49
Figura 14 – Concretagem da rampa	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classe de agressividade	24
Tabela 2 – Consumo de água aproximado	24
Tabela 3 – Volume de agregado graúdo	25
Tabela 4 – Relação entre trabalhabilidade e grandeza do abatimento	29
Tabela 5 – Análise granulométrica	51
Tabela 6 – Análise granulométrica	52
Tabela 7 – Resultados obtidos nos ensaios dos agregados	52
Tabela 8 – Resultados obtidos no ensaio de consistência	53
Tabela 9 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência	54
Tabela 10 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência	55
Tabela 11 – Resultados do ensaio de massa específica	55
Tabela 12 – Estimativa de custos dos concretos	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABESC – Associação Brasileira das empresas de serviços de concretagem

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI – *American Concrete Institute*

DNER – Departamento Nacional de estradas de rodagem

INT – Instituto Nacional Tecnológico

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

SANEPAR – Companhia de saneamento do Paraná

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DE ESTUDO	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO	18
2.1.1 Cimento Portland	18
2.1.2 Agregados	19
2.1.2.1 Classificação dos agregados	20
2.1.2.2 Mistura de agregados graúdos	21
2.1.3 Água	21
2.1.4 Aditivo plastificante	22
2.2 DOSAGEM DO CONCRETO	22
2.2.1 Método ABCP	22
2.3 CURA DO CONCRETO	26
2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO	27
2.4.1 Trabalhabilidade	27
2.4.1.1 Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone	28
2.4.2 Coesão	30
2.4.3 Segregação	31
2.4.4 Resistência à compressão axial	31
2.4.5 Massa específica	33
2.5 CONCRETO INDUSTRIALIZADO ENSACADO	34
2.5.1 Composição básica	35
2.5.2 Preparo	35

2.5.3 Resistência	37
2.5.4 Principais aplicações	37
2.5.5 Vantagens	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 MATERIAIS EMPREGADOS	40
3.1.1 Cimento Portland	40
3.1.2 Agregados	40
3.1.3 Água	40
3.1.4 Aditivo plastificante	40
3.2 CÁLCULOS DE DOSAGEM	41
3.2.1 Método ABCP	41
3.2.2 Concreto ensacado industrializado	41
3.3 MISTURA DOS CONCRETOS	42
3.3.1 Mistura do concreto dosado pelo método ABPC	42
3.3.2 Preparo do concreto industrializado ensacado	42
3.4 CURA	42
3.5 ENSAIOS REALIZADOS	43
3.5.1 Análise granulométrica	43
3.5.2 Massa unitária e específica	43
3.5.3 Proporcionamento dos agregados graúdos	43
3.5.4 <i>Slump test</i>	44
3.5.5 Segregação	45
3.5.6 Coesão	45
3.5.7 Resistência à compressão axial	46
3.5.8 Massa específica	46
3.6 ATIVIDADE EXPERIMENTAL	46
4 RESULTADOS E ANÁLISES	51

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
4.1.1 Análise de viabilidade econômica	56
4.2 ANÁLISE VISUAL	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5.1 CONCLUSÕES	57
5.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

O material mais largamente usado na construção civil é o concreto, normalmente feito com a mistura de cimento Portland com areia, pedra e água (METHA & MONTEIRO, 1994).

Para aproveitar melhor a característica do produto é necessário escolher corretamente os materiais constituintes, a determinação de um traço que garanta a resistência e a durabilidade desejada, o preparo da mistura de forma a se obter uma boa homogeneidade, cuidados na aplicação, no adensamento e na cura adequada, através desses cuidados, é possível determinar o concreto adequado para cada tipo de obra, evitando desperdício de materiais, reduzindo custos e aumentando a qualidade.

Por outro lado, nem sempre é possível verificar se o concreto utilizado apresenta a qualidade a que se refere, no caso dos concretos dosados em centrais, conhecer se a empresa cumpre as normas técnicas sobre a execução do concreto, é fundamental.

Com o aumento da concorrência e a evolução tecnológica as empresas estão reavaliando seus métodos e sistemas de produção em busca de produtividade e competitividade. Muitas são as perspectivas e idéias que surgem no setor para adaptar a produção aos novos tempos.

Por exemplo, as novas soluções em concreto pronto ensacado que foram desenvolvidos para obras de pequeno porte, concretagem em etapas, pequenas reformas, ampliações, reparos, etc. Segundo fabricantes, as vantagens são grandes em relação aos concretos convencionais, pois dispensa uso de equipamentos como betoneira, instalações elétricas, não requer mão de obra qualificada é de fácil manuseio, disponibilidade do material a qualquer momento, trabalho limpo, racionalização dos trabalhos, evita compras e estocagem a granel e garante a uniformidade e resistência.

Por isso, o presente trabalho foi desenvolvido, para verificar as características desse concreto industrializado, em comparativo ao método ABCP de dosagem.

Através das especificações da embalagem do concreto pronto, e das normas técnicas, foram realizados ensaios de granulometria, *slump test*, resistência à

compressão axial, massa específica e verificação da coesão e segregação da mistura.

As propriedades do concreto analisadas foram a segregação, a coesão, a trabalhabilidade, a resistência à compressão axial e a massa específica. Caracterizadas essas propriedades para os dois tipos de concretos analisados.

E como parte experimental do trabalho, utilizou-se o concreto pronto para execução de uma rampa, etapa essa na qual verificamos as propriedades, o manuseio, aplicação, vantagens e desvantagens em relação ao concreto convencional.

1.1 Justificativa

Quando um concreto é produzido, se espera que ele tenha o menor custo possível, mas também que atinja a resistência calculada na dosagem.

O presente trabalho buscou verificar o desempenho e o custo do concreto industrializado, fornecido em embalagens para mistura final no local de uso. Procurou também fazer um comparativo desse material alternativo, com o concreto convencional produzido através do método ABCP de dosagem, em relação as suas propriedades de resistência à compressão axial, massa específica, trabalhabilidade, coesão e segregação.

1.2 Definição dos objetivos de estudo

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral, verificar comparativamente as propriedades básicas e a viabilidade econômica do concreto industrializado, fornecido em embalagens de 30 kg, em relação ao concreto convencional dosado pelo método ABCP.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os agregados utilizados na dosagem do concreto, através de ensaios tecnológicos;

- Analisar a trabalhabilidade, massa específica, coesão e segregação;
- Analisar a resistência à compressão axial do concreto industrializado pronto e do concreto convencional dosado pelo método ABCP, aos 3, 7 e 28 dias;
- Avaliar viabilidade econômica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Materiais constituintes do concreto

O concreto hidráulico é um material de construção constituído por mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Quando recém-misturado, deve oferecer condições tais de plasticidade que facilitem as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas formas, adquirindo, com o tempo, pelas reações que então se processarem entre aglomerante e água, coesão e resistência (PETRUCCI, 1998).

Os materiais que o compõem são: cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água (PETRUCCI, 1998).

Ainda segundo o autor, outro constituinte destinado a melhorar ou conferir propriedades especiais ao conjunto, tais como impermeabilidade da massa, maior plasticidade quando fresco, são os aditivos.

Ao conjunto cimento mais água dá-se a denominação de pasta, que tem como função envolver os agregados, enchendo os vazios formados e comunicando ao concreto possibilidades de manuseio, quando recém-misturado (PETRUCCI, 1998).

A função dos agregados é contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e à ação das intempéries, reduzir as variações de volume provenientes de várias causas, e reduzir o custo (PETRUCCI, 1998).

O objetivo de conhecer as características dos materiais é que têm grande influência no processo de dosagem do concreto (HELENE e TERZIAN, 1993).

2.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica (PETRUCCI, 1998).

