

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**GESTÃO E CONTROLE DO DESEMPENHO DE CONCRETO
USINADO COM BASE NOS ENSAIOS À COMPRESSÃO**

Paulo Eduardo Peres Lopes

TCC-EP-65-2006

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**GESTÃO E CONTROLE DO DESEMPENHO DE CONCRETO
USINADO COM BASE NOS ENSAIOS À COMPRESSÃO**

Paulo Eduardo Peres Lopes

TCC-EP-65-2006

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.
Orientador: Prof. Ms: Ederaldo Luiz Beline

**Maringá - Paraná
2006**

Paulo Eduardo Peres Lopes

**GESTÃO E CONTROLE DO DESEMPENHO DE CONCRETO USINADO COM
BASE NOS ENSAIOS À COMPRESSÃO**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Ms. Ederaldo Luiz Beline
Departamento de Engenharia Civil, CTC

Prof. Ms. Daily Morales
Departamento de Informática, CTC

Maringá, novembro de 2006

DEDICATÓRIA

Em nome de meus pais: Sebastião João Lopes e Maria de Lurdes Peres Lopes dedico este trabalho como parte do fruto de todo empenho obtido em meu trajeto acadêmico, pessoas de caráter que sempre estiveram presentes, dando a mim todo suporte necessário para que eu atingisse os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Obrigado,

Ao meu orientador professor Ederaldo Luiz Beline pelo apoio e dedicação no desenvolvimento deste trabalho; a todo corpo docente do departamento de engenharia de produção pelo esforço e luta para garantir aos seus discentes uma boa formação acadêmica; a toda minha família e amigos que sempre me deram apoio nas minhas decisões, em especial ao amigo João Paulo Soriano Lopes; agradeço a Hellen de Freitas del Aguila pela dedicação que teve comigo em todas as situações; agradeço a minha tia Eufrásia Lopes de Brito que me acolheu e me apoiou durante a minha chegada nesta cidade, e acima de tudo ao meu Deus.

RESUMO

A gestão do controle tecnológico do concreto pode estabelecer parâmetros de referência de alto nível de qualidade em vários segmentos do processo, sejam eles os procedimentos, equipamentos, ou materiais usados na produção. As soluções dos problemas pertinentes a esses recursos podem ser com base na estratificação do processo de forma isolada ou não, utilizando como principal indicador os ensaios à compressão de corpos de prova cilíndricos. Este trabalho mostrará os diversos fatores que influenciam o desempenho de concretos, assim como os controles básicos para se obter melhores desempenho. Veremos que os benefícios oriundos de um bom controle oferecem como suporte o auxílio de dados e um conjunto de informações suficientes o bastante para sustentar dois pontos importantes: As atividades técnicas relacionadas a todo processo produtivo, e as atividades comerciais de todo o complexo gerencial e organizacional. Veremos também que o controle é sempre a garantia do cumprimento de todas as características técnicas inerentes ao processo, contemplando um pleno domínio das situações eventualmente ocorrentes na produção.

Palavras-chave: Gestão. Controle. Concreto. Corpos-de-prova.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xi
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVOS GERAIS	02
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	02
2 REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1 CIMENTO E CONCRETO.....	03
2.2 CONCRETO	05
2.2.1 CIMENTOS	05
2.2.1.1 <i>Pega</i>	06
2.2.1.2 <i>Finura do Cimento</i>	06
2.2.3 ADITIVOS	08
2.2.4 AGREGADOS.....	11
2.2.4.1 <i>Classificação dos Agregados</i>	11
2.2.4.2 <i>Resistência dos Agregados</i>	11
2.2.4.3 <i>Porosidade e Absorção dos Agregados</i>	13
2.2.4.4 <i>Teor de umidade</i>	14
2.2.4.5 <i>Substâncias Deletérias dos Agregados</i>	15
2.3 ENSAIOS DE ABATIMENTO (<i>SLUMP TEST</i>)	16
2.4 ENSAIOS A COMPRESSÃO	17
2.4.1 <i>Efeitos das Condições dos Topos dos Corpos de Prova e do Capeamento</i>	19
2.4.2 <i>Quantificação dos Fatores que Influenciam a Resistência</i>	20
2.4.3 <i>Efeito da Relação Altura/Diâmetro Sobre a Resistência</i>	21
2.4.4 <i>Corpos de Prova Extraídos de Estruturas</i>	22
2.5 ROMPIMENTO DE CORPOS DE PROVAS E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	24
2.6 CONTROLE DA QUALIDADE	25
2.7 RELACIONAMENTO DE FORNECEDORES EM PARCERIAS.....	27
2.8 VARIEDADES DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES	30
2.9 NECESSIDADES DE CONTROLE DE GESTÃO.....	30
3 DESENVOLVIMENTO	36
3.1 ABORDAGEM PRÁTICA	36
3.2 O FORNECIMENTO DE CONCRETO DOSADO EM CENTRAL	36
3.3 PROBLEMAS NA DESCARGA DO CONCRETO.....	37
3.4 COMPETITIVIDADE USANDO O CONTROLE TECNOLÓGICO	38
3.4.1 <i>Estabelecimento da Qualidade dos Procedimentos</i>	42
3.5 INTERAÇÃO COM OS CLIENTES PERANTE OS RESULTADOS PARALELOS	47
3.6 MAPEAMENTO DO PROCESSO NA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	48
3.7 O MERCADO.....	49

CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	52
ANEXOS	54
GLOSSÁRIO	56

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

FIGURA 1: COMBINAÇÕES DE MATERIAIS	04
FIGURA 2: ENSAIOS DE ABATIMENTO.....	17
FIGURA 3: MOLDAGEM DE CORPOS DE PROVA.....	19
FIGURA 5: GRÁFICO DAS MÉDIAS DO MÊS DE MAIO	40
FIGURA 6: GRÁFICO DAS AMPLITUDES DO MÊS DE MAIO	40
FIGURA 7: GRÁFICO DAS MÉDIAS DO MÊS DE JULHO	44
FIGURA 8: GRÁFICO DAS AMPLITUDES DO MÊS DE JULHO	44
FIGURA 9: PRÊMIO PINI 11/2005	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PRINCIPAIS TIPOS DE CIMENTOS PORTLAND	07
TABELA 2: VALORES TÍPICOS DE COMPOSIÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	08
TABELA 3: POROSIDADE DE ALGUNS MATERIAIS COMUNS.....	14
TABELA 4: FATORES DE CORREÇÃO PADRONIZADOS DA RESISTÊNCIA DE CILINDROS COM DIFERENTES RELACIONES ENTRE ALTURA E DIÂMETRO	22
TABELA 5: AMOSTRAS DO MÊS DE MAIO	39
TABELA 6: LIMITES DE CONTROLE DO MÊS DE MAIO	39
TABELA 7: VARIAÇÃO DO PROCESSO DO MÊS DE MAIO.....	41
TABELA 8: DESEMPENHO DOS COLABORADORES DO MÊS DE MAIO	42
TABELA 9: AMOSTRAS DO MÊS DE JUNHO	43
TABELA 10: LIMITES DE CONTROLE DO MÊS DE JULHO	44
TABELA 11: VARIAÇÃO DO PROCESSO DO MÊS DE JULHO.....	45
TABELA 12: DESEMPENHO DOS COLABORADORES DO MÊS DE JULHO	46
TABELA 13: COMPARATIVO DOS RESULTADOS DO PROCESSO	46
TABELA 14: COMPARATIVO DOS RESULTADOS DOS COLABORADORES.....	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: PRINCIPAIS ADITIVOS E SUAS APLICAÇÕES.....	10
QUADRO 2: CAUSAS DE VARIAÇÃO DE RESULTADO.....	21
QUADRO 3: CONCRETO DOSADO EM CENTRAL - CONTROLES.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESC	Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem
ASTM	Relações de Normas
BS	Relações de Normas Britânica
NBR	Relações de Normas Brasileiras
CP	Corpo de Prova
ACI	<i>American Concrete Institute</i>
CAD	Concreto de Alto Desempenho
CDC	Concreto Dosado em Central
LIC	Limite Inferior de controle
LM	Limite Médio
LSC	Limite Superior de Controle

LISTA DE SÍMBOLOS

\pm	Mais ou Menos
μ	Média
σ	Desvio Padrão
\bar{x}	Média Amostral
$\bar{\bar{x}}$	Média da Média Amostral
\bar{R}	Média das Amplitudes
$^{\circ}\text{c}$	Graus Celsius
C_3S	Silicato Tricálcico
C_2S	Sulfato de Cálcico
C_3A	Aluminato Tricálcico
C_4AF	Ferroaluminato Tetracálcico
CaSO_4	Sulfato de Cálcio
CaO	Óxido de Cálcio
MgO	Óxido de Magnésio

1. INTRODUÇÃO

O uso do concreto na construção civil é um produto imprescindível. Apesar de se ter atingido um grande avanço tecnológico, falar de materiais empregados nas obras de construção civil, é caráter essencial citar, concreto e aço, materiais estes que ao longo do tempo vem compondo satisfatoriamente perante as necessidades técnicas dos projetos e dos procedimentos até então usualmente empregados nas construções.

Sabendo da importância da garantia do concreto, o controle a compressão do concreto das estruturas é parte integrante a construção, sendo indispensável à comprovação permanente da resistência que está sendo obtida. Avaliar se o que está sendo produzido corresponde ao que foi adotado previamente por ocasião do dimensionamento da estrutura faz parte da própria concepção do processo construtivo como um todo (HELENE, 1992).

Sendo assim, controlar as atividades das estruturas de concreto pode trazer benefícios financeiros e qualitativos ao mesmo modo que se cumpra o desempenho atribuído em projeto. Segundo Helene (1992, p.21):

A resistência à compressão dos concretos tem sido tradicionalmente utilizada como parâmetro principal de dosagem e controle da qualidade dos concretos destinados a obras correntes. Isso se deve, por um lado, a relativa simplicidade do procedimento de moldagem dos corpos de provas e do ensaio a compressão axial, e, por outro, ao fato de a resistência a compressão ser um parâmetro sensível às alterações de composição da mistura permitindo inferir modificações em outras propriedades do concreto.

Para que seja possível controlar o processo, a tarefa consiste na identificação de seus clientes, os quais deverão ter suas necessidades satisfeitas. Com base nos itens de controles, que são características mensuráveis por meio das quais um processo é gerenciado, e itens de verificação que são as principais causas que afetam um determinado item de controle de um processo e que podem ser medidas e controladas, têm-se pontos importantes para o gerenciamento do controle tecnológico (WERKEMA, 1995).

Saber lidar com os fatores que influenciam o desempenho do concreto e como interpretar os indicadores de controle faz com que a confiabilidade do processo seja estimada, sendo assim, possível prever os riscos e sanar os problemas eventualmente apresentados no cotidiano.

1.1 Objetivos Gerais

O presente trabalho propõe uma análise bem elaborada do controle tecnológico do concreto, de modo que seja para a organização uma forma de gerir as atividades técnicas e gerenciais, aumentando o poder de decisão das questões relacionadas à competitividade e qualidade dos seus serviços prestados.

1.2 Objetivos Específicos

De acordo com as necessidades inerentes ao nível de qualidade dos concretos, busca-se através das normalizações estabelecidas pela NBR para o controle tecnológico de concretos a garantia dos procedimentos cabíveis a todo processo produtivo, para que os resultados obtidos através dos controles sejam de maior confiabilidade, assemelhando-se a um padrão de qualidade dos resultados efetivos dos corpos de provas padronizados aos da estrutura concretada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cimento e Concreto

Apesar diferentes, freqüentemente confunde-se concreto e cimento. Para que não haja dúvidas no entendimento entre o concreto e o cimento, vamos compreender melhor o que é cada um:

O cimento é um composto químico seco, finamente moído, que ao misturar-se com água reage lentamente formando um novo composto, porém desta vez sólido.

O concreto é um material formado pela mistura de cimento, água, agregados (areia e pedra) e, eventualmente aditivos.

O cimento e a água formam a pasta que une os agregados quando endurecida. É este conjunto que denominamos concreto, inicialmente encontra-se em estado plástico, permitido ser moldado nas mais variadas formas, texturas e finalidades. Após o endurecimento o concreto continua a ganhar resistência.

Contudo a obtenção de um concreto de qualidade requer uma série de cuidados. Esses cuidados englobam desde a escolha de seus materiais, a determinação de um traço que garanta a resistência e a durabilidade desejada, passando pela homogeneização da mistura, sua correta aplicação e adensamento, até a cura adequada, que garantirá a perfeita hidratação do cimento (ABESC, 2000).

A seguir a Figura 1 mostra um esquema de combinação de alguns materiais como:

- Cimento
- Água
- Areia
- Brita
- Aço
- Fibras

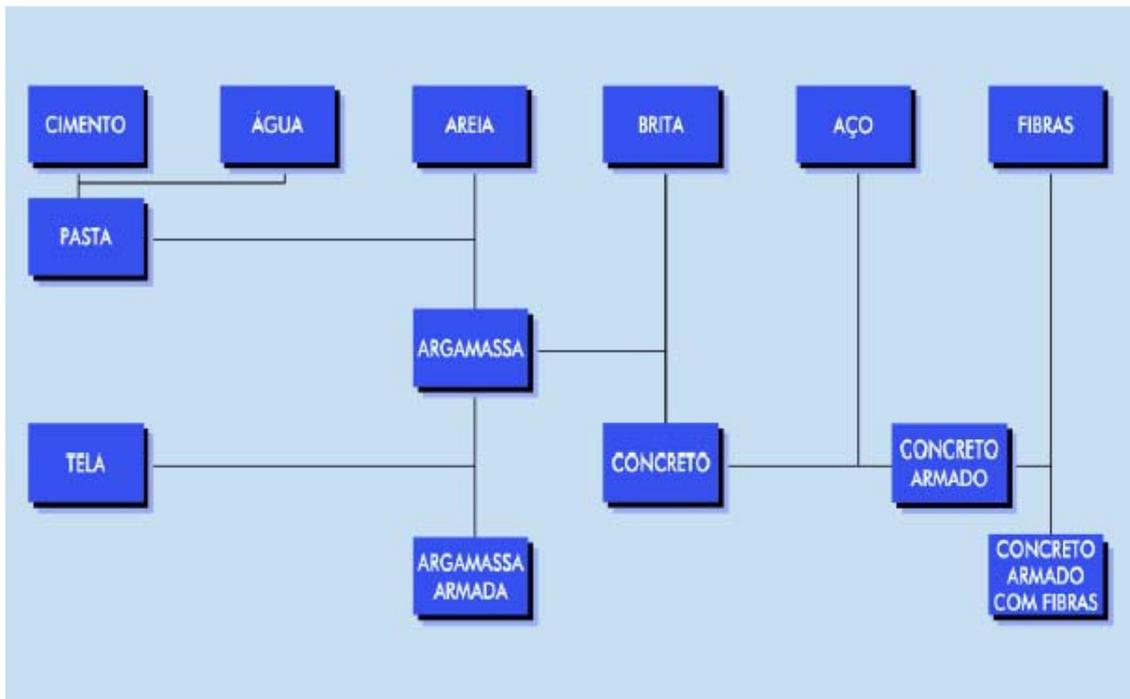


Figura 1: Combinações de Materiais

Fonte: Manual do Concreto Dosado em Central, 2000.

