UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUI

MAXOEL HABITZREITER

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRAS

Ijuí

2015

MAXOEL HABITZREITER

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRAS

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador(a): Lucas F. Krug, Mestre em Engenharia Civil (UNISINOS)

Ijuí

2015

MAXOEL HABITZREITER

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRAS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 26 de novembro de 2015

Prof. Lucas F. Krug

Mestre pela UNISINOS - Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jeancarlo Ribas (UNIJUÍ)

Mestre pela UFSM

Dedico este trabalho a minha família que sempre estiveram ao meu lado me apoiando.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Jair e Noeli pelo apoio e incentivo;

A minha namorada Taís pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência;

Ao meu orientador Lucas pela ajuda e todo conhecimento agregado;

A acadêmica Cátia pelo auxílio das atividades executas no laboratório de engenharia civil;

As engenheiras Márcia e Simone com quem tenho trabalhado nos últimos quatro anos, pelo conhecimento compartilhado.

Aos colegas de curso pela parceria e amizade formada durante o curso de graduação;

Aos meus familiares em geral pelo incentivo;

Aos meus amigos pelo apoio e compreensão;

Aos professores Carlos e Cristina pelas orientações preliminares;

Ao laboratorista Luiz, pela ajuda e informações;

A secretária Cassiana pelas informações prestadas;

A todos os professores que fizeram parte da minha formação acadêmica;

A Unijuí por proporcionar esta formação.

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém
que acredite que ele possa ser realizado”
Roberto Shinyashiki

RESUMO

HABITZREITER, Maxoel. **Estudo Comparativo Entre Concreto Usinado e Concreto Produzido no Canteiro de Obras**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

Esta pesquisa apresentará os resultados de uma comparação feita entre os dois tipos de produção de concreto mais utilizados atualmente, o concreto produzido em central de concretagem e o concreto produzido no canteiro de obras. Será analisado resultados de ensaios de ruptura a compressão e de ruptura a tração por compressão diametral realizados em laboratório, apresentando assim qual dos dois meios de produção possui melhor resistência característica, ou seja, qual tem maior confiabilidade e apresenta maior aproximação da resistência exigida no projeto estrutural, também será apresentado qual dos concretos possui menor custos de produção tendo como base os traços utilizados em suas produções.

Palavras-chave: Resistência, Compressão. Tração. Custos.

ABSTRACT

HABITZREITER, Maxoel. **Estudo Comparativo Entre Concreto Usinado e Concreto Produzido no Canteiro de Obras**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

This research will present the results of a comparison made between the two types of concrete most widely used production, the concrete produced in central concrete and concrete produced at the construction site. Results will be analyzed rupture testing the compression and the tensile rupture by diametrical compression performed in the laboratory, thus presenting which of the two media production has better strength characteristics, ie which is more reliable and has higher approximation resistance required in the project structural also be presented where the concrete has lower manufacturing costs based on the features used in their production.

Keywords: Resistance, Compression. Traction. Costs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Layout de uma central de dosagem de concreto 24
Figura 2 - Fluxograma de atividades para a produção de concretos dosados em central .. 25
Figura 3 - Gráfico para a determinação da relação água cimento em função das resistências do concreto e cimento aos 28 dias..... 32
Figura 4 - Padiola 37
Figura 5 - Molde 41
Figura 6 - Medida de abatimento..... 42
Figura 7 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone..... 48
Figura 8 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone..... 49
Figura 9 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone..... 49
Figura 10 - Moldagem dos corpos de prova 50
Figura 11 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone..... 51
Figura 12 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone..... 52
Figura 13 - Moldagem dos corpos de prova 52
Figura 14 - Balde 54
Figura 15- Balde com dimensões 55
Figura 16 - Gráfico comparando as resistências a compressão 58
Figura 17 - Gráfico comparando as resistências a tração por compressão diametral..... 59
Figura 18 - Comparação entre custos e resistência a compressão 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Densidade Aparente Médias dos Agregados 17
Quadro 2 - Classes de resistência para concretos estruturais 28
Quadro 3 - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto 31
Quadro 4 - Classe de agressividade ambiental (CAA) 32
Quadro 5 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto. 33
Quadro 6 - Consumo de água aproximado (l/m³) 33
Quadro 7 - Volume compactado seco (Vc) de agregado graúdo por m³ de concreto. 34
Quadro 8 - Corpos-de-prova 39
Quadro 9 - Número de camadas para moldagem de corpos de prova 44
Quadro 10 - Tolerância para idade de ensaio 45
Quadro 11 - Resistências ao rompimento do concreto usinado 56
Quadro 12 - Resistências ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras ... 57
Quadro 13 - Resistências médias ao rompimento do concreto usinado 57
Quadro 14 - Resistências médias ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras 58
Quadro 15 - Custo dos materiais constituíntes do concreto 60
Quadro 16 - Custo médio dos materiais constituíntes do concreto 60

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A/C	Relação água cimento
CP	Cimento Portland
CP’s	Corpos-de-prova
cm	Centímetro
Fck	Resistência Característica do Concreto a Compressão
Ftd	Resistência a tração por compressão diametral
g	Grama
g/cm^3	Grama por centímetro cúbico
h	Hora
h/m^3	Hora por metro cúbico
Kg	Quilograma
Kg/m^3	Quilograma por metro cúbico
lts	Litros
m	metro
m^3	metro cúbico
NBR	Norma Brasileira
NM	Normatização no Mercosul
Mpa	Mega Pascal
R$	Reais
SINDUSCON-RS	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Rio Grande do Sul

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Resistência a compressão a j dias, sendo j a idade do concreto 31

Fórmula 2 - Consumo de Cimento 34

Fórmula 3 - Consumo de Agregado Graúdo 35

Fórmula 4 - Consumo de Agregado Miúdo 35

Fórmula 5 – Consumo de areia em kg/m³ 36

Fórmula 6 - Cálculo da resistência a compressão 46

Fórmula 7 - Cálculo da resistência a tração por compressão diametral 46

SUMÁRIO

1 Introdução 12

1.1 Delimitação do Tema 12

1.2 Formulação da questão de estudo 12

1.3 Objetivo geral 12

1.3.1 Objetivos Específicos 12

1.4 Justificativa 12

1.5 Organização da pesquisa 13

2 Revisão da Literatura 14

2.1 Concreto de cimento Portland 14

2.1.1 Cimento Portland 14

2.1.2 Agregados 16

2.1.3 Água 18

2.1.4 Aditivos 19

2.2 Propriedades do concreto 21

2.2.1 Propriedades do concreto fresco 21

2.2.2 Propriedades do concreto endurecido 22

2.3 Qualidade do concreto 23

2.4 Produção do concreto dosado em central 23

2.4.1 Processo de produção do concreto dosado em central 24

2.4.2 Controle de qualidade de concreto dosado em central 25

2.5 Produção e controle de concreto em obras 26

2.5.1 Armazenamento dos materiais componentes do concreto 27

2.5.2 Medidas dos materiais e do concreto 28

2.5.3 Mistura 29
2.6 Dosagem do concreto 29
3 MÉTODO DE PESQUISA 38
3.1 estratégia de pesquisa 38
3.2 delineamento 38
3.2.1 Coleta de dados 38
3.2.2 Procedimentos 39
3.2.3 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone 40
3.2.4 Corpos de prova 42
3.2.5 Comparação de custos 47
4 Apresentação e análise dos resultados 48
4.1 Caracterização dos lotes analisados 48
4.2 Traços e resultado do abatimento pelo ensaio do tronco de cone 53
4.3 Resistências características apresentadas 56
4.4 Estudo de custos 60
4.4.1 Custo para o concreto usinado 61
4.4.2 Custo para o concreto produzido no canteiro de obras 61
4.4.3 Analise dos custos 61
5 Considerações finais 63
REFERÊNCIAS 65

1 INTRODUÇÃO

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho apresenta um estudo comparativo entre concreto usinado produzido na cidade de Três Passos/RS e concreto produzido em uma obra na cidade de Tenente Portela/RS.

1.2 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO

Existe diferença de qualidade e custos entre concreto usinado e concreto produzido na obra?

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar se há alguma diferença entre os dois meios de produção de concreto quanto a qualidade/resistência e custos, em seguida identificar qual seria a melhor escolha de uso entre estas duas opções.

1.3.1 Objetivos Específicos

I. Verificar se há algum controle de traço dos pedreiros na produção do concreto produzido na obra e se existe algum padrão de produção;
II. Verificar se há controle por meio de corpos de prova da concreteira para o concreto usinado;
III. Realizar os testes de resistência a compressão e a tração por compressão, fazer as devidas analises indicando onde se encontra a melhor qualidade do concreto e qual dos meios de produção se tem uma maior redução dos custos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Observa-se que nas empresas, que a capacidade de seus funcionários em desenvolver processos mais eficientes, está cada vez mais diretamente ligada ao sucesso do empreendimento e da própria empresa no mercado. Devido à globalização, a escassez de mão-de-obra qualificada e também por conta dos prazos de entrega das obras serem cada vez mais apertados, há uma enorme preocupação com as questões de produção do concreto, a atividade industrial fica cada

vez mais dependente da capacitação técnica e gerencial dos profissionais responsáveis pelo sistema produtivo.

Um dos materiais de construção mais utilizado no mundo, o concreto tem por sua característica principal alta resistência a compressão e relativa resistência a tração, grande parte dos concretos usados em obra hoje em dia são produzidos em centrais de usinagem, o chamado concreto usinado geralmente é utilizado em todos os componentes estruturais que utiliza este material na obra, desde a fundação passando pelos pilares, vigas até a laje, porem em algumas obras de menor porte ou por opção do construtor também é utilização concreto produzido no canteiro de obras, este geralmente é utilizado quando a obra foi projetada com fundações superficiais e em alguns casos na concretagem dos pilares.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

I. Capitulo 1: Introdução

   Delimitação do tema, objetivos, questão de estudo, justificativa e organização da pesquisa.

II. Capitulo 2: Revisão bibliográfica

   Conceito, materiais constituintes, propriedade e produção do concreto de cimento Portland.

III. Capitulo 3: Método de pesquisa

   Estratégia de pesquisa e delineamento.

IV. Capitulo 4: Apresentação e análise dos resultados

V. Considerações finais

VI. Referencias bibliográfica

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

O concreto é um material de construção constituído por mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Quando recém-misturados, devem oferecer condições tais de plasticidades que facilitem as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas formas, adquirido com o tempo, palas reações que estão se processando entre aglomerante e água, coesão e resistência. Os materiais que compõe o concreto são: cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, Petrucci (1978).

De acordo com Helene e Andrade (2007), o concreto de cimento Portland é o material estrutural e de construção civil de maior importância na atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

Petrucci (1978) cita ainda que frequentemente tem-se o uso de aditivos, que são constituintes destinados a melhorar ou conferir propriedades especiais ao concreto, tais como impermeabilidade da massa, diminuição do calor de hidratação, aumento da durabilidade, maior plasticidade quando fresco, rápido aumento da resistência quando endurecido, etc.

Helene e Andrade (2007) esclarecem ainda, que o concreto de cimento Portland deve conter cimento, água e agregados, além da possibilidade de conter aditivos, pigmentos, fibras, agregados especiais e adições minerais. A proporção entre os diversos constituintes é buscada pela tecnologia do concreto, para poder atender simultaneamente todas as propriedades necessárias que o concreto deve conter.

2.1.1 Cimento Portland

De acordo com Baud (199-?) são chamados de aglomerantes, os produtos empregados na construção para fixar ou aglomerar certos materiais entre si, estes podem ser divididos em aglomerantes naturais que são os que procedem da calcinação de uma rocha natural sem nenhuma adição; aglomerantes artificiais, que, obtêm-se por calcinação por misturas de pedras, de composição conhecida, cuidadosamente dosificada; aglomerantes aéreos que não se forjam e não

endurecem senão ao ar e contém pouca ou nenhuma argila, estes não são convenientes para trabalhos realizados com água; aglomerantes hidráulicos que em troca, forjam tanto ao ar quanto na água e contem argila em proporção relativamente importante.

Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído essencialmente de silicato hidráulico de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, eventualmente contendo algumas adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. O clínquer é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão, Bauer (2001).

A ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland define:

> O cimento pode ser definido como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Na forma de concreto, torna-se uma pedra artificial, que pode ganhar formas e volumes, de acordo com as necessidades de cada obra. Graças a essas características, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água.