Os vários tipos de cimento normalizados são designados pela sigla e pela

classe de resistência. As siglas correspondem ao prefixo CP acrescido dos algarismos romanos de I a V, conforme o tipo do cimento, e as classes indicadas pelos números 25, 32 e 40, correspondem aos valores mínimos de resistência à compressão, garantidos pelo fabricante, após 28 dias de cura.

Conforme METHA & MONTEIRO, 1994, existem vários tipos de cimento Portland, diferentes em função de sua composição, os principais tipos comercializados são apresentados a seguir:

- Cimento Portland Comum – CP I
- Cimento Portland Comum com Adição – CP I – S
- Cimento Portland Composto com Escória – CP II – E
- Cimento Portland Composto com Pozolana – CP II – Z
- Cimento Portland Composto com Filler – CP II – F
- Cimento Portland Alto Forno – CP III
- Cimento Portland Pozolânico – CP IV
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V-ARI
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos – CP I RS, CP I-S RS, CP II-E RS, CP II-Z RS, CP II-F RS, CP III RS, CP IV RS

2.1.2 Agregados

Entende-se agregado o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia (PETRUCCI, 1998).

Os agregados desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, quer do ponto de vista econômico, quer do ponto de vista técnico, e exercem influência benéfica sobre alguns característicos importantes, como: retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados de boa qualidade têm resistência mecânica superior à da pasta de aglomerante (PETRUCCI, 1998).

2.1.2.1 Classificação dos agregados

- **Origem:**

- Naturais: já encontrados na natureza sob a forma definitiva de utilização, como areia de rio, seixo rolado, pedregulho, etc.

- Artificiais: são os que necessitam de modificação textural para chegar à condição apropriada ao seu uso, como é o caso da areia artificial e da pedra britada, por exemplo.

- **Dimensão:**

- Miúdo: o agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou, se artificial, a resultante do britamento de rochas estáveis de dimensão máxima igual ou inferior a 4,8mm (NBR 7211/1983)

- Graúdo: o agregado graúdo é o pedregulho natural, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, de dimensão mínima superior a 4,8mm (NBR 7211/1983).

- **Massa unitária e massa específica**

Para efeito de dosagem do concreto é importante conhecer o volume ocupado pelas partículas do agregado, incluindo os poros existentes dentro das partículas. Portanto, é suficiente a determinação da massa específica, que é definida como a massa do material por unidade de volume, incluindo os poros internos das partículas. Para muitas rochas comumente utilizadas, a massa específica varia entre 2600 e 2700 Kg/m³; valores típicos para granito, arenito e calcário denso são 2690, 2650 e 2600 Kg/m³, respectivamente (METHA & MONTEIRO, 1994).

Além da massa específica, outra informação usualmente necessária para a dosagem de concretos, é a massa unitária, que é definida como a massa das partículas do agregado que ocupam uma unidade de volume. O termo massa unitária é assim relativo ao volume ocupado por ambos agregados e vazios (METHA & MONTEIRO, 1994).

Classificação dos agregados quanto à massa específica:

- Leves: ($<1000 \text{ kg/m}^3$): pedras-pomes, vermiculitas e argilas expandidas;
- Normais: (1000 kg/m^3 a 2000 kg/m^3): areias quartzosas, seixos e britas gnáissicas, etc;
- Pesados ($> 2000 \text{ kg/m}^3$): barita, magnetita, limonita, etc.

2.1.2.2 Mistura de agregados graúdos

A composição ou mistura de agregados graúdos, com a finalidade de diminuir o custo do concreto, pode ser obtida de modo prático e simples, sem a necessidade de complicados cálculos ou difíceis traçados de curvas granulométricas (HELENE e TERZIAN, 1993).

2.1.3 Água

A água usada no amassamento do concreto não deve conter impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento. Pequenas quantidades de impurezas podem ser toleradas, pois não apresentam, pelo menos aparentemente, efeitos danosos (PETRUCCI, 1998).

Quando em excesso, as impurezas na água de amassamento do concreto podem afetar não somente a resistência, mas também o tempo de pega, a ocorrência de eflorescência e a corrosão da armadura passiva ou protendida (METHA & MONTEIRO, 1994).

A água é responsável pelas reações de hidratação do cimento, que vai permitir a ligação entre os componentes do concreto e fornecer a plasticidade da mistura.

O teor de água do concreto fresco é dado pelo fator água-cimento, ou seja, se obtém pela relação em peso água-cimento. Portanto, essa quantidade de água é estabelecida conforme o traço elaborado através da dosagem e deve ser seguida, pois alterações nessa medida podem trazer alterações na resistência do concreto.

2.1.4 Aditivo plastificante

Segundo a ABESC – Associação Brasileira das empresas de serviços de concretagem - o aditivo plastificante possibilita a redução de no mínimo 6% da água de amassamento, reduz o consumo de cimento para determinada trabalhabilidade e resistência e aumenta o índice de consistência.

2.2 Dosagem do concreto

O objetivo geral da dosagem do concreto pode ser resumido em selecionar os componentes adequados entre os materiais disponíveis e determinar a combinação mais econômica que produzirá o concreto com certas características mínimas de desempenho (METHA & MONTEIRO, 1994).

Ainda conforme o autor, os requisitos mais importantes de desempenho são a trabalhabilidade do concreto no estado fresco, e a resistência do concreto no estado endurecido. A trabalhabilidade que é responsável pela facilidade com que a mistura pode ser lançada, compactada e acabada e a resistência, que quando atingida conforme a necessidade está relacionada à durabilidade do concreto.

A dosagem baseada em experiências anteriores é chamada de dosagem não-experimental, já a dosagem experimental é baseada em estudos científicos (PETRUCCI,1998).

Existem vários métodos de dosagem experimental, dentre eles o ITERS, INT, IPT, ABCP, etc. Para o concreto em estudo, utilizou-se o método de ABPC de dosagem.

2.2.1 Método ABCP

O método ABCP foi desenvolvido e adaptado às condições brasileiras com base no método de dosagem do ACI (*American Concrete Institute*). Este método tem como premissa básica o princípio do volume absoluto, ou seja, considera o fato que de cada tipo de agregado graúdo possui em volume de vazios que será preenchido por

argamassa. Além disso, para que se obtenha uma trabalhabilidade adequada, deve existir uma parte de argamassa adicional que servirá como lubrificante entre os grãos de agregado graúdo. Esta quantidade de argamassa será, então, função da quantidade de vazios e do tipo de areia empregado, já que as areias mais grossas geram argamassas mais ásperas (menos lubrificantes) (POSSAN, VENQUIARUTO, MOREIRA, GARCEZ, CREMONINI & DAL MOLIN, 2004).

Inicialmente, desenvolve-se o traço-base, moldam-se os corpos de prova e, com os resultados dos ensaios, sejam feitos os devidos ajustes nas dosagens. É indicado para concretos de consistência plástica à fluída.

Para executar o método é necessário que se tenha informações sobre as características do cimento, agregados e do concreto.

Para o cimento, é fundamental saber o tipo, a massa específica e a resistência do cimento aos 28 dias. Para os agregados, a análise granulométrica, que envolve o módulo de finura dos agregados miúdos e a dimensão máxima do agregado graúdo, também para os agregados, a massa específica e a massa unitária compactada. E para o concreto deve-se saber a consistência desejada no estado fresco, às condições de exposição desse concreto e a resistência de dosagem do concreto.

1ª Etapa: Definição da relação água/cimento (a/c)

Considera-se nesta etapa a resistência mecânica e a durabilidade que se deseja do concreto.

- **Quanto à resistência mecânica:** a relação água/ cimento pode ser estimada pelo gráfico da Curva de Abrams do cimento, obtido através de traços realizados com cimentos brasileiros. Se a classe do cimento não é conhecida, adota-se a classe 25, que é mínima especificada para cimentos nacionais.