Segundo a ABESC:

Todo Tipo de Concreto Deve Ser Controlado?

Todo concreto com função estrutural: sapatas, vigas, pilares, lajes, etc. deve ser controlado. Isto significa que os materiais que serão empregados no concreto: cimento, água, areia, brita e aditivos, devem ser previamente analisados antes de sua utilização para garantir a resistência do concreto. Isto vale tanto para o concreto de concreteira (Concreto Dosado em Central), como para o concreto executado na obra. A Norma visa o controle de qualidade adequado do concreto, independente de sua origem.

Quem é o Responsável Pelo Controle de Qualidade do Concreto?

O recebimento e o controle do concreto é de responsabilidade do proprietário da obra ou de seu representante. A Nova Norma exige que os certificados de ensaios de controle de materiais e da resistência do concreto fiquem permanentemente disponíveis às autoridades fiscais durante todo o tempo de construção da obra e, após a conclusão da mesma, pelo tempo previsto na legislação.

Quem é o Responsável Pelo Concreto?

Quando o concreto for executado na obra, a responsabilidade cabe ao profissional encarregado pela execução desta (Engenheiro Civil, Arquiteto, Técnico em Edificações). Quando o concreto for de concreteira, é o encarregado da central que assume toda responsabilidade. Este deve cumprir todas as prescrições desta norma e da NBR 7212. Execução de Concreto Dosado em Central. Todos os resultados de ensaios devem ficar à disposição dos interessados na Central e devem ser fornecidos sempre que solicitado. A NBR 12654 Controle Tecnológico de Materiais

Componentes do Concreto, lista todos os ensaios que devem ser realizados com a areia, brita, cimento, aditivos e água.

2.2 Concreto

Um concreto em geral é composto por cimento, água, agregados, e aditivo, podendo ser confeccionado com adição de outros materiais, até mesmo com adição de resíduos gerados pela própria construção civil.

Os agregados do concreto constitui em média $\frac{3}{4}$ do volume, deixando à tona uma representatividade considerável e de forte influência nos resultados de desempenho, saber lidar com as características dos materiais leva a garantia de resistência a compressão assim como sua durabilidade. Os agregados já foram empregados com o simples aspectos de economia na fabricação de concreto, sendo tratado como material inerte dentre a pasta de cimento. Hoje podemos ver uma realidade bem diferente, segundo Neville (1982, p.112):

É perfeitamente possível inverter o ponto de vista, passando a considerar o agregado como material de construção interligado num todo monolítico por meio da pasta de cimento. Na realidade, o agregado não é verdadeiramente inerte, as suas características físicas, térmicas e, às vezes também as químicas podem influenciar no desempenho do concreto.

Não há dúvidas do custo do agregado com relação ao cimento, portanto o uso dos agregados, não é simplesmente economia, eles conferem características técnicas extremamente vantajosas ao concreto, que passa a ter maior estabilidade dimensional e maior durabilidade em relação à pasta de cimento pura (NEVILLE, 1982).

2.2.1 Cimentos

O emprego de cimentos é bem antigo. Os antigos egípcios usavam gesso impuro calcinado. Os gregos e romanos usavam calcário calcinado, e posteriormente, a misturar cal e água, areia e pedra britada, tijolos ou telhas em metralha. Este foi o primeiro concreto da história. O cimento é feito de material calcário de pedra calcária ou a greda, de alumina e sílica encontrada nas formas de argila ou piçarra, usando também a marga uma mescla de compostos calcários e argilosos.

O processo de fabricação de cimento consiste, essencialmente, em moer a matéria prima, mistura-la apropriadamente, e queima-la num enorme forno rotativo a uma temperatura de 1400°C, quando o material sofre a sintetização e funde, parcialmente, formando bolas denominadas clínquer. O clínquer é resfriado e finamente moído, adiciona-se um pouco de gesso e o produto final é o cimento portland comercial, conhecido em todo o mundo.

Os cimentos são comercializados por classes, e o concreto ao ser elaborado sofre forte influência na utilização de uma ou outra classe, tendo desempenhos diferentes nos aspectos de resistência, tempo de pega, durabilidade, etc. As classes são definidas no processo fracionário da composição dos materiais pertinentes assim como a moagem final (NEVILLE, 1982).

2.2.1.1 Pega

Esta nomenclatura é usada para significar o enrijecimento da pasta de cimento, embora seja um tanto arbitrária a definição de rigidez da pasta em que se considera que tenha ocorrido a pega. Em geral a pega se refere à transição de um estado liquido para o sólido. Mesmo durante a pega a pasta adquira alguma resistência, para efeitos práticos, é conveniente distinguir pega de endurecimento, termo este que se designa o aumento de resistência de uma pasta de cimento depois da pega.

O processo de pega é acompanhado por mudanças de temperatura, onde o fim da pega se dá no pico da temperatura. O tempo de pega do cimento decresce com o aumento da temperatura, acima de 30°C pode ser observado um efeito contrário; e baixa temperatura a pega é retardada (NEVILLE, 1982).

2.2.1.2 Finura do cimento

Deve ser lembrado que por ser a moagem do clínquer misturado ao gesso, a última etapa na fabricação do cimento, uma vez que a hidratação começa na superfície das partículas de cimento, é a área total da superfície do cimento que representa o material disponível para hidratação. Assim a velocidade da hidratação depende da finura das partículas de cimento, e assim temos que quanto mais fino as partículas mais rápido a resistência.

Tabela 1: Principais Tipos de Cimentos Portland

<u>Designação Inglesa</u>	<u>Designação da ASTM</u>
Portland Comum	Tipo I
Alta Resistência Inicial	Tipo III
Resistência Inicial Muito Alta	IV
Resistência Inicial Ultra Elevada	IV
Portland de Baixo Calor de Hidratação	IV
<u>Cimento Modificado</u>	
Portland Modificado	Tipo II
Portland Resistente aos Sulfatos	Tipo V
Portland de Alto Forno	IS
Portland Branco	Tipo IP
Portland Pozolânico	Tipo P
Cimento de Escória	Tipo S

Fonte: Propriedades do Concreto, 1982.

Algumas nomenclaturas usadas pela votorantim cimentos:

CP – Cimento portland

CP II – Cimento portland composto*

CPZ – Cimento com adição de pozolana

CP32 – Cimento com resistência de 32 MPa

RS – Cimento com resistência a sulfatos**

(*) Composto é o termo para designar que o CII é produzido com a adição de outro elemento, que pode der ainda a escoria (E), o calcário (F), ou a pozolana (Z). Assim tem-se:

CII E – Cimento Portland / Composto / Adição de Escória.

CII F – Cimento Portland / Composto / Adição de Calcário.

CII Z – Cimento Portland / Composto / Adição de Pozolana.

(**) 32 MPa é a resistência que o cimento atingirá aos 28 dias de idade. Acompanhe na Tabela 2 como ocorre a proporção dos elementos químicos que compõe o cimento.

Tabela 2: Valores Típicos de Composição dos Diversos Tipos de Cimentos Portland

Cimento	Valor	Composição %								Número de amostras
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO livre	MgO	Perda ao fogo	
Tipo I	Max	67	31	14	12	3,4	1,5	3,8	2,3	21
	Min	42	8	5	6	2,6	0	0,7	0,6	
	Médio	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	1,2	
Tipo II	Max	55	39	8	16	3,4	1,8	4,4	2,0	28
	Min	37	19	4	6	2,2	0,1	1,5	0,5	
	Médio	46	29	6	12	2,8	0,6	3,0	1,0	
Tipo III	Max	70	38	17	10	4,6	4,2	4,8	2,7	5
	Min	34	0	7	6	2,2	0,1	1,0	1,1	
	Médio	56	15	12	8	3,9	1,3	2,6	1,9	
Tipo IV	Max	44	57	7	18	3,5	0,9	4,1	1,9	16
	Min	21	34	3	6	2,6	0	1,0	0,6	
	Médio	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	1,0	
Tipo V	Max	54	49	5	15	3,9	0,6	2,3	1,2	22
	Min	35	24	1	6	2,4	0,1	0,7	0,8	
	Médio	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	1,0	

Fonte: Propriedades do Concreto, 1982.

2.2.3 Aditivos

Em lugar de se usar um cimento especial, para determinado fim, é possível que se modifiquem algumas das propriedades do cimento de que se dispõe pelo uso de aditivos. Há uma grande quantidade de aditivos seus efeitos são descritos pelo fabricante, mas os detalhes do modo de atuação de muitos desses aditivos devem ser verificados antes da sua utilização. Não há dúvidas que a relação agregados/cimento é um fator secundário da resistência do concreto, mas foi constatado que para uma mesma relação água cimento os concretos mais pobres têm resistência maior (NEVILLE, 1982).

Este comportamento, talvez, deva ser associado à absorção de água pelo agregado; uma quantidade maior de agregado absorve mais água, reduzindo, portanto, a relação água/cimento efetiva. No entanto é provável que outros fatores também participem; por exemplo, o teor

total de água por metro cúbico de concreto é menor numa mistura pobre do que rica. Como resultado, numa mistura pobre os vazios ocupam uma fração menor do volume do concreto e são esses vazios que tem um efeito prejudicial sobre a resistência (NEVILLE, 1982).

Ao contrário do que se pensa os aditivos são bastante antigos, já eram utilizados pelos romanos muito antes da existência do concreto de cimento portland. Naquela época, eles usavam clara de ovo, sangue de animal, e outros ingredientes como aditivos. Já os aditivos como hoje os conhecemos começaram a evolução a partir do início do século.

Os aditivos são produtos químicos adicionados na mistura de concreto. Os principais aditivos utilizados no Brasil são: Retardadores, incorporadores de ar, plastificantes, superplastificantes (e seus derivados, como plastificantes acelerador, e plastificantes retardadores) e aceleradores. Podemos afirmar que existe hoje nove tipos fundamentais de aditivos: aceleradores, retardadores, incorporadores de ar, plastificantes e superplastificantes, e seus derivados, como de plastificantes aceleradores, e plastificantes retardadores).

Como o próprio nome já diz, os aditivos aceleradores têm como principal objetivo acelerar o processo de endurecimento do concreto, enquanto os retardadores adiam essa reação no processo. Os aditivos plastificantes são muito usados no Brasil. Reduzem a quantidade necessária de água e melhoram a trabalhabilidade da mistura, facilitando o seu acabamento e adensamento. Além disso, melhoram as condições de transporte até a obra, pois reduzem a perda de consistência ao longo do tempo.

Já os aditivos superplastificantes são relativamente novos, pois surgiram a partir da década de 70. Com eles, foi possível avançar na tecnologia do concreto e dosar concretos com resistências elevadas e alto desempenho (CAD). Esses aditivos permitem elaborar concretos com baixíssimo teor de água; pode-se reduzir em até 30% a quantidade de água do concreto com conseqüente aumento da resistência. Os aditivos incorporadores de ar, por sua vez, consistem na indução de microbolhas de ar, com o objetivo de melhorar a trabalhabilidade do concreto, aumentar a durabilidade, diminuir a permeabilidade e a segregação, deixando o concreto mais coeso e homogêneo. Os incorporadores de ar reduzem ainda a exsudação, que é a subida livre de água livre do concreto (ABESC, 2000).

Quadro 1: Principais Aditivos e Suas Aplicações

ADITIVOS				
TIPOS	USO			EFEITOS NA MISTURA
	EFEITOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	
Plastificantes (P)	aumenta o índice de consistência	maior trabalhabilidade para determinada resistência	retardamento do início de pega para dosagem elevadas do aditivo	efeitos significativos da mistura nos três (usos) casos citados
	possibilita redução de no mínimo 6% da água de amassamento	maior resistência para determinada trabalhabilidade	riscos de segregação	
	-	menor consumo de cimento para determinada resistência e trabalhabilidade	enrijecimento prematuro em determinadas condições	
Retardadores (R)	aumento do tempo do início de pega	mantém a trabalhabilidade a temperaturas elevadas	pode promover exsudação	retardamento do tempo de pega
		retarda a elevação do calor de hidratação	pode aumentar a retração plástica do concreto	
		amplia os tempos de aplicação		
Aceleradores (A)	pega mais rápida	concreto projetado	possível fissuração devido ao calor de hidratação	acelera o tempo de pega e a resistência inicial
	resistência inicial mais elevada	ganho de resistência em baixas temperaturas	riscos de corrosão de armaduras (cloretos)	
		temperatura		
		redução do tempo de desforma		
		reparos		
Plastificantes e Retardador (PR)	efeito combinado de (P) e (R)	em climas quentes diminui a perda de consistência	aumento da exsudação e retração plástica	efeitos iniciais significativos. Reduz a perda de consistência
			segregação	
Plastificante e Aceleradores (PA)	efeito combinado de (P) e (A)	reduz a água e permite ganho mais rápido de resistência	riscos de corrosão da armadura (cloretos)	efeitos iniciais significativos. Reduz os tempos de início e fim de pega
Incorporadores de ar (IAR)	incorpora pequenas bolhas de ar no concreto	aumenta a durabilidade ao congelamento do concreto sem elevar o consumo de cimento e o conseqüente aumento do calor de hidratação	necessita controle cuidadoso da porcentagem de ar incorporado e do tempo de mistura	efeitos iniciais significativos
		reduz o teor de água e a permeabilidade do concreto	o aumento da trabalhabilidade pode ser inaceitável	
		bom desempenho em concretos de baixo consumo de cimento		
Superplastificantes (SP)	elevado aumento do índice de consistência	tanto como eficiente redutor de água como na execução de concretos fluidos (auto adensáveis)	riscos de segregação	efeitos iniciais significativos
	possibilita a redução de no mínimo 12% da água do amassamento		duração do efeito fluidificante	
			pode elevar a perda de consistência	

Fonte: Manual do Concreto Dosado em Central, 2000.