Conforme Petrucci (1978) o cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicato 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 a partir de então poderão oferecer elevada resistência mecânica.

Segundo Yazigi (2009) cimento Portland é obtido pela moagem de clíquer Portland, ao qual se adiciona durante a operação quantidade adequada de um ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem são permitidas adições de materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e materiais cabonáticos a essa mistura.

Battagin (2011) cita que o Brasil, com suas normas baseado em vinte e sete tipos de cimento do modelo europeu dispõe de oito tipos básicos normatizados de cimento Portland, os quais com seus subtipos e classes de resistência chegam a mais de duas dezenas disponíveis para as mais diversas aplicações. São os seguintes tipos de cimento normatizados:

I. Cimento Portland Comum (CP I);

    CP I – Cimento Portland Comum;

CP I-S – Cimento Portland Comum com Adição;

II. Cimento Portland Comum (CP II);

CP II-E – Cimento Portland Composto com Escória;

CP II-Z – Cimento Portland Composto com Pozolana;

CP II-F – Cimento Portland Composto com Fíler;

III. Cimento Portland de Alto-Forno (CP III);

IV. Cimento Portland Pozolânico (CP IV);

V. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI);

VI. Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);

VII. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);

VIII. Cimento Portland Branco (CPB).

De acordo com Helene e Terzian (1993), a finura do cimento é um fator que governa a velocidade da reação de hidratação, o aumento da finura melhora a resistência, principalmente a das primeiras idades, diminui a exsudação e outros tipos de segregação, aumenta a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão do concreto.

2.1.2 Agregados

"A definição de agregado mais aceita é: material granular, sem forma ou volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia, em particular ao fabrico de concretos e argamassas de cimento Portland" (NETO, 2011, p.237)

De acordo com Bauer (2001) agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo "agregado" é de uso generalizado na tecnologia do concreto, em outros ramos da construção é conhecido pelo seu nome especifico conforme seu uso especifico: filer, pedra brita, areia, bica-corrida, rachão, etc.

Os agregados se classificam em:

a) segundo a origem:

- Naturais: os que já se encontram em forma particulada na natureza: areia e cascalho;

- Industrializados: os que tem sua composição particulada obtida a partir de processos industriais, como: rochas, escória de alto-forno e argila.

b) segundo as dimensões das partículas. O agregado usado na tecnologia do concreto é dividido em:

- Miúdo: as areias;

- Graúdo: os cascalhos e as britas.

c) segundo o peso especifico aparente. Conforme a densidade do material que constitui as partículas, os agregados são classificados em leves, médio e pesados, conforme tabela 1.

Quadro 1 - Densidade Aparente Médias dos Agregados

LEVES		MÉDIOS		PESADOS	
Vermiculita	0,3	Calcário	1,4	Barita	2,9
Argila expandida	0,8	Arenito	1,45	Hematita	3,2
Escória granulada	1	Cascalho	1,6	Magnetita	3,3
		Granito	1,5		
		Areia	1,5*		
		Basalto	1,5		
		Escória	1,7		

* Esta é a densidade aparente média da areia “seca ao ar”.

Fonte: Reproduzido de Bauer (2001, p. 64)

A NBR 7211 (ABNT,2005) define:

> Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

Segundo Petrucci (1978), agregado é o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para o uso em obras de engenharia. São agregados as rochas britadas, os fragmentos rolados no leito dos cursos d’água e os materiais encontrados em jazidas, provenientes de alterações de rochas. Os agregados desempenham um importante papel no concreto, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista técnico, e exercem benefícios sobre algumas características importantes, como: retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos.

Yazigi (2009) ainda complementa que na designação de tamanho do agregado, diâmetro máximo é a abertura da malha, em milímetros, de peneira da série normal a qual corresponde a percentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%. Conforme as denominações:

I. Filler é o material que atravessa a peneira nº 200, este material é o que decanta nos tanques das instalações de lavagem de brita nas pedreiras;
II. Areia é o material encontrado em estado natural que passa na peneira de 4,8 mm;
III. Pó de pedra, também chamado de areia artificial, é o material obtido por fragmentação de rocha que atravessa a peneira 4,8 mm;
IV. Seixo rolado é o material encontrado fragmentado na natureza, tanto no fundo do leito dos rios, quanto em jazidas, este fica retido na peneira 4,8 mm;
V. Brita é o material obtido por trituração de rochas e é retido na peneira 4,8 mm.

Quanto ao uso comercial, as britas são classificadas em:

I. Pedrisco: de 4,8 mm a 9,5 mm
II. Brita 1: de 9,5 mm a 19 mm
III. Brita 2: de 19 mm a 38 mm
IV. Brita 3: de 38 mm a 76 mm

Quanto ao peso unitário pode-se classificar os agregados em:

I. Leves (menos de 1 t/m³): pedras-pomes, vermiculita expandida, argila expandida, etc.
II. Normais (1 t/m³ a 2 t/m³): areia quartzosa, seixos, britas de gnaisse e de granito, etc.
III. Pesados (acima de 2 t/m³): barita, magnetita, limonita, etc.

2.1.3 Água

"A água é um componente vital do concreto porque, juntamente com o cimento, produz a matriz resistente que aglutina os agregados e confere a compacidade da matriz para adotar as estruturas de durabilidade e vida útil prevista em projetos." (Isaia, 2011, p.318)

Conforme Petrucci (1978), a água utilizada para o amassamento do concreto não deve conter nenhuma impureza que possa vir a prejudicar as reações entre ela e os compostos do cimento. Pequenas quantidades de impurezas podem ser toleradas, pois aparentemente não apresentam nenhum efeito danoso. As águas impuras muitas vezes não têm nenhum efeito nocivo sobre o concreto, sendo assim, não é possível julgar uma água pela coloração ou cheiro.

A NBR 15900 (ABNT, 2009) define que a água para o uso em concreto de estar em conformidade com as exigências químicas, de tempo de pega, e resistência a compressão, descritas por esta norma.

De acordo com Fusco (2008) para os casos de águas não potáveis, é necessário controlar o conteúdo de matéria orgânica, os resíduos sólidos existentes, os teores de sulfatos e de cloretos existentes.

Petrucci (1978) ressalta que na realidade os maiores efeitos da água sobre o concreto tem relação com o excesso de água empregada do que propriamente com os elementos que ela possa conter.

2.1.4 Aditivos

Conforme Hartmann *et al.* (2011), aditivos são produtos químicos que adicionados ao cimento, argamassa ou ao concreto, modificam uma ou mais propriedades das misturas cimentícias. As doses de aditivos químicos normalmente variam de 0,05% e 5% da massa dos materiais cimentícios.

De acordo com Bauer (2001) aditivo pode ser definido como um produto não indispensável na composição e finalidade do concreto, que colocado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura do concreto, as quantidades usadas geralmente são bem pequenas e homogeneizadas que fazem aparecer ou reforçar certas características. A classificação dos aditivos pode ser baseada ação ou nos efeitos.

Bauer (2001) cita ainda que dentre os critérios baseados na ação se distingue as ações puramente química, física ou físico-química:

a) química: modifica em um ou em outro sentido a cinética do processo de hidratação;

b) física: modifica a tensão superficial da fase liquida, e ainda a tensão interfacial entre esta e as fases sólidas ou gasosas, ou seja, que os denominados tensoativos fazem com que as moléculas de agua nas interfaces “água-ar” e “agua-sólido” tenham menos coesão, assim sendo, aumentam a capacidade de molhabilidade da água, bem como seu poder de penetração;

c) físico-química: é aquela ação que por efeito físico modifica a tensão superficial e interfacial da água “água-ar” e “agua-sólido”, e que por efeito químico modifica a cinética do processo de hidratação.

Os critérios de classificação baseados nos efeitos são os que tem sua finalidade especifica conforme sua aplicação, dentre eles estão:

a) aditivos destinados a melhorar a trabalhabilidade do concreto

I. Plastificantes redutores
II. Incorporadores de ar
III. Dispersantes ou fluidificantes

b) modificadores das resistências mecânicas

I. Redutores plastificantes

c) modificadores das resistências do concreto a condições especiais de exposições

I. Incorporadores de ar

d) modificadores de tempo de pega e endurecimento

I. Retardadores
II. Aceleradores

e) impermeabilizantes

I. Repelentes a absorção capilar
II. Redutores da permeabilidade

f) expansores

I. Geradores de gás
II. Estabilizadores de volume
III. Geradores de espuma

g) adesivos

h) anticorrosivos

i) corantes, fungicidas, germicidas e inseticidas

2.2 PROPRIEDADES DO CONCRETO

2.2.1 Propriedades do concreto fresco

A NBR 12655 (ABNT, 2015) caracteriza o concreto fresco que está completamente misturado e que ainda se encontra em estado plástico capaz de ser adensado por algum método escolhido.

Helene e Andrade (2007), denomina que concreto fresco é a fase que compreende um período de tempo muito curto, na ordem d 1h a 5h, esta fase refere-se ao intervalo de tempo necessário para que o concreto possa ser misturado, transportado, lançado e adensado.

Conforme Petrucci (1978), as propriedades do concreto fresco são: a consistência, a textura, a trabalhabilidade, a integridade da massa (oposto de segregação), o poder de retenção de água, (oposto da exsudação) e a massa especifica. A trabalhabilidade é a mais importante característica do concreto fresco, porém é a propriedade de maior dificuldade de conceituação, visto que engloba uma série de outras propriedades, não havendo ainda completa concordância sobre quais sejam estas propriedades. Além disso, outra dificuldade é que a trabalhabilidade não tem valor relativo, pois depende de sua fixação, das qualidades intrínsecas dos materiais que constituem o concreto, das condições de mistura, transporte, lançamento e adensamento deste material, também das dimensões da forma e armaduras das peças a moldar.

Helene e Andrade (2007) citam ainda que a trabalhabilidade do concreto é influenciada por fatores intrínsecos ao concreto, como a relação água/materiais secos; tipo e consumo de cimento; teor de argamassa; tamanho, textura e forma dos agregados. E também existem fatores externos de influência, tais como as condições de transporte, lançamento, características da fôrma, esbelteza dos elementos estruturais, densidade e distribuição das armaduras, entre outros fatores.

Segundo Bauer (2001), tendo em vista a qualidade do concreto endurecido, as propriedades do concreto fresco desejáveis são as que asseguram a obtenção de misturas de fácil

transporte, lançamento, e adensamento, sem segregação, e que depois de endurecido se apresenta homogêneo, com mínimo de vazios.

2.2.2 Propriedades do concreto endurecido

A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece que concreto endurecido é o que se encontra no estado sólido e que desenvolveu resistência mecânica.

Segundo Andrade (1997), as variações volumétricas do concreto podem ocorrer ainda estando fresco, ou após o seu endurecimento. Observa-se que o volume do concreto endurecido é menor que o volume de concreto fresco, isso ocorre pela perda parcial de ar incorporado e da água. Por tanto, pode-se dizer que o concreto se apresenta como um material sólido, contendo no seu interior poros capilares, tomados em parte por agua e em parte por ar.

De acordo com Bauer (2001), as propriedades do concreto endurecido são o que qualificam o concreto, devem ser consideradas em termos relativos, segundo a qualidade exigida para um fim determinado de construção, como por exemplo, a durabilidade de um concreto pode ser perfeitamente aceitável quando a estrutura se encontra devidamente protegida da ação dos elementos e ser, alternativamente, inteiramente inadequada se exposta diretamente a ação de agente desintegradores; a impermeabilidade é característica essencial dos concretos utilizados nas estruturas de edifícios, quando as exigências fundamentais são deslocadas para as características mecânicas de resistência e rigidez.

Conforme Helene e Andrade (2007), a qualidade potencial do concreto depende da relação agua/cimento e do grau de hidratação. São esses os dois principais parâmetros que reagem as propriedades de absorção capilar da água, de permeabilidade por gradiente de pressão de água ou gases, assim como todas as propriedades mecânicas como modulo de elasticidade, resistência a compressão, a tração, fluência, relaxação, abrasão e outras.

Segundo Yazigi (2009), são propriedades básicas do concreto endurecido:

I. Resistência aos esforços mecânicos
II. Propriedades técnicas
III. Deformação em faces de ações extrínsecas e solicitações mecânicas
IV. Permeabilidade

V. Durabilidade diante de ações do meio ambiente

2.3 QUALIDADE DO CONCRETO

Segundo Petrucci (1978), a qualidade do concreto dependerá primeiramente da qualidade dos materiais constituintes. Portanto para que se tenha um concreto de qualidade superior, é indispensável o uma seleção cuidadosa desses materiais. Após a devida escolha desses materiais, é preciso mistura-los em proporções adequadas. Neste proporcionamento deve-se ter conta a relação entre cimento e agregado, a divisão do agregado miúdo e graúdo, e principalmente a relação de agua empregada aos materiais secos, ou seja, a relação água/cimento. Após a mistura, o concreto deve ser transportado, lançado e adensado de maneira adequada. O último passo que se faz necessário, é a hidratação do cimento continua por longo tempo, e é preciso que as condições ambientes favoreçam as reações que estão se processando, o que é chamado de cura do concreto.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece que os materiais componentes do concreto não podem conter substancias prejudiciais em quantidades que possam comprometer a durabilidade do concreto ou causar corrosão das armaduras.

Qualidade deve ser definida em todos os aspectos, utilizando-se de parâmetros técnicos mensuráveis, a qualidade deve ser objetiva e não subjetiva, deve ser dada preferência aos parâmetros e características, qualitativa. A qualidade deve estar explicitada em procedimentos de projeto, de qualificação e seleção de materiais, de execução, de operação e manutenção, Helene e Terzian (1993).

2.4 PRODUÇÃO DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL

“A produção do concreto dosado e produzido em central surgiu com o objetivo de atender às obras de infraestrutura que necessitam de grandes volumes de concreto em curto período de tempo e com uma menor variabilidade de suas resistências mecânicas” (Regattieri e Maranhão, 2011, p.501)

A ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem define:

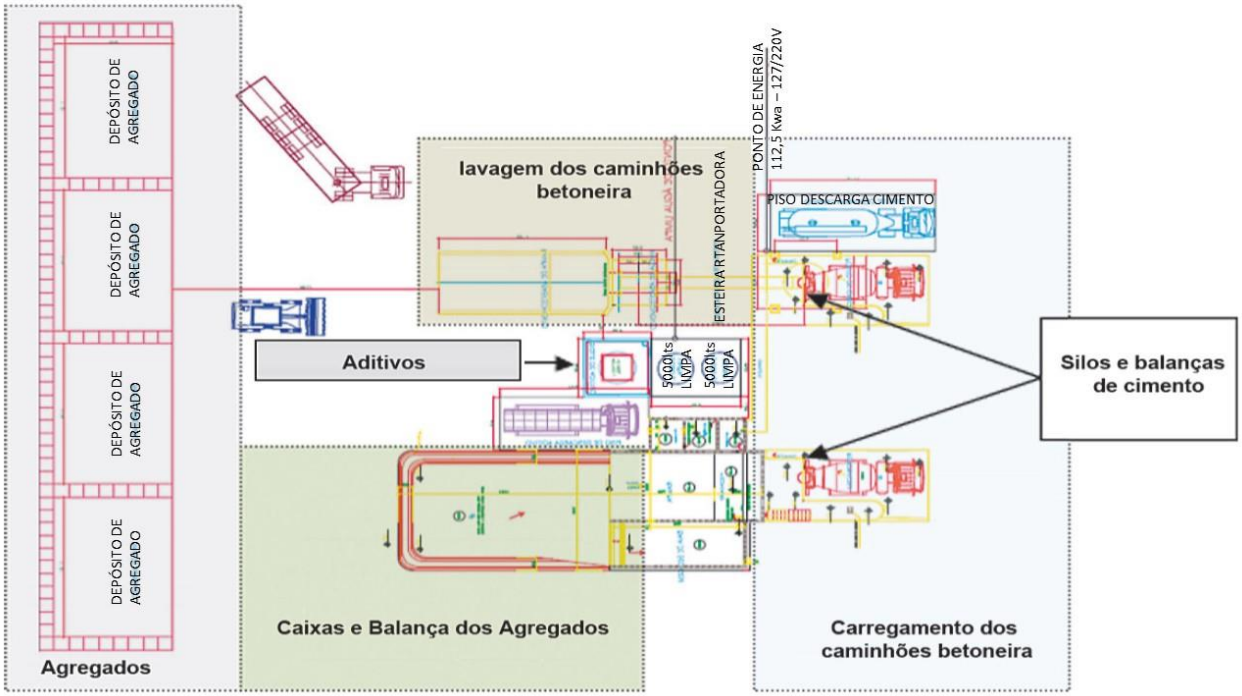
> Concreto dosado em central é o concreto executado pelas empresas prestadoras de serviços de concretagem (concreteiras), dentro dos mais altos níveis de qualidade e tecnologia. A dosagem correta dos seus materiais componentes - cimento, água, agregados (brita e areia) e aditivos quando necessários - é feita seguindo-se as normas específicas regidas pela ABNT e de acordo com o tipo de obra. O concreto dosado em central além de ser prático, seguro, resistente e com alta trabalhabilidade é também muito econômico.

De acordo com Neville (1997), o controle de produção do concreto deve ser obrigatório, porém como em uma central dosadora opera em condições comparáveis a uma indústria, é possível um controle realmente rigoroso de todas as operações de obtenção do concreto fresco. Também são assegurados os cuidados necessários durante o transporte do concreto com caminhões agitadores, mas, normalmente o lançamento e adensamento permanece sob responsabilidade do pessoal da obra.

2.4.1 Processo de produção do concreto dosado em central

De acordo com Regattieri e Maranhão (2011), o layout de uma central de pequeno porte, é caracterizado por dispor os estoques de agregados e os silos de cimento em lados opostos para facilitar o fluxo de materiais e minimizar os riscos de acidentes, conforme figura 1.

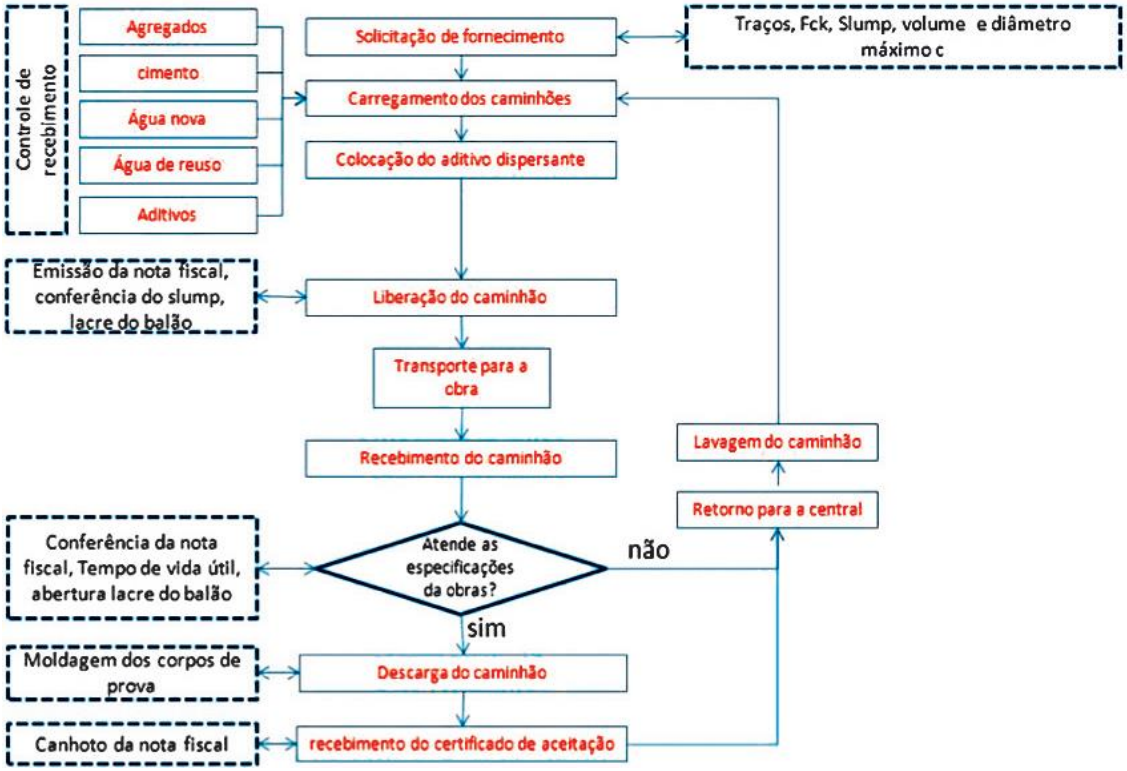
Figura 1 - Layout de uma central de dosagem de concreto



Fonte: Isaia (2011, p. 505)

Ainda conforme Regattieri e Maranhão (2011), para a produção do concreto é necessária uma série de atividades de movimentação coordenada de materiais dentro e uma central, para que se tenha então uma grande capacidade de produção. Quanto mais moderna for a central, maiores serão as atividades de controle e mais intenso seu nível de informatização, minimizará a influência de operadores na qualidade do produto final. O fluxograma de atividades geralmente encontrados em centrais de concretagem no Brasil está representado na figura 2. Durante o recebimento dos materiais são executados controles para avaliar se atendem os requisitos especificados pelas normas brasileiras ou regimento interno da empresa.

Figura 2 - Fluxograma de atividades para a produção de concretos dosados em central



Fonte: Isaia (2011, p. 506)

2.4.2 Controle de qualidade de concreto dosado em central

De acordo com Regattieri e Maranhão (2011), existem duas etapas de controle de qualidade: a primeira é quanto a seleção e controle de recebimento dos matérias, onde uma central realiza continuamente avaliações dos materiais utilizados no preparo do concreto em que são comparadas suas propriedades com padrões pré-estabelecidos. No recebimento do caminhão de cimento, o responsável pela central deve conferir os dados da nota fiscal como classificação

do cimento, data e destino da carga, e também verificar a existência e integridade dos lacres. Periodicamente devem-se realizar ensaios para avaliação da água de consistência normal do cimento, fornecendo os subsídios para realização de correções nos traços quando se fizer necessário, além disso, são moldados corpos-de-prova para a avaliação da resistência a compressão axial, principalmente nas primeiras idades; a segunda etapa é quanto o controle da qualidade da produção e de aceitação do concreto, onde são continuamente realizados dois tipos de controle, um interno da central, denominado por controle de qualidade, e outro controlado diretamente na obra, denominado por controle tecnológico, e realizado por laboratórios especializados. Ambos os controles, os cuidados na amostragem, moldagem, armazenamento na obra, transporte e cura do corpos-de-prova devem ser os mesmos, a diferença é que o controle tecnológico tem o objetivo de avaliar se o concreto que está sendo entregue é igual ao contratado. Os ensaios de para avaliação da consistência (slump) devem ser realizados em todos os caminhões betoneira que chegam as obras, enquanto a avaliação de propriedades mecânicas pode ser total ou parcial, em caso de amostragem parcial, deve-se atentar para a quantidade mínima de seis amostras e para os critérios de seleção dos caminhões betoneira que serão objeto de amostragem.

2.5 PRODUÇÃO E CONTROLE DE CONCRETO EM OBRAS

> A expressão “concreto feito em obras” deve ser entendida como a produção de concreto dentro dos limites do canteiro. Em obras, um concreto pode ser produzido a partir do emprego de betoneiras estacionárias com capacidade de misturas de um volume de concreto em cada operação definido a partir do emprego de um número inteiro de sacos de cimento, quanto pode ser produzido em modernas centrais misturadoras ou simplesmente dosadoras (Isaia, 2011, p.537).

De acordo com Petrucci (1978), o amassamento manual só poderá ser empregado em obras de pequena importância, onde o volume e a responsabilidade do concreto não justificam o emprego de equipamento mecânico.

Segundo Recena e Pereira (2011), em pequenas cidades ou periferias de grandes cidades, não há serviços de uma empresa de serviços de concretagem, nestas será possível observar uma grande quantidade de concreto produzido em obra, em betoneiras estacionarias, ou ate mesmo concreto misturado manualmente.

Petrucci (1978) cita que a mistura mecânica é feita com máquinas especiais denominadas betoneiras, que são constituídas essencialmente por um tambor ou cuba, fixo ou móvel em torno

de um eixo que passa pelo seu centro, no qual por meio de pás, que podem ser fixas ou móveis, se produz a mistura.

2.5.1 Armazenamento dos materiais componentes do concreto

A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece que os materiais armazenados tanto na obra quanto em centrais de dosagem separados fisicamente desde o instante do recebimento até o momento da mistura. Cada um dos componentes devem estar identificados durante o armazenamento, no que diz respeito a classe ou graduação de cada procedência. Os documentos que comprovam a origem e características destes materiais devem ficar arquivados por no mínimo cinco anos.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) também estabelece como devem ser armazenados os seguintes materiais: cimento, cada saco deve ser armazenado separadamente, de acordo com a marca, tipo e classe. Devem ser guardados em pilhas, em local fechado, protegido da ação da chuva, nevoa ou condensação. Cada lote recebido na mesma data deve ser armazenado em pilhas separadas e invidualizadas. As pilhas devem estar separadas por corredores que permitam a circulação de funcionário e apoiadas sobre estrado ou palhetes de madeira, para que não haja contado direto com o piso. Os sacos devem ser empilhados em altura máxima de 15 sacos quando ficam depositados até 15 dias, ou altura de até 10 sacos quando ficam armazenados por períodos maiores de tempo; agregado, devem ser armazenados separadamente de acordo com sua classificação granulométrica, não podendo haver contato direto entre as graduações, cada fração granulométrica deve ficar sobre uma base que premita o escoamento livre da água de modo a elimina-la.

O deposito destinado ao armazenamento de agregado deve ser construído de maneira que não haja contato com o solo, evitado assim que ocorra alguma contaminação de outros sólidos ou líquidos prejudiciais ao concreto; a água destinada ao amassamento do concreto deve ser armazenada em caixas estanque e tampada, de modo a impedir qualquer contaminação de agentes agressivos ao concreto; os aditivos devem ser armazenados nas embalagens originais até o momento do seu uso, em locais que atendam as especificações do fabricante.

Os aditivos líquidos, no instante do seu uso, quando não forem utilizados em sua embalagem original, devem ser transferidos para um recipiente estanque, não sujeito a corrosões,

protegidos contra contaminantes ambientais, e provido de agitador, de forma a impedir a decantação dos sólidos. O aditivo liquido, quando utilizado em sua embalagem original, deve ser homogeneizado energicamente, de forma a impedir a decantação dos sólidos contidos no aditivo, uma vez por dia e imediatamente antes de seu uso deve ser submetido ao procedimento estabelecido por seu fabricante. O recipiente para armazenamento de aditivos deve estar identificado para permitir sua rastreabilidade.

2.5.2 Medidas dos materiais e do concreto

A NBR 12655 (ABNT, 2015) determina que a base de medida do concreto para o estabelecimento de sua composição, da sua requisição comercial ou fixação do seu volume é o metro cubico de concreto fresco adensado. A medida volumétrica dos agregados é permitida apenas para os concretos produzidos apenas no canteiro de obras. Os materiais para o concreto classe C20, de acordo com ABNT NBR 8953, e não estruturais devem ser medidos em massa, ou em massa combinada com volume. Por massa combinada com volume, entende-se que o cimento seja medido em massa e que o canteiro deva dispor de meios que permitam a confiável e pratica conversão de massa para volume de agregados, levando em conta a umidade da areia. Os materiais para concreto de classe C25 e superiores, de acordo com ABNT NBR 8953, devem ser medidos em massa, a classe dos concretos estruturais está representada na tabela 2.

Quadro 2 - Classes de resistência para concretos estruturais

Classe de resistência Grupo I	**Resistência característica à compressão** MPa	**Classe de resistência Grupo II**	**Resistência característica à compressão** MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015)

2.5.3 Mistura

A NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece que os materiais componentes do concreto, medido conforme o item 2.5.2, devem ser misturados até formar uma massa homogênea. O equipamento utilizado na obra para fazer esta mistura é a betoneira, sua operação deve atender as normas do fabricante quanto a capacidade de carga, velocidade e tempo de mistura.

Conforme Neville (1997), as betoneiras devem não apenas obter a uniformidade da mistura, mas também devem descarregá-la sem alterar essa uniformidade.

Neville (1997) cita ainda, que devido a baixa velocidade de descarga de algumas betoneiras, as vezes o concreto é passível de segregação, quando as partículas maiores de agregado tendem a permanecer na betoneira de modo que a descarga começa com argamassa e termina com um conjunto de partículas de agregado graúdo revestida.

Segundo Bauer (2001), não há regras gerais para a colocação dos materiais na betoneira, porém é de boa prática primeiro se coloca a água, seguido do agregado graúdo, em seguida se coloca a o cimento e por fim a o agregado miúdo.

2.6 DOSAGEM DO CONCRETO

"O estudo das dosagens tem, desde há muito, preocupado os técnicos que, de alguma forma, vêm se dedicando ao estudo dos concretos, de argamassas e de seus contingentes." (BAUER, 2001, p.186)

De acordo com Recena e Pereira (2011), entende-se por estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland, os procedimentos necessários a obtenção da melhor proporção entre os materiais que constituem o concreto, também conhecido por traço.

O projeto estrutural não entra em considerações quanto a dosagem do concreto, porem impõe dois critérios para a dosagem: a resistência e a durabilidade do concreto. A trabalhabilidade deve ser adequada as condições de execução da obra, esta não implica apenas o abatimento no momento da descarga da betoneira, mas também a limitação da perda de abatimento até o momento do lançamento do concreto, NEVILLE (1997).

A NBR 12655 (ABNT, 2015) esclarece que o concreto deve ser dosado a fim de minimizar sua segregação no estado fresco, considerando também as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

Neville (1997) cita ainda, para o processo de dosagem do concreto, deve-se selecionar os materiais constituintes do concreto, determinando-se respectivas proporções com o objetivo de produzir, da forma mais econômica possível, um concreto com determinadas propriedades mínimas principalmente de resistência, durabilidade e consistência adequada.

Chama-se de traço a maneira de demonstrar a composição do concreto. O traço pode ser indicado pelas proporções em peso ou em volume, normalmente apresenta-se indicação mista, ou seja, o cimento em peso e os agregados em volume. Independentemente de qual for a forma adotada, sempre deve ser tomada o cimento como referência, então relaciona-se as demais quantidades a quantidade de cimento. A unidade (quantidade de cimento) pode ser indicada por 1 kg ou litro, pela quantidade contida num saco e cimento ou pela quantidade contida num metro cubico de concreto, Petrucci (1978).

Ainda de acordo com Petrucci (1978), pode se exprimir o traço da seguinte maneira:

$$1 : \alpha : \rho : x$$

Onde:

α – kg de agregado miúdo por kg de cimento
ρ – kg de agregado graúdo por kg de cimento
x – kg de água por kg de cimento

Conforme com Yazigi (2009), o projetista da estrutura da edificação deve fixar o F_{ck} do concreto, resistência característica a compressão prevista para a idade de 28 dias, e para a qual são feitos os estudos de dosagem (determinação de traço).

De acordo com Rodrigues (2005), a dosagem do concreto pode ser realizada seguindo os seguintes passos: que constitui o método proposto pela ABCP.

<u>1ª etapa: fixação da relação água/cimento:</u>

Para esta etapa deve-se verificar qual é o desvio-padrão (Sd) do procedimento de preparo do concreto de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), tabela 3:

Quadro 3 - Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condições de preparo do concreto	Desvio-Padrão (MPa)
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: Reproduzida da NBR 8953 (ABNT, 2015)

Onde:

Condição A (aplicável às classes C10 até C80): O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.

Condição B aplicável às classes C10 até C25 (...): O cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados em massa combinada com volume. A umidade do agregado miúdo é determinada pelo menos três vezes ao dia. O volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento estabelecida especificamente para o material utilizado.

Condição C apenas aos concretos de classe C10 e C15 (...): O cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto.

Determinado o sd, calcula-se então a resistência a compressão do concreto aos 28 dias (fc28), dado pela fórmula 1:

Fórmula 1 – Resistência a compressão a j dias, sendo j a idade do concreto

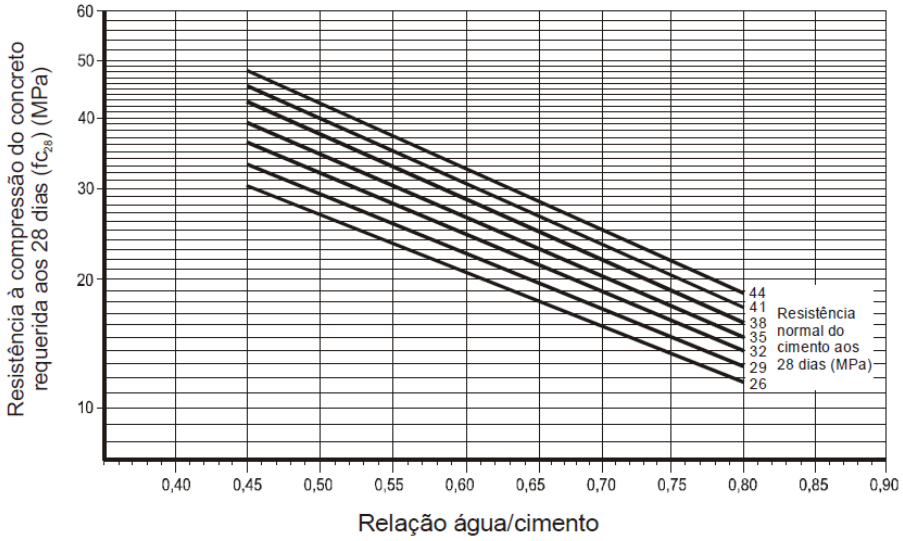
$$fcj = fck + 1{,}65 * sd$$

Fonte: ABCP

Onde sd é o desvio padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto.

De posse do valor de fc28, define-se a relação ou fator a/c do concreto pelo método da Curva de Abrams, conforme figura 3:

Figura 3 - Gráfico para a determinação da relação água cimento em função das resistências do concreto e cimento aos 28 dias.



Fonte: Assunção (2002)

No entanto deve-se verificar ser a relação A/C do concreto está de acordo com a classe de agressividade ambiental consultada na NBR 6118 (ABNT, 2014), conforme tabela 4:

Quadro 4 - Classe de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana [a, b]	Pequeno
III	Forte	Marinha [a] Industrial [a, b]	Grande
IV	Muito forte	Industrial [a, c] Respingos de maré	Elevado

[a] Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

[b] Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

[c] Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

Em seguida encontra-se a relação a/c de acordo com a classe de agressividade ambiental, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), conforme tabela 5:

Quadro 5 - Correspondência entre classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Concreto [a]	Tipo [b, c]	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

[a] O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
[b] CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
[c] CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2014)

De posse dos valores da relação a/c conforme gráfico da Curva de Abrams e classe de agressividade ambiental, adota-se o menor valor entre os dois.

2ª etapa: determinar o consumo de materiais:

Consumo de água:

De posse do abatimento desejado e do diâmetro máximo do agregado, determina-se o consumo de água em l/m³, conforme tabela 6.

Quadro 6 - Consumo de água aproximado (l/m³)

Abatimento do Tronco de Cone (mm)	Dimensão Máxima Característica do Agregado Graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Rodrigues (2005)

Consumo de cimento:

O consumo de cimento (Cc) é dado pela fórmula 2:

Fórmula 2 – Consumo de Cimento

$$Cc = \frac{Ca}{a/c}$$

Fonte: ABCP

Consumo de agregado graúdo:

De posse dos valores da dimensão máxima característica do agregado graúdo em *mm*, e do módulo de finura (MF) do agregado miúdo, determina-se o consumo de agregado graúdo em volumes compactado a seco por m³ de concreto, conforme tabela 7.

Quadro 7 - Volume compactado seco (Vc) de agregado graúdo por m³ de concreto.

MF	Dimensão Máxima ($D_{máx}$), mm				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
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

Fonte: Rodrigues (2005)

De posse do volume compactado de agregado graúdo por m³ de concreto, deve-se então passar esses volumes para massa dado em kg/m², para isso utiliza-se a equação conforme fórmula 3:

Fórmula 3 – Consumo de Agregado Graúdo

$$Cb = Vc * \delta b$$

Fonte: ABCP

Onde:

Cb: Consumo de brita
Vc: Volume compactado seco de agregado graúdo
δb: Massa unitária compactada de agregado graúdo

Consumo de agregado miúdo:

Obtém-se o volume de agregado miúdo (Vm) através da equação dada pela fórmula 4:

Fórmula 4 – Consumo de Agregado Miúdo

$$Vm = 1 - \left(\frac{Cc}{\gamma c} + \frac{Cb}{\gamma b} + \frac{Ca}{\gamma a}\right)$$

Fonte: ABCP

Onde:

Vm: Volume de agregado miúdo
Cc: Consumo de Cimento
Cb: Consumo de agregado graúdo
Ca: Consumo de água
γc: Massa específica do cimento
γb: Massa específica do agregado graúdo
γa: Massa específica da água

Após a obtenção do volume de agregado graúdo, calcula-se o consumo de areia em kg/m³, através da fórmula 5:

Fórmula 5 – Consumo de areia em kg/m³

$$Cm = Vm * \gamma m$$

Fonte: ABCP

Onde:

Cm: Consumo de agregado miúdo
Vm: Volume de agregado miúdo
γm: Massa específica do agregado graúdo

3ª etapa: apresentação do traço

Usualmente apresenta-se o traço da seguinte maneira:

Cimento : Areia : Agregado graúdo : Água

Em relação a massa de cimento (traço em massa) apresenta-se:

$$1 : \frac{Cm}{C} : \frac{Cg}{C} : \frac{Ca}{C}$$

A dosagem pode ser feita em volume, o cimento é medido em sacos inteiros e a água em recipientes graduado. Desta forma obtemos boa precisão nas medidas desses materiais.

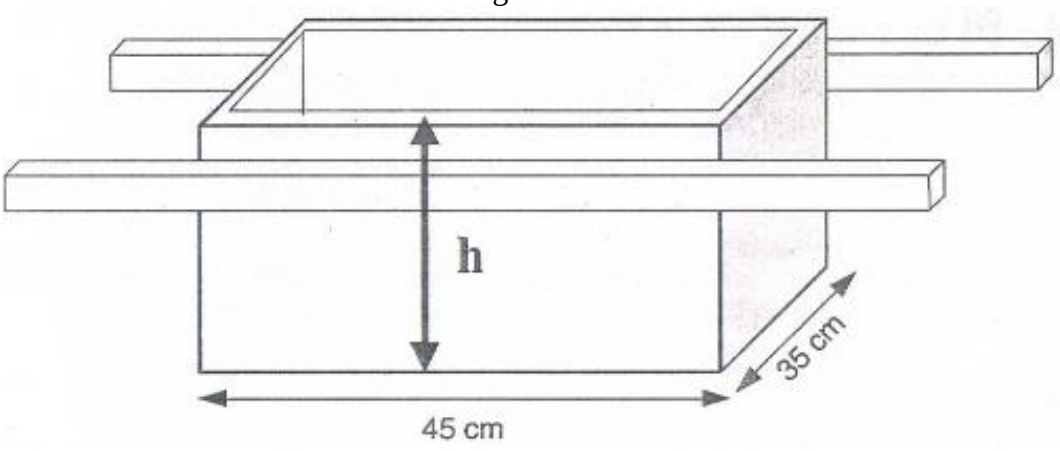
Para medir os agregados após a sua transformação em volumes correspondentes a um saco de cimento, o usual é providenciar padiolas.

O volume da caixa deve corresponder ao volume do agregado.

Considerando-se que as padiolas são transportadas por dois homens, não convém que a massa total ultrapasse 60 kg.

Medidas usuais são largura = 35 cm e comprimento = 45 cm e altura recomendada de 30 a 35 cm, conforme figura 4.

Figura 4 - Padiola



Fonte: Rodrigues (2005)

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

De acordo com Schneider e Schimitt (1998), a comparação pode ser considerada como inerente ao processo de construção do conhecimento, é lançado mão de um tipo de raciocínio comparativo que podemos descobrir regularidades, perceber deslocamentos e transformações, construir modelos e tipologias, identificando continuidades e descontinuidades, semelhanças e diferenças, e explicitando as determinações mais gerais que regem os fenômenos.

Conforme Godoy (1995), algumas características básicas identificamos estudos denominados *"*qualitativos", onde um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando *"*captar" o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno.

Portanto esta pesquisa pode ser caracterizada como um estudo do tipo comparativo-qualitativo, onde serão comparados os dois tipos de concreto, e analisado a qualidade e custos de ambos.

3.2 DELINEAMENTO

3.2.1 Coleta de dados

Inicialmente escolheu-se duas obras que durante sua execução possua concreto produzido em central de dosagem e concreto produzido no canteiro de obras, o que de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), caracteriza as condições de preparo do concreto como sendo das condições B e C, respectivamente.

Conforme a maioria das obras que possuem esses dois tipos de preparo de concreto, o concreto produzido no canteiro de obras geralmente é utilizado para a concretagem dos pilares da edificação, já o concreto produzido pela central de é utilizado para a concretagem das vigas e lajes. Portanto a escolha da obra dependera também da análise do projeto estrutural da mesma,

pois este deverá requerer o mesmo Fck em todos os componentes estruturais para que se possa ter uma melhor analise dos resultados.

3.2.2 Procedimentos

Primeiramente devem ser coletados os materiais no momento da concretagem, como os dois tipos de concretagem serão executados em dias diferentes, o procedimento se dará da mesma forma para ambos os tipos de concreto, porem em datas opostas.

Em um primeiro momento deverá ser executado o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme determina a NBR NM 67 (ABNT, 1998), descrita no item 3.2.2.

Em seguida devem ser moldados 24 corpos-de-prova cilíndricos para cada bloco de concreto nas dimensões de 10x20 conforme NBR 5738 (ABNT, 2015), após a moldagem, os corpos-de-prova deverão ser curados, desmoldados e armazenados conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Ensaiou-se 3 corpos-de-prova para cada idade de 3, 7, 21 e 28 dias e para cada tipo de ensaio, seguindo os procedimentos da NBR 5739 (ABNT, 2007) para os ensaios de rompimento por compressão e da NBR 7222 (ABNT, 2011) para os ensaios de rompimento de tração por compressão diametral, para melhor exemplificação verificar tabela 8. Possivelmente terá de ser feito uma betonada de concreto apenas para os corpos de prova.

Quadro 8 - Corpos-de-prova

48 CORPOS-DE-PROVA MOLDADOS	
24 CP's CONCRETO USINADO	24 CP's CONCRETO PRODUZIDO NA OBRA
12 CP'S ROMPIMENTO A COMPRESSÃO	12 CP'S ROMPIMENTO A COMPRESSÃO
3 CP's ROMPIDOS NO 3º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 3º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 7º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 7º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 21º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 21º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 28º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 28º DIA
12 CP'S ROMPIMENTO A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	12 CP'S ROMPIMENTO A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL
3 CP's ROMPIDOS NO 3º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 3º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 7º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 7º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 21º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 21º DIA
3 CP's ROMPIDOS NO 28º DIA	3 CP's ROMPIDOS NO 28º DIA

Fonte: autoria própria

Na sequência realizou-se uma análise de resultados, verificando qual dos tipos de concreto possui maior resistência a compressão e a tração por compressão diametral, também será verificado qual dos concretos possui o menor custo de produção a partir dos traços definidos.

3.2.3 Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

A NBR NM 67 (ABNT, 1998) especifica um método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra.

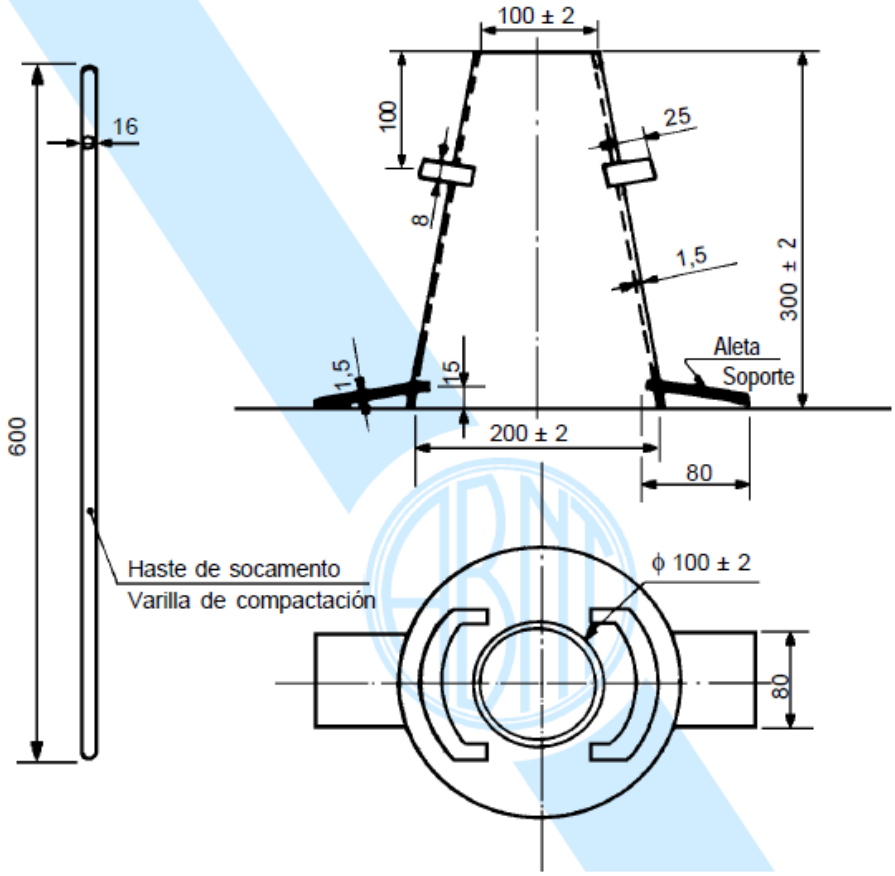
O método é aplicável aos concretos plásticos e coesivos que apresentem um assentamento igual ou superior a 10 mm, como resultado do ensaio realizado de acordo com esta NBR NM 67 (ABNT, 1998). O método não se aplica a concreto cujo agregado graúdo apresente dimensão nominal máxima superior a 37,5 mm.

3.2.3.1 Equipamentos

O molde para a determinação do abatimento, conforme figura 5, feito de metal não facilmente atacável pela pasta de cimento com espessura igual ou superior a 1,5 mm. O molde pode ser confeccionado com ou sem costura, porém seu interior deve ser liso e livre de protuberâncias criadas por rebites, parafusos, soldas e dobraduras. O molde deve ter a forma de um tronco de cone oco.

A haste de compactação deve ser de seção circular, reta, feita de aço ou outro material adequado, com diâmetro de 16 mm, comprimento de 600 mm e extremidades arredondadas.

Figura 5 - Molde



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998)

A placa de base para apoio do molde; deve ser metálica, plana, quadrada ou retangular, com lados de dimensão não inferior a 500 mm e espessura igual ou superior a 3 mm.

3.2.3.2 Procedimento

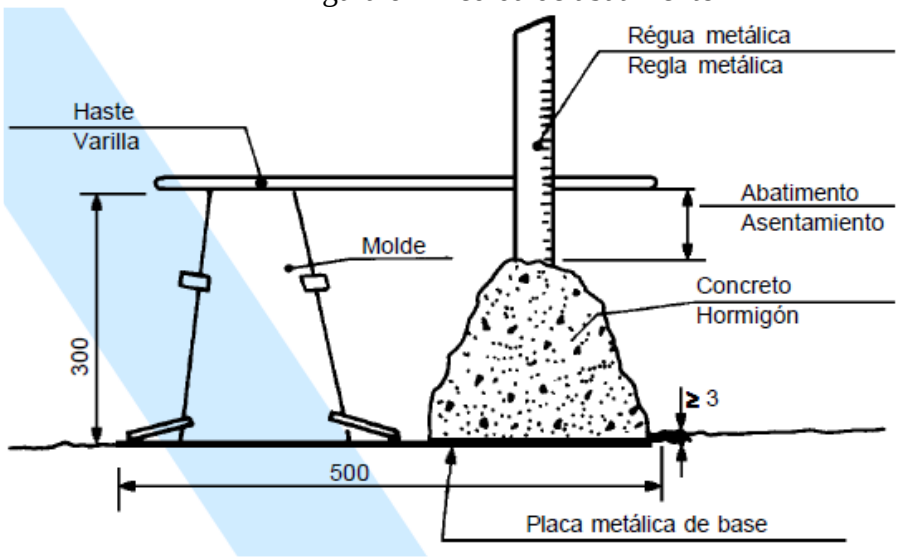
Compactar cada camada com 25 golpes da haste de socamento. Distribuir uniformemente os golpes sobre a seção de cada camada. Compactar a camada inferior em toda a sua espessura.

Limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A operação de retirar o molde deve ser realizada em 5 s a 10 s, com um movimento constante para cima, sem submeter o concreto a movimentos de torção lateral.

Imediatamente após a retirada do molde, medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura

média do corpo-de-prova desmoldado, conforme figura 6, aproximando aos 5 mm mais próximos.

Figura 6 - Medida de abatimento



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998)

O abatimento do corpo-de-prova durante o ensaio deve ser expresso em milímetros, arredondando aos 5 mm mais próximos.

3.2.4 Corpos de prova

A moldagem dos corpos-prova será executada conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015) que prescreve o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos e prismáticos de concreto.

3.2.4.1 Equipamentos

Os moldes utilizados serão cilíndricos com dimensões 10x20. A haste de adensamento deve ser de aço, cilíndrica, com superfície lisa, de (16,0 ± 0,2) mm de diâmetro e comprimento de 600 mm a 800 mm, com um ou os dois extremos em forma semiesférica, com diâmetro igual ao da haste.

3.2.4.2 Amostragem

A NBR NM 33 (ABNT, 1998) estabelecer o procedimento a seguir para a coleta e a preparação de amostras de concreto fresco sobre as quais serão realizados ensaios que permitam determinar suas propriedades.

As amostras devem ser obtidas aleatoriamente, logo após terem sido completadas a adição e a homogeneização de todos os componentes do concreto, principalmente após a incorporação total da água de mistura.

A coleta das amostras em caminhões-betoneiras deve ser realizada de acordo com o descrito nas amostras de betoneiras estacionárias. O concreto deve ser descarregado à velocidade normal de operação da betoneira, atentando para que a descarga não seja obstruída ou retardada devido à tampa da calha não totalmente aberta.

Transportar as amostras individuais até o local onde serão moldados os corpos-de-prova ou onde serão realizados os ensaios.

Durante o intervalo de tempo decorrido entre a extração e sua utilização, a amostra deve ser protegida do sol, do vento e de qualquer outra fonte de evaporação ou contaminação.

3.2.4.3 Procedimento de moldagem

A superfície de apoio dos moldes deve ser rígida, horizontal, livre de vibrações e outras perturbações que possam modificar a forma e as propriedades do concreto dos corpos de prova durante sua moldagem e início de pega.

Proceder a uma prévia remistura da amostra para garantir a sua uniformidade e colocar o concreto dentro dos moldes em número de camadas que corresponda ao que determina a Tabela 9, utilizando uma concha de seção U.

Quadro 9 - Número de camadas para moldagem de corpos de prova

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (*d*) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	–	–
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450 [b]	3	–	–

[b] Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

[c] No caso de dimensão básica de 450 mm, somente é permitido adensamento mecânico.

Fonte: NBR 5738 (ABNT, 2015)

3.2.4.4 Adensamento manual

Introduzir o concreto no molde em camadas de volume aproximadamente igual e adensar cada camada utilizando a haste, que deve penetrar no concreto com seu extremo em forma de semiesfera o número de vezes definido na Tabela 9.

Após o adensamento da última camada, deve ser feito o rasamento da superfície com a borda do molde, empregando para isso uma régua metálica ou uma colher de pedreiro adequada.

3.2.4.5 Manuseio e transporte

O transporte dos corpos-de-prova deverão ser feitos da obra até o laboratório da Unijuí antes de fazer a desforma.

3.2.4.6 Cura

Cura inicial: Após a moldagem, colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra ação que possa perturbar o concreto. Durante pelo menos as primeiras 24 h, todos os corpos de prova devem ser armazenados em local protegido de

intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

3.2.4.7 Desmoldagem e Armazenamento e Capeamento

Os corpos de prova devem ser desmoldados após o período de cura inicial.

Antes de serem armazenados, os corpos de prova devem ser identificados.

Deve ser utilizado um dispositivo auxiliar, denominado capeador, que garanta a perpendicularidade da superfície obtida com a geratriz do corpo de prova.

3.2.4.8 Ensaio de ruptura a compressão

O ensaio de rompimento a compressão deve ser executado conforme NBR 5739 (ABNT, 2007).

A máquina de ensaio deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela ABNT NBR NM ISSO 7500-1.

O corpo-de-prova cilíndrico deve ser posicionado de modo que quando estiver centrado, seu eixo coincida com o da máquina, fazendo com que a resultante das forças passe pelo centro.

Os corpos-de-prova devem ser rompidos a compressão em uma dada idade especifica, com tolerância de tempo descrita na tabela 10, a idade deve ser contada a partir da hora de moldagem.

Quadro 10 - Tolerância para idade de ensaio

Idade de ensaio	Tolerância permitida h
24 h	0,5
3 d	2
7 d	6
28 d	24
63 d	36
91 d	48
NOTA Para outras idades de ensaio, a tolerância deve ser obtida por interpolação.	

Fonte: NBR 5738 (ABNT, 2015)

3.2.4.9 Cálculo da resistência

A resistência a compressão deve ser calculada de acordo com a fórmula 6:

Fórmula 6 – Cálculo da resistência a compressão

$$fc = \frac{4F}{\pi * D^2}$$

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2007)

Onde:

F é a força máxima alcançada, em newtons;

D é o diâmetro do corpo-de-prova, em milímetros.

O resultado da resistência a compressão deve ser expresso em megapascals, com três algarismos significativos.

3.2.4.10 Ensaio de ruptura a tração por compressão diametral

O ensaio de rompimento a tração por compressão diametral deve ser executado conforme NBR 7222 (ABNT, 2011).

A resistência à tração por compressão diametral deve ser calculada conforme fórmula 7:

Fórmula 7 – Cálculo da resistência a tração por compressão diametral

$$ftd = \frac{2F}{\text{þ} \, . \, d \, . \, L}$$

Fonte: NBR 7222 (ABNT, 2011)

Onde:

ftd é a resistência à tração por compressão diametral, expressa em MPa, com aproximação de 0,05 MPa;

F é carga máxima obtida no ensaio (kN);

d é diâmetro do corpo-de-prova (mm);

L = altura do corpo-de-prova (mm).

3.2.5 Comparação de custos

A comparação entre o custo de produção do concreto usinado e o concreto produzido no canteiro de obras será feito da seguinte forma:

1) Apresentação do traço em massa em função do consumo de cimento;
2) Pesquisa de campo em três empresas que vendem os materiais utilizados na preparação do concreto;
3) Para uma melhor amostragem, calcular a média dos preços levantados para todos os materiais constituintes do concreto;
4) Calcular os custos para a produção do concreto usinado em função do traço em massa;
5) Calcular os custos para a produção do concreto usinado em função do consumo de material por metro cúbico de concreto repassado pela usina de concretagem;
6) Calcular os custos para a produção do concreto produzido no canteiro de obras em função do traço em massa sem considerar a mão de obra;
7) Comparar os custos encontrados em função do traço em massa e o consumo de material por metro cúbico e obter o custo para um metro cúbico de concreto produzido no canteiro de obras através de uma regra de três;
8) Calcular o custo da mão-de-obra para a produção de um metro cúbico de concreto com betoneira estacionaria, de acordo com Mattos (2010), para esse cálculo é considerado o índice de produção de 0,18 h/m³ de concreto, com equipe básica de 2 pedreiros e 7 serventes. Serão considerados os valores de honorários de pedreiro e servente de acordo com a tabela de salários do SINDUSCON-RS;
9) Dividir o custo de material para produção de um metro cúbico de concreto produzido por uma betoneira estacionaria pelo custo de produção do mesmo concreto em função do traço em massa;
10) Multiplicar os resultados do item 8 e 9;
11) Somar o resultado do item 10 com o resultado do item 6.

De posse dos valores de custos de produção de ambos tipos de concreto, poderá ser feita a análise.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOTES ANALISADOS

Para ambos os tipos de concreto foi exigido que se produzisse um concreto com resistência característica a compressão de 20 MPa, os procedimentos de ensaio de abatimento pelo tronco de cone e moldagem dos corpos-de-prova foram os mesmos para os dois tipos de concreto para que não haja distorção nos resultados.

O primeiro lote ensaiado foi com o concreto produzido pela central de concretagem, este foi coletado diretamente na saída do caminhão betoneira da usina e moldado na sequência na cidade de Três Passos-RS. Primeiramente foi despejado o concreto dentro de um carrinho de mão, posteriormente foi realizado o ensaio de abatimento pelo tronco de cone de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), conforme figura 7, 8 e 9, logo após foram moldados 24 corpos-de-prova cilíndricos de dimensão 10x20 de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), conforme mostra a figura 10.

Figura 7 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone

Fonte: autoria própria

Figura 8 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone

Fonte: autoria própria

Figura 9 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone

Fonte: autoria própria

Figura 10 - Moldagem dos corpos de prova

Fonte: autoria própria

Em seguida os corpo-de-prova foram levados para um local coberto para passar por uma cura inicial, onde ficaram sobre abrigo livre do sol, chuva e vento, os quais poderiam interferir no resultado da análise.

No terceiro dia após os corpos-de-prova foram levados até o laboratório de engenharia civil da Unijuí onde foram desformados, medidos e catalogados. Em seguida foram rompidos 3 corpos-de-prova pelo ensaio de compressão e 3 corpos-de-prova pelo ensaio de tração por compressão diametral, obtendo assim os resultados de resistência na idade de 3 dias. Os demais corpos-de-prova foram levados até a câmara úmida onde ficaram curando até o dia de seu rompimento, sendo eles ao 7, 21 e 28 dias.

Verificou-se que para este concreto, a central de usinagem não moldou nenhum lote de corpos-de-prova para verificar se este atinge a resistência necessária, após feito um questionamento aos proprietários da usina, os mesmos afirmaram que só são realizados ensaios de resistência do concreto quando o cliente exige, ou então a cada determinado período que não são regulares para meio de controle.

O segundo lote ensaiado foi com concreto produzido no canteiro de obras, moldado em uma obra na cidade de Tenente Portela-RS, este concreto foi produzido por uma betoneira

estacionaria o qual seria posteriormente utilizado para a concretagem da laje de cobertura de uma residência térrea.

Primeiramente foi despejadou-se o concreto produzido pela betoneira dentro de um carrinho de mão, posteriormente realizou-se o ensaio de abatimento pelo tronco de cone de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), conforme figura 11 e 12, logo após foram moldados 24 corpos-de-prova cilíndricos de dimensão 10x20 de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), conforme mostra a figura 13.

Em seguida lovou-se os corpo-de-prova para um local coberto para passar por uma cura inicial, onde ficaram sobre abrigo livre do sol, chuva e vento.

Figura 11 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone

Fonte: autoria própria

Figura 12 - Realização do ensaio de abatimento pelo tronco de cone

Fonte: autoria própria

Figura 13 - Moldagem dos corpos de prova

Fonte: autoria própria

4.2 TRAÇOS E RESULTADO DO ABATIMENTO PELO ENSAIO DO TRONCO DE CONE

De acordo com Heemann (2014), a massa unitária solta da areia natural é de 2,577 g/cm³, o que equivale a 2.577 Kg/m³.

Conforme Bueno (2008), a massa unitária solta da brita 1 da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul é em média de 2,912 g/cm³, o que equivale a 2.912 Kg/m³.

Ainda conforme Bueno (2008), a massa unitária solta do pedrisco da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul é em média de 2,838 g/cm³, o que equivale a 2.838 Kg/m³.

De acordo com a usina que forneceu o concreto para análise, o consumo de materiais para um metro cúbico de concreto 20 MPa foi o seguinte:

- 250 kg de cimento

- 800 kg de areia

- 750 kg de brita 1

- 350 kg de pedrisco

- 100 a 110 litro de água

- 1,7 litros de aditivo AW BFW-32 (aditivo plastificante)

A partir destes dados fornecidos pela concreteira, foi possível apresentar o traço do concreto usinado:

1	:	3,2	:	3	:	1,4	:	0,42
cim	:	areia	:	brita 1	:	pedrisco	:	água

Consumo de aditivo plastificante: 1,7 litros

Em relação a massa de cimento (traço em massa) apresenta-se:

50	:	160	:	150	:	70	:	21
cim(Kg)	:	areia(Kg)	:	brita 1(Kg)	:	pedrisco(Kg)	:	água(litros)

Como pode ser observado, este concreto foi produzido com uma relação água/cimento de 0,42.

O ensaio realizado para determinar a consistência do abatimento pelo tronco de cone resultou em um abatimento de 14 cm.

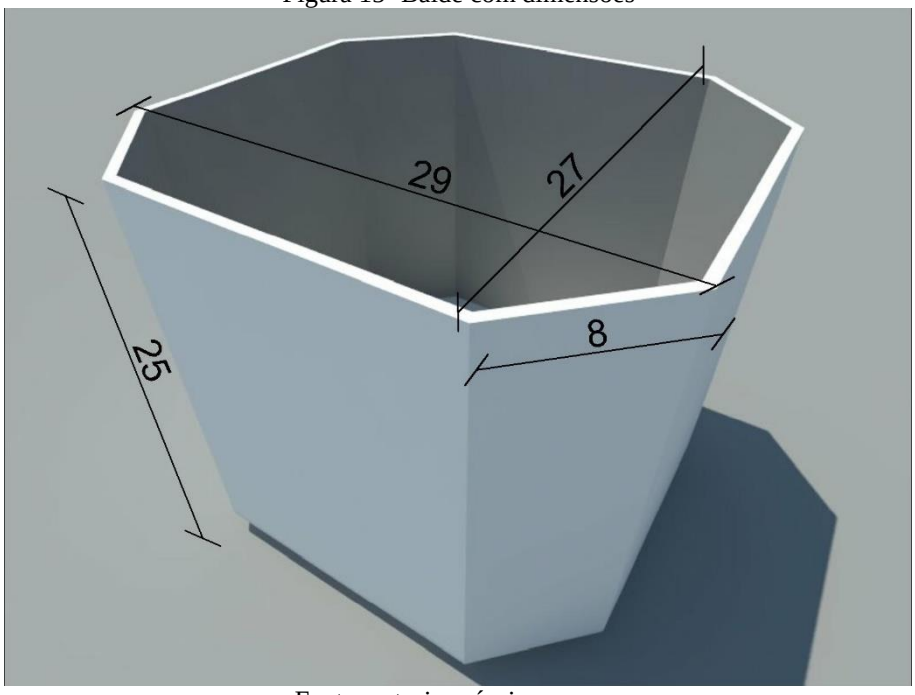
Para o concreto produzido no canteiro de obras, o consumo de material para a produção do concreto com resistência característica de 20 Mpa foi observado no momento em que eram colocados na betoneira estacionária.

Como meio de controle foi utilizado um balde no lugar de padiola, conforme da figura 14 e 15, verificou-se que para cada balde com cimento, foram colocados 3 baldes com areia, 3 baldes com brita 1 e em torno de 80% do volume do bande com água dentro da betoneira. Observou-se que não existe um controle total das quantidades de material colocada na betoneira, pois em alguns casos o balde estava cheio, em outros não utilizava sua capacidade total, e em outros casos até extrapolava essa capacidade.

Figura 14 - Balde

Fonte: autoria própria

Figura 15- Balde com dimensões



Fonte: autoria própria

A partir destas dimensões foi possível calcular o volume do balde, que resultou em 17,975 litros ou 0,017975 m³.

De posse destes dados foi possível identificar o traço utilizado para produção do concreto no canteiro de obras:

1	:	3	:	3	:	0,8
cim	:	areia	:	brita 1	:	água

Para a determinação do traço em massa em função da massa de cimento, utilizou-se resultados de autores que fizeram o ensaio de massa especifica do mesmo material.

De posse destes dados em relação a massa de cimento (traço em massa) apresenta-se:

50	:	139	:	157	:	40
cim(Kg)	:	areia(Kg)	:	brita 1(Kg)	:	água(litros)

Como pode ser observado, este concreto foi produzido com uma relação água/cimento de 0,8.

O ensaio realizado para determinar a consistência do abatimento pelo tronco de cone resultou em um abatimento de 18 cm.

4.3 RESISTÊNCIAS CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS

Após feito todos os ensaios de rompimento a compressão e a tração por compressão diametral nas suas respectivas idades, verificou-se os resultados para o concreto produzido pela central de concretagem conforme tabela 11, e os resultados para o concreto produzido no canteiro de obras conforme tabela 12.

Quadro 11 - Resistências ao rompimento do concreto usinado

Idade (dias)	Resistência Compressão (MPa)	Resistência Tração por Compressão Diametral (MPa)
3	13,28	1,91
3	13,46	1,89
3	13,83	1,92
7	17,69	2,2
7	17,48	2,04
7	17,8	2,57
21	21,42	2,55
21	22,23	2,43
21	23,03	2,63
28	23,45	2,61
28	23,58	2,57
28	23,9	2,01

Fonte: autoria própria

Quadro 12 - Resistências ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras

Idade (dias)	Resistência Compressão (MPa)	Resistência Tração por Compressão Diametral (MPa)
3	4,89	0,89
3	5,22	0,95
3	5,44	0,95
7	7,42	1,05
7	5,72	1,12
7	7,11	0,97
21	9,13	1,46
21	8,54	1,39
21	10,19	1,58
28	11,24	1,6
28	12,15	1,48
28	11,1	1,43

Fonte: autoria própria

Em cada rompimento foram obtidas três amostras, para uma melhor amostragem foi desconsiderada a amostra que mais fugia do padrão das outras duas, ou seja, das três amostras os dois valores de resistência que mais se aproximavam foram mantidos, o que mais se afastava foi excluído. De posse dos dois valores de resistência que foram mantidos, foi feita uma média entre eles, o que resultou na tabela 13 para o concreto usinado, e na tabela 14 para o concreto produzido no canteiro de obras.

Quadro 13 - Resistências médias ao rompimento do concreto usinado

Idade (dias)	Resistência Média Compressão (MPa)	Resistência Tração por Compressão Diametral (MPa)
3	13,49	1,92
7	17,75	2,12
21	22,13	2,59
28	23,52	2,59

Fonte: autoria própria

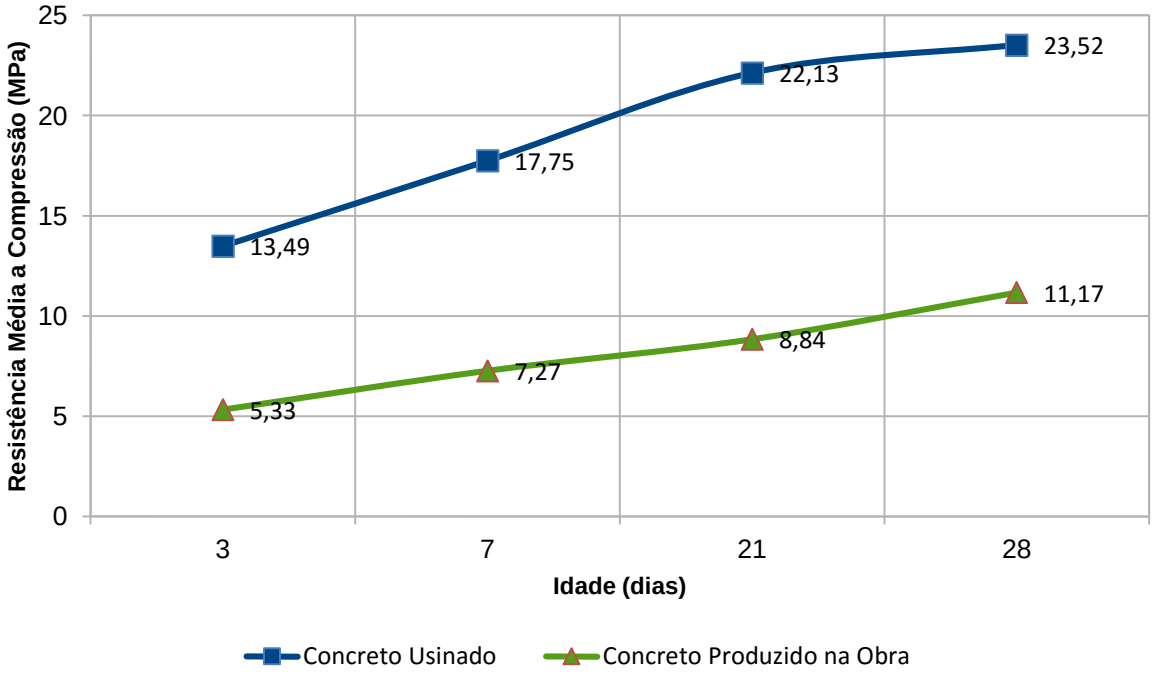
Quadro 14 - Resistências médias ao rompimento do concreto produzido no canteiro de obras

Idade (dias)	Resistência Média Compressão (MPa)	Resistência Tração por Compressão Diametral (MPa)
3	5,33	0,95
7	7,27	1,09
21	8,84	1,43
28	11,17	1,46

Fonte: autoria própria

A figura 16 compara em um gráfico os dois tipos de concreto quanto a resistência a compressão, já a figura 17 compara em um gráfico os dois tipos de concreto quanto a resistência a tração por compressão diametral.

Figura 16 - Gráfico comparando as resistências a compressão



Fonte: autoria própria

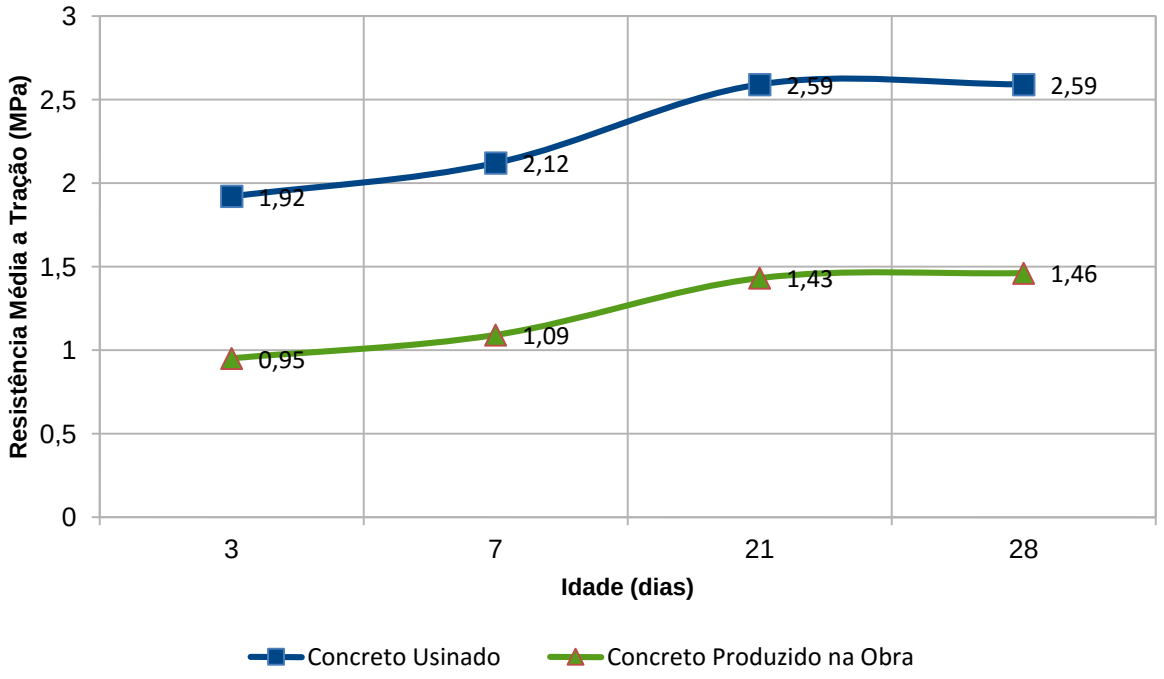
Observa-se que desde as primeiras idades a resistência a compressão do concreto usinado foi imensamente superior a resistência do concreto produzido no canteiro de obras, porem a curva que representa a ascensão de resistência demonstra que o concreto usinado adere maior resistência nas primeiras idades e posteriormente diminui a intensidade de crescimento,

estabilizando aos 28 dias. Já o concreto produzido no canteiro de obras apresenta uma curva com crescimento mais lento e uniforme nas idades iniciais, aumentando o ganho de resistência nas idades de 21 a 28 dias.

Percebe-se que a resistência média a compressão do concreto usinado superou entorno de 118% a resistência média a compressão do concreto produzido no canteiro de obras aos 28 dias. A maior diferença de resistência a compressão pode ser observada no rompimento com idade de 21 dias, onde a resistência média do concreto usinado supera entorno de 150% a resistência média do concreto produzido no canteiro de obras.

Outra observação importante a ser frisada é que a resistência média do concreto usinado na idade de 3 dias é superior a resistência média do concreto produzido no canteiro de obras na idade de 28 dias, sendo elas de 13,49 Mpa e 11,17 Mpa respectivamente.

Figura 17 - Gráfico comparando as resistências a tração por compressão diametral



Fonte: autoria própria

Observa-se que as curvas representativas do ganho de resistência a tração por compressão diametral são similares para ambos tipos de concreto, diferente das curvas de ganho de resistência a compressão.

A resistência a tração por compressão diametral na idade de 28 dias do concreto usinado supera entorno de 77% a resistência do concreto produzido no canteiro de obras.

Assim como a resistência a compressão, a resistência a tração por compressão diametral na idade de 3 dias do concreto usinado, é superior a resistência a tração por compressão diametral do concreto produzido no canteiro de obras na idade de 28 dias, sendo elas 1,92 Mpa e 1,46 Mpa respectivamente.

4.4 ESTUDO DE CUSTOS

Para a análise de custos foram levados em consideração os traços em massa apresentados em relação a massa do cimento:

Elaborou-se uma pesquisa de campo no município de Tenente Portela-RS em três lojas de materiais de construção com a finalidade de fazer um levantamento de custos dos materiais constituintes no preparo do concreto.

Para apresentação dos valores nomeou-se as três lojas de materiais de construção como sendo Empresa A, Empresa B e Empresa C, conforme tabela 15

Quadro 15 - Custo dos materiais constituíntes do concreto

Insumo	Unid.	Empresa A (R$)	Empresa B (R$)	Empresa C (R$)
Cimento	sc	31,9	29	27,9
Areia	m³	85	75	85
Brita 1	m³	75	80	85
Pedrisco	m³	75	80	85

Fonte: autoria própria

Para melhor representação dos custos de cada insumo elaborou-se uma média dos valores repassados pelas três empresas, de acordo com a tabela 16.

Quadro 16 - Custo médio dos materiais constituíntes do concreto

Insumo	Unid.	Custo (R$)
Cimento	sc	29,6
Areia	m³	81,66
Brita 1	m³	80
Pedrisco	m³	80

Fonte: autoria própria

4.4.1 Custo para o concreto usinado

A partir do traço em massa verificou-se os seguintes custos para os materiais constituintes desse tipo de concreto:

- Cimento: R$ 29,60

- Areia: R$ 5,06

- Brita 1: R$ 4,12

- Pedrisco: R$ 1,98

Somando esses materiais resultou em um custo de R$ 40,76 por traço de 50 Kg de cimento, porém ainda deve ser considerado o valor do aditivo plastificante.

4.4.2 Custo para o concreto produzido no canteiro de obras

A partir do traço em massa verificou-se os seguintes custos para os materiais constituintes desse tipo de concreto:

- Cimento: R$ 29,60

- Areia: R$ 4,40

- Brita 1: R$ 4,31

- Mão-de-obra: R$ 1,72

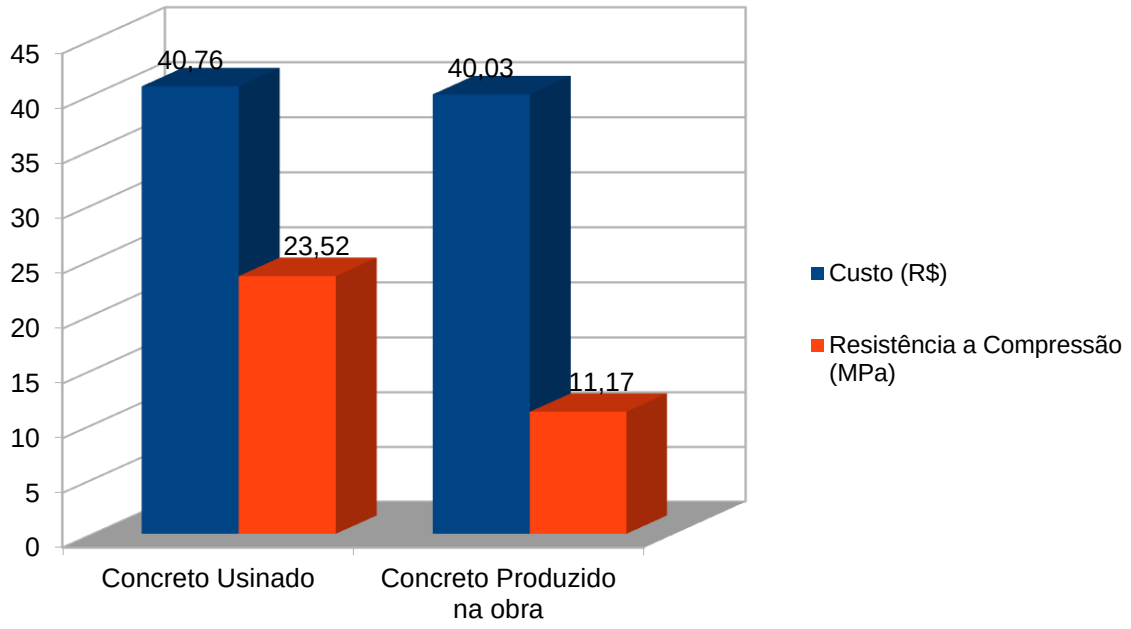
Somando esses materiais resultou em um custo de R$ 40,03.

4.4.3 Analise dos custos

Para ambos os tipos de concreto não foram levados em consideração o custo de energia elétrica e água utilizada para a produção do concreto.

Verificou-se que a diferença de custos entre os dois tipos concreto é muito pequena considerando a diferença que obtêm-se na resistência a compressão dos mesmo, conforme figura 18.

Figura 18 - Comparação entre custos e resistência a compressão



Fonte: autoria própria

Percebe-se que o concreto usinado apresenta um custo de apenas 1,82% a mais do que o concreto produzido no canteiro de obras, porem sua resistência superou 100% em relação ao segundo tipo de concreto.

Em uma comparação de custos de produção dos concretos por MPa de resistência a compressão, obteríamos os seguintes resultados:

Concreto usinado:

1 MPa = R$ 1,73

Concreto produzido no canteiro de obras:

1 MPa = R$ 3,58

Percebe-se que a produção de 1 MPa do concreto usina custa 48% do valor de produção do 1 MPa concreto produzido no canteiro de obras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através desta pesquisa são considerados satisfatórios, pois estes puderam apresentar a realidade que se encontra em algumas obras não só da nossa região, mas também em todo o país.

Conforme pode ser observado, o concreto produzido no canteiro de obras atingiu resistências bem inferiores ao concreto produzido por uma central dosadora. Observa-se que o consumo de materiais não diferiu muito entre ambos tipos de concreto, de modo que possa explicar tamanha discrepância nos resultados de resistência característica a compressão e a resistência característica a tração por compressão diametral.

Verificou-se que o concreto produzido pela central de usinagem atendo a resistência exigida em projeto que era de 20 MPa, este apresentou resistência característica a compressão de 23,52 MPa na idade de 28 dias.

Porém o concreto produzido no canteiro de obras por uma betoneira estacionária nem sequer chega perto da resistência exigida em projeto de 20 Mpa, este apresentou resistência característica a compressão de 11,17 MPa na idade de 28 dias.

No entanto o fato que possa fundamentar essa desigualdade está apresentada na figura 03 da pagina 33, observasse que o aumento característico desejado na resistência do concreto é inversamente proporcional a relação água/cimento.

O que exemplifica essa realidade é a relação entre água e cimento utilizados nos dois tipos de concreto ensaiados nesta pesquisa, de acordo com a figura 03, ao utilizar uma relação água/cimento de 0,8 a resistência a compressão do concreto requerida aos 28 dias fica entre 11 e 12 MPa. Já ao utilizar a relação água/cimento de 0,42 a resistência a compressão do concreto requerida aos 28 dias deve ser superior a 30 MPa.

Observa-se que para o concreto produzido no canteiro de obras a resistência apresentada pelo ensaio de compressão está próxima a resistência a compressão apresentada pelo gráfico para a determinação da relação água cimento em função das resistências do concreto e cimento aos 28 dias, embora devesse apresentar resistência a compressão um pouco maior. Porem para o

concreto produzido pela central dosadora a resistência apresentada pelo ensaio de compressão está bem inferior a resistência a compressão apresentada pelo mesmo gráfico. Para ambos tipos de concreto pode ser explicada pela falta controle de teor de umidade dos agregados, em nenhum dos meios de produção existe esse controle, o que pode aumentar ou diminuir a relação água/cimento do concreto.

No que diz respeito aos custos de produção de ambos tipos de concreto não há uma diferença clara que justifique a escolha por um ou outro, o que de ser levado em consideração é a resistência que ambos apresentam, e neste caso a melhor escolha é do concreto produzido pela central de usinagem.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Walton Pacelli de. Concretos – massas, estrutural, projetado e compactado com rolo. São Paulo: ed. PINI, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE CONCRETAGEM. O que é concreto dosado em central. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/assets/files/oque.pdf> Acesso em: 19/04/2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Básico sobre cimento. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento#.VRhec_zF9Cg > Acesso em: 29/03/2015

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

____, Água para amassamento do concreto. NBR 15900. Rio de Janeiro, 2009.

____, Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 7222. Rio de Janeiro, 2011.

____, Concreto – Amostragem de concreto fresco. NBR NM 33. Rio de Janeiro, 1998.

____, Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.

____, Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2015.

____, Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa especifica, por grupos de resistência e consistência. NBR 8953. Rio de Janeiro, 2015.

____, Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

____, Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.

____, Projeto de estrutura de concreto - Procedimento. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

ASSUNÇÃO, José Wilson. CURVAS DE DOSAGENS PARA CONCRETOS CONVENCIONAIS E ADITIVADOS CONFECCIONADOS COM MATERIAIS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ. 2002. Dissertação de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Cimento Portland. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

BAUD, G. Manual de Construção – tecnologia da construção – materiais - cálculos. 2. Ed. São Paulo: ed. Hemus, 199-?.

BAUER, Luis A. Falcão. Materiais de Construção. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2001.

BUENO, Eduardo Suliman. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS AGREGADOS BRITADOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DE IJUÍ - RS. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2008.

FUSCO, Péricles Brasiliense. Tecnologia do concreto estrutural. 1. Ed. São Paulo: ed. PINI, 2008.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa Qualitativa - Tipos Fundamentais. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.3, p, 20-29, mai./jun. 1995.

HARTMANN, Carine et al. Aditivos químicos para concretos e cimentos . In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

HEEMANN, Frederico Waechter. SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO NATURAL EM ARGAMASSA POR AREIA ARTIFICIAL. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2014.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: ed. PINI, 1993.

ISAIA, Geraldo Cechella. A água no concreto. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: ed. PINI, 2010.

NETO, Claudio Sbrighi. Agregados Naturais, britados e artificiais para concreto. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

NEVILLE, Adam Mathew. Propriedades do concreto. 2ª ed. Tradução: Salvador E. Giammusso. São Paulo: Ed. Pini. 1997. 828 p.

PETRUCCI, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978.

RECENA, Fernando A. P.; PEREIRA, Fernanda Macedo. Produção e controle doe concretos em obra. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

REGATTIERI, Carlos Eduardo Xavier; MARANHÂO, Flávio Leal. Produção e controle de concreto dosado em central. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

RODRIGUES, Públio Penna Firme. Parâmetros de dosagem do concreto. ET-67. São Paulo: ABCP, 2005.

SCHNEIDER, Sergio; SCHIMITT, Cláudia Job. O uso do método comparativo nas Ciências Sociais. Cadernos de Sociologia, Porto Alegre, v. 9, p. 49-87, 1998.

SINDUSCON-RS. Salários médios. Disponível em: < http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2015/06/SAL%C3%81RIOS-MEDIOS-SETEMBRO-2015.pdf> Acesso em: 18/10/2015

YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. 10. ed. rev. atual. São Paulo: ed. PINI, 2009.