

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

**INFLUÊNCIA DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO
À COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS
NO CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, Área de Concentração: Construção Civil, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

GABRIELA GONÇALVES DE SOUSA

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Jr.

Florianópolis, agosto de 2006.

**“INFLUÊNCIA DOS PROCEDIMENTOS DE ENSAIO À COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-
PROVA CILÍNDRICOS NO CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO”**

GABRIELA GONÇALVES DE SOUSA

Dissertação julgada adequada para a obtenção do
Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada
em sua forma final pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, da
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

Prof. Dr. Glicério Trichês - Coordenador do PPGEC

Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêncio Jr. – Orientador / Moderador

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Wellington Longuini Repette - ECV/UFSC

Ivo José Padaratz, PhD. - ECV/UFSC

Dr. Ruy Alberto Cremonini - UFRGS

Aos meus pais, Dasio e Claudia,
Aos meus irmãos, Glaucia e Glauber,
E à minha tia Dilma.

AGRADECIMENTOS

Às construtoras da Grande Florianópolis, (Beco Castelo Construções, Construtora Pinheiro, Cota Empreendimentos Imobiliários, Criciúma Construções, Etecol Incorporações, Estúdio Arquitetura Projetos e Obras, Itasa Construções e Incorporações, Koerich Construções e Participações, Formacco Construções e Comércio, Koerich Engenharia, Magno Martins Engenharia, NR Engenharia, Paulitec Construções, Sant'Ana Construções e Incorporações de Imóveis) que mediante solicitação, liberaram os dados de ruptura à compressão de corpos-de-prova confeccionados em suas obras.

À Polimix Concreto, mas precisamente ao Eng. Joécio Stocco e à Eng. Leila Beatriz da Silva Stocco, por terem me acolhido durante os dois anos que antecederam esta pesquisa, possibilitando um aprendizado diário de valor inquestionável; e, pela doação do cimento, agregados e aditivo usado no programa laboratorial. Agradeço, principalmente, o respeito e o companheirismo de meus colegas de trabalho: Ana Rosa, Cristiano “Galo Cego”, Douglas, Ernandes (*in memoriam*), Evilásio “Paraíba”, Flávio, Eng. Girso, Gilson “Nenê”, Gilson “Ferrugem”, Guilherme, Eng. Israel, José Paulo “Deca”, Leandro “Barra”, Eng. Leila, Leomar, Lúcio, Luiz “Luizão”, Marcelo “Sombra”, Márcio, Michael “Salsicha”, Nelson, Norberto, Reginaldo “Cavalete”, Rogério “Negão”, Romildo “Índio”, Sérgio, Serginho, Seu Schappo, Seu Arlindo, Sidnei, Vilmar “Quinha”, Zumar e aos funcionários novos, que iniciaram na empresa após eu ter saído, mas nem por isso deixaram de ser solícitos, quando eu estava em obra para a moldagem de alguns corpos-de-prova desta pesquisa.

Às centrais de concreto (Engemix, Polimix Concreto e Supermix Concreto) e os laboratórios de controle tecnológico do concreto (Laude Engenharia e Ensaio em Materiais e Souza Papaléo Moldagem de Concreto) pelo fornecimento dos dados de ruptura à compressão de corpos-de-prova, previamente liberados por autorização de cada construtora. Agradeço o apoio operacional dos laboratórios, como no empréstimo dos moldes, pela Laude, e a retificação de algumas séries de corpos-de-prova, pelo Souza e Papaléo.

À Mima Engenharia, por ter disponibilizado o acesso a suas obras no Campus Universitário.

À Epagri/Ciram, na pessoa de Vera Lúcia da Silva por ter fornecido os dados de temperatura e UR%, para o período solicitado, da estação meteorológica do município de São José / SC.

Ao pesquisador do NRC, Ted Hoogeveen, por me enviar informações sobre a desmoldagem de corpos-de-prova em moldes plásticos com ar comprimido.

Ao Laboratório de Materiais de Construção Civil - LMCC, da UFSC, e aos funcionários Luiz Henrique dos Santos, Renato Santana da Lapa e Roque Medeiros de Lima pela atenção concedida no desenvolvimento das atividades neste laboratório.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, por terem me concedido a bolsa de estudos.

Ao professor e orientador, Luiz Roberto Prudêncio Jr, que no transcorrer desta pesquisa mostrou ser um exemplo de paciência, motivação e perseverança, orientando-me com extrema dedicação para que este trabalho fosse concluído.

Aos professores Wellington Longuini Repette, Ivo José Padaratz e Ruy Alberto Cremonini, por aceitarem o convite de participar da banca de avaliação deste trabalho.

Aos professores, Luis Gómez e Roberto Pinto, pela cooperação e paciência na parte laboratorial desta pesquisa.

À Família GTec (Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes à base de Cimento Portland), que fazem parte: Alexandre, Aline, Daniel, Denis, Fábio, Giovanna, João, Juliana, Luciana, Nelson, Regina, Rodrigo, Sílvia, Talita, Tarcísio, Tiago, Washington, Wilson, Zaira e os professores Prudêncio e Wellington. Um grupo com potencial enorme em pesquisa e grande capacidade de mobilização por um objetivo em comum, no meu caso, um mutirão. Agradeço o empenho, a seriedade e o tempo dedicado a esta pesquisa. De uma forma particular, quero agradecer à Giovanna Patrícia Gava e Juliana Casali, pela amizade e paciência de me iniciarem nas atividades do laboratório.

Ao PET-ECV, mas principalmente à Luana Siewert e Viviane Ciupka, por terem participado de dois programas laboratoriais anteriores a este, mas que por problemas com a prensa não puderam ter seus dados validados. Agradeço a cooperação e a oportunidade de conhecer outros grupos de pesquisa.

Aos amigos do curso de mestrado, Aline Ferreira de Souza, Juliana de Oliveira, Nadiesda dos Santos, Rodrigo Zimmermann e Zaira Fabrício Kraus, pelos estudos e trabalhos realizados nas disciplinas cursadas. Agradeço pela cumplicidade, amizade e carinho, com os quais pude partilhar tanto os momentos difíceis quanto as pequenas conquistas.

À minha família por seu amor incondicional, transmitindo-me tranquilidade e segurança, sendo o meu “porto seguro”. Agradeço o apoio e o incentivo que sempre recebi de meus pais, Dasio e Claudia, meus irmãos, Glaucia e Glauber, e da minha tia Dilma.

E, acima de tudo, agradeço a Deus!

SUMÁRIO

LISTA TABELAS	vi
LISTA FIGURAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1.1 Justificativas.....	5
1.1.2 Objetivos.....	6
1.1.3 Objetivo Geral.....	6
1.1.4 Objetivos Especificos.....	7
1.2 Organização do Trabalho.....	7
2 FATORES QUE AFETAM A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO	9
2.1 Características e Proporções dos Materiais	9
2.1.1 Relação Água / Cimento	9
2.1.2 Tipo de Cimento.....	11
2.1.3 Agregado	13
2.1.4 Água de Amassamento.....	14
2.1.5 Aditivos	15
2.2 Trabalhabilidade e adensamento.....	17
2.2.1 Ar Incorporado	19
2.3 Condições de Cura	20
2.3.1 Tempo.....	21
2.3.2 Umidade	21
2.3.3 Temperatura	22
2.4 Parâmetros de Ensaio.....	25
2.4.1 Parâmetros dos corpos-de-prova.....	25
2.4.2 Condições de Carregamento	36
3 CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO	38
3.1 Resistência Característica e Resistência de Dosagem.....	39
3.2 Variabilidade da Resistência	40
3.2.1 Variabilidade da Produção.....	42
3.2.2 Variabilidade do Ensaio	44
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL	47
4.1 Caracterização do Controle Tecnológico do Concreto.....	48
4.2 Programa Laboratorial.....	49
4.2.1 Procedimento de Ensaio dos Corpos-de-Prova.....	50
4.2.2 Avaliação do Tipo de Cura.....	53
4.2.3 Avaliação dos Moldes	55
4.2.4 Avaliação da Desmoldagem	59
4.2.5 Avaliação das Condições de Topo.....	60
4.2.6 Avaliação do Moldador	62
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	64