- **Quanto à durabilidade:** a relação água/cimento deve ser adotada conforme tabela 1, extraída da NBR 12655/1996.

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade			
		I	II	III	IV
Relação a/c	Armado	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	Protendido	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe do concreto	Armado	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	Protendido	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

Tabela 1 – Classe de agressividade
Fonte: NBR 12655 (ABNT,1996).

2ª Etapa: Determinação aproximada de consumo de água (Ca)

A quantidade de água necessária para que o concreto atinja um determinado abatimento depende da dimensão máxima característica, da granulometria e forma dos agregados e quantidade de ar incorporado. Na falta de valores experimentais e de uma lei matemática que conduza a resultados seguros, pode-se estimar a quantidade de água pelo gráfico a seguir:

Consumo de água aproximado (l/m ³)					
Abatimento (mm)	Dimensão máxima característica do agregado graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Tabela 2 – Consumo de água aproximado
Fonte: CURTI, 2011.

3ª Etapa: Determinação do consumo de cimento (C)

O consumo de cimento é igual ao quociente do consumo de água pela relação água/cimento

$$C = Ca / (a/c) \text{ (kg/ m}^3\text{)}$$

4ª Etapa: Determinação do consumo de agregado graúdo (CG)

O consumo do agregado graúdo pode ser obtido do quadro a seguir, em função da dimensão máxima característica ($D_{m\acute{a}x}$) e do m3dulo de finura (MF) da areia.

Volume compactado seco (V_G) de agregado graúdo por m³ de concreto					
MF	($D_{m\acute{a}x}$) mm				
	9,5	19	25	32	38
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Tabela 3 – Volume de agregado graúdo
Fonte: CURTI, 2011.

A determinação C_G é feita pela express3o

$$C_G = V_G \times MU_G \text{ (kg/ m}^3\text{)}$$

5ª Etapa: Determinação do Consumo de Agregado Miúdo (C_m)

O consumo de areia é feito pela diferen3a dos demais constituintes do concreto j3 determinados, anteriormente.

$$V_m = 1 - (C/\rho_C + C_G/\rho_G + C_a/\rho_a)$$

Onde ρ_C , ρ_G , ρ_a são as massas específicas do cimento, agregado graúdo e água.

O consumo de areia será :

$$C_m = \rho_m \times V_m$$

Onde ρ_m é a massa específica da areia

6ª Etapa: Definição do traço:

Obtêm-se o traço dividindo-se todas as massas obtidas pela massa de cimento.

2.3 Cura do concreto

Dá-se o nome de cura ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento, que rege a pega e seu endurecimento (PETRUCCI, 1998).

Segundo o mesmo autor, as condições de umidade e temperatura, principalmente nas primeiras idades, têm importância muito grande nas propriedades do concreto endurecido.

Para o prosseguimento das reações de hidratação, é necessária que a umidade relativa dos poros do concreto permaneça igual ou superior a 80%. Isso raramente é conseguido em um ambiente natural, devido à incidência de ventos, variações de temperatura, diferenças entre as temperaturas do ar e do concreto, entre outros fatores, fazendo-se praticamente indispensáveis procedimentos artificiais de cura (NEVILLE, 1997).

A Norma brasileira NB-1/77 exige que a proteção se faça aos sete primeiros dias contados do lançamento (PETRUCCI, 1998).

Vários tipos de cura podem ser empregados como, manter as peças imersas em água, molhar continuamente as peças com dispositivos apropriados, cobrir as peças com sacos de aniagem mantidos sempre úmidos, manter as peças nas fôrmas, etc.

2.4 Propriedades do Concreto

A qualidade do concreto depende do controle de suas propriedades, tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido.

Muitas vezes, o ensaio de resistência à compressão, torna-se o principal ensaio para o controle tecnológico do concreto, mesmo que a resistência característica seja satisfatória para tal necessidade, isso não garante a qualidade final do concreto, pois pode não apresentar propriedades para desenvolver um bom desempenho e durabilidade.

No espaço de tempo que o concreto permanece plástico, as características de maior importância são: a consistência, a coesão e a homogeneidade. A combinação dessas três características é denominada trabalhabilidade.

2.4.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade do concreto fresco determina a facilidade com o qual um concreto pode ser manipulado sem segregação nociva. De todas as formas, um concreto que seja difícil de lançar e adensar não só aumentará o custo de manipulação como também terá resistência, durabilidade e aparência, inadequadas. De forma similar, misturas com elevada segregação e exudação, são mais difíceis e mais caras na hora do acabamento e fornecerão concreto menos durável. Portanto trabalhabilidade pode afetar tanto o custo quanto a qualidade do concreto (METHA & MONTEIRO, 1994).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, essa propriedade do concreto está associada a três características:

- Facilidade de redução de vazios e de adensamento do concreto
- Facilidade de moldagem, relacionada com o preenchimento da fôrma e dos espaços entre as barras de aço
- Resistência à segregação e manutenção da homogeneidade da mistura, durante manuseio e vibração.

Segundo a Comunidade da Construção, a trabalhabilidade é uma propriedade que depende de diversos fatores, dentre os quais se destacam: as características e dosagens dos materiais constituintes e o modo de produção do concreto.

Nenhum ensaio é capaz de fornecer uma avaliação completa da trabalhabilidade do concreto. O ensaio mais conhecido, que mede a consistência do concreto, é o denominado ensaio e abatimento do tronco de cone, mais conhecido como *Slump Test*.

O abatimento do concreto é uma das medidas de referência das características do concreto, motivo pelo qual seu valor costuma ser especificado no pedido do concreto.

2.4.1.1 Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone

Segundo a NBR NM 67/1998, este ensaio tem como objetivo verificar a uniformidade do abatimento entre uma remessa e outra de concreto. Este ensaio aplica-se a concretos cuja consistência seja plástica, com abatimento igual ou superior a 10 mm.

Conforme a figura 1 este ensaio consiste em um tronco de cone com 30 cm de altura, suas bases são abertas, e colocado sobre uma chapa plana com a parte maior de sua base para baixo. O concreto é colocado dentro do cone em três camadas, sendo que cada camada é adensada com 25 golpes através de uma haste metálica. Após é realizado o arrasamento da superfície e retirado o molde do tronco de cone, por fim mede-se o quanto essa mistura baixou, em relação à altura total do tronco, essa medida é denominada abatimento.



Figura 1- Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

Segundo a empresa Realmix, misturas com consistência rijas têm abatimento zero, de modo que não se consegue nestes casos observar variações de trabalhabilidade. Porém misturas ricas, como as comumente utilizadas nos concretos para a construção civil, podem ser aferidas satisfatoriamente com este ensaio.

Neville (1997) indica correlações entre o ensaio de abatimento e trabalhabilidade, conforme mostra a Tabela 4.

TRABALHABILIDADE	ABATIMENTO mm)
Abatimento zero	0
Muito baixa	5 a 10
Baixa	15 a 30
Média	15 a 75
Alta	80 a 155
Muito alta	160 ao desmoronamento

Tabela 4 – Relação entre trabalhabilidade e grandeza de abatimento.
Fonte: NEVILLE,1997.

2.4.2 Coesão

Coesão é a medida da facilidade de adensamento e de acabamento, a qual é geralmente avaliada por facilidade de desempenar e julgamento visual da resistência à segregação (METHA & MONTEIRO, 1994).

Segundo a empresa Realmix, essa propriedade está muito ligada à trabalhabilidade. A falta de coesão da mistura pode acarretar a desagregação do concreto no estado fresco, alterando sua composição física e sua homogeneidade.