2.2.4 Agregados

2.2.4.1 Classificação dos agregados

O tamanho dos agregados utilizados na confecção do concreto são variáveis, desde dezenas de milímetros até décimos de milímetros, esses fragmentos diversos chamamos de granulometria. Classificamos os agregados de duas formas: os agregados miúdos, sendo em geral areias com tamanho não maior que 5mm e, grãos materiais fragmentados que compreendem tamanho maior que 5mm.

Todas as partículas de agregados são originários de uma rocha-mãe com dimensões maiores, que pode ter sido fragmentada por processo natural, como intemperismo e abrasão, ou artificiais, como britamento. Assim, muitas propriedades dos agregados dependem inteiramente das propriedades da rocha-mãe, por exemplo, a composição química e mineralógica, petrografia, massa específica, dureza, resistência mecânica, estabilidade física e química, estrutura dos poros, cor etc. Por outro lado, os agregados apresentam algumas propriedades que não existem na rocha-mãe – forma e tamanho dos fragmentos, textura superficial e absorção. Todas essas propriedades podem ter grande influência nas qualidades do concreto tanto fresco como endurecido.

Deve-se deixar claro que, embora as diversas propriedades dos concretos possam ser estudadas independentemente, é difícil definir como bom um agregado, a menos que se possa dizer que com ele se obtém um concreto bom em determinadas condições. Se por um lado, partindo de agregados com propriedades satisfatórias sempre se obtém bons concretos a recíproca não é, necessariamente verdadeira e esta é a razão pela qual o desempenho do concreto é que deve ser usado com critério. Já houve casos de agregados que não pareciam satisfatórios, sob certos aspectos, mas não causarem nenhum problema quando usados em concreto (NEVILLE, 1982).

2.2.4.2 Resistência dos agregados

É evidente que a resistência do concreto não pode ser significativamente maior que a parte do agregado de que é constituído, embora não seja fácil conhecer a resistência das partículas

individualmente. Na verdade é difícil determinar a resistência à compressão do agregado propriamente dito e as informações a respeito devem ser obtidas, normalmente, através de ensaios: a compressão de amostras de rochas preparadas, resistência à compressão do próprio agregado solto e desempenho do agregado no concreto.

Se o agregado que está sendo ensaiado leva à resistências menores e, em particular, se muitas partículas do agregado se apresentam rompidas após a ruptura do corpo de prova, significa que a resistência do agregado é menor que a resistência nominal do concreto a que foi incorporado. É evidente que esse agregado só poderá ser usado em concretos de menores resistências. A resistência insuficiente dos agregados representa um caso limite de como as propriedades dos agregados tem insuficiência sobre a resistência do concreto mesmo que o agregado seja bastante resistente para não se romper antes do concreto. Se compararem concretos preparados com vários agregados pode se observar a influência sobre a resistência do concreto quantitativamente e a mesma independentemente das proporções das misturas, quer se trate de resistências à compressão ou à tração. É possível que a influência dos agregados sobre a resistência do concreto seja devida não somente à resistência do agregado, mas também, de maneira apreciável, às características de absorção e aderência. Em geral a resistência e elasticidade dos agregados dependem da composição, textura e estrutura. Assim, uma resistência baixa pode ser devida à pequena resistência dos grãos, ou os grãos podem ser resistentes, mas não bem ligados ou cimentados entre si (NEVILLE, 1982).

Como os agregados possuem poros permeáveis e impermeáveis, o significado da expressão massa específica deve ser cuidadosamente definido, e existem, na realidade, diversos tipos de massa específica. A massa específica absoluta se refere ao volume do material sólido excluindo-se todos os poros, e pode, portanto ser definida como relação entre massa do material sólido no vácuo e volume desse material a uma temperatura estabelecida.

Se no volume dos sólidos incluem-se os poros impermeáveis, mas não os permeáveis, a massa específica é denominada aparente. A massa específica aparente é, portanto a relação entre massa do agregado seco em estufa de 100°C a 110°C durante 24 horas e o volume igual do sólido, incluídos os poros permeáveis. O volume é determinado usando-se um franco com água com volume bem preciso. Assim sendo “D” a massa da amostra seca em estufa, “B” a massa do frasco cheio de água e “A” a massa do frasco com a amostra cheio de água, a massa de água que ocupa o mesmo volume sólido da amostra será (A-D) e o seu volume será (B-

$(A+D)/P$, onde P é a massa específica de água. A massa específica aparente será então: $D \times P / (B - A + D)$.

Na prática do concreto, é usual expressar a massa específica em quilogramas por metro cúbico. Deve ser lembrado que a massa específica se refere ao volume das partículas individualmente, e, naturalmente, não é possível dispor essas partículas de forma que não fique nenhum vazio entre elas. Quando o agregado deve ser dosado em volume, é necessário saber qual massa de agregado ocupa um recipiente com capacidade unitária. Esta massa é denominada massa unitária do agregado e é usada para converter quantidades expressas em massa e quantidades expressas em volume (NEVILLE, 1982).

2.2.4.3 Porosidade e absorção dos agregados

A presença de poros internos nas partículas dos agregados foi mencionada quando se tratou de massa específica, e na verdade as características desses poros são muito importantes no estudo das propriedades. A porosidade, a permeabilidade, e a absorção dos agregados, têm influência sobre as propriedades dos agregados tais como a aderência entre o agregado e a pasta de cimento, a resistência do concreto a congelamento e degelo assim como a estabilidade química e a resistência à abrasão. Como já foi mencionado a massa específica dos agregados também depende da porosidade e, como consequência, também é influenciado o volume de concreto para uma dada massa de agregado. Os poros dos agregados variam muito em tamanho, sendo que os maiores podem ser vistos ao microscópio ou a mesmo a olho nu, mas mesmo os poros menores são, em geral, maiores do que os poros de gel da pasta de cimento. Conforme Neville (1982, p.134):

Os poros menores que $4\mu\text{m}$ apresentam interesse especial por que, de um modo geral se acredita que eles tenham influência sobre a durabilidade dos agregados quando submetidos alternadamente ao congelamento de degelo. Alguns dos poros dos agregados estão completamente encerrados dentro do sólido; outros se abrem para a superfície das partículas. A pasta de cimento, devido à viscosidade, não consegue penetrar até uma profundidade grande, senão nos poros maiores, de forma que o volume bruto da partícula é considerado sólido para fins de determinação de quantidades de agregado no concreto. No entanto a água pode penetrar, sendo que a quantidade e a extensão de penetração dependem das dimensões, continuidade e volume total dos poros.

Assim sendo temos uma grande evidência da contribuição significativa da porosidade total do concreto, pois $\frac{3}{4}$ desse volume é constituído por agregados. (NEVILLE, 1982).

Tabela 3: Porosidade de Alguns Materiais Comuns

Grupo	Porosidade %	
Arenito	0,0	48,0
Quartzito	1,9	15,1
Calcário	0,0	37,6
Granito	0,4	3,8

Fonte: Propriedades do Concreto, 1982.

2.2.4.4 Teor de umidade

Foi mencionado, quando se tratou da massa específica, que no concreto fresco, o volume ocupado pelo agregado é o volume das partículas incluindo todos os poros com água, isto é o agregado deverá estar na condição saturada. Por outro lado, a água da superfície do agregado se somará à água da mistura e ocupará um espaço além do ocupado pelas partículas do agregado. Na condição básica, o agregado deverá estar saturado e seco superficialmente.

Os agregados expostos à chuva apresentam muita umidade na superfície das partículas, e com exceção das partes localizadas na superfície dos montes, essa umidade é mantida por muito tempo. Isso é particularmente verdadeiro no caso dos agregados miúdos e a umidade superficial ou livre.

A determinação da umidade deve ser determinada das quantidades componentes para a composição do concreto. O teor total de água do agregado úmido é igual à absorção mais o teor de umidade porque a absorção representa a água contida no agregado saturado e seco superficialmente, e o teor de umidade é a água afora a que ele retém nessa condição (NEVILLE, 1982).

2.2.4.5 Substâncias deletérias nos agregados

Segundo Neville (1982, p.142):

Há três grandes categorias de substâncias deletérias nos agregados: impurezas que interferem com o processo de hidratação de cimento que cobrem a superfície das partículas impedindo uma boa aderência entre estas e a pasta de cimento, e certas partículas fracas e friáveis. Todo agregado ou parte dele, também pode ser prejudicial devido a reações químicas com a pasta de cimento.

Impurezas Orgânicas: Alguns agregados mesmo bastante resistentes mecanicamente e resistentes à brasão podem não ser satisfatório para concretos se tiverem impurezas orgânicas que interferem com as reações químicas de hidratação do cimento.

Argila e outros materiais finos: A argila pode estar presente sob a forma de películas que prejudicam a aderência entre o agregado e a pasta de cimento. Como uma boa aderência é condição essencial para assegurar níveis satisfatórios de resistência e durabilidade do concreto, o problema dessa película é muito importante. Há também dois outros tipos de materiais finos que podem estar presentes nos agregados: são os siltes e pó de pedra.

Contaminação pó sal: A areia de praia ou de estuários contém sal e deve ser beneficiada; mais de 10% do agregado usado na Inglaterra é proveniente dessa origem. O método mais simples consiste em lavar a areia, mas são necessários cuidados especiais com as areias extraídas superior a linha da maré máxima nas quais retiradas do mar e lavadas, mesmo com água do mar, não contém quantidades nocivas de sais. Se não for removido, o sal absorve umidade do ar e causa o aparecimento de eflorescência – depósitos brancos com aspectos desagradáveis sobre a superfície do concreto (NEVILLE, 1982).

Partículas não sãs: Os ensaios com agregados mostram às vezes que a maioria das partículas que o constituem são de qualidade satisfatória, mas algumas delas não são sãs: há dois grandes grupos de partículas não sãs, as que não conseguem manter sua integridade, as friáveis e aquelas em que se manifesta uma expansão que pode levar até a desagregação quando submetidas a congelamento ou mesmo exposição que pode levar até a desagregação quando submetidas a congelamento ou mesmo exposição à água. Os folhetos e outras partículas de massa específica baixa são consideradas não sãs, e neste caso se incluem também as ocorrências de materiais moles como torrões de argila, madeira e carvão, vistos que levam ao aparecimento de falhas ou escamamentos do concreto. Se presentes

quantidades, de 2 a 5% da massa do agregado, essas partículas podem comprometer a resistência do concreto (NEVILLE, 1982).

2.3 Ensaios de Abatimento (*slump test*)

A simplicidade deste ensaio o consagrou como principal controle de recebimento do concreto na obra. Embora limitado, expressa a trabalhabilidade do concreto através de um único parâmetro (abatimento).

Para que cumpra este importante papel, deve-se executá-lo corretamente. Segundo a ABESC:

- a) Colete a amostra do concreto depois de descarregar 0,5m³ de concreto do caminhão e em volume aproximado de 30 litros;
- b) Coloque o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apóie seus pés sobre as abas inferiores do cone;
- c) Preencha o cone com 3 camadas iguais e aplique 25 golpes uniformemente em cada camada;
- d) Adense a camada junto a base, de forma que a haste de socamento penetre em toda a espessura. No adensamento das camadas restantes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente;
- e) Após a compactação da última camada, retire o excesso de concreto e alise a superfície com uma régua metálica;
- f) Retire o cone içando-o com cuidado na direção vertical;
- g) Coloque a haste sobre o cone invertido e meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros;
- h) Depois de realizado o ensaio, verifica-se se há, ou não, necessidade e acrescentar mais água no concreto afim de, corrigir o abatimento do volume a receber.

A Figura 2 ilustra passo a passo como deve ser realizado o ensaio de abatimento “*slump test*”:

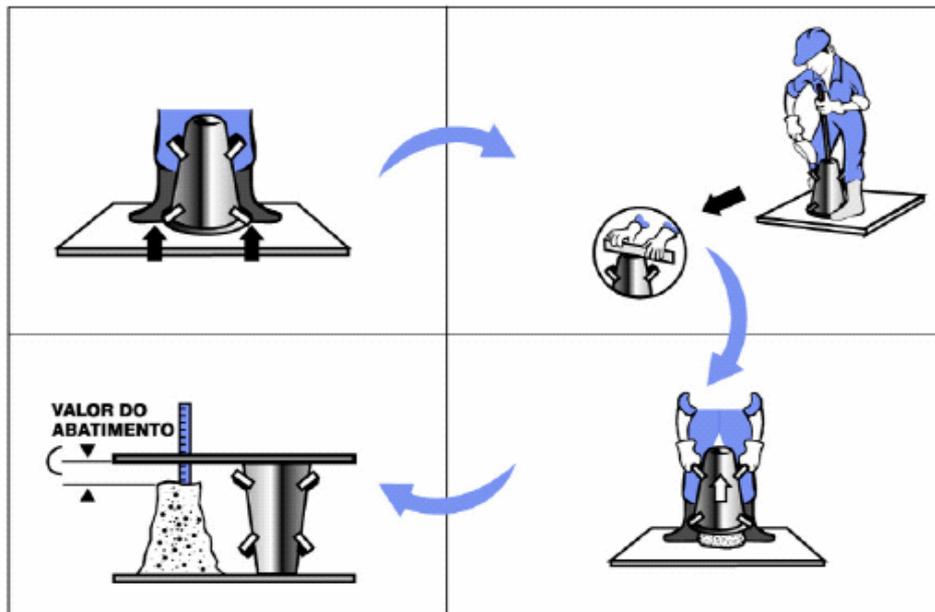


Figura 2: Ensaio de Abatimento - *Slump Test*

Fonte: Manual do Concreto Dosado em Central, 2000.

2.4 Ensaios de Compressão

Existem três tipos de corpos de provas para ensaios à compressão: cubos, cilindros e prismas. Os cubos são usados na Inglaterra, Alemanha, e em vários outros países da Europa. Os cilindros são padronizados nos Estados Unidos, França, Canadá, Austrália, e Nova Zelândia. Na Escandinávia são usados tanto cubos como cilindros. A uma tendência do uso dos corpos de provas cilíndricos em relação aos cubos, mas são necessários algumas experiências antes de que se possam comparar os dois ensaios (NEVILLE, 1982).