5.1	Análise da Resistência Potencial Média do Concreto Simultaneamente em Centrais de Concreto e Laboratórios.....	64
5.2	Análise dos Dados do Programa Laboratorial	67
5.2.1	Tipo de Cura	67
5.2.2	Tipos de Moldes.....	69
5.2.3	Desmoldagem.....	71
5.2.4	Condições de Topo dos Corpos-de-prova	72
5.2.5	Moldador	74
5.2.6	Análise conjunta dos fatores	75
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	APÊNDICE A	87
	APÊNDICE B	101

LISTA TABELAS

Tabela 1 - Influência da redução da resistência com a incorporação de ar (GIAMUSSO, 1992).....	10
Tabela 2 - Características dos tipos de cimentos Portland.	11
Tabela 3 - Classificação dos procedimentos de ensaio baseada nos coeficientes de variação, segundo a norma brasileira NBR 7212:1984.....	45
Tabela 4 - Resistência média e coeficiente de variação no ensaio em laboratórios e centrais de concreto	65
Tabela 5 – Casos de não conformidade.....	66
Tabela 6 - Códigos usados para identificar as séries de corpos-de-prova.	67
Tabela 7 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do procedimento de cura.	68
Tabela 8 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do tipo de molde.	69
Tabela 9 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação da idade de desmoldagem.	71
Tabela 10 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação das condições de topo.....	72
Tabela 11 - Médias e desvios-padrão obtidos com a condição de topo usando o neoprene.	72
Tabela 12 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do moldador.....	74
Tabela 13 - Procedimento recomendado.	81

LISTA FIGURAS

Figura 1 - Relação entre resistência do concreto e quantidade de água (ABRAMS, 1918).....	10
Figura 2 - Curva de Abrams obtida por pontos experimentais linearizados para a resistência aos: (a) 7 dias e (b) 28 dias. (MELO, et al, 2003).....	12
Figura 3 - Variação da quantidade de pasta com a profundidade do concreto (PIGEON, 1994 apud PINTO e HOVER, 2001).....	14
Figura 4 - Evolução da taxa de temperatura para pastas com polifuncionais.	16
Figura 5 - Perda da quantidade de ar em função do tempo de vibração para o concreto com várias consistências (HIGGINSON, 1952 apud WHITING e NAGI, 1998).	18
Figura 6 - Relação entre resistência a compressão aos 90 dias e ar incorporado. (PINTO e HOVER, 2001)	20
Figura 7 - Influência das temperaturas de moldagem e cura sobre a resistência do concreto (METHA e MONTEIRO, 1994).	23
Figura 8 - Percentual da resistência (21° C aos 28 dias) por idade em dias: (a) lançamento e cura nas temperaturas indicadas, (b) lançamento e moldagem nas temperaturas indicadas, e cura a 21° C (METHA e MONTEIRO, 1994).	23
Figura 9 - Influência da temperatura no desenvolvimento da resistência a compressão (BURG, 1996). ..	24
Figura 10 - Comparação ente corpos-de-prova cilíndricos de 150x300 mm e 100x200 mm (BURG e OST, 1994).	27
Figura 11 - Fatores de correção dos resultados de testemunhos em função da esbeltez, tipo de cura e resistência de testemunhos (MUNDAY e DHIR, 1984 apud REPETTE, 1991).....	28
Figura 12 - Molde em resina: (a) com os seus componentes e o corpo-de-prova desmoldado (b) na moldagem do corpo-de-prova e endurecimento na horizontal (ROCHA, 2002).	29
Figura 13 - Moldes de PVC estanque.	30
Figura 14 - Influência da temperatura de cura na resistência a 1e 28 dias (PCA, 2006 b).....	32
Figura 15 - Capeadores: (a) horizontal aberto, (b) horizontal preparado para colocar o enxofre fundido – ver indicação das setas e (c) vertical.	34

Figura 16 - Suportes metálicos e neoprene para o capeamento não aderente (PCA, 2006c).....	35
Figura 17 - Distribuição normal das três condições de preparo do concreto.....	41
Figura 18 - Influência do erro da relação a/c na resistência (PRUDÊNCIO JR., 2005).....	42
Figura 19 - Fluxograma do programa laboratorial.....	47
Figura 20 - Pasta de cimento: (a) sendo compactada na prensa e (b) aspecto logo após a compactação.	53
Figura 21 - Moldes de PVC com o ar comprimido acoplado para a desmoldagem.....	56
Figura 22 - Molde metálico calafetado com silicone logo após a moldagem: (a) vista geral, (b) vista em detalhe da base.	57
Figura 23 - Molde metálico com vazamento sistemático: (a) vista geral, (b) detalhe da base.	58
Figura 24 - Molde metálico com vazamento aleatório: (a) vista superior, (b) vista em detalhe do canto superior direita da base do molde.	58
Figura 25 - Proteção superficial dos corpos-de-prova: (a) molde de PVC, após a moldagem, (b) molde metálico, após a moldagem, (c) desmoldagem, com gotas de água no saco plástico.....	59
Figura 26 - Capeamento de pasta de enxofre fissurado: (a) vista geral, (b) vista superior.	61
Figura 27 - Esmagamento da face superior de moldagem dos corpos-de-prova, posicionados na prensa: (a) para cima, (b) e (c) para baixo.	62
Figura 28 - Influência do procedimento de cura em relação à série referência, em porcentagem.....	68
Figura 29 - Influência da condição do molde em relação à série referência, em porcentagem.	70
Figura 30 - Influência da condição de topo em relação à série referência, em porcentagem.	73

RESUMO

A qualidade do concreto aplicado em estruturas tem sido avaliada pelo ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova, segundo os procedimentos prescritos nas normas brasileiras NBR 7212:1984, NBR 12655:1996, NBR 5738:2003 e NBR 5739:1994. Contudo, as normas permitem escolher os procedimentos a serem empregados e as múltiplas combinações as quais provem desta seleção podem causar variações nos resultados de diferentes amostras retiradas de um mesmo concreto. No caso de controles tecnológicos de estruturas realizados simultaneamente por laboratórios distintos, essas variações podem conduzir a conclusões diferentes quanto a conformidades. Em vista disto, esse trabalho objetivou inicialmente quantificar a disparidade dos valores da resistência à compressão de alguns concretos obtidos por meio de dados de rompimento de corpos-de-prova do controle tecnológico realizado por centrais de concreto e laboratórios especializados da Grande Florianópolis. Uma vez comprovadas diferenças significativas nessas resistências, estabeleceu-se um programa laboratorial visando quantificar a influência de alguns dos possíveis fatores geradores dessas diferenças. Os principais fatores analisados, para dois níveis de resistências características distintas (20 e 35MPa) foram: o tipo de cura (úmida, imersos em água à temperatura de 15° e 23°C, na presença ou não de cal); a qualidade dos moldes (estanques, não-estanques e de PVC); a cura inicial: (após 24h e após sete dias); as condições do topo (retificado, capeado com pasta de cimento, capeado com pasta de enxofre, neoprene, capeado com pasta de enxofre e topo inclinado) e moldador. Os corpos-de-prova foram ensaiados à compressão axial aos 28 dias e os seus dados submetidos à análise estatística com a finalidade de quantificar a parcela de contribuição de cada procedimento adotado na variabilidade do ensaio. Constatou-se que os principais fatores influentes foram tipo de molde, moldador e tipo de acabamento dos topos dos corpos-de-prova.