Concreto coeso é aquele que se apresenta homogêneo e sem separação de materiais da mistura em todas as fases de sua utilização, quer seja na produção, no transporte, no lançamento, ou mesmo no seu adensamento durante a concretagem da estrutura.

Muitas vezes é necessário fazer várias misturas experimentais com diferentes proporções entre agregados graúdos e miúdos para se encontrar uma mistura com coesão adequada, pois essa propriedade depende muito da proporção de partículas finas na mistura.

Não existem ensaios normalizados para se medir, a coesão de uma mistura. Porém, testes práticos como o de se bater com a haste do ensaio de abatimento, lateralmente, no concreto, podem indicar, empiricamente, a coesão do material.

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, um concreto coeso e não coeso, identificados no momento da realização do Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone (*Slump test*).



Figuras 2 e 3 – Concreto coeso e concreto não coeso
Fonte: HELENE e TERZIAN, 1993.

2.4.3 Segregação

A segregação é definida como sendo a separação dos componentes do concreto fresco de tal forma que a sua distribuição não é mais uniforme (METHA & MONTEIRO, 1994).

Segundo a empresa Realmix, a segregação é típica de concretos pobres e secos, os grãos maiores do agregado tendem a separar-se dos demais durante as operações de lançamento com energia demasiada ou vibração excessiva.

Não existem ensaios para medida da segregação, a observação visual e a inspeção por testemunhos extraídos do concreto endurecido são, geralmente, adequados para determinar se a segregação é um problema em uma dada situação (METHA & MONTEIRO, 1994).

2.4.4 Resistência à compressão axial

Uma das principais propriedades do concreto é a resistência aos esforços mecânicos de diversos tipos. Na maior parte das estruturas, o concreto está submetido a esforços que transmitem tensões de compressão. Isso posto, somado ao fato de que o ensaio é relativamente simples e preciso, faz com que a resistência axial seja a propriedade mais avaliada para verificação da qualidade de um concreto, tanto para o

controle de obra como para estudos laboratoriais. (NBR 5739/1994).

Vários fatores podem afetar a resistência mecânica do concreto, por exemplo, a relação água/cimento, a idade, a forma e graduação dos agregados, o tipo de cimento, a forma e dimensão dos corpos de prova, as condições de cura, etc.

- **Relação água/cimento**

Vários estudos foram realizados sobre essa relação, mas a mais utilizada é a Lei de Abrams. Em geral o que essa lei diz é que a resistência do concreto é tanto menor quanto maior a quantidade de água adicionada à mistura. Porém, deve-se ter um mínimo de água necessária para reagir com todo o cimento e dar trabalhabilidade ao concreto.

- **Corpos de prova**

Para rompimento de corpos de prova à compressão deve-se seguir as recomendações da NBR 5738/2003.

Geralmente a resistência à compressão é medida em corpos de prova cilíndricos padronizados de 15cm de diâmetro por 30cm de altura, curados em câmara úmida à 20° C.

- **Tipo de cimento**

O cimento também influencia na evolução da resistência com o tempo. A resistência da pasta é determinada pelo tipo de cimento.

- **Idade do concreto**

As reações entre cimento e água progridem com o tempo, sendo, porém de caráter assintótico (PETRUCCI, 1998).

Consideram-se normalmente 28 dias como idade padrão, ensaiando-se o

material aos 3 e 7 dias, para ter, mais rapidamente, informações sobre a qualidade do concreto (PETRUCCI, 1998).

- **A forma e graduação dos agregados**

A resistência do agregado é em geral superior a da pasta, portanto, quanto maior a proporção de agregado, maior será a resistência do concreto.

Os agregados influenciam a resistência mecânica e, para pôr em evidência os fatores mais importantes, podemos dizer que o agregado miúdo age pela granulometria e o graúdo pela forma e textura do grão (PETRUCCI, 1998).

Os agregados miúdos, quanto mais finos forem, maior superfície específica terão e exigirão maior quantidade de água para molhar os grãos, refletindo-se esse aumento da água na queda da resistência (PETRUCCI, 1998).

Com relação à forma dos grãos do agregado, a forma arredondada, apresenta menor índice de vazios, ao contrário da forma angular.

2.4.5 Massa específica

Segundo a NBR 9778/1987, estruturas de concreto sem revestimento estão, em maior ou menor grau, sujeitas à ação de agentes agressivos como o gás carbônico existente no ar, o sal da água do mar, os gases sulfurosos de uma rede de esgoto etc., quanto mais poroso for o concreto, mais rapidamente esses agentes prejudicam a integridade da peça.

- Concretos Leves situam-se normalmente, entre 1440 a 1800 kg/m³
- Concretos estruturais possuem massa específica da ordem de 2300 a 2800 kg/m³
- Concretos pesados, utilizados em blindagem contra radiações, possuem massa específica em torno de 3360 a 3840 kg/m³

2.5 Concreto Industrializado ensacado

Segundo o fabricante, a definição desse produto é um mix agregado para concreto, ensacado para mistura final no local do uso em várias formulações. A presente invenção se refere a um mix já pronto e ensacado para a preparação do concreto usado na construção civil no local da obra, no qual o cimento vem separado e acondicionado em um saco menor colocado dentro do saco maior onde estão os demais componentes. O objetivo básico da presente invenção foi desenvolver um meio que permitisse distribuir a mistura para concreto já preparada e embalada, necessitando apenas a adição de água, de modo a eliminar os inconvenientes da compra em separado e a granel dos componentes e dos problemas da compra do concreto já preparado. Esse objetivo foi atingido adotando-se duas embalagens em separado. Numa primeira embalagem, de maior tamanho, são colocados a areia e a pedra. Numa segunda embalagem, de menor tamanho, é colocado o cimento. A embalagem de cimento é fechada e colocada dentro da embalagem maior que, a seguir é também fechada. Dessa forma, evita-se a deterioração da mistura pela reação do cimento com a umidade da areia.

Outro fabricante define como, disposição introduzida em kit concreto pré-misturado. Tem por objetivo um prático e inovador kit para a preparação de concreto, pertencente ao campo da construção civil, de uso mais precisamente na execução de trabalhos de reparo e construção doméstica, com material pré-dosado pronto para o uso e ferramentas elementares para a execução do trabalho, e ao qual foi dada original disposição construtiva, com vistas a melhorar a sua utilização e desempenho em relação aos outros modelos usualmente encontrados no mercado, visto que, de forma inovadora, é constituída de uma embalagem prismática, cuja parte interna é resinada e sem conter fendas ou orifícios, para servir de argamassadeira, onde está disposto uma mistura de concreto no estado seco ensacado, composto de aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e aditivos, pré-dosados e pré-misturados, pronto para apenas receber a adição de água necessária à consistência requerida para obter um concreto de resistência média, adequado aos mais diversos trabalhos de reparo e de construção.

O Concreto pronto ensacado vem com dosador de água que facilita a dosagem

e a mistura evitando desperdício, entulho e sujeira, garantindo a resistência e o acabamento perfeito. Além disso, sua embalagem ergonômica de 30 kg exige menor esforço no manuseio. Com ele é mais fácil fazer colunas, vigas, lajes, calçadas, reparos e tudo mais.

O produto não é vendido diretamente ao consumidor final, é fornecido aos distribuidores em geral de materiais de construção.

A empresa não é associada à ABESC – Associação Brasileira das empresas de serviços de concretagem -, porém, seus fornecedores de insumos são responsáveis por realizar ensaios nos agregados, e no cimento.

O ensaio de abatimento é realizado na própria empresa e o de resistência a compressão axial é realizado no laboratório LACTEC, a cada lote de fabricação do concreto.

2.5.1 Composição Básica

O concreto pronto é uma mistura de cimento Portland, areia, brita e aditivo, dosados de acordo com a resistência especificada para 28 dias. Em geral essa composição é básica para todos os concretos, mas pode ter algumas alterações de acordo com cada fabricante. Em alguns produtos pesquisados, encontramos em sua composição areia grossa, areia fina, seixo rolado, pó de pedra e aditivos.

Para o concreto em estudo, segundo a engenheira responsável pelo traço, é utilizada a brita zero, da Pedreira Central de São José dos Pinhais, a areia é proveniente de Santa Catarina, o cimento é o CP comum, fornecido pela Votoran, e o aditivo utilizado na composição é o aditivo plastificante fornecido por empresa de São Paulo. Maiores informações sobre o traço, não são possíveis, devido ao sigilo industrial.

2.5.2 Preparo

O concreto em questão apresenta duas embalagens, uma para os agregados e outra para o cimento. Essa última traz informações sobre o modo de preparo, e é também o dosador de água, para a mistura do concreto.

A mistura pode ser preparada manualmente ou mecanicamente, basta misturar

a seco o cimento aos agregados, depois adicionar a água, conforme indica o nível de água na embalagem.

Após a mistura da água, o concreto deve ser aplicado até 2 horas e 30 minutos. A cura deve ser feita da mesma forma que o convencional.

É necessário seguir corretamente as instruções de preparo e não alterar a composição do concreto, para que se atinja a resistência desejada e o acabamento perfeito.

A mistura de 1 saco de 30 kg rende 15 litros de concreto e para a concretagem de 1 m³, são necessários 67 sacos do concreto pronto.

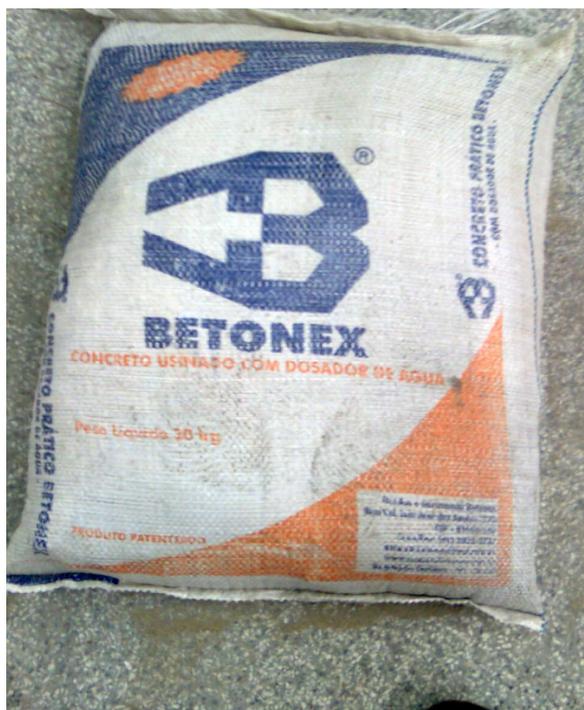


Figura 4 – Embalagem maior – agregados
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 5 – Embalagem menor – cimento
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

2.5.3 Resistência

Existem no mercado vários fabricantes desse tipo de concreto pronto, conseqüentemente, a resistência pode variar de acordo com cada um desses fabricantes. Dentre as opções encontradas, em geral são produzidos para atender as resistências de 15 MPa, 21 MPa, 25 MPa e 30 MPa.

O concreto utilizado nesse estudo apresenta a resistência de 15 MPa aos 07 dias (150 kgf/cm²) e 21 MPa aos 28 dias (210 kgf/cm²).

2.5.4 Principais aplicações

Segundo os fabricantes do concreto ensacado, pode ser aplicado para as seguintes situações:

- Pequenos reparos e reformas;
- Estruturas de concreto como vigas, lajes e pilares;

- Fixação de placas, portões, cesto de lixo, postes padrão, reparos em calçadas;
- Pequenos consertos ou trabalhos em lugares em alturas;
- Calçadas e pisos de tráfego leve;
- Concretagem em difícil acesso;
- Concretagem em etapas.

2.5.5 Vantagens

Segundo os fabricantes, abaixo segue algumas vantagens ao utilizar o concreto pronto:

- Dosador de água que facilita a mistura evitando desperdício, entulho e sujeira, garantindo a resistência e o acabamento perfeito;
- Plasticidade e poder de impermeabilização;
- Dispensa contrapiso no assentamento de cerâmicos;
- Pode ser preparado com ferramentas básicas;
- Facilidade para trabalho de profissionais e leigos no assunto, não requer mão de obra qualificada;
- Economia em material, mão de obra e tempo;
- Evita-se os inconvenientes relativos a transporte de areias, pedras e cimento em elevadores e/ou escadas e peneiração de areia em tempo de chuva;
- Não requer um local próprio para o preparo;
- Praticidade e economia (reduz desperdícios);
- Versatilidade. O produto pode ser utilizado em diversas situações;
- Disponibilidade de concreto a qualquer momento;
- Perfeito controle de estoque e de uso;
- Dispensa total de tratores, betoneiras, instalações elétricas, enxadas, pás e etc.;
- Não há mais depósitos de areia, pedra e cimento;

- Material com absoluta uniformidade de resistência;
- Relação água-cimento perfeitamente determinada evitando desperdício de água;
- Pequeno espaço de estocagem;
- Eliminação total de perdas em transportes e utilização;
- Permite perfeita racionalização dos trabalhos.

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresenta os materiais empregados e descreve os métodos de ensaio utilizados na pesquisa.

3.1 Materiais empregados

3.1.1 Cimento Portland

Na pesquisa foi usado o cimento Portland CP I para o concreto dosado pelo método ABCP, por ser o mesmo cimento especificado para o concreto pronto industrializado.

3.1.2 Agregados

Para o concreto dosado pelo método ABCP foi empregada a areia natural, brita 0 e brita 1, utilizadas na região de Curitiba.

Para o concreto ensacado foi utilizada areia média de fornecedores da região de Santa Catarina e brita 0 fornecida pela Pedreira Central, localizada em São José dos Pinhais, conforme especificações do fabricante.

3.1.3 Água

A água utilizada no amassamento foi água potável, proveniente da rede de abastecimento da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

3.1.4 Aditivo plastificante

Segundo o fabricante, o concreto ensacado tem em sua composição aditivo plastificante, porém, assim como os demais materiais, não nos foi informada a quantidade.

3.2 Cálculos de dosagem

3.2.1 Método ABPC

Para a dosagem de um traço pelo método ABPC, iniciamos com a definição da relação água/cimento, estimada quanto a resistência ou quanto a durabilidade, neste caso quanto a resistência de 21 MPa, através da Curva de Abrams do cimento.

Determinamos o consumo de água através da dimensão máxima do agregado graúdo e da consistência do concreto.

O consumo de cimento foi encontrado pela relação entre o consumo de água e a relação água/cimento.

A determinação do consumo de brita foi feita através do valor do volume compactado seco do agregado graúdo, pela relação da dimensão máxima característica do agregado graúdo e do módulo de finura da areia.

O consumo de agregado miúdo foi definido através dos valores das massas específicas do cimento, agregados e água.

Com as informações acima, o traço ficou definido em 1:2:2,4 e fator água/cimento 0,48.

3.2.2 Concreto ensacado

O traço do concreto ensacado é de responsabilidade da própria empresa fornecedora do produto e não foi informado devido ao sigilo industrial.

No intuito de encontrarmos o traço utilizado, pesamos as quantidades de cimento que vem em embalagem separada e dos agregados, graúdos e miúdos e a quantidade de água de amassamento utilizada. A separação dos agregados foi feita através do peneiramento, consideramos agregado graúdo o material retido nas peneiras de abertura 9,5mm e 6,3mm e agregado miúdo todo o material passante na peneira de abertura 6,3mm. Sendo assim, o traço obtido foi 1:3,9:2 e fator água/cimento 0,79.