No Brasil se usa corpos de provas cilíndricos de 100x200 (mm) e 150x300 (mm), de diâmetro e altura respectivamente. De acordo com a ABESC devemos:

Corpos de Provas – Cuidados:

- a) A ruptura de corpos de prova de concreto é o ensaio mais importante para atestar a qualidade do concreto.
- b) O preparo do corpo de prova deve ser feito adequadamente (NBR 5738), evitando que resultados falsos causem problemas tanto para o proprietário da obra quanto aos profissionais responsáveis pela execução e controle da obra.

- c) As recomendações abaixo são importantes para garantir o controle adequado do concreto através do ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (CP'S).

Antes da Moldagem, Verifique:

- a) Local adequado à moldagem dos CP'S, protegido de sol chuva, vento , livre de vibrações etc. ;
- b) Se o moldador é habilitado. Evite mudar de moldador. ;
- c) Os equipamentos: molde, haste, concha, colher de pedreiro ou régua metálica, etc.

Durante a Moldagem, Verifique:

- a) A qualidade da amostragem, ou seja, retire após descarga de $0,15\text{m}^3$ e antes que tenha descarregado $0,85\text{m}^3$ do volume transportado;
- b) A consistência do concreto pelo abatimento do tronco de cone (NBR 7223);
- c) A distância do local de moldagem para o local de permanência dos CP'S nas primeiras 24 horas, evitar choques e inclinação do molde;
- d) A uniformidade da amostra e o volume adequado à realização dos ensaios (1,5 vezes o volume necessário);
- e) Elaborar 2 CP'S , no mínimo, para cada idade de ensaio;
- f) Moldar o CP em 4 camadas de 25 golpes cada para CP'S de 15x30 (mm) e 2 camadas de 12 golpes cada para CP'S de 10x20 (mm).
- g) Vibrar com a haste após o adensamento de cada camada;
- h) O perfeito acabamento do topo do CP;
- i) Cobrir os CP'S após a moldagem;
- j) Que os CP'S sejam perfeitamente identificados, evitando riscar a sua superfície.

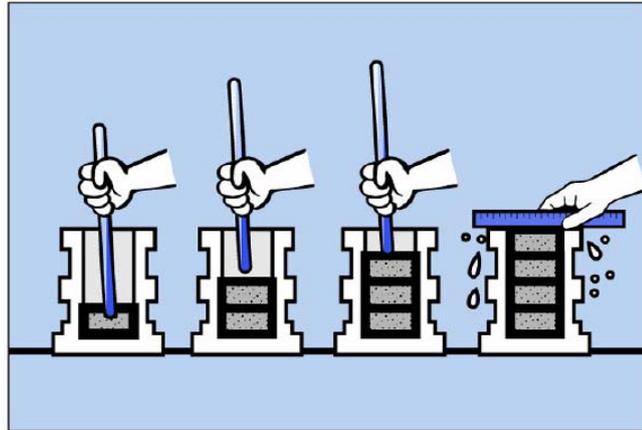


Figura 3: Moldagem de Corpos de Prova

Fonte: Manual do Concreto Dosado em Central, 2000.

Depois da Moldagem, Verifique:

- a) As condições de armazenamento dos CP'S durante as primeiras 24 horas;
- b) Que durante a desmoldagem os CP'S não sofram golpes;
- c) Que após a desmoldagem os CP'S sejam identificados sem alteração da superfície;
- d) Que os CP'S sejam transportados, com cuidado, até o laboratório, evitando-se a microfissuração.

Como Saber se a Peça Concretada Atingiu a Resistência?

Através do item 7.2.3 da NBR 12655 que descreve como deve ser realizado o controle estatístico do concreto após o rompimento dos corpos de prova. O resultado deve ser comparado com o valor do f_{ck} especificado pelo calculista.

2.4.1 Efeitos das condições dos topos dos corpos de prova e do capeamento

No ensaio a compressão a superfície do topo do corpo de prova fica em contato com o prato da prensa de ensaio, e como em geral nos métodos utilizados na moldagem uma das superfícies é obtida por meio de acabamento manual feito com uma colher de pedreiro ou uma régua metálica, surgindo irregularidades no plano do CP. Nessas circunstâncias surgem concentrações de tensões e a resistência do concreto passa a ser aparentemente, bem menor.

Um afastamento do plano de 0,25 mm pode reduzir a resistência de um terço. Topos convexos resultam em maiores reduções de resistência do que os côncavos, pois em geral reduzem à maiores concentrações de tensões. A perda de resistência dos concretos de resistência alta é particularmente grande.

O capeamento das superfícies do CP pode ser feita com a mistura à base de enxofre e de um material como argila calcinada moída. A mistura é aplicada em estado de fusão e deixa endurecer com o corpo de prova colocado num dispositivo que garante superfícies planas e perpendiculares ao eixo do cilindro. Essa mistura pode ser reaproveitada. Este é provavelmente o melhor material de capeamento e pode ser usados em concretos de até 100 MPa, no entanto é necessário o uso de exaustores devido aos gases tóxicos desprendidos na fusão do material (NEVILLE, 1982).

2.4.2 Quantificação dos fatores que influenciam a resistência

A uniformidade do concreto é decorrente da uniformidade apresentada pelos agregados, além disso, a mistura do concreto é derivada de um processo mecânico de dosagem dos materiais passíveis de apresentar variação em torno de um ponto médio.

Por outro lado, dispersões na coleta de exemplares, moldagem, cura, capeamento e ruptura dos corpos de prova podem introduzir variações na resistência que não correspondem a variações no concreto da estrutura.

As operações de controle devem ser rigorosamente constantes, afim de não prejudicar a avaliação da variabilidade real do processo de produção do concreto, objetivo primordial do controle (NEVILLE, 1982).

A Tabela 5 mostra uma lista de fatores responsáveis pela variabilidade da resistência à compressão.

Quadro 2: Causas de Variação de Resultados

Causas de Variação	Onde	Efeito máximo do resultado
Variabilidade da resistência do cimento	A	± 12%
Variabilidade da quantidade total de água	A	± 15%
Variabilidade dos Agregados (principalmente miúdos)	A	± 8%
Variabilidade do tempo e procedimento de mistura	B	- 30%
Ausência de aferição de balanças	C	- 15%
Mistura inicial, sobre e subcarregamento, correias etc.	C	- 10%
Coleta imprecisa	D	- 10%
Adensamento inadequado	D	- 50%
Cura (efeito considerado aos 28 dias ou mais)	D	± 10%
Remate inadequado dos topos (convexidade)	D	- 50%
Remate inadequado dos topos (concavidades)	D	- 30%
Ruptura (velocidade de carregamento)	D	± 5%
A – Materiais B – Mão de Obra C – Equipamento D – Procedimento de Ensaio		

Fonte: Manual de Dosagem e Controle do Concreto, 1992.

2.4.3 Efeito da relação altura/diâmetro sobre a resistência

Os cilindros são padronizados com altura h , igual ao dobro do diâmetro d , mas às vezes podemos encontrar corpos de provas com proporções diferentes. Este caso ocorre em corpos de provas extraídos de estruturas de concreto já endurecido, de uma peça, o diâmetro depende do tamanho da coroa de corte do equipamento, enquanto a altura depende do elemento concretado que irá ser extraído a amostra.

Quando temos o corpo de prova extraído com altura maior que o dobro do diâmetro costuma-se cortar o mesmo até a proporção $h/d=2$, caso o corpo de prova for menor que $h/d=2$, será necessário estimar a resistência que teria o mesmo concreto se estivesse com as proporções $h/d=2$. Para que seja analisado corretamente o valor de resistência do corpo de prova usa-se fatores de correção estipulados por norma (NEVILLE, 1982).

Tabela 4: Fatores de Correção Padronizados da Resistência de Cilindros com Diferentes Relações Entre Altura e Diâmetro

Relação altura/diâmetro (h/d)	Fator de Correção da Resistência	
	ASTM C 42-77	BS 1881:1970
2,00	1,00	1,00
1,75	0,98	0,98
1,50	0,96	0,96
1,25	0,93	0,94
1,00	0,87	0,92

Fonte: Propriedades do Concreto, 1982.

2.4.4 Corpos de provas extraídos de estruturas

O objetivo principal de determinação da resistência de corpos de provas de concreto é avaliar a resistência na própria estrutura. Mas ressaltamos que a determinação dos resultados serve somente como parâmetro de referência para análise de desempenho do concreto da estrutura, na verdade não é possível obter mais do que um indicativo da resistência do elemento concretado, pois esse depende, entre outras coisas, da adequação, do adensamento, e da cura. Como as mencionado a resistência de um corpo de prova depende da forma, resistência intrínseca do concreto. Não obstante se dois conjuntos de corpos de provas iguais moldados em dois concretos diferentes, um deles tiver resistência maior, num nível estatisticamente significativo, é lógico que se conclua que o concreto apresentado por esse conjunto de corpos de provas também possua resistência maior. Há alguns métodos de determinação da resistência *in situ*, mas deve-se ter em mente as limitações da interpretação dos resultados.

Quando um corpo de prova apresenta resistência abaixo do especificado, tanto o concreto da estrutura pode ter resistência insuficiente como o concreto ensaiado pode não representar o concreto da estrutura. Essa última hipótese, muitas vezes é considerada nas discussões para aceitação das partes de uma estrutura. Os corpos de provas podem ter sofrido abalos durante a pega, ter sido exposto ao congelamento antes de terem alcançado resistência suficiente, ou ter sido curado de forma inadequada, ou, simplesmente os resultados dos ensaios podem ser postos em dúvidas. As dúvidas muitas vezes são esclarecidas ensaiando uma amostra extraída do elemento concretado que apresenta suspeita. Este é o ensaio que se obtém a resistência

potencial do concreto usado, de modo que se tem que aplicar correções para as condições reais. Usualmente extrai-se um corpo de prova da estrutura, por meio de uma coroa rotativa com pastilhas de diamante, assim se obtém cilindros, às vezes com pedaços de armaduras e em geral com topos não planos, nem perpendiculares às geratrizes. O corpo de prova extraído deve ser mergulhado em água, capeado e ensaiado à compressão, em condição úmida, de acordo com a *BS 1881: Part 4: 1970* ou a *ASTM C 42-77*, mas por outro lado o *American Concrete Institute*, recomenda-se que o ensaio seja na condição seca. Experiências japonesas indicam que o ensaio na condição seca conduz resultados cerca de 10% mais altos do que na condição molhada. Nestes ensaios devem-se tomar as precauções já mencionadas anteriormente com relação às proporções do corpo de prova extraído, tendo o ideal $h/d=2$. Os cilindros extraídos com $h/d < 1$ conduzem resultados não confiáveis, e a *BS 181: part 4: 1970*, estabelece valor mínimo de 0,95. Este limite deve ser obedecido, porém na prática vai depender da espessura da peça que esta sendo extraído o corpo de prova, isso não será fator de extrema rejeição da amostra, já que na Suíça já foram ensaiados cilindros de até 50 mm com bons resultados, na Suíça e Alemanha são normalizados cilindros de 50 mm com $h/d=1$, admite-se que essa proporção conduz resultados 10% maior que cubo de 200 mm de aresta (NEVILLE, 1982).

Não se aconselha o uso de cilindros muito pequenos, pois a variabilidade são maiores, caso seja necessário, recomenda-se que seja extraído um número três vezes maior que se utilizados corpos de provas de 100 ou 150 mm. Do mesmo modo deve-se aumentar o número de corpos de provas quando o diâmetro for menor do que o triplo do tamanho máximo do agregado, tal relação com corpos de provas de 50 mm conduz resultados até 10% menores que de amostras de 100 mm de diâmetro. A resistência de corpos de provas extraídos é, em geral, menor que a dos cilindros normalizados, em parte, as causas são da operação do corte, em parte, devido à cura no local, que é quase inevitavelmente inferior a especificadas para os corpos de provas padronizados para ensaio. Mesmo com a extração cuidadosa, há um grande risco de dano, e os efeitos parece serem maiores nos concretos de resistência elevada que podem conduzir resultados até 15% menores, nos concretos de 40 MPa, uma redução de 5 a 7% é considerada razoável pela *Concrete Society*.

Às vezes é citado o fato que os corpos de prova, extraídos de concreto com muitos meses de idade devem ter resistência maior do que 28 dias, aparentemente não é o que ocorre na

prática, a resistência do concreto *in situ* aumenta pouco depois dos 28 dias. Por esse motivo a *Society Concrete* recomenda que não seja considerada a idade na interpretação da resistência dos corpos de provas extraídos. Por outro lado, Petersons *apud* NEVILLE (1982) propõe um aumento de 10% para concretos com três meses de idade, e 15% para concretos com seis meses de idade, o efeito da idade não é fácil de ser considerado, mas sem cura úmida não se deve esperar aumento de resistência.

Não é fácil interpretar os resultados de resistência de corpos de prova extraído de estruturas e sendo assim com todos os fatores pertinentes, não é de se estranhar que os corpos de provas superam 70 a 85% da resistência dos corpos de provas normais, este é um ponto considerado pela *American Concrete Institute*, que estabelece que o concreto da região representada por um cilindro extraído é considerado satisfatório se a resistência média dos cilindros for igual a pelo menos 85% da resistência especificada, e nenhum cilindro deve ter resistência menor que 75% dessa resistência. Note-se que segundo *American Concrete Institute*, os cilindros são ensaiados secos, que levam a resultados 10% maiores que os ensaiados pela norma ASTM ou BS (NEVILLE, 1982).

2.5 Rompimento de Corpos de Provas e Análise de Resultados

A dosagem de um concreto é sempre feita com margem de segurança especificada em norma (NBR 12655). Enquanto o calculista especifica a resistência característica do concreto o f_{ck} , a concreteira dosa o concreto de forma a atingir uma determinada resistência média, segundo a fórmula:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 S \quad (1)$$

Nesta fórmula a resistência média do concreto a “j” dias inclui a resistência especificada pelo calculista (f_{ck}) mais um coeficiente de segurança (1,65) vezes o desvio padrão (S) da central de concreto. Após a concretagem deve-se saber se o concreto atingiu a resistência especificada em projeto pelo calculista. Para isso, rompem-se os corpos de provas moldados no local da obra em prensas especiais. Após a ruptura dos corpos de provas, e de posse dos resultados é realizado o “controle estatístico da resistência do concreto” (ABESC, 2000).

2.6 Controle da Qualidade

O controle do concreto no seu estado fresco é muito importante para que seja garantida as propriedades do concreto endurecido. Um dos grandes desafios dos tecnologistas de concreto é compatibilizar o desempenho do concreto desenvolvido em laboratório com aquele entregue na obra. Isto ocorre porque estes concretos estão sujeitos a formas diferentes de manuseio, transporte, lançamento, adensamento, e cura, logo a garantia da qualidade do Concreto

Dosado em Central (CDC) depende diretamente de uma aplicação efetuada de acordo com práticas recomendadas e com normalização técnica vigente. Mesmo que o concreto especificado seja entregue segundo todos os requisitos expressos no pedido, a aplicação inadequada pode afetar de forma irreversível a qualidade do concreto endurecido.

O controle do concreto dosado em central é exercido pela central dosadora de acordo com a NBR 7212 – Execução de Concreto Dosado em central, que inclui as operações de armazenamento dos materiais, dosagem, mistura, transporte, recebimento, controle da qualidade, inspeção, aceitação e rejeição.

A essência do controle interno da qualidade é a utilização de ensaios que caracterizem os materiais, equipamentos, concreto fresco e endurecido para garantir a qualidade do processo de produção de acordo com as normas técnicas (ABESC, 2000).

O Quadro 3 apresenta uma relação de cuidados que devem ser tomados como controles. De acordo com cada material classifica-se os tipos de controles e quando se faz necessário fazê-lo, afim de se obter um melhor desempenho dos níveis de qualidade dos recursos.

Quadro 3: Concreto Dosado em Central - Controles

Nº	MATERIAL	CONTROLE DE	VERIFICAÇÕES / ENSAIOS	FREQUENCIA
1	cimento	documento de entrega e embalagem	conformidades ao pedido; certificado de controle de qualidade	a cada entrega
		resistência, pega, finura, outros quando necessário	atendimento às especificações	a cada 15 dias ou a cada 100 toneladas
2	agregados	documento de entrega	conformidade ao pedido	a cada carga
		inspeção visual	variações de aspecto e textura, etc.	
		granulometria, formato do grão, matéria orgânica, material pulverulento.	especificações, variações que exijam providências	no mínimo uma vez por semana para agregados miúdos e 1 vez /15 dias para agregado graúdo, ou a cada 500 m3 de agregado
3	adições	documentação de entrega	conformidade ao pedido	a cada entrega
		inspeção visual	variações de aspecto e textura, etc.	
		caracterização	ensaios, certificado de controle de qualidade	a cada 30 dias
4	aditivos	documento de entrega	conformidade ao pedido	a cada remessa
		inspeção visual e olfativa	variações de aspecto e textura, odor, cor, sedimentos, etc.	
		desempenho	redução de água, incorporação de ar, efeito sobre a pega, conformidade ao aditivo	
5	água	qualidade	presença de substâncias prejudiciais	uso inicial ou quando não houver outras informações
6	concreto	Verificação de dosagem	especificação do concreto	mudanças de traço ou materiais
7	concreto fresco	inspeção visual	consistência, coesão, homogeneidade	em todas as betoneiras
		abatimento	especificação do concreto, conforme NBR 7223	uma vez por período ou em caso de dúvida
		outros	conforme normalização vigente	conforme especificado
8	Concreto endurecido	resistência a compressão	especificação do concreto	menor ou igual a 50 m3
		outros	conforme normalização vigente	conforme especificado

Fonte: Manual do Concreto Dosado em Central, 2000.

2.7 Relacionamento de Fornecedores em Parcerias

Um dos instrumentos mais eficazes no relacionamento entre cliente e fornecedor é a confiança mútua. Quanto mais aberta for a negociação, maiores são as chances de uma boa compra. Da mesma forma que o cliente quer estar seguro de receber seus produtos pelo menor preço e da melhor qualidade no prazo determinado, o fornecedor quer ter garantia de clientes fiéis e satisfeitos. As concreteiras dependem muito de uma boa relação com seus fornecedores, já que seus estoques são mantidos a baixos níveis de volume.

Sendo feita uma retribuição justa pelo trabalho, uma otimização da produção e dos custos, pesquisas de novas alternativas, seriedade no relacionamento, competitividade, contratos corretos, etc, quando tratados conjuntamente só podem resultar em benefícios recíprocos. Relacionamentos de parceria, de acordo com Parkhe (1993) *apud* SLACK (1997) são definidos como acordos cooperativos relativamente duradouros entre empresas envolvendo fluxos e ligações que usam os recursos e/ou estruturas de governança de organizações autônomas, para realização conjunta de metas individuais associadas à missão corporativa de cada empresa patrocinadora (SLACK, 1997).

Os fatores que definem os relacionamentos de parceria são:

- a) Compartilhar sucesso: ambos os parceiros trabalham juntos de modo a aumentar o volume total de benefício conjunto que receberam, em vez de manipular para maximizar sua própria contribuição individual;
- b) Expectativas de longo prazo: implicam no comprometimento de prazo relativamente longo, mas não necessariamente em relacionamentos permanentes;
- c) Múltiplos pontos de contato: a comunicação entre parceiros não se dá somente por canais formais, mas pode ocorrer entre muitos indivíduos em ambas as empresas;
- d) Aprendizagem conjunta: os parceiros em um relacionamento estão comprometidos em aprender com a experiência e as percepções de cada um sobre as operações dentro da cadeia;

- e) Poucos relacionamentos: embora os relacionamentos de parceria não implique necessariamente compras de uma única fonte, existem comprometimento da parte dos parceiros em limitar o numero de consumidores e fornecedores com que eles negociam;
- f) Coordenação conjunta das atividades: devido ao fato de haver menos relacionamentos, tornam-se possível coordenar as atividades como um fluxo de materiais ou serviço, pagamento e assim por diante;
- g) Transparência de informações: a troca aberta e eficiente de informações é vista como elemento chave em parcerias porque ajuda a construir confiança entre parceiros;
- h) Resolução conjunta dos problemas: embora as parcerias nem sempre se desenvolvam suavemente, abordar os problemas em conjunto pode aumentar a proximidade com o tempo;
- i) Confiança: este é provavelmente, o elemento chave em relacionamentos de parceria. Confiança significa a disposição de um parceiro em relacionar-se com outro tendo um entendimento de que o relacionamento será benéfico para ambos, mesmo que isso não possa ser garantido. Além da confiança ser considerado como elemento chave em parcerias de sucesso, ela é o elemento mais difícil de ser desenvolvido e ser mantido.

Várias são as formas utilizadas pelas empresas para avaliarem os seus fornecedores. De um modo geral, devem enfatizar os seguintes aspectos (SLACK, 1997):

- a) Custo: Verificar se os custos estão compatíveis com o mercado, partindo do princípio que eles devem ser reduzidos. O cliente deverá dispor de meios para analisar os processos produtivos e a partir daí compor custos e compará-los com os propostos pelo fornecedor;
- b) Qualidade: O relacionamento somente frutificará se o fornecedor dispuser de qualidade. Mesmo que não seja o padrão de qualidade desejável, é fundamental que

reconheça suas deficiências e esteja disposto a implantar programa de melhoria contínua;

- c) Pontualidade: O fornecedor deverá possuir uma cultura de pontualidade nas suas entregas. Caso contrário, o relacionamento jamais poderá ser do tipo *comakership*. A não pontualidade quebrará a cadeia cliente-fornecedor, com efeitos devastadores nas imagens de ambos, já que o cliente-comprador não irá, por sua vez, cumprir os prazos;
- d) Inovação: O fornecedor inovativo cria uma alavancagem muito importante no cliente-comprador, embora o mais comum seja a necessidade de atender as solicitações de inovações;
- e) Flexibilidade: É a capacidade que tanto o cliente como o fornecedor devem ter para rapidamente adaptarem-se as alterações e solicitações do mercado. O relacionamento cliente-fornecedor, este deve ter agilidade para as adaptações tão rápidas quanto a do seu cliente;
- f) Produtividade: É a relação output sobre input ou valor dos produtos/serviços sobre o custo dos insumos. Tanto o cliente quanto o fornecedor devem estar preparados para, de forma contínua, implantar programas de melhoria da produtividade, visando, por exemplo, redução de custos, melhoria na qualidade dos processos, e produtos e redução dos prazos de entrega;
- g) Instalações: O cliente deve avaliar as instalações produtivas do fornecedor quanto as condições mínimas de fabricar produtos de qualidade. Outros aspectos a serem avaliados são *layout*, movimentação interna de materiais, condição de armazenagem de matérias-primas e produtos acabados;
- h) Capacitação Gerencial e Financeira: Verificar se o fornecedor dispõe de estrutura organizacional definida com a cadeia decisória estruturada. Checar também se a capacidade da empresa é saudável, se dispõe de capital de giro para atender os pedidos que eventualmente lhes seriam colocados.

2.8 Variedades nas Necessidades dos Clientes

De acordo com Juran (1904, p.40), “A temática das necessidades humanas é um assunto bastante complexo, pois os seres humanos também são complexos. À medida que nos aprofundamos no assunto, descobriremos muita coisa abaixo da superfície”.

Os clientes expõem suas necessidades conforme sua própria interpretação e pontos de vista que julgam de acordo com suas prioridades. Almejar um produto pode não ser exatamente o produto em si, mas sua funcionabilidade ou até mesmo vantagem econômica. Até certo ponto podemos extrair informações a respeito das necessidades dos clientes através de intermediários, como os comerciantes ou vendedores.

Logo podemos dizer que essas fontes podem conter impactos de interpretações de suas próprias necessidades, então fica mais seguro conseguir fontes explicitadas pelos próprios consumidores.

As necessidades dos clientes são atendidas através das características do produto que consomem. Cada cliente é único e exige, da mesma forma uma característica também única. Idealmente cada uma dessas características de produto deve obedecer aos seguintes critérios (JURAN, 1995):

- a) Atender as necessidades do cliente;
- b) Atender as nossas necessidades como fornecedores;
- c) Atender a concorrência;
- d) Otimizar os custos da nossa companhia e dos nossos clientes.

2.9 Necessidades de Controle de Gestão

O interesse sobre controle e gestão tem aumentado nos últimos anos, em decorrência das rápidas mudanças ocorridas no contexto social e organizacional. O desenvolvimento com base na instabilidade, muito e bastante hostil passou a exigir um constante aperfeiçoamento dos

sistemas de controle com vistas a enfrentar uma concorrência acirrada, decorrente da globalização da economia.

O processo de controle requer a obtenção de informação que possibilite a formulação de diretrizes e a mensuração de resultados nos mesmos moldes. A informação pode fazer referência a diversos aspectos: a evolução do contexto social global (tecnológico, social, político, econômico, demográfico, ecológico, etc.), a evolução do setor (cliente, mercado, concorrência, distribuidores, credores, regulamentação por parte dos organismos governamentais etc.), e a evolução da mesma empresa (aspectos comerciais, financeiros, produtivos etc.).

O controle de gestão refere-se ao processo que resulta da inter-relação de um conjunto de elementos internos (formais e informais), e externos à organização que influem no comportamento de indivíduos que formam parte da mesma. A atuação da administração pode ser muito importante no desempenho de um sistema e na realização de um processo que permita influir decisivamente no comportamento das pessoas para que atuem de acordo com os objetivos negociados pela administração (GOMES, 1997).

Já é sabido que todo o processo apresenta variabilidade. Quando fabricamos um produto (bem ou serviço), as características deste produto irão apresentar inevitavelmente alguma variação decorrente do processo produtivo, sendo assim o monitoramento dos fatores pertinentes ao processo devem estar sob controle estatístico para que a cadeia produtiva resulte em um produto dentro dos padrões de especificação. É importante verificar a estabilidade dos processos, já que processos instáveis irão resultar em produtos defeituosos, perda de produção, baixa qualidade, e de modo geral perda da confiança do cliente. Verificamos nos processos, dois tipos de causas para a variação (WERKEMA, 1995).

Causas Comuns ou Aleatórias

Causas Especiais ou Assinaláveis

As Causas comuns ou aleatórias são as causas que ocorrem de forma natural do processo produtivo, é inerente ao processo considerável e estará presente mesmo com todas as

operações sendo executadas empregando métodos padronizados, neste caso as variações se mantêm numa faixa estável e dizemos que o processo está sob controle estatístico.

Já as causas especiais de variação surgem esporadicamente devido a uma situação particular que levou o comprometimento do processo gerando assim um resultado fora da faixa normal de trabalho do processo, deslocamento do nível de qualidade, quando ocorre tal fato dizemos que o controle está fora de controle estatístico.

Os gráficos de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade de um processo. Um gráfico de controle permite a distinção entre dois tipos de causas de variação, ou seja, ele informa se o processo está ou não fora de controle estatístico.

É importante destacar que os gráficos de controle não descobrem quais são as causas especiais de variação que estão atuando no processo fora de controle estatístico, mas ele processa e dispõe informações que podem ser úteis na identificação destas causas. É importante ter bem definido que limites de controle são aqueles oriundos das causas naturais do processo. Já os limites de especificação são aqueles decorrentes de uma meta, ou estratégia, estabelecido normalmente pela gerência.

Quando a característica da qualidade de interesse é expressa por um número em escala contínua de medida, dois dos gráficos de controles mais usados são o gráfico da Média \bar{X} e das amplitudes R . O gráfico das médias \bar{X} é utilizado como objetivo de controlar a média do processo, enquanto o gráfico R é empregado para o controle da variabilidade do processo considerado. Os dois gráficos devem ser empregados simultaneamente (WERKEMA, 1995).

Suponha que a característica da qualidade de interesse (X) tenha distribuição normal com média μ e desvio padrão σ ou seja:

$$x \sim N(\mu, \sigma)$$

se x_1, x_2, \dots, x_n é uma amostra de tamanho n desta distribuição, já sabemos que a média amostral $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$, tem distribuição normal com média μ e desvio padrão $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ou seja:

$$\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = N(\mu, \sigma_{\bar{x}})$$

De acordo com as propriedades da distribuição normal, também sabemos que há probabilidade igual a $1 - \alpha$, de que a média amostral \bar{x} esteja entre:

$$\mu + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

e

$$\mu - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

se μ e σ forem conhecidos as equações (1) e (2) poderão serem utilizadas como limites superior e inferior de controle, respectivamente, de um gráfico de controle para a média.