ABSTRACT

The concrete quality during construction have been evaluated by strength tests according to procedures described by the Brazilian standards NBR7212/84, NBR12655/96, NBR 5738:2003 and NBR 5739:1994. The lack of homogeneity in the testing procedures could usually generate great variability in the results. In the case of technological control of structures carried out simultaneously by distinct laboratories, those variations can lead to different conclusions about conformities. Therefore, this work aimed at initially quantifying the disparity of concrete strength results observed in the analysis of the data obtained from the technological control undertaken by concrete plants and specialized independent laboratories of Great Florianópolis. Once proven significant differences in those strength, a laboratorial test program was carried out seeking to quantify the influence of some of the possible factors generators of those differences. The main analyzed factors, for two levels of different characteristic strength (20 and 35 MPa), were: the cure type (humid, immersed in water with temperature of 15° and 23 °C, in the presence or not of calcium hydroxide); the quality of the molds (metallic, metallic no-watertight and of PVC); the initial cure: (demolding the specimens after 24 h and after seven days); the conditions of the top surface (ground, capping with cement paste, capping with sulfur paste, neoprene, capping with sulfur paste specimens with inclined top) and molder. Concrete cylindrical specimens were tested in axial compression at 28 days and their data submitted to the statistical analysis with the purpose of quantifying the contribution of each adopted procedure in the variability of the test. It was verified that the main influencing factors were mold type, molder and tops preparation of the specimens.

1 INTRODUÇÃO

Desde 1998, quando houve a instituição do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional PBQP-H, e mais recentemente, em 2000, com a mudança no escopo do Programa, passando para Habitat, as empresas e entidades representativas vêm sendo estimuladas a elaborar Programas Setoriais de Qualidade – PSQ para cada setor (PBQP-H, 2006). No II Encontro Nacional dos Programas da Qualidade da Construção, realizado em Florianópolis no ano de 2004, foi apresentada pela Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem – ABESC no grupo de trabalho de concreto pré-misturado, uma proposta que viria a ser o PSQ de concreto usinado. Na mesma ocasião, foi esclarecido que o concreto usinado não se trata de um produto, podendo ser considerado como prestação de serviço, sendo o programa de gestão da qualidade denominado de SiQ (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras), e agora mais recentemente de SiAC (Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil). No entanto, sua divulgação é inexistente, e pouco pode ser comentado sobre o andamento deste documento, a não ser sobre a sua demorada regulamentação.

Na região da Grande Florianópolis, o início oficial do PBQP-H foi em 2001, com a adesão de 28 empresas. A partir daí, foi criado o grupo de construtoras, que conta atualmente com 37 empresas certificadas, que vem desenvolvendo ações pertinentes a cada nível de certificação, objetivando cumprir os prazos estabelecidos pelo programa de qualidade (SINDUSCON/Fpolis, 2006). Tem sido visto, no setor da construção civil, uma mobilização efetiva para elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial.

Pode-se afirmar que a implantação de um controle de qualidade eficiente traz melhorias, dentre elas a redução dos custos. Isto foi demonstrado por Martins (2005) com a implantação de um processo otimizado de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central. Este estudo foi baseado principalmente na manutenção da trabalhabilidade e em sua análise da viabilidade técnica-econômica obteve uma redução nos insumos do concreto de R\$ 1,40 / m³.

Porém, esta redução de custos nem sempre é suficiente para que o concreto seja competitivo no mercado, sendo assim, o fator econômico pode-se tornar preponderante sobre as decisões técnicas. Por vezes, a segurança é tão reduzida que as variações sazonais, inerentes à produção, determinam a ocorrência de não conformidades.

Além disso, alguns procedimentos, até então considerados como admissíveis, tornam-se impraticáveis, sob o aspecto técnico ou operacional. Por exemplo, a exigência da rastreabilidade do material empregado na obra impõe ao controle tecnológico, a retirada e ensaio de um exemplar, a cada remessa recebida em obra. Entretanto, a norma brasileira NBR 12655:1996 estabelece que o controle estatístico do concreto pode ser feito por amostragem total, identificando a característica de todas as remessas, ou por amostragem parcial, em que são retirados exemplares de algumas remessas e estatisticamente se determina à característica do lote. Na ocorrência de não conformidade do concreto aplicado, a amostragem total determina uma pequena área de intervenção, delimitada pelo volume contido na remessa, ou seja, geralmente a capacidade nominal de mistura do equipamento. Já na amostragem parcial, a área para a intervenção será maior e o volume comprometido será o do lote, na maioria das vezes, a laje inteira.

Um outro exemplo é um fato que vem dificultando operacionalmente a atividade de transporte do concreto por má interpretação da norma brasileira NBR 7212:1984 no que se refere à água que pode ser adicionada em obra no caso de concreto dosado em central. Existe um entendimento errôneo que a quantidade de água colocada no caminhão betoneira em obra, seja limitada a um volume no qual o abatimento corrigido não seja aumentado em mais de 25 mm, denominada de água suplementar (conforme item 4.4.6). Essa recomendação, contudo, só é válida para o caso da mistura completa, em que toda a água prevista para o traço já tenha sido adicionada na usina. No caso de estar-se realizando uma mistura parcial, na qual parte da água é colocada na usina e outra parte na obra com volume identificado na nota fiscal, ainda ter-se-ia água prevista no traço para ser adicionada em obra, distinguindo-se da anteriormente citada por ser denominada de água complementar (conforme item 4.4.4). Esta última modalidade de mistura permite que se obtenha uma consistência firme do concreto na saída da usina, facilitando o transporte sem perda do material pelo funil do caminhão betoneira e a complementação da água na obra evita ultrapassar o abatimento previsto

para a descarga. Segundo essa norma, a adição suplementar se propõe apenas a repor a quantidade de água evaporada no transporte. Portanto, no caso de mistura parcial, o volume de água permitido seria o constante na nota fiscal — água complementar — mais o necessário para elevar 25 mm o abatimento final da mistura — água suplementar. Além disso, a água suplementar, tal qual a complementar, não prejudicaria a resistência final nem exime a central de concreto da responsabilidade pelas propriedades do concreto.

Em outro caso, o procedimento de fixar a chegada do caminhão betoneira em intervalos de tempo pequenos, entre uma remessa e outra, torna a central de concreto operacionalmente inexecutável, ou a faz ser classificada, no requisito de pontualidade, como não conforme. Isto pode ser justificado ao constatar que a seqüência de carregamento, entre remessas da central é inconstante, pois possui um número limitado de caminhões betoneiras. Nas primeiras remessas, todos os caminhões são carregados, mas as remessas seguintes ficam na dependência do seu retorno, após a descarga em obra. Este fluxo de carregamento sofre influência do andamento da obra e condições de tráfego para o seu deslocamento da central até a obra, e em sentido inverso.

As constatações anteriores exigem uma observação mais criteriosa da situação gerada, em função da aplicação do sistema de gestão da qualidade, para que a adaptação aconteça de forma consensual e sem deixar de cumprir o prescrito nas normas vigentes.

Centrais de concreto, empresas de construção e laboratórios especializados têm comprovado a qualidade e uniformidade do concreto durante a construção pelo ensaio de resistência à compressão dos corpos-de-prova. No entanto, as discrepâncias de resultados geram dúvidas, que para serem dirimidas, envolvem ensaios, por vezes, onerosos e trabalhosos, tais como, esclerometria, ultra-som e extração de testemunhos. Ainda que estes métodos tenham provado que são de inquestionável valor para a estimativa da resistência, na maioria das vezes poderiam ser dispensados sem gerar custos adicionais, pois atestam que os corpos-de-prova “não conformes” não estariam verdadeiramente representando o concreto da estrutura. Pode-se citar como exemplo, o caso investigado por Santos, et al (2003), onde apenas um pouco menos

de 35 % das extrações de testemunho estudadas indicaram problemas com a resistência do concreto, ou seja, nos 65 % restantes, o problema apontado de não conformidade pelo laboratório que realizava o controle tecnológico não foi procedente. E Santos, et al (2003) conclui que: “Os ensaios destrutivos e não destrutivos são importantes ferramentas na avaliação da qualidade do concreto das estruturas, mas seu uso não deve se tornar regra. O correto controle tecnológico do material poderia minimizar o uso deste tipo de recurso ”.