3.3 Mistura dos concretos

3.3.1 Mistura do concreto dosado pelo método ABCP

O concreto foi misturado mecanicamente em betoneira. Foram produzidos dois lotes de concreto do mesmo traço, calculado a partir da resistência de 21 MPa, utilizando o método de dosagem ABCP.

Para o ensaio de resistência à compressão axial, foram moldados para cada lote, 18 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, em duas camadas adensadas com 12 golpes cada.

E para o ensaio de massa específica foram moldados 6 corpos de prova de 15cm de diâmetro e 30 cm de altura em 3 camadas adensadas com 25 golpes cada.

Para a moldagem dos corpos de prova, foram seguidas as recomendações da NBR 5738/2003.

3.3.2 Preparo do concreto industrializado ensacado

Para a mistura do concreto ensacado foram seguidas as instruções da embalagem do produto.

Foram misturados o cimento e os agregados a seco, após a mistura foi adicionada a água. O preparo foi feito mecanicamente em betoneira.

Para este concreto, também foram produzidos dois lotes e moldados a mesma quantidade de corpos de prova para a realização dos ensaios de resistência à compressão axial e massa específica.

3.4 Cura

Foi empregado o método de cura por imersão. Os corpos de prova, após o desmolde, ficaram imersos em água até a data do ensaio de resistência a compressão.



Figura 6 – Corpos de prova na câmara úmida
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

3.5 Ensaio realizados

3.5.1 Análise granulométrica

A determinação da composição granulométrica foi realizada com um conjunto de peneiras sobrepostas, dispostas de forma decrescente conforme a norma DNER-ME 035/1998 e agitados manualmente.

A partir dessa análise pode-se calcular o diâmetro máximo do agregado e seu módulo de finura, para classificação do mesmo.

3.5.2 Massa unitária e específica

Utilizaram-se para determinação da massa unitária e específica dos agregados, os procedimentos descritos nas normas NBR NM 53/2003, NBR 7251/1982, NBR 7810/1983 e NBR NM 52/2003.

3.5.3 Proporcionamento dos agregados graúdos

A fim de otimizar o uso dos agregados no concreto dosado pelo método ABCP,

foram realizados testes prévios com o intuito de se determinar a proporção ideal dos agregados graúdos, por meio do estudo de compactidade de diversas combinações de brita 1 e brita 0. Sete misturas foram produzidas, com quantidades relativas de brita 0 e brita 1 de 30/70, 35/65, 40/60, 45/45, 50/50, 55/45 e 60/40, e então se avaliou a massa unitária compactada de cada combinação, conforme NBR 7810/1983. A relação de mistura que apresentou maior densidade dentre as testadas foi a selecionada para utilização no concreto.

3.5.4 *Slump test*

Conforme mostram as figuras 7 e 8, foram realizados os ensaios de determinação de abatimento do tronco de cone (*Slump Test*), para os dois concretos em estudo, seguindo a norma NBR NM 67/1998.

O concreto fresco é compactado no interior de uma forma tronco-cônica, com altura de 30 cm. Retirando-se a forma, por cima do concreto, este sofre um abatimento, cuja medida é usada como valor comparativo da consistência.



Figura 7 – Ensaio *Slump Test* do concreto dosado pelo método ABCP
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 8 – Ensaio *Slump Test* do concreto ensacado
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

3.5.5 Segregação

A segregação pode ser definida como a separação dos componentes de uma mistura heterogênea, de modo que sua distribuição não mais seja uniforme. No caso do concreto, são as diferenças de tamanho das partículas e da massa específica dos componentes da mistura que constituem a causa primária da segregação, mas esta pode ser controlada pela escolha de granulometria adequada e pelo cuidado no manuseio (NEVILLE, 1997).

Para verificação de possível segregação foi feita uma análise visual.

3.5.6 Coesão

A verificação da coesão da mistura foi feita visualmente junto ao ensaio de abatimento do tronco de cone, no momento do ensaio “*Slump Test*”, batendo lateralmente com a haste, se a metade da mistura do cone escorrega em um plano inclinado, indica a falta de coesão.

3.5.7 Ensaio de Resistência a compressão axial

Os ensaios de resistência à compressão axial seguiram a norma NBR 5739/1994. Foram ensaiados 6 corpos de prova para cada idade de ruptura, aos 3, 7 e 28 dias, tanto para o concreto dosado pelo método ABCP quanto para o concreto pronto.

Para a realização do ensaio, os corpos de prova foram capeados conforme mostra a figura 9.



Figura 9 – Ensaio Resistência a compressão axial
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

3.5.8 Massa específica

A determinação da massa específica foi obtida através de ensaio executado conforme a norma NBR 9778/1987.

3.6 Atividade experimental

Essa atividade foi desenvolvida, conforme descrita anteriormente, uma obra de reparo, para execução de rampa para portadores de necessidades especiais.

Trata-se de uma igreja e por não ter uma área de acesso para portadores de necessidades especiais, foi desenvolvida essa rampa (figura 10), para solucionar o problema.

Devido ao fato da falta de mão de obra no momento e por ter voluntários para realizar esse trabalho, optou-se pela compra do concreto pronto, pela praticidade, pelo fato de não ter ferramentas próprias para execução do concreto, como betoneira, também por questões de tempo e para evitar também a compra de insumos.

A rampa tem medidas de 6 m de comprimento por 1,2 m de largura e 0,05 m de espessura, tendo um total de $0,36 \text{ m}^3$, portanto foram utilizados 24 sacos do concreto pronto e para a realização do ensaio de resistência a compressão axial, foram utilizados 3 sacos.

O concreto foi misturado de acordo com as instruções da embalagem para uma mistura manual, conforme as figuras 11 e 12. O processo foi acompanhado para que fosse realizado de acordo com o que foi executado em laboratório.

Dessa concretagem foram moldados 6 corpos de prova para cada idade, 3, 7 e 28 dias, para o ensaio de resistência à compressão axial, de acordo com as especificações das normas NBR 5738/2003 e NBR 5739/1994. Os corpos de prova foram os mesmos utilizados para a execução dos concretos no laboratório, cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, em duas camadas adensadas com 12 golpes cada.

O ensaio do tronco de cone também foi desenvolvido de acordo com a norma NM 67/1998, para verificar as condições de trabalhabilidade para o preparo manual do concreto, conforme figura 13.

Quanto à cura dos corpos de prova para o ensaio de resistência, foi utilizada também a cura por imersão.

Na figura 14 pode-se observar a rampa concretada.



Figura 10 – Preparação da rampa para concretagem
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 11 – Mistura dos agregados e do cimento do concreto ensacado
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 12 – Adição de água e preparo manual do concreto ensacado
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 13 – Ensaio “*Slump Test*” do concreto ensacado
Fonte: PRÓPRIA, 2011.



Figura 14 – Concretagem da rampa
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Análise dos resultados

No presente capítulo, serão apresentados os resultados dos ensaios e estudos realizados, além das análises comparativas entre os diferentes tipos de concreto, dosado pelo método ABCP e concreto ensacado.

- **Análise granulométrica concreto dosado pelo método ABCP**

Através dos resultados apresentados na tabela 5 pode-se determinar a dimensão máxima dos agregados graúdos e miúdos utilizados no concreto dosado pelo método ABCP.

Foram utilizados a areia média de dimensão máxima característica de 4,8mm e as britas 0 e 1 com dimensão máxima característica de 9,5 e 19mm, respectivamente.