Para determinação dos limites de controles utiliza-se usualmente o chamado sistema 3σ , que consiste em fazer $Z_{\alpha/2} = 3$. Com isso podemos dizer que se $\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$, então 99,73% das

observações de \bar{x} estarão no intervalo $\mu \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Como esta probabilidade é muito elevada, a ocorrência de um valor estar fora da média amostral deste intervalo, ou seja, fora dos limites de controles, é uma indicação de que o processo apresenta causas especiais de variação. Note que no sistema 3σ , o risco de procurarmos causas especiais de variação, quando de fato elas não existem, será pequeno (0,27%) (WERKEMA, 1995).

A média μ é estimada por meio da média global da amostra ($\bar{\bar{x}}$) é definida por:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (4)$$

Onde \bar{x}_i , $i = 1, 2, \dots, m$ é a média da i -ésima amostra:

$$\bar{x}_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

O desvio padrão σ é estimado com base na amplitude média R médio definida por:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (6)$$

Onde R_i , $i = 1, 2, \dots, m$ é a amplitude (diferença entre o maior e o menor valor) da i -ésima amostra.

Gráfico das Médias de X:

$$LSC = \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \sqrt{n} = \bar{x} + A_2 \bar{R} \quad (7)$$

$$LM = \bar{x} \quad (8)$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \sqrt{n} = \bar{x} - A_2 \bar{R} \quad (9)$$

Onde $A_2 = 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \sqrt{n}$ é uma constante tabelada em função do tamanho da amostras.

Gráfico das Amplitudes:

$$LSC = \bar{R} + 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = D_4 \bar{R} \quad (10)$$

$$LM = \bar{R} \quad (11)$$

$$LIC = \bar{R} - 3d_3 \frac{\bar{R}}{d_2} = D_3 \bar{R} \quad (12)$$

Onde $\frac{\bar{R}}{d_2}$ é a estimativa do desvio padrão da distribuição da amplitude amostral e d_3 ,

$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$ e $D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$, são constantes em função do tamanho n das amostras (WERKEMA, 1995).

As constantes usadas nos cálculos estão tabeladas e seguem na página de anexo.

Os cuidados com os procedimentos do concreto são fundamentais para que se tenham bons resultados. O objetivo do controle da resistência à compressão é um valor potencial único, e característico de certo volume de concreto afim de, comparar os resultados do concreto especificado no projeto estrutural e desta forma tomar como referência para dimensionamento da estrutura (HELENE, 1992).

Os valores de ensaio que se obtém dos corpos de prova são mais ou menos dispersos sendo variáveis de acordo com o modelo de produção. Verifica-se que só a média dos resultados não são suficientes para definir e qualificar uma produção de concreto. É necessário considerar a

dispersão dos resultados medida através do desvio padrão ou do coeficiente de variação do processo de produção e ensaio.

Para eliminar a inconveniência de trabalhar com mais de um parâmetro, foi adotado o conceito de resistência característica do concreto a compressão que é uma medida estatística que engloba a média e a dispersão dos resultados permitindo definir e qualificar um concreto através de apenas um único valor característico. As técnicas atuais e controle estão desenvolvidos para a obtenção desse valor característico que é também o valor de referência do projeto estrutural.

A distribuição de Gauss é um modelo matemático que pode representar de maneira satisfatória a distribuição das resistências à compressão; fenômeno físico real. As definições apresentadas a seguir são úteis à compressão do significado de resistência característica do processo (HELENE, 1992):

$$f_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n} \quad (12)$$

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cm} - f_{ci})^2}{n-1}} \quad (13)$$

$$V_c = \frac{S_c}{f_{cm}} * 100 \quad (14)$$

Onde:

F_{cm}: resistência média do concreto à compressão a j dias de idade, em MPa;

S_c: desvio padrão do processo de produção e ensaio do concreto obtido de uma ou mais amostras, a j dias de idade, em %;

V_c: coeficiente de variação do processo de produção e ensaio do concreto obtido de uma ou mais amostras, a j dias de idade, em MPa;

F_{ci}: resistência à compressão individual de cada um dos n exemplares de uma amostra, a j dias de idade, em MPa.

3.0 DESENVOLVIMENTO

3.1 Abordagem Prática

Com base nas rotinas de uma usina de concreto da região de Maringá, observou-se as situações que surgem no dia-a-dia e como as alternativas podem vir a serem eficientes perante a satisfação dos clientes e do desempenho da usina na sua ambiência competitiva e mercadológica. A gestão das operações com base nas estatísticas dos ensaios a compressão foi usada como parâmetro para os bons resultados do processo em seu padrão de qualidade e desempenho do concreto.

3.2 O Fornecimento de Concreto Dosado em Central

Atualmente o mercado esta cada vez mais exigente e o sistema construtivo da construção civil segue uma tendência, a divisão do projeto em partes, isto consolida a transferência de responsabilidades técnicas para cada setor envolvido.

O fornecimento de concreto nada mais é que uma das partes pela qual se designa o atendimento de uma necessidade de obras da construção civil. Os clientes desta forma adquirem o produto como demanda o projeto, o concreto que satisfaz todas as características pertinentes ao projeto estrutural para os diversos usos e ocasiões, bloco, laje, pilar, piso, etc... Sendo em geral diferentes concretos e características como: consistência, resistência, tipo e tamanho dos agregados entre outros.

A obtenção de concreto se baseia em um princípio comum, de acordo com a resistência necessária para a peça a ser concretada, a maneira mais simples para se fazer a aquisição do concreto é pela resistência que se caracteriza pelos ensaios a compressão e corpos de provas, porém este método de aquisição pode ser ultrapassado se surgir necessidades técnicas mais específicas, como por exemplo, módulo de elasticidade. Temos casos de concretos com determinada resistência, porém o módulo não atende as especificações, isso limita muitas vezes a aquisição de concretos pela resistência. Isso acarreta em um traço especial, neste caso a concreteira irá elaborar um traço para o cliente, ou até mesmo fornecer um concreto com

resistência superior ao necessário com a finalidade de atender a especificação do módulo do projeto.

O problema que surge nesta situação é o custo do serviço, duas ocasiões ocorrem neste caso, primeiramente é que traços de maior resistência são mais caros; segundo, a elaboração do traço depende da qualidade dos agregados disponíveis, e isso pode trazer maiores dificuldades na elaboração do traço. As relações entre o fornecedor de concreto e o cliente, devem deixar bem claro todas as questões técnicas, e firmar em contrato, assim a empresa contratada se encarrega de prestar o serviço e fornecer os laudos técnico oriundos do controle tecnológico que o concreto se submete afim de garantir a qualidade do serviço.

3.3 Problemas na Descarga do Concreto

O concreto é transportado em caminhões betoneiras, podendo ser dosado na obra se houver necessidade, observou-se que há algumas questões de conflito entre os funcionários da obra e os funcionários da concreteira na hora da descarga do concreto. Os procedimentos para controle da qualidade do concreto envolvem entre muitos, a consistência do concreto, medido pelo ensaio de abatimento o “*slump test*”. O pedido de adição de água no concreto é habitual entre as pessoas que trabalham na obra, por motivo de melhor facilidade ao lidar com o concreto.

Em muitos casos há vários concretos que atende uma mesma necessidade de projeto, com a restrição de que concretos com mais trabalhabilidade são mais onerosos, a busca por baixos custos faz com que na maioria das vezes o concreto pedido seja o mais barato. Questões desta categoria devem ser resolvidas com o engenheiro que pediu o concreto, ele avaliará as necessidades cabíveis para resolver o problema.

Quando tratamos obras de grande porte ou que tenha uma atuação maciça do engenheiro no período de execução podemos dizer que o concreto fresco sempre estará nas mesmas condições de descarga e aplicação, porém quando lidamos com pequenas obras, pode ocorrer de se ter um concreto diferente no caminhão e o que está sendo aplicado nas estruturas. A não fiscalização da concretagem torna os responsáveis pela concretagem prepotentes para tomar a iniciativa sem prévio controle de adicionar água ao concreto durante a aplicação. Isso acarreta

em um controle tecnológico ineficaz perante o que se busca em garantir a qualidade do concreto das estruturas.

3.4 Competitividade Utilizando o Controle Tecnológico

Já sabemos que devemos atender as necessidades dos clientes, e para isso devemos garantir as características do concreto. O mercado está cada vez mais acirrado e a redução de custos no processo de produção é uma das alternativas para permanecer no mercado. A composição do concreto é uma das alternativas de redução de custo. O principal desafio é reduzir o consumo de cimento por metro cúbico.

Um bom controle tecnológico faz com que haja mais confiabilidade dos dados, obtenha resultados significativos e assim estabelecer melhores controles estatísticos do concreto. Dentre o período do Mês de maio foram observados as amostras de concreto “os corpos de prova” de cada série moldada de cada volume de concreto transportado no caminhão betoneira, que corresponde a 4 CP’S moldados, sendo que um par é rompido aos 7 dias e o outro aos 28 dias de idade. Partindo do ponto de vista de interesse do cliente, fizemos a análise dos resultados aos 28 dias idade onde o concreto atinge sua potência demandada.

O equipamento utilizado para os ensaios a compressão dos corpos de prova é uma máquina elétrica e hidráulica, sendo utilizados capeamento nos corpos de prova com enxofre ventilado, onde a mistura da fusão é de 100% enxofre não utilizando nenhum tipo de material pozolânico a mistura.

Observem a seguir na Tabela 8 os dados extraídos dos ensaios a compressão durante o período do Mês de maio:

Tabela 5: Amostras do Mês de Maio

Fck 35 Mpa - Consumo de Cimento 350Kg/m3					
Amostras de maio/2006					
Colaborador	Amostras	xi 1	xi 2	xi médio	ri
C	1	40,7	43,0	41,9	2,3
D	2	41,0	43,3	42,2	2,3
E	3	44,6	45,3	45,0	0,7
A	4	45,8	42,0	43,9	3,8
B	5	43,8	44,3	44,1	0,5
D	6	45,1	44,2	44,7	0,9
D	7	44,6	43,0	43,8	1,6
C	8	44,6	45,3	45,0	0,7
B	9	44,6	45,3	45,0	0,7
B	10	35,9	31,8	33,9	4,1
C	11	33,1	34,4	33,8	1,3
A	12	41,0	38,2	39,6	2,8
C	13	36,9	44,6	40,8	7,7
C	14	44,4	44,6	44,5	0,2
A	15	42,8	41,0	41,9	1,8
B	16	37,2	38,0	37,6	0,8
E	17	41,8	35,9	38,9	5,9
B	18	41,3	38,2	39,8	3,1
D	19	43,3	44,6	44,0	1,3
E	20	39,5	41,8	40,7	2,3
E	21	40,7	42,0	41,4	1,3
			Xmédio	41,5	
				R médio	2,2

Com base nos dados calculou-se os limites de controle do Fck 35,0 MPa do período do mês de maio, para melhor observar o perfil do processo durante este período calculou-se os limites de controle do processo.

Tabela 6: Limites de Controle do Mês de Maio

mai/06			
Limite das Amplitudes		Limite das Média	
LSC=	7,17	LSC=	45,64
LM=	2,20	LM=	41,51
LIC=	0,00	LIC=	37,38

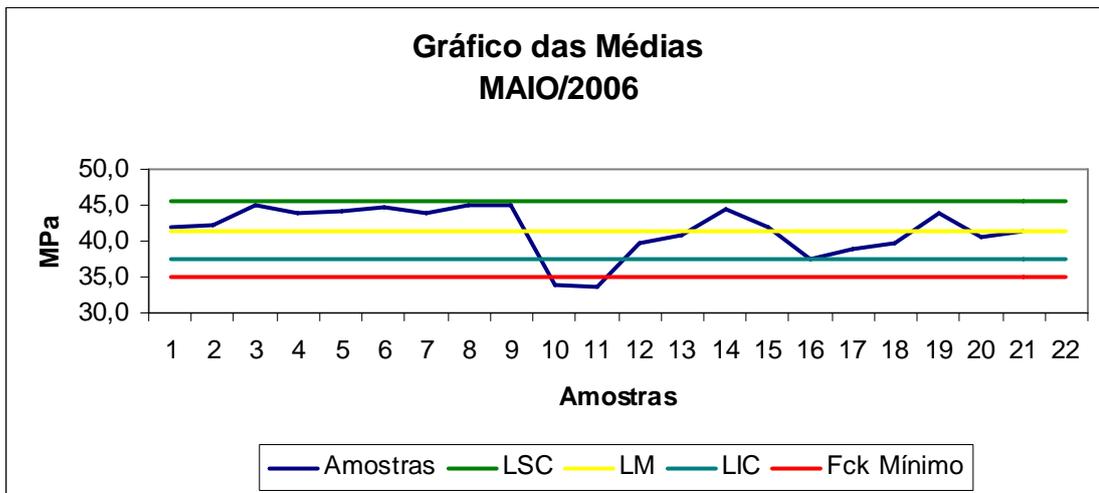


Figura 5: Gráfico das Médias

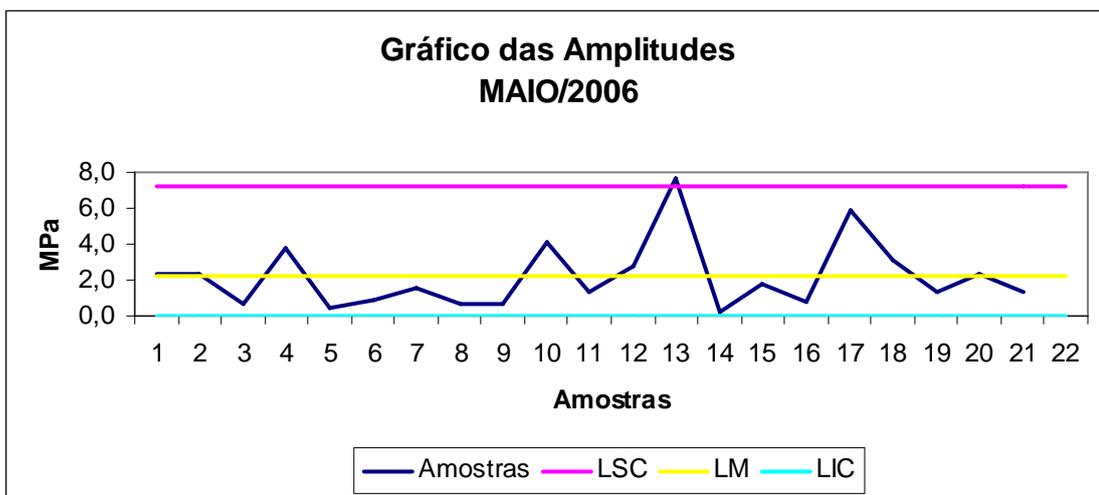


Figura 6: Gráfico das Amplitudes

Os gráficos de controles nos mostram que o processo vinha se mantendo estável, passou por uma variação significativa e retomou sua estabilidade dentro de uma faixa de variação maior do que a que vinha tendo anteriormente. O processo operava em uma faixa pequena de trabalhabilidade até a amostra 8, depois disto passou por uma variação brusca retomando sua trabalhabilidade dentro dos limites de controle.

Com os dados calculou-se o desvio-padrão do processo de produção, e o coeficiente de variação do processo de produção. Dentre a coleção de dados, e a ocorrência de resultados

abaixo do fck demandado, levou a se trabalhar no objetivo de estabelecer um nível de qualidade mais eficiente. A Tabela 10 expõe os resultados obtidos.

Tabela 7: Variação do Processo do Mês de Maio

Colaborador	n	Fci	(Fcm-Fci)^2
C	1	41,9	0,114
D	1	42,2	0,407
E	1	45,0	11,820
A	1	43,9	5,703
B	1	44,1	6,442
D	1	44,7	9,848
D	1	43,8	5,235
C	1	45,0	11,820
B	1	45,0	11,820
B	1	33,9	58,705
C	1	33,8	60,247
A	1	39,6	3,655
C	1	40,8	0,580
C	1	44,5	8,929
A	1	41,9	0,151
B	1	37,6	15,303
E	1	38,9	7,086
B	1	39,8	3,104
D	1	44,0	5,944
E	1	40,7	0,743
E	1	41,4	0,026
Soma	21	871,8	227,7
Fck	35	Fcm	41,5
		n	21
		Sc	3,37
		Vc	8,13
Fci			
Mínimo	33,8	R	11,2
Máximo	45,0		
Ocorrência			
p=	2	p(%)=	9,52

De acordo com as análises feitas em relação ao desempenho deste período observou-se que a variação do processo foi em partes interferidas pelo capeamento dos corpos de prova. A reutilização da mistura de enxofre usada no capeamento se mostrou mais eficaz ao longo da reutilização do que na mistura em fusão primária, levando assim as considerações das

ocorrências de variação ao longo do processo como mostra o gráfico das médias, sendo observado após a amostra 8, fica evidenciado que este fator foi predominantemente o causador das variações do processo pelo fato de nenhuma ocorrência relatada estar presente no período de análise. Deste modo verificamos que a qualidade do capeamento de enxofre é melhor quando reaproveitada.

Desta forma verificou-se cada colaborador, e com base no desempenho de suas amostras observou-se os dados como mostra a Tabela 11:

Tabela 8: Desempenho dos Colaboradores do Mês de Maio

Colaboradores	Quant. De Moldagem	% de Moldagem	Média
A	3	0,14	41,8
B	5	0,24	40,0
C	5	0,24	41,2
D	4	0,19	43,6
E	4	0,19	41,5

Destacamos os colaboradores B e C, em ocorrências abaixo do fck, Observou-se que o número de moldagem foi superior aos demais e a média foi equivalente a de toda equipe.

3.4.1 Estabelecimento da qualidade dos procedimentos

O acompanhamento individual foi a estratégia tomada com vista a melhorar o desempenho dos resultados tendo melhores corpos de provas e assim estabelecer um nível de resultados mais centralizados em uma faixa de valores obtendo por sua vez resultados acima do Fck demandado. Foram trabalhados abordando os seguintes aspectos:

- A exposição dos relatórios de desempenho;
- O Acompanhamento durante a descarga;
- Procedimentos de Moldagem;
- Os ensaios de abatimento;

- Acompanhamento no recebimento dos corpos-de-prova através de fichas de classificação de CP'S e controle de ruptura;
- Acompanhamento no recebimento de materiais.
- As recomendações que a norma vigente estabelece.

Durante dois meses trabalhou-se na orientação dos procedimentos. Coletou-se os dados novamente e desta vez obtivemos os seguintes resultados mostrado na Tabela 12:

Tabela 9: Amostras do Mês de Julho

Fck 35 Mpa - Consumo de Cimento 350Kg/m3					
Amostras de Julho/2006					
Colaborador	Amostras	xi 1	xi 2	xi médio	ri
B	1	46,2	44,7	45,5	1,5
C	2	39,5	40,7	40,1	1,2
D	3	44,0	45,8	44,9	1,8
E	4	42,0	41,0	41,5	1,0
E	5	40,0	39,5	39,8	0,5
C	6	44,0	42,3	43,2	1,7
C	7	43,3	43,8	43,6	0,5
B	8	45,8	45,8	45,8	0,0
E	9	43,9	41,5	42,7	2,4
C	10	47,1	45,0	46,1	2,1
B	11	43,7	45,1	44,4	1,4
A	12	44,6	44,8	44,7	0,2
B	13	45,8	45,8	45,8	0,0
E	14	40,4	44,6	42,5	4,2
A	15	40,7	40,7	40,7	0,0
B	16	44,6	44,8	44,7	0,2
C	17	44,6	44,8	44,7	0,2
D	18	40,7	41,3	41,0	0,6
B	19	46,9	46,9	46,9	0,0
E	20	44,6	47,1	45,9	2,5
D	21	43,3	43,8	43,6	0,5
			X médio	43,7	
				R médio	1,1

Podemos analisar que o desempenho do Fck 35,0 MPa passou a apresentar sua média em 43,7 MPa e sua amplitude em uma faixa operante de 1,1 MPa. Calculando os limites de controle observamos os seguintes resultados.

Tabela 10: Limites de Controle do Mês de Julho

jul/06			
Limite das Amplitudes		Limite das Média	
LSC=	3,50	LSC=	45,72
LM=	1,07	LM=	43,70
LIC=	0,00	LIC=	41,69

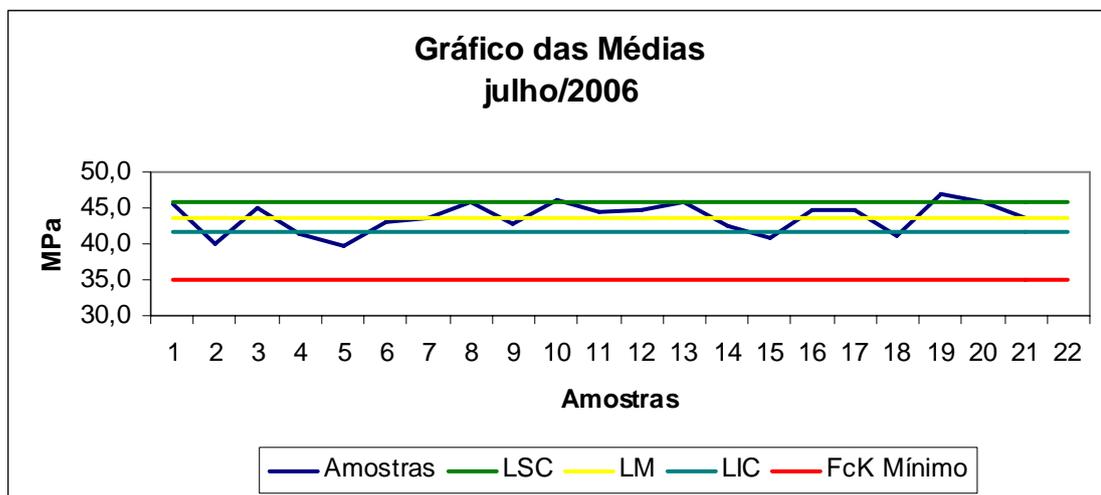


Figura 7: Gráfico das Médias do Mês de Julho

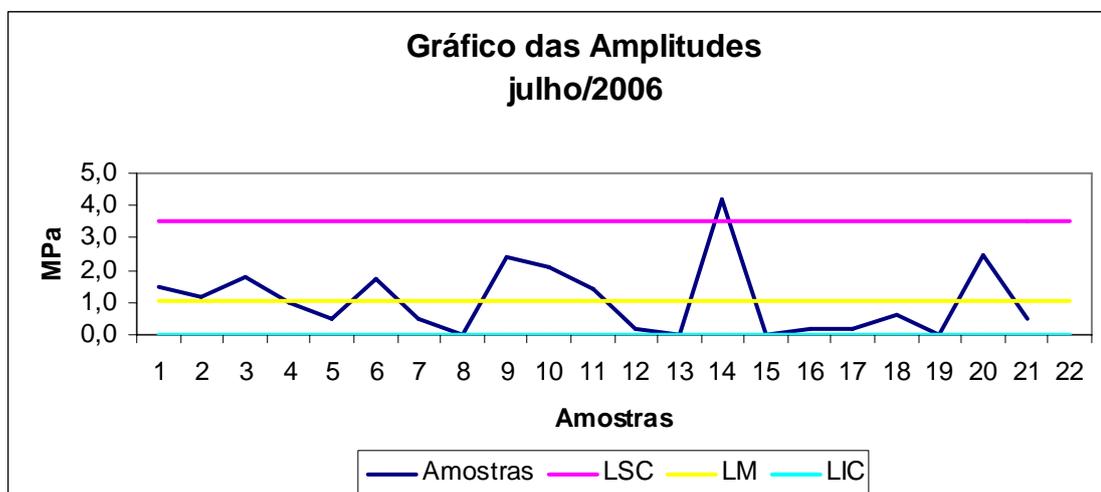


Figura 8: Gráfico das Amplitudes do Mês de Julho

Como de se esperar o processo passou a ter uma faixa de trabalhabilidade menor, se mantendo estável durante o período com vista o ponto do Fck demandado, porém observamos que os limites de controles foram extrapolados durante o período.

Com os dados calculou-se o desvio-padrão do processo de produção, e o coeficiente de variação do processo de produção. A Tabela 14 mostra os resultados:

Tabela 11: Variação do Processo do Mês de Julho

Colaborador	n	Fci	(Fcm-Fci)^2
B	1	45,5	3,054
C	1	40,1	12,977
D	1	44,9	1,434
E	1	41,5	4,850
E	1	39,8	15,621
C	1	43,2	0,305
C	1	43,6	0,023
B	1	45,8	4,400
E	1	42,7	1,005
C	1	46,1	5,511
B	1	44,4	0,487
A	1	44,7	0,995
B	1	45,8	4,400
E	1	42,5	1,446
A	1	40,7	9,014
B	1	44,7	0,995
C	1	44,7	0,995
D	1	41,0	7,303
B	1	46,9	10,225
E	1	45,9	4,612
D	1	43,6	0,023
Soma	21	917,8	89,7
Fck	35	Fcm	43,7
		n	21
		Sc	2,12
		Vc	4,85
Fci			
Mínimo	39,8	R	7,2
Máximo	46,9		
Ocorrência			
p=	0	p(%)=	0,00

A Tabela 15 apresenta o desempenho dos colaboradores.

Tabela 12: Desempenho dos Colaboradores do Mês de Julho

Colaboradores	Quant. De Moldagem	% de Moldagem	Média
A	2	0,10	42,7
B	6	0,29	45,5
C	5	0,24	43,5
D	3	0,14	43,2
E	5	0,24	42,5

Os números de ocorrência abaixo do fck foram nulos, o desvio-padrão do processo de produção e o coeficiente de variação do processo de produção foram reduzidos, e notamos que a média do colaborador B e C foram destaques.

Com base nas análises dos dois períodos percebemos o seguinte:

Tabela 13: Comparativo dos Resultados do Processo

Indicadores	Antes	Depois	Unidades
Fcm	41,5	43,7	MPa
Sc	3,37	2,12	MPa
Vc	8,13	4,85	%
R	11,2	7,2	MPa
P	9,52	0	%

Tabela 14: Comparativo dos Resultados dos Colaboradores

Colaboradores	Média do Fck (Antes)	Média do Fck (Depois)
A	41,8	42,7
B	40,0	45,5
C	41,2	43,5
D	43,6	43,2
E	41,5	42,5

3.5 Interação com os Clientes Perante os Resultados Paralelos

Os clientes tem por obrigação saber os resultados dos concretos obtidos da concreteira, no entanto por questões do próprio controle interno da obra, a terceirização de um controle tecnológico do concreto paralelo é comum, dizemos que a obra possui controle paralelo do concreto.

A concreteira sempre fornece os laudos com os resultados obtidos. A empresa que faz o controle paralelo do mesmo modo emite ao seu cliente os laudos com os resultados obtidos paralelamente aos da concreteira.

As amostras de concreto para ensaios de controle tecnológico da concreteira são aleatoriamente escolhidos em um intervalo de metro cúbico dosado na central. Logo, dificilmente em uma obra todas as remessas de concreto terão moldagem.

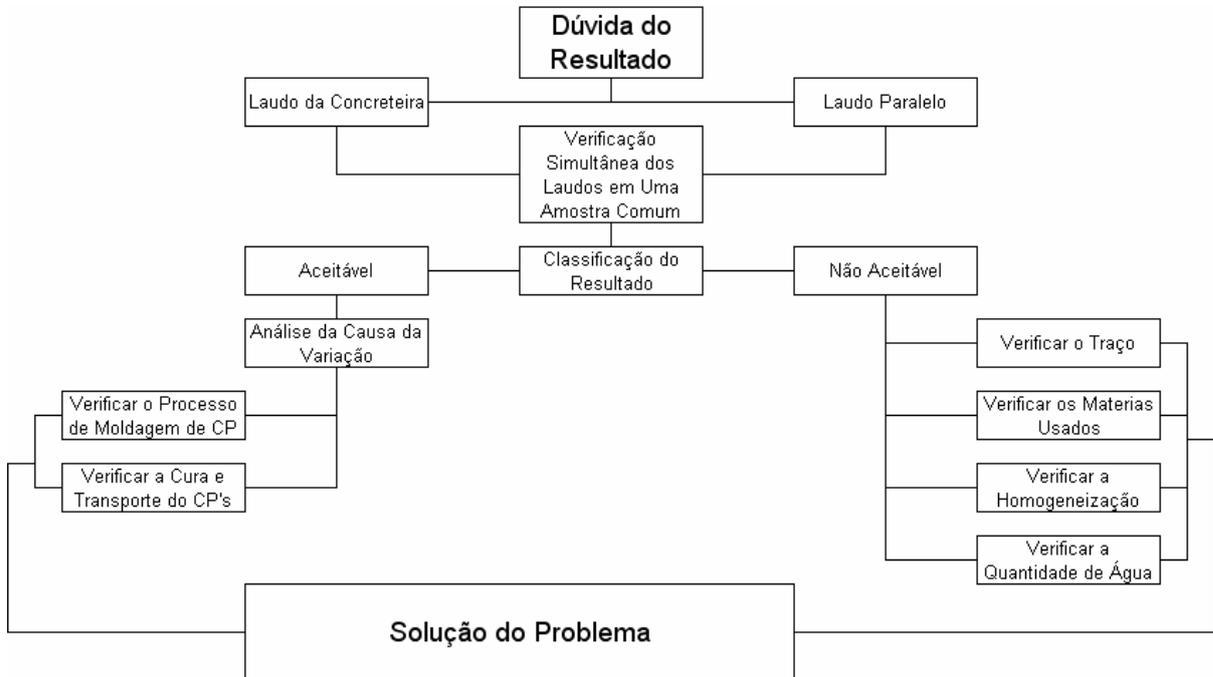
Quando surge a eventualidade de se obter um resultado paralelo abaixo do Fck demandado, o cliente entra em contato com a concreteira para questionar o resultado. Fica mais fácil se um mesmo caminhão moldado pela concreteira for também moldado pelo controle paralelo, pois assim se faz os cruzamentos dos resultados e verifica-se a similaridade ou não dos dois laudos. Caso o resultado baixo seja único entre os vários outros bons, podemos caracterizá-lo como uma anomalia e verificar as possíveis ocorrências como:

- O processo de moldagem não foi o correto;
- A cura foi inadequada;

Se por acaso houver coincidência entre os resultados de ambas as partes, certamente há hipóteses de ter ocorrido uma falha com o concreto, e surgem as hipóteses:

- O traço foi pesado errado;
- Os materiais não estavam de acordo com o usual;
- O concreto não foi bem misturado;
- O concreto estava com o *slump* alto;

Com base nestes pontos temos:



Foi com base nos fatos pertinentes aos ensaios de compressão com resultados suspeitos, que se observou a importância do mapeamento da concretagem. Questões técnicas podem ser facilmente resolvidas tendo em mãos as informações precisas sobre a localização de cada parte concretada por determinado caminhão.

3.6 Mapeamento do Processo na Solução de Problemas

As soluções dos problemas devem ocorrer seja na usina ou na obra. Os ensaios de compressão são fundamentais para se terem boas soluções. Partindo da hipótese que o concreto pode estar com problema o primeiro passo é o ensaio superficial do concreto com um esclerômetro, chamamos de ensaio de esclerometria, com base neste ensaio verifica-se se há necessidade ou não de prosseguir no caso. Há casos onde se elimina a hipótese da estrutura estar comprometida somente por este ensaio, mas se não for suficiente para chegar a uma conclusão, a próxima etapa é a extração de corpos de provas da estrutura com suspeita.

Observou-se por este problema que a interpretação de resultados é fundamental para uma boa negociação entre as partes, questões técnicas voltadas ao desempenho do concreto das estruturas e os resultados dos corpos de provas moldados são relativamente diferentes, onde por sua vez os resultados obtidos por ensaios de corpos de provas são maiores que os obtidos das estruturas. Os resultados obtidos de corpos de provas extraídos das estruturas caracterizam um resultado potencial das estruturas de concreto, já os resultados obtidos de corpos de provas moldados de uma amostra de concreto, caracterizam um resultado efetivo do concreto. Isso ajuda na definição e classificação do problema perante as alternativas de solução para o caso.

3.7 O Mercado

Através das pesquisas de mercado do setor, vemos qual é a realidade expressa pelas principais necessidades dos clientes, isso ajuda a definir estratégias de negócios e metas a serem traçadas.

Percebemos claramente que as questões técnicas estão em primeiro plano e logo podemos dizer não basta somente ter uma boa atuação comercial e rapidez de entrega se o cliente não inspirar confiança técnica da empresa que lhe executará o serviço.

Segue na Figura 9 os resultados publicados pela PINI que mostram as principais prioridades dos clientes:

4.0 CONCLUSÃO

Os fatores pertinentes ao desempenho do concreto se mostraram efetivamente presentes no período de análise, sendo fundamental o uso do controle estatístico para a detecção dos problemas oriundos das variações do processo, nos procedimentos, equipamentos ou materiais envolvidos. Pode-se ressaltar que a boa atuação do controle do processo se mostra eficaz para bons resultados de desempenho do concreto.

As medidas tomadas durante o processo de avaliação mostraram um aumento no desempenho fck 35, elevando sua média e reduzindo o desvio padrão do processo de produção assim como o coeficiente de variação do processo. As medidas tomadas mostraram um bom empenho da equipe que se concretizou com o mérito de obter uma ocorrência nula de resultados fora do limite mínimo admitido.

A permanência do processo em uma faixa de controle estável torna fácil dar início à estratégia de redução de custo em função do consumo de cimento por metro cúbico, reduzindo o custo de produção do concreto sem perder a qualidade e o desempenho. Com esses parâmetros obtidos pelo ensaio à compressão de corpos de provas, ficaram evidenciadas as vantagens competitivas que podem ser atingidas partindo de pontos simples, como verificação e cumprimentos dos procedimentos traçados para a dosagem e entrega, e ainda, os cuidados pertinentes à aplicação do concreto e moldagem dos corpos de prova cilíndricos.

REFERÊNCIAS

ABESC – Associação Brasileira de Empresas de Concretagem; <<http://www.abesc.org.br>> Acesso em 29 de Abril de 2006.

ABESC – Associação Brasileira de Empresas de Concretagem; **Manual do Concreto Dosado em central**: ABESC, 2000.

CAMPOS, V. F. **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**; MG: INDG Tecnologia e Serviço Ltda, 2004.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 1995.

GOMES, JOSIR SIMEONE. **Controle de Gestão: Uma abordagem Contextual e Organizacional**; São Paulo: Atlas, 1997

Grace do Brasil, Disponível em: <<http://www.br.graceconstruction.com/produc>> Acesso em 29 de Abril de 2006.

HELENE, P. R. L. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**; São Paulo: PINI; Brasília, DF: SENAI 1992.

JURAN, J. M. **Juran Panejando para a Qualidade**; tradução João Marcio Csillag, Cláudio Csillag; São Paulo: Pioneira, 1995.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**; tradução Salvador E. Giammusso. São Paulo: PINI 1982.

Norma Brasileira: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - ABNT Título: NBR 7212/84 - Execução de concreto dosado em central.

Norma Brasileira: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - ABNT Título: NBR 7223/92 - Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone.

Norma Brasileira: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** – ABNT Título: NBR 12654/92: Controle tecnológico de materiais composto de concreto.

Norma Brasileira: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** – ABNT Título: NBR 12655/92: Preparo, Controle e Recebimento de Concreto - Procedimento.

Norma Brasileira: **Associação Brasileira de Normas Técnicas** – ABNT Título: NBR 738/94: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

PINI – Prêmio PINI; <<http://www.premiopini.com.br>> Acesso em 10 de Outubro de 2006.

SLACK, N. **Administração da Produção**; Tradução Maria Teresa Correa de Oliveira, Fábio Alher. São Paulo: Atlas, 2002.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**; Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

ANEXO A

Tabela C.2: Constantes para a Construção de Gráficos de Controle (Extraída de Montgomery, D.C. (1991a)).

Observações na Amostra, n	Gráficos para Médias										Gráficos para Desvio Padrão						Gráficos para Amplitudes					
	Fatores para os limites de controle					Fatores para a linha média					Fatores para os limites de controle.			Fatores para a linha média			Fatores para os limites de controle			Fatores para a linha média		
	A	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄				
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,267	0	2,606	1,128	0,8865	0,853	0	3,686	0	3,267						
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575						
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282						
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115						
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004						
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924						
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864						
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816						
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777						
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744						
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717						
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693						
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672						
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653						
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637						
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622						
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608						
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597						
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585						
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575						
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566						
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557						
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548						
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541						

Para n > 25
 $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$
 $A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$
 $A_4 = \frac{c_4 @ 4(n-1)}{4n-3}$
 $B_3 = -1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}$
 $B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}$
 $B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$
 $B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$

ANEXO B

Ficha de Recebimento e Controle de Ruptura																	
N.F.	Classificação										Ensaio						
Data		Anomalias					Recusados										
CP's	topo inadequado	coleta > 72h	lateral rugosa	bicheira leve	redosagem	mal adensado	sem identificação	coleta > 7 dias	CP deformado	excesso de bicheira	topo deformado	baixa por extravio	Idade	Data de Ruptura	Prensa	Tensão Mpa	Alocação do CP
Obs.:																	

GLOSSÁRIO

Abatimento – Ensaio normalizado para determinação da medida da consistência do concreto fresco. Permite verificar se não há excesso ou falta de água no concreto.

Abrasão – Desgaste superficial do concreto.

Adensamento – Processo manual ou mecânico para compactar uma mistura de concreto no estado fresco, com intuito de eliminar vazios internos da mistura (bolhas de ar) ou facilitar a acomodação do concreto no interior das formas.

Aditivo – Produto adicionado ao concreto em pequenas quantidades, proporcional ao teor de cimento, no instante da pesagem dos componentes ou durante a mistura do concreto para modificar suas propriedades antes ou após a aplicação.

Agregados – Material granulares (brita, areia, etc.), que são unidas pela pasta de cimento.

Reações álcali-agregado – Reação química entre compostos do cimento (álcalis) e certos agregados reativos, ocorrendo expansões danosas ou fissuras.

Argila Expandia – São agregados produzidos artificialmente pelo aquecimento de certas argilas em um forno, que se expandem pela retenção de gases formados, no seu interior durante o aquecimento.

Bomba Estacionária – Equipamento (bomba) rebocável para lançamento do concreto.

Bomba Lança – Equipamento para lançamento do concreto com tubulação acoplada a uma lança móvel, montada sobre um veículo automotor.

Bombeamento – Transporte do concreto por meio de equipamentos especiais, bombas de concreto e tubulações metálicas, que transportam o concreto do caminhão betoneira até o local de concretagem.

Brita – Material obtido por trituração de rocha e classificado segundo a sua granulometria.

Canteiros de Obra – Instalações provisórias destinadas a alojamento, estoque de materiais, equipamentos e almoxarifado, durante a fase de construção da obra.

Capecamento – Revestimento com pasta de cimento ou de uma mistura composta de material pulverulento e enxofre derretido, que regulariza os topos de um corpo de prova com o objetivo de distribuir uniformemente a carga durante o ensaio.

Central Dosadora – Local de dosagem ou mistura de concreto por meio de instalações e equipamentos especiais, sendo o mesmo transportado ao local de aplicação por caminhão betoneira.

Cobrimento – Espessura de concreto entre a superfície da armadura e a superfície do concreto.

Consistência – É a medida da mobilidade da mistura (plasticidade), isto é, maior ou menor facilidade de deformar-se sob a ação de cargas. É expressa pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test).

Consumo de Cimento – Quantidade dosada, em massa (kg), para produzir um metro cúbico de concreto.

Corpo de Prova – Amostra do concreto endurecido, especialmente preparada para testar propriedades como resistência a compressão, módulo de elasticidade, etc.

Cura – Procedimento para a manutenção das condições favoráveis de umidade e temperatura nas primeiras idades do concreto (7dias) que possibilitam o desenvolvimento de sua resistência e de outras propriedades.

Cura a Vapor – Cura do concreto sob vapor de água a temperatura e pressão controladas.

Desmolde – Substância química utilizada para evitar a aderência do concreto à forma.

Desvio Padrão – Medida de dispersão de um conjunto de valores. Dispersão entre média e os valores individuais.

Dosagem – Estabelecer as quantidades ótimas dos componentes do concreto para atender a determinadas características ou propriedades pré-estabelecidas.

Ensaio – Realização de testes para avaliar propriedades físicas ou químicas de um material ou peça.

Escoramento – Reforço executados na forma para que suporte o seu próprio peso e também do concreto fresco lançado, garantindo uma perfeita moldagem da peça concretada.

Espaçadores – Dispositivos colocados entre armadura e a face interna da forma de modo a garantir o cobrimento necessário.

Exsudação – Migração de parte da água de mistura para a superfície da peça concretada. É causada pela acomodação dos materiais sólidos da mistura de concreto.

Fissuração – São pequenas rupturas que aparecem no concreto que podem ser provocadas por atuações de cargas ou retração, devido à rápida evaporação de água.

Granulometria – Determinação das proporções de quantidade de partículas existentes em um material granular, pela separação por peneiras de diferentes aberturas.

Gretamento – Desenvolvimento aleatório de fissuras.

Hidratação - Formação de compostos pela combinação da água com o cimento portland. Processo de endurecimento de pastas, argamassas e concretos.

Lançamento - Processo de colocação e adensamento do concreto. Modo de transporte do concreto na forma a ser concretada.

Massa Específica – Relação entre a massa e o volume de um corpo. (densidade).

Moldagem – Especificamente sobre concretos e argamassas de cimento portland, refere-se a procedimento normalizado de confeccionar corpos de prova.

Ninhos (bicheiras) de concretagem – Falhas de concretagem que ocasionam “buracos” no concreto, devido, principalmente, à falta de vibração.

Pega – Condição de perda da plasticidade da pasta, argamassa ou concreto, medida pela resistência à penetração ou deformação em ensaios padronizados.

Pigmentos – Compostos químicos bastante fino adicionados aos concretos e argamassas para lhe darem coloração.

Pozolana – Material silicoso ou sílico-aluminoso que, quando finalmente moído e na presença de água, reage com hidróxido de cálcio, formando compostos com propriedades cimentícias.

Projeto Estrutural - Especificações técnicas fornecidas pelo calculista.

Protensão – Tensões aplicadas ao concreto, antes da ação das cargas de serviço.

Resistência Características do Concreto à Compressão (f_{ck}) – Esforço resistido pelo concreto, estimado pela ruptura de corpos de prova cilíndricos em prensas especiais.

Segregação – Mistura heterogênea. fato que também ocorre com misturas de concreto por excesso de vibração durante o adensamento ou em alturas elevadas.

Sílica Ativa - Material pulverulento composto de partículas extremamente finas de sílica amorfas 100 vezes mais fina que o grão de cimento, utilizado na dosagem de concretos de alto desempenho.

Traço – Especificamente em relação à mistura composta de cimento portland ou outro tipo de aglomerante, é a forma de exprimir a proporção entre os componentes dessas misturas.

**Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR
CEP 87020-900
Tel: (044) 3261-4324 / 4219 Fax: (044) 3261-5874**