Intui-se, dessa forma, que a origem de muitos problemas de não conformidade poderia ser relacionada ao procedimento de moldagem e ensaio do corpo-de-prova. Esta hipótese seria possível, uma vez que, a própria NBR 12655:1996 recomenda que, para amostragem total, a cada caminhão betoneira, seja moldado um par de corpos-de-prova, e que a resistência representativa é a mais alta deste par (NBR 7212:1984). Esta recomendação vem do fato de que, durante este tipo de ensaio, o objetivo é a determinação da resistência potencial do concreto, ou seja, qual é a resistência máxima possível de ser obtida no corpo-de-prova que seguiu os procedimentos normalizados de ensaio. Desta forma, se, durante o ensaio do par, um deles obtiver uma resistência menor do que o do outro, conclui-se que isto é causado por problemas de ensaio (moldagem, transporte, cura, capeamento e rompimento) sendo que, dificilmente, algum procedimento de ensaio poderia majorar a resistência do concreto. Ao proceder desta maneira, a norma brasileira admite claramente a possibilidade de ocorrência na prática, de problemas de ensaio que diminuem a resistência de um dos corpos-de-prova. Portanto, não é improvável que, em alguns casos, ambos os corpos-de-prova do par apresentem problemas.

O entendimento desse fato, entretanto, não é consensual e isso tem causado desconforto entre laboratórios especializados, que realizam controle tecnológico, e centrais fornecedoras de concreto, quando são verificadas disparidades nos resultados, principalmente quando o controle aponta para não conformidades.

As centrais de concreto, por desconhecerem as fontes geradoras de não conformidades, baseia-se em dados de controle e uniformidade que podem não estar sendo condizentes, algumas vezes, com o concreto produzido. A existência de resultados não satisfatórios faz com que seja aumentado o consumo de cimento nas

próximas misturas, optando pela segurança de misturas mais ricas para serem alcançadas as resistências especificadas.

Em muitos casos, nada mais é feito e uma quantidade grande de cimento é desperdiçada, o que altera fatores técnico-econômicos de produção, e principalmente onera o custo, já que este é o material mais caro do concreto. Mas para conseguir manter as margens de lucro constantes, os prejuízos têm que ser repassados ao consumidor final que, de uma forma indireta, acaba arcando com os problemas ocorridos com os ensaios de corpos-de-prova. Contudo, a racionalização do uso do cimento e demais insumos constituintes do concreto, pode ser contemplada por um processo de produção eficiente, e que engloba não somente aspectos econômicos, mas também, técnicos e ambientais.

1.1.1 Justificativas

Em estudo piloto, foi moldado um excedente de corpos-de-prova, em 13 caminhões betoneira de uma mesma concretagem, por uma central de concreto e por um laboratório especializado, tendo o consentimento da construtora, buscando identificar as causas de disparidades nos resultados de resistência.

Com um nível de 95 % de confiabilidade, a média da resistência potencial dos corpos-de-prova da central de concreto, 34,2 MPa, foi maior do que do laboratório, 32,2 MPa. Este aumento pode ter sido proveniente de maior velocidade de aplicação da carga, ainda que dentro do limite de 0,3 MPa/s até 0,8 MPa/s, especificado na norma brasileira NBR 5739:1994. A norma americana, ASTM C 39/C 39M:2003, recomenda um intervalo mais estreito de aplicação da velocidade de carga, para que esse não tenha influência significativa na resistência.

Contudo, a diferença entre os coeficientes de variação dentro do ensaio, 5,7 %, ao se comparar com laboratório, 7,2 %, reflete uma maior cautela da central de concreto ao proceder o ensaio. Isso não os exime de reverem seus procedimentos de ensaio, pois a norma brasileira NBR 7212:1984 os classifica, respectivamente, como nível 3 e 4. Descuidos, tanto da central de concreto quanto do laboratório, com a falta de estanqueidade dos moldes metálicos, que são providos de sistema desmontável para facilitar a desmoldagem, ou a evaporação na superfície livre, por não estarem cobertos,

pode diminuir a relação a/c , e como nas primeiras horas, o concreto não tem resistência suficiente para suportar o peso próprio, a amostra é densificada pela aproximação dos produtos de hidratação. Isso resultaria na majoração da resistência do concreto em alguns corpos-de-prova, e conseqüentemente no aumento do desvio-padrão, podendo ser obtida uma avaliação distorcida da uniformidade do concreto empregado na obra.

Apesar do constatado, o laboratório tem como procedimento padrão, logo após a moldagem, a colocação de uma tampa individual por corpo-de-prova, não ficando dependente da disponibilidade de um resto de madeira em obra, para que sejam devidamente cobertos. Todavia, a suspeita de vazamentos, ora em um molde, ora em outro, pode ser corroborada ao analisar o desvio-padrão, ligeiramente maior, 3,0 MPa, do laboratório, do que o da central de concreto, 2,2 MPa.

A saída de água prematura compromete a aceitação do concreto, uma vez que, estes corpos-de-prova têm como finalidade à comprovação da qualidade e uniformidade do concreto durante a construção. Em outro estudo piloto no LMCC-UFSC, com a utilização de moldes metálicos tradicionais, e com, moldes de PVC estanques, ficou evidente a vulnerabilidade causada pelo uso de um molde não completamente vedado, tendo como resultado, dados muito mais dispersos do que os dados obtidos com os moldes estanques. O aprimoramento dos moldes faria com que fosse representada de forma mais acurada a resistência do corpo-de-prova, e não fosse incorporado esse descontrole na execução do ensaio, ao desvio-padrão, que tem o intuito de representar a variabilidade de produção do concreto.

1.1.2 Objetivos

1.1.3 Objetivo Geral

Segundo exposto anteriormente, este trabalho busca identificar e quantificar os principais fatores geradores de discrepância dos valores de resultados de resistência à compressão, por procedimento inadequado e ineficiência do processo de ensaio, realizado para comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto durante a construção.

1.1.4 Objetivos Específicos

☆ Demonstrar a existência de disparidade nos resultados de rompimento de corpos-de-prova das centrais de concreto com relação aos laboratórios especializados por meio de dados obtidos junto a empresas situadas na Grande Florianópolis,

☆ Identificar e quantificar os principais fatores intervenientes quer estabelecidos em normas ou não, para a redução da variabilidade da resistência à compressão do concreto;

☆ Propor um procedimento otimizado em laboratório, de acordo com as normas vigentes, que minimize a dispersão do ensaio de resistência à compressão;

1.2 Organização do Trabalho

Este trabalho inicia com o Capítulo 1 fazendo uma contextualização do mercado da construção civil, mais especificamente, construtora e central de concreto, frente aos critérios de qualidade, bem como o procedimento usualmente adotado para comprovar essa qualidade. Em seguida, são feitas considerações gerais sobre a variabilidade dos resultados e principalmente a possibilidade de não conformidade, como consequência de falta de clareza da normalização vigente, justificando-se os objetivos deste trabalho.

No Capítulo 2, são descritos, de forma breve, os fatores que influenciam a resistência à compressão, sendo estes divididos em: característica e proporção dos materiais, adensamento, condição de cura e parâmetros de ensaio. O Capítulo 3 revisa os conceitos de controle de qualidade, abordando aspectos que vão da dosagem até a aceitação do concreto em obra, sendo feitas algumas considerações a respeito da normalização brasileira vigente.

No Capítulo 4, é apresentado o programa experimental que foi adotado no desenvolvimento da pesquisa, dividido em duas etapas: o programa laboratorial e a coleta e tratamento estatístico de dados de controle tecnológico.

No Capítulo 5, os dados e resultados do programa experimental são expostos e analisados, buscando demonstrar a existência de disparidades, bem como quantificar

os principais fatores geradores de variabilidade, dos valores de resistência à compressão.

E por último, no Capítulo 6, serão feitas as considerações finais sobre esta pesquisa. Além disso, com base no programa laboratorial será apresentado um procedimento de ensaio que apresente a menor variabilidade, ou seja, seja apto a representar o concreto da forma mais precisa possível.

2 FATORES QUE AFETAM A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

A resistência do concreto é basicamente função do volume de vazios. A relação entre a resistência e o volume total de vazios não é uma propriedade apenas do concreto, pois é encontrada também em outros materiais frágeis, nos quais se formam poros por ação da água. A porosidade do concreto é distribuída de forma heterogênea, tendo em sua argamassa, regiões com gradiente de porosidade, cujo valor, reduz-se a partir da interface do agregado, o que dificulta o desenvolvimento de modelos precisos de previsão da resistência do concreto. Mas as relações empíricas fornecem dados indiretos sobre os fatores que atuam de forma conjunta e influenciam a resistência à compressão. Estes podem ser discutidos separadamente em três categorias: características e proporções dos materiais, condições de cura e parâmetros de ensaio.

2.1 *Características e Proporções dos Materiais*

Para alcançar a resistência especificada, a escolha dos materiais e a determinação de suas proporções é condição primordial da dosagem do concreto. Os parâmetros de dosagem são interdependentes e suas influências não podem ser efetivamente isoladas, mas os principais aspectos serão abordados a seguir.

2.1.1 **Relação Água / Cimento**

A relação água/cimento é a quantidade de água em proporção ao cimento da mistura, medida em massa, e a sua influência na resistência pode ser representada pela equação a seguir.

$$f_c = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (1)$$

Onde, a/c é a relação água/cimento, k_1 e k_2 , são constantes empíricas.

A Equação 1 é conhecida como lei de Abrams e tem essa conotação por ter derrubado os métodos de dosagem, em que era negligenciada a importância quantidade da água, mas até então aceitos no meio técnico. Esta lei resultou da análise dos dados

experimentais de oito misturas com a/c em volume, conforme pode ser observado na Figura 1, que variaram além da proporção, como indicado na legenda, a consistência e o tamanho do agregado (ABRAMS, 1918).

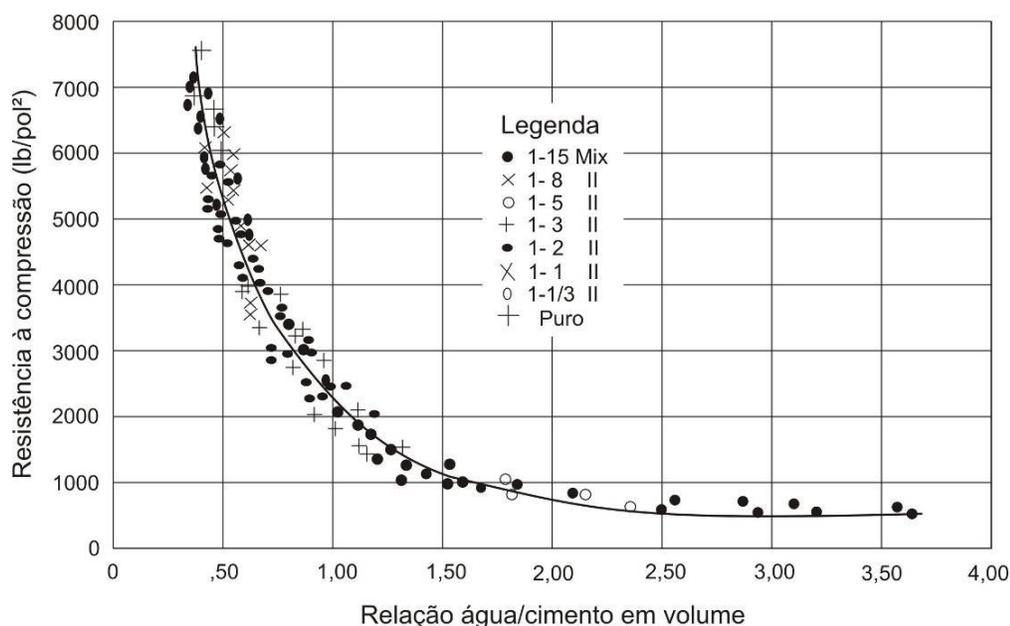


Figura 1 - Relação entre resistência do concreto e quantidade de água (ABRAMS, 1918).

Da Equação 1 e da Figura 1 pode-se concluir que com o aumento da relação água / cimento em volume, diminui a resistência mecânica. Isso ocorre porque a água adicionada, além da necessária para a hidratação do cimento, irá aumentar a porosidade capilar e, conseqüentemente, reduzir a compacidade do concreto endurecido, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Influência da redução da resistência com a incorporação de ar (GIAMUSSO, 1992).

Teor de vazios	1%	2%	3%	4%	5%	10%
Redução da resistência	8%	17%	24%	31%	37%	60%

Por outro lado, para relação a/c abaixo de 0,3, aumentos desproporcionalmente elevados na resistência à compressão podem ser conseguidos para pequenas reduções na relação a/c (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Tendo na mistura uma quantidade de água livre reduzida, conseqüentemente há a melhora da zona de transição, com a diminuição do tamanho dos cristais de hidróxido de cálcio orientados na interface agregado e pasta.

Em ambas as situações a lei de Abrams pode ser aplicada, contanto que o concreto seja compactado completamente. Por esta razão que a redução adicional na relação a/c, aquém de certo mínimo, não resulta no ganho de resistência esperado, pois a mistura não é executável a ponto de permitir a consolidação completa (ABRAMS, 1918). No passado, as relações a/c mais baixas que vislumbravam atingir resistências mais altas eram restringidas pela falta de trabalhabilidade. No entanto, com o aumento das adições no cimento e o advento dos aditivos redutores de água, para uma determinada trabalhabilidade, a relação a/c pode variar amplamente (NEVILLE, 1999).

Por tudo que foi citado anteriormente, a correlação da resistência à compressão com a relação a/c é reconhecida e tem sido aplicada, como requisito dos métodos de dosagem nacionais ABCP, IPT, INT e ITERS. A NBR 6118:2003, no item 7.4.2, prescreve a utilização de valores mínimos de resistência ou a/c, como requisito de durabilidade e a relaciona com a qualidade do concreto frente ao tipo e nível de agressividade, e assim justifica no corpo do texto "... devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água / cimento, a resistência à compressão do concreto e a sua durabilidade, permite-se adotar os requisitos mínimos expressos na tabela 7.1 " da norma já citada.

2.1.2 Tipos de Cimento

As normas brasileiras classificam em seis grupos os tipos de cimento e especificam as suas principais características, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Características dos tipos de cimentos Portland.

Cimento Portland	Sigla	Classe	Conteúdo dos Componentes				Norma ABNT
			Clínquer +Gesso	Escória	Pozolana	Filer Calcário	
Comum	CP I	25, 32, 40	100		0		
Comum com Adição	CP I-S	25, 32, 40	99-95		1-5		5732:1991
Composto com Escória	CP II-E	25, 32, 40	94-56	6-34	0	0-10	
Composto com Pozolana	CP II-Z	25, 32, 40	94-76	0	6-14	0-10	
Composto com Filer	CP II-F	25, 32, 40	94-90	0	0	6-10	11578:1991
De Alto-Forno	CP III	25, 32, 40	65-25	35-70	0	0-5	5735:1991
Pozolânico	CP IV	25, 32	5-45	0	15-50	0-5	5736:1991
de Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	-	100-95	0	0	0-5	5733:1991
Resistente a Sulfatos	RS	CP I, CP II, CP III, CP IV ou CP V (com restrições)					5737:1992

As adições minerais, presentes em porcentagens diferentes em praticamente todos os tipos de cimentos, têm influência significativa sobre a resistência, conforme pode ser visto na Figura 2, sob a mesma condição de cura.