Agregado miúdo			Agregado graúdo (Brita 0)			Agregado graúdo (Brita 1)		
Peneira abertura (mm)	Quantidade retida (g)	% Retida acumulada	Peneira abertura (mm)	Quantidade retida (g)	% Retida acumulada	Peneira abertura (mm)	Quantidade retida (g)	% Retida acumulada
#19,00	-	-	#19,00	-	-	#19,00	1288,8	25,8
#9,50	-	-	#9,50	140,44	7,03	#9,50	1685,9	59,55
#4,80	10,7	1,07	#4,80	1265,79	70,44	#4,80	1731,4	94,21
#2,40	86,49	9,74	#2,40	310,48	85,99	#2,40	171,7	97,65
#1,20	174,78	27,25	#1,20	111,24	91,56	#1,20	48,9	98,63
#0,60	277,63	55,06	#0,60	45,78	93,85	#0,60	15	98,93
#0,30	291,87	84,30	#0,30	26,06	95,16	#0,30	9,2	99,12
#0,15	107,58	95,08	#0,15	26,3	96,47	#0,15	6,8	99,25
Fundo	49,16	100,00	Fundo	70,38	100,00	Fundo	37,4	100

Tabela 5 – Análise granulométrica
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

- **Análise granulométrica concreto pronto**

A tabela 6 apresenta o resultado do peneiramento dos agregados constituintes do concreto ensacado, sendo a dimensão máxima característica 9,5mm (Brita 0).

Agregados gráúdo (Brita 0) e miúdo		
Peneira abertura (mm)	Quantidade retida (g)	% Retida acumulada
#9,50	876,6	3,44
#6,30	7736,5	33,76
#4,80	1812,2	40,86
#2,40	1345,1	46,13
#1,20	1695,7	52,78
#0,60	3820,6	67,75
#0,30	5265,5	88,39
#0,15	2485,1	98,13
Fundo	477,5	100,00

Tabela 6 – Análise granulométrica
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

- **Resultados obtidos nos demais ensaios dos agregados**

Na tabela 7 são exibidos os resultados obtidos dos demais ensaios dos agregados utilizados no concreto dosado pelo método ABCP. Esses resultados são necessários para a realização da dosagem do concreto.

Ensaio	Areia	Brita 0	Brita 1
Massa específica	2,58 kg/dm ³	2,65 kg/dm ³	2,81 kg/dm ³
Massa unitária	1,54 kg/dm ³	1,43 kg/dm ³	1,48 kg/dm ³
Modulo de finura	2,69	5,41	6,73

Tabela 7 – Resultados obtidos nos ensaios dos agregados
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

- **Slump Test**

De acordo com os resultados da tabela 8, pode ser avaliado o traço, o consumo de cimento, o fator água/cimento e o abatimento dos concretos dosado pelo método ABCP e ensacado.

O traço do concreto ABCP foi obtido através de dosagem e o traço do concreto ensacado foi obtido através do peneiramento dos agregados e das quantidades de cimento e água de amassamento utilizados na mistura. É importante salientar que foi considerado agregado graúdo, todo o material retido nas peneiras 9,5 e 6,3mm e agregado miúdo todo o material passante na peneira 6,3mm. Portanto, teremos um traço com maior quantidade de agregado miúdo que de agregado graúdo.

Quanto ao consumo de cimento, o concreto ensacado apresentou consumo muito inferior ao do concreto dosado pelo método ABCP.

O resultado de abatimento mostra que o concreto ABCP é mais trabalhável que o concreto ensacado.

Concreto	Lotes	Traço	Relação a/c	Consumo cimento (kg/m ³)	Abatimento (mm)
ABCP	1	1:2:2,4	0,48	406,25	40
	2	1:2:2,4	0,48	406,25	40
Ensacado	1	1:3,9:2	0,79	285,93	10
	2	1:3,9:2	0,79	285,93	10

Tabela 8 – Resultados obtidos no ensaio de consistência
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

- **Resistência a compressão axial**

Na tabela 9 são apresentados os valores dos ensaios de resistência à compressão axial para o concreto dosado pelo método ABCP e o concreto ensacado misturado em laboratório, rompidos aos 3, 7 e 28 dias.

As médias de resistência aos 28 dias para o concreto dosado pelo método

ABCP, referente aos lotes 1 e 2 são, respectivamente, 23,55 e 23,15 MPa. Ainda de acordo com a tabela 9, as médias de resistência aos 28 dias para o concreto ensacado, referente aos lotes 1 e 2 são, respectivamente, 24,02 e 23,85 MPa.

Concretos		Método ABCP			Concreto Ensacado		
Resistência		3 dias	7 dias	28 dias	3 dias	7 dias	28 dias
Lotes	CP's						
1	1	9,56	15,05	23,9	9,1	16,23	24,4
	2	9,8	14,69	23,7	9,23	15,43	23
	3	9,18	14,35	23,32	9,6	14,77	23,8
	4	9,6	13,28	23,56	9,8	15,56	23,7
	5	9,08	14,3	22,9	9,35	16,11	25,1
	6	8,93	13,7	23,91	10,1	14,89	24,1
2	1	9	14,6	21,9	9,15	14,68	22,8
	2	9,02	13,72	24,2	9,9	13,98	24,6
	3	9,44	15,2	23,47	10,14	15,53	25,3
	4	9,3	13,84	22,5	9,54	14,2	23,3
	5	8,8	12,5	23,25	9,7	13,61	23,1
	6	9,9	14,4	23,6	9,89	14,8	24

Tabela 9 – Resultados de resistências obtidas
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

Na tabela 10 são apresentados os valores dos ensaios de resistência à compressão axial para o concreto ensacado misturado em laboratório e o concreto ensacado misturado em obra, rompidos aos 3, 7 e 28 dias.

A média de resistência aos 28 dias obtida para o concreto misturado em laboratório foi de 24,02 e 23,85 MPa, para os lotes 1 e 2 e a média obtida para o ensaio do concreto misturado em obra foi de 23,25 MPa.

A resistência do concreto misturado em obra foi menor devido a não utilização de mesa vibratória no adensamento dos corpos de prova moldados para este ensaio.

Concreto Ensacado misturado em laboratório - Lote 1			Concreto Ensacado misturado em laboratório - Lote 2			Concreto Ensacado misturado em obra		
3 dias	7 dias	28 dias	3 dias	7 dias	28 dias	3 dias	7 dias	28 dias
9,1	16,23	24,4	9,15	14,68	22,8	8,34	13,84	21,8
9,23	15,43	23	9,9	13,98	24,6	9,75	14,2	23,6
9,6	14,77	23,8	10,14	15,53	25,3	9,1	13,7	24,3
9,8	15,56	23,7	9,54	14,2	23,3	8,88	14,3	23,76
9,35	16,11	25,1	9,7	13,61	23,1	9,46	13,9	22,2
10,1	14,89	24,1	9,89	14,8	24	9,07	13,88	23,87

Tabela 10 – Resultados obtidos nos ensaios de resistência
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

- **Massa específica**

Os valores apresentados na tabela 11 referem-se à média dos resultados dos ensaios de massa específica dos três corpos de prova ensaiados para cada concreto.

Os valores de massa específica ficaram dentro dos parâmetros das referências citadas na pesquisa.

Massa específica do concreto		
	Concreto ensacado	Concreto ABCP
Real	2,52 kg/dm ³	2,64 kg/dm ³
Seca	2,21 kg/dm ³	2,22 kg/dm ³
Após saturação	2,34 kg/dm ³	2,37 kg/dm ³
Após saturação e fervura	2,36 kg/dm ³	2,38 kg/dm ³

Tabela 11 – Resultados do ensaio de massa específica
Fonte: PRÓPRIA, 2011.

4.1.1 Análise de viabilidade econômica

- **Estimativa de custos para o concreto dosado pelo método ABCP e o concreto ensacado**

Na tabela 12 são expostos os valores estimados de insumos para os concretos.

Concreto método ABCP	Concreto ensacado
R\$ 237,64/m ³	R\$ 693,45/m ³

Tabela 12 – Estimativa de custos dos concretos

Fonte: PRÓPRIA, 2011.

O custo para produção dos concretos foi estimado com base nos preços dos materiais, praticados atualmente no mercado, sendo que o concreto pronto ensacado apresentou custo 65,7% mais elevado que o concreto dosado pelo método ABCP.

4.2 Análise visual

Visualmente, junto ao ensaio de tronco de cone e durante o transporte e lançamento, foram verificadas as propriedades do concreto no estado fresco, coesão e segregação.

As misturas dos dois concretos comparados mostraram-se coesos e não apresentaram segregação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Dos resultados obtidos durante a pesquisa, destaca-se que as propriedades analisadas como a coesão e segregação foram satisfatórias, pois as misturas mostraram-se resistentes à segregação e apresentaram homogeneidade durante o manuseio, tendo em vista a análise visual das misturas.

Quanto à resistência à compressão axial, os resultados atingiram os valores desejados, para os dois concretos analisados. Porém nota-se, que o concreto ensacado preparado na obra, apresentou valores mais baixos, devido à mistura ser manual e os corpos de prova terem sido adensados sem uso de mesa vibratória.

Ainda de acordo com os resultados do ensaio de resistência, apesar do concreto ensacado apresentar um consumo de cimento muito inferior ao do concreto dosado pelo método ABCP, ele atingiu a resistência solicitada e com valores superiores aos do concreto em comparação.

Esse fato ocorreu devido ao uso de aditivo plastificante na dosagem do concreto ensacado, pois esse aditivo tem a propriedade de diminuir o consumo de cimento no concreto, mantendo a mesma resistência.

Diante dos resultados apresentados do abatimento, pode-se afirmar que o concreto ABCP apresentou consistência média, sendo uma mistura mais trabalhável em comparação ao concreto ensacado, que apresentou muito baixa sua consistência.

Quanto à viabilidade econômica, o concreto ABCP é mais viável considerando os valores dos insumos, visto que, neste estudo não foram considerados os valores de mão de obra. Embora os fabricantes não apontem nenhuma desvantagem, a questão do custo elevado do produto é uma delas. Em uma obra de grande porte torna-se inviável o uso do concreto ensacado.

Por fim, considerando as condições de ensaio, a metodologia utilizada, os resultados obtidos nos ensaios mecânicos e os dados das análises, comprova-se que as propriedades verificadas no concreto pronto apresentaram de modo geral, resultados significativos e muito próximos do concreto dosado pelo método ABCP. Portanto apesar

do custo elevado em relação ao concreto ABCP, esse concreto ensacado mostrou-se ter um bom desempenho e torna-se uma solução para situações particulares de concretagem, por ser prático e versátil.

5.2 Sugestões para futuras pesquisas

Durante a condução deste trabalho, algumas dificuldades foram enfrentadas, principalmente no que diz respeito a não disponibilidade de estudos anteriores que pudessem servir como parâmetros comparativos em relação ao concreto ensacado.

Além disso, em uma única pesquisa, é impossível vencer todas as possibilidades de estudo sobre um material.

Alguns trabalhos podem ser desenvolvidos no sentido de aprofundar o conhecimento sobre o assunto tratado. Desta forma, são feitas sugestões para trabalhos futuros:

- Fazer um estudo comparativo com outros métodos de dosagem;
- Estudo de outras propriedades do concreto como resistência à tração, módulo de deformação, permeabilidade (por meio da penetração da água sob pressão), durabilidade (com exposição a soluções ácidas), entre outras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. Manual do concreto dosado em central. Disponível em <<http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>> Acesso em 10 Maio 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5738/2003, Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto; 2003

____, NBR NM 67/1998, Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone; 1998

____, NBR 5739/1994, Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto;1994

____, NBR 9778/1987, Massa específica, índice de vazios e absorção de água por imersão;1987

____, NBR NM 53/2003, Massa específica, massas específica aparente e absorção do agregado graúdo;2003

____, NBR NM 52/2003, Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente;2003

____, NBR 7251/1982, Massa unitária de agregado em estado solto;1982

____, NBR 7810/1983, Massa unitária de agregados em estado compactado seco;1983

____, NBR 7211/1983, Agregados para concreto;1983

____, NBR 12655/1996, Preparo, controle e recebimento do concreto. 1996

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Disponível em
<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>> Acesso em 25 Junho 2011.

CURTI, R., Apostila Propriedades e dosagem do concreto. Disponível em
<http://www.abcp.org.br/comunidades/recife/download/pm_minicursos/11_curso_intensivo/Dosagem.pdf> Acesso em 15 Outubro 2011.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM DNER-
ME 083/1998, Agregados – Análise granulométrica; 1998

DISTRIMAT CONCRETON. Disponível em
<<http://www.concreton.com.br/concreto-c-aditivo.htm>> Acesso em 23 Agosto 2011.

HELENE, P. R. L. TERZIAN, Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo, Pini, 1993.

MEHTA, P. K. MONTEIRO J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo, Pini, 1994.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto / Tradução Salvador E. Giammusso
– São Paulo, Pini, 1997.

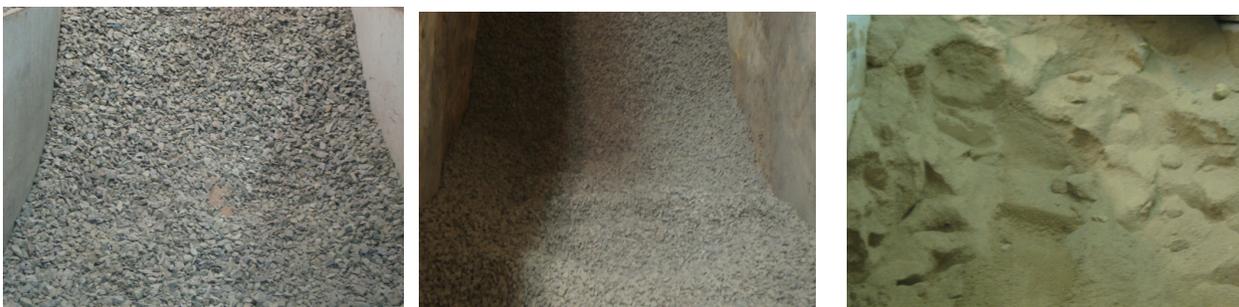
PETRUCCI, E. G. R., Concreto de cimento Portland. São Paulo, 1998.

POSSAN, E. ; VENQUIARUTO, S. D. ; MOREIRA, E. ; GARCEZ, M. R.;
CREMONINI, R. A.; DAL MOLIN, D. C. C. Análise de desempenho de traços para
dosagem de concreto utilizado diferentes métodos. 46º Congresso Brasileiro do
Concreto, 2004, Florianópolis.

REALMIX CONCRETO. Disponível em <<http://www.realmixconcreto.com.br>>
Acesso em 17 Junho 2011.

SCANDIUZZI, L. ANDRIOLO, F. R. Concreto e seus Materiais: Propriedades e Ensaio. São Paulo, Pini, 1986.

ANEXOS



Figuras 1, 2 e 3 – Agregados do concreto ABCP Brita 1, Brita 0 e Areia



Figuras 4 e 5 – Agregados e cimento do concreto ensacado



Figuras 6 e 7 – Ensaio de resistência – Corpos de prova



Figura 8 – Estufa para secagem dos agregados



Figura 9 – Pesagem do cimento



Figura 10 – Embalagem do concreto ensacado com instruções de preparo