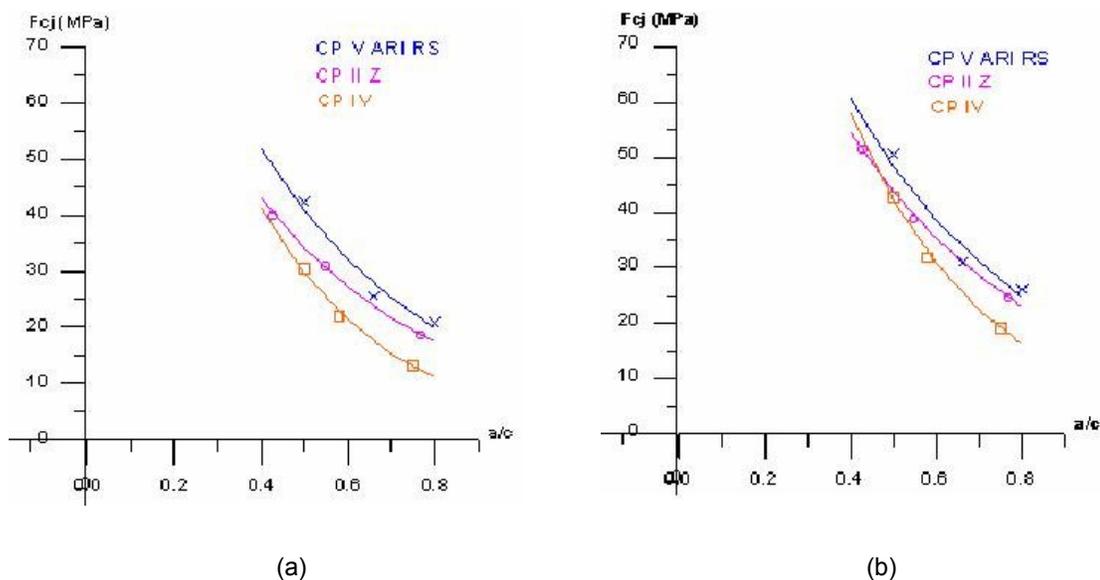


Figura 2 - Curva de Abrams obtida por pontos experimentais linearizados para a resistência aos: (a) 7 dias e (b) 28 dias. (MELO, et al, 2003)

O CP II tem o desenvolvimento da resistência muito próximo do CP I, pois em sua composição há a presença de adições em quantidades relativamente baixas, ao contrário do CP III, em que a porcentagem de adição é bastante elevada, de 35 a 70 % de escória. Essa adição possui uma particularidade de ser um aglomerante com baixa reatividade inicial, produzindo resistências iniciais mais baixas. Já no CP IV, o aumento de resistência se processa de forma lenta, por ter como adição empregada uma pozolana (geralmente cinza volante), que depende das reações iniciais do cimento para formação de compostos com propriedades aglomerantes (PRUDÊNCIO JR., 2005).

Outro fator que pode influenciar a resistência é a finura do cimento, medida pelo ensaio de área específica Blaine – NBR 7224. O cimento CP V possui grande área específica e conseqüentemente alta reatividade, atingindo resistências iniciais elevadas, se comparado com os demais cimentos.

2.1.3 Agregado

A influência do agregado está associada com o nível de resistência estudada. Isso fica mais evidente, em se tratando de concretos de alta resistência, em que a resistência da matriz chega a ser maior que a do agregado empregado na mistura. Nesta condição, a resistência do agregado pode limitar o desempenho de resistência do concreto.

Outras características do agregado influenciam indiretamente a resistência, tais como: dimensão máxima característica, forma, composição mineralógica, distribuição granulométrica (PAZ, 1998) e textura (ÖZTURAN e CEQEN, 1997). Estas características podem modificar a zona de transição no estado endurecido, e no estado fresco: a consistência, a exsudação e a incorporação de ar.

O tamanho do agregado produz efeitos contrários na resistência do concreto. Enquanto um agregado de tamanho maior requer menos água de amassamento, um agregado menor demanda mais água, para uma mesma consistência, condição de mistura e consumo de cimento. No entanto, o agregado graúdo é envolvido por uma película de água, que tende a ser mais espessa no agregado de maior tamanho. A água interfacial, originária da exsudação e do efeito parede, vem a contribuir para a formação de uma zona de transição mais fraca.

A relação entre agregado graúdo e miúdo também pode influenciar a resistência de um concreto. Em um estudo feito por estudantes da University of Califórnia citado por Mehta e Monteiro (1994), para uma relação água/cimento igual a 0,6, onde foram feitas alterações na granulometria aumentando-se a relação entre agregado graúdo/miúdo comitantemente com o teor de cimento, afim de obter-se um incremento na consistência de 50 para 150 mm, houve aproximadamente 12 % de redução na resistência média à compressão aos 7 dias. O autor ressalta no transcorrer do texto a importância econômica de utilizar consistências mais rígidas e que ainda atendam de forma satisfatória os requisitos de adensamento adequado.

Para consistências mais fluidas com alta relação água cimento, depois da pega, os materiais mais densos como o agregado graúdo tendem a ir para o fundo, segregando do restante dos materiais da mistura, enquanto a água tende a subir, ficando exsudada, conforme pode ser visto na Figura 3 . Como resultado, a superfície do concreto tem a

relação a/c mais alta do que o restante do concreto, ocasionando um gradiente de compactidade que aumenta em direção ao fundo da forma em que está sendo moldado. Esta “pele” no concreto geralmente apresenta uma maior fração de pasta do que o concreto do centro (MEYER,1987 apud PINTO e HOVER, 2001, PIGEON,1994 apud PINTO e HOVER, 2001).

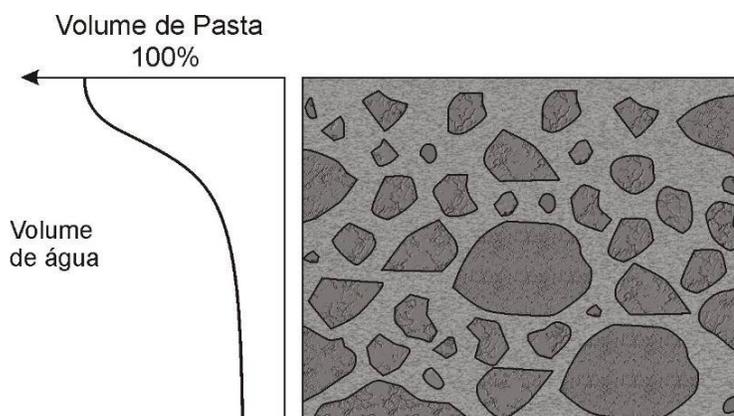


Figura 3 - Variação da quantidade de pasta com a profundidade do concreto (PIGEON, 1994 apud PINTO e HOVER, 2001).

2.1.4 Água de Amassamento

A qualidade da água, quando comprometida pela presença de impurezas, pode reduzir a resistência. No entanto, não existem normas muito explícitas sobre a qualidade da água, por ainda serem desconhecidos os teores prejudiciais, mas principalmente porque restrições desnecessárias poderiam ser economicamente danosas. Em muitas especificações de obras, a qualidade da água é assegurada pela exigência da potabilidade, uma vez que esta raramente contém altos teores de sólidos inorgânicos dissolvidos e matérias orgânicas indesejáveis.

No entanto, há a possibilidade da utilização de água suspeita (colorida, com mau cheiro, residual, salobra, salgada, ácida) como água de amassamento. O desempenho da água de amassamento pode ser verificado por um estudo comparativo de argamassas, confeccionadas com a água suspeita e outra limpa de referência, onde podem ser avaliados o tempo de pega e a resistência.

A utilização do aditivo estabilizador de hidratação tem propiciado o reuso da água que lava internamente os caminhões betoneiras, entre uma remessa e outra. CHINI, 1996; PAOLINI, 1998; SANDROLINI, 2001; CALIÇO, 2005; SAMPAIO, 2006; comprovaram que a incorporação da água reciclada à nova mistura não teve efeito significativo sobre a qualidade do concreto.

2.1.5 Aditivos

Os aditivos, com o passar do tempo, foram sendo incorporados ao concreto para usos específicos, mas atualmente, torna-se praticamente inexequível a confecção de concreto técnico-economicamente viável sem o seu uso. Os aditivos redutores de água ou comercialmente denominados de plastificantes são os mais difundidos quer pelo seu custo reduzido, ou pela facilidade de aplicação em centrais de concreto.

Os aditivos plastificantes são polímeros orgânicos usados para: produzir concretos com maior resistência por meio da redução no teor de água; obter uma resistência específica para um consumo de cimento menor; ou, aumentar o abatimento sem alterar o conteúdo de água. São muito úteis quando o lançamento é feito por bomba de concreto (ACI 212.3R-91:1996).

Os aditivos plastificantes são na sua maioria polímeros derivados da lignina ou lignosulfonatos, mas há também os fabricados a base de ácidos hidroxi-carboxílicos e gluconatos. Apresentam uma capacidade de redução de água de 5 a 10% e um baixo custo por ser derivado de um subproduto da indústria da celulose e papel, requerendo um processamento simples para ser utilizado no concreto (AITCIN, 2000).

A sua dosagem deve ser definida de forma criteriosa, podendo ocorrer alguns efeitos colaterais, como retardo de pega devido à presença de açúcares da madeira, e a incorporação de ar, causada por substâncias de ação de superfície presentes na matéria prima. Geralmente, na literatura internacional, a dosagem ótima fica em torno de 0,2 a 0,5% de material sólido em relação à massa de cimento. Já os fabricantes nacionais recomendam esta mesma faixa de dosagem do aditivo, porém de material líquido, composto pelo pó (parte ativa) diluído em água.

Segundo os fabricantes, alguns aditivos plastificantes podem ter como base química lignosulfonatos com menor teor de impurezas ou, ainda, ter em sua formulação uma combinação destes subprodutos com outros agentes químicos. Estes aditivos são chamados de polifuncionais e sua base química, geralmente, não é padronizada e nem muito clara. São classificados como de médio desempenho, ficando entre os plastificantes convencionais e os superplastificantes. Este desempenho é alcançado em função de se poder utilizar um teor maior de aditivo, sem provocar retardo de pega e incorporação de ar excessivos, uma vez que não possui tantas impurezas.

No entanto, em um estudo recente realizado pelo GTec, as dosagens preconizadas pelo fabricante para os polifuncionais (PA e PB), geraram fortes retardamentos de pega (identificados pelas curvas de liberação de calor), conforme visto na Figura 4, onde a diferença entre a pasta de referência (Ref) e a maior dosagem indicada pelo fabricante atrasou a pega em cerca de 20 horas (PB 1,1%).

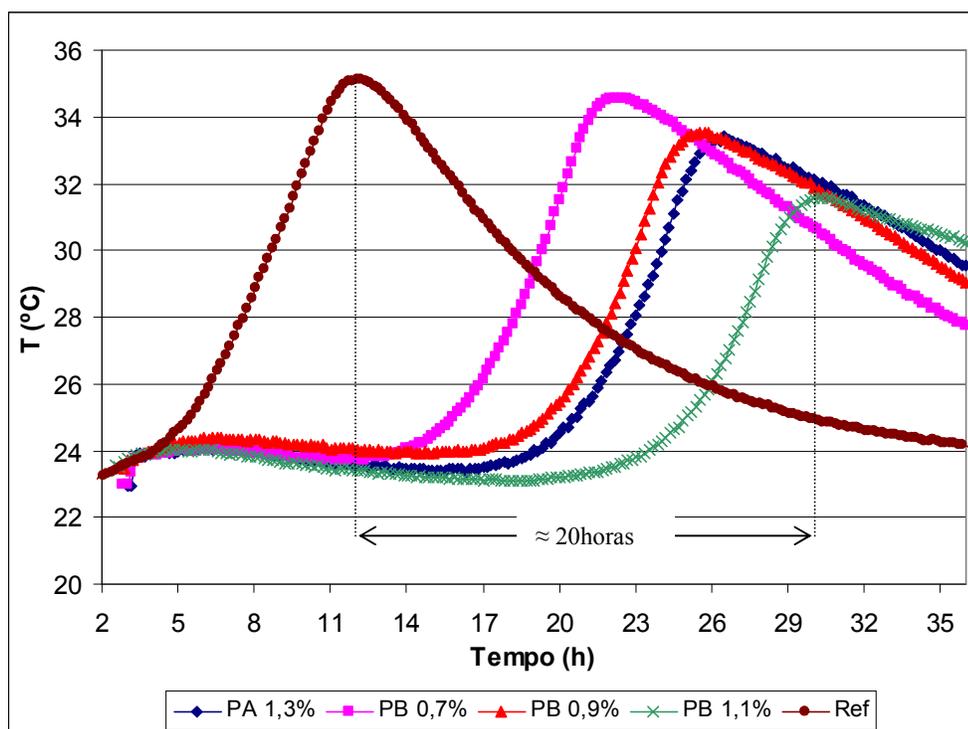


Figura 4 - Evolução da taxa de temperatura para pastas com polifuncionais.

Outro tipo de aditivo são os superplastificantes, com os objetivos do uso basicamente os mesmos dos plastificantes. A principal diferença entre os dois aditivos está

principalmente na quantidade utilizada e desempenho obtido (redução de água superior a 12% se situando em valores em torno de 20%). No caso dos superplastificantes, a dosagem está, geralmente, entre 1 e 2% de sólidos em relação à massa de cimento. Essa é a grande vantagem destes aditivos em relação aos plastificantes, cujos teores não ultrapassam 0,5% de sólidos em relação à massa de cimento devido aos efeitos secundários indesejáveis já citados. Já os superplastificantes, por serem produtos sintéticos, feitos de matérias-primas que não contêm açúcares ou impurezas, não deveriam apresentar estes efeitos. No entanto, (JIANG e ROY, 1997 apud MARTINS, 2005; RAMACHANDRAN e MALHOTRA, 1984; MAILVAGANAM, 1999; JOLICOEUR et al, 2003 apud MARTINS, 2005) afirmam que geralmente, os superplastificantes retardam os tempos de início e fim de pega. O teor de ar incorporado em misturas com superplastificante é, geralmente, maior que em concretos sem o aditivo, mas a maioria deste ar é perdida durante as operações de transporte e lançamento (RAMACHANDRAN et al, 1998; RAMACHANDRAN e MALHOTRA, 1984). Entretanto, quando isso ocorre, os efeitos observados são bem menos acentuados do que os verificados com os plastificantes.

Por tudo isso que foi exposto anteriormente, pode ser concluído que ao apresentarem reações indesejáveis os aditivos estão influenciando na resistência, quer por incorporação de ar, diminuindo a compacidade da matriz, ou por retardo de pega, onde o seu manuseio e desmoldagem antecipada prejudicam a evolução da estrutura da pasta.

2.2 *Trabalhabilidade e adensamento*

Segundo a norma americana ASTM C 125:2003, a trabalhabilidade do concreto é definida como a propriedade que determina o esforço necessário para manipular (lançamento, adensamento e acabamento) uma quantidade de concreto fresco com uma perda mínima de homogeneidade, ou seja, sem segregar. O esforço necessário para lançar uma mistura de concreto é predominantemente determinado pelo esforço total necessário para o início e manutenção do fluxo, que depende, por um lado, das propriedades reológicas da pasta de cimento (lubrificante) e do atrito interno entre as partículas de agregado, e por outro lado, do atrito externo entre o concreto e a superfície da forma. De uma forma bem simplificada a trabalhabilidade reúne, em um

conceito único, consistência e coesão, sendo que apenas a primeira é quantificada pelas normas brasileiras para o recebimento e aceitação do concreto fresco; enquanto a segunda fica limitada a uma avaliação qualitativa da mistura permanecer coesa ou estar segregada. A consistência, que pode ser medida pelo ensaio de abatimento do tronco do cone, é usada como um simples índice da mobilidade ou da fluidez do concreto fresco (METHA e MONTEIRO, 1994). Neville (1997) conclui que a trabalhabilidade é a quantidade de trabalho interno útil e necessário para produzir uma compacidade máxima promovida pelo adensamento pleno, que se intenciona remover os vazios de ar aprisionado. A trabalhabilidade influencia diretamente a forma de adensamento a ser utilizada para eliminação dos vazios por ar aprisionado. E para concretos convencionais o adensamento pode ser manual, por vibração externa e interna.

No adensamento por vibração o seu término é determinado de forma qualitativa, com a superfície de aspecto liso e sem bolhas. No entanto, a perda de ar incorporado pode ser significativa para 30 segundos de vibração, conforme pode ser visto na Figura 5 . Mas, na prática quando usado em obras, essas mudanças são bem menos severas, porque o vibrador não permanece em um único local por esse período de tempo.

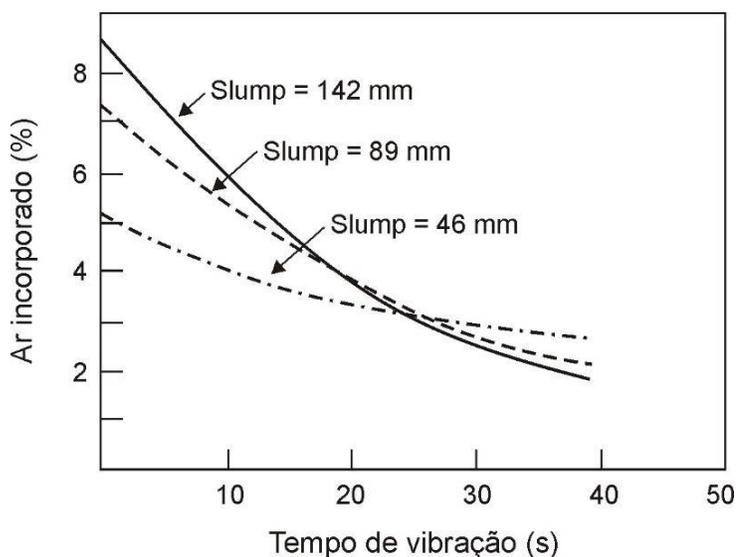


Figura 5 - Perda da quantidade de ar em função do tempo de vibração para o concreto com várias consistências (HIGGINSON, 1952 apud WHITING e NAGI, 1998).

A tendência do adensamento é eliminar o ar aprisionado e algumas bolhas maiores. Conforme tem sido mostrado em estudos, em que o ar total é removido em 50 % pela consolidação, permanecendo quantidade suficiente de ar incorporado para proteger o concreto do gelo-desgelo, quando for o caso (WHITING e NAGI, 1998).

Mas por vezes o adensamento por tempo prolongado gera um excesso de vibração capaz de comprometer a homogeneidade da mistura, o resultado é a segregação em que há a diminuição da quantidade de pasta/argamassa com a profundidade do concreto, conforme já ilustrado na Figura 3 .

2.2.1 Ar Incorporado

A resistência é influenciada pelo volume total de vazios, formado pelo ar ~~aprisionado e~~ incorporado, além dos poros decorrentes da água presente na mistura que não é consumida na hidratação do cimento. Pode ser considerado como ar incorporado à mistura, a inclusão de bolhas estáveis pelo emprego de aditivo específico, na sua maioria com diâmetro variando de 10 a 100 μm (MARTIN, 2005; PCA, 2006a). No entanto alguns autores afirmam que a dimensão máxima pode chegar a ser da ordem de grandeza de milímetros (HOVER apud PINTO e HOVER, 2001; WHITING e NAGI, 1998). Para Martin (2005) as bolhas com o diâmetro maior que 200 μm , comportam-se como ar aprisionado proveniente de um adensamento inadequado que certamente irá reduzir a resistência.

A influência na resistência é proporcional à quantidade de ar incorporado no concreto, como pode ser observado na Figura 6 , quanto maior a quantidade maior é a redução, para uma mistura com a mesma relação a/c. Para concretos de moderada e alta resistência, cada aumento na porcentagem de ar incorporado reduz cerca de 2 a 9 % da resistência (PINTO e HOVER 2001; WHITING e NAGI 1998; CORDON,1946 apud PCA, 2006; KLIEGER,1952 apud PCA, 2006, KLIEGER,1956 apud PCA,2006). Poderia ser esperada uma redução maior da resistência, pelo enfraquecimento da matriz devido à incorporação de ar. No entanto, há um aumento na trabalhabilidade, porque as pequenas bolhas esféricas agem como um lubrificante reduzindo o atrito entre o cimento e o agregado, permitindo que na dosagem seja reduzida a quantidade de água na mistura (WHITING e NAGI, 1998).

Decerto, em misturas pobres com baixo consumo de cimento geralmente tem-se um aumento da resistência, havendo uma compensação entre a quantidade adequada de ar incorporado com a redução da relação a/c propiciada pelo aumento da trabalhabilidade (PCA, 2006a).

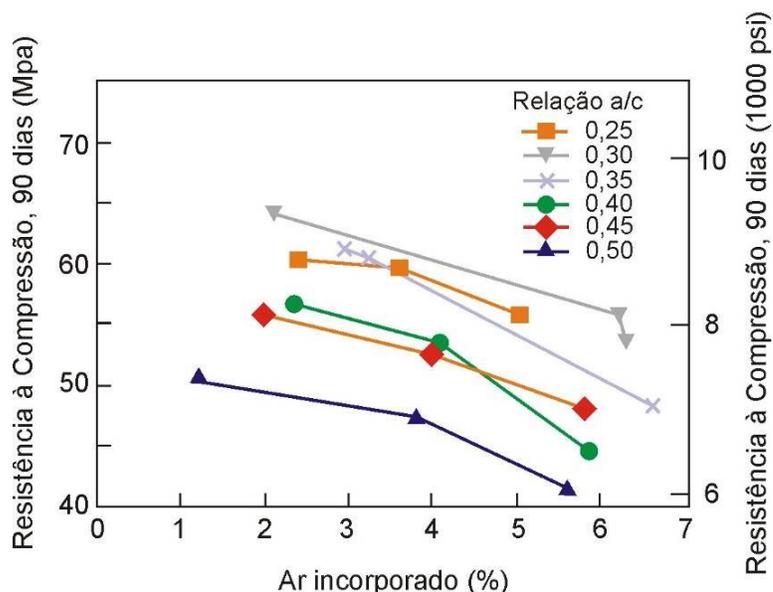


Figura 6 - Relação entre resistência a compressão aos 90 dias e ar incorporado.
(PINTO e HOVER, 2001)

2.3 Condições de Cura

A cura é um fator relevante na resistência, por se tratar dos procedimentos destinados a promover a hidratação do cimento, consistindo no controle, da temperatura e das condições de umidade, bem como a conservação destas condições ao longo de um determinado tempo. A hidratação se inicia, quando do primeiro contato do cimento com a água, em condições normais de temperatura. No entanto, os produtos da hidratação recobrem a partícula anidra do cimento, e dificultam o avanço da hidratação. A hidratação, a uma velocidade máxima, pode se processar somente, em condições de saturação. Por isso, o objetivo da cura é manter o concreto saturado, ou mais próximo possível dessa condição.

2.3.1 Tempo

O tempo de cura úmida está relacionado com as especificações de durabilidade e as condições que o concreto será submetido na secagem (área exposta, volume total, vento e temperatura incidentes, início da desforma) e deve ser iniciada tão logo cesse a exsudação. Quanto à duração, esta deve ser ininterrupta, principalmente em concretos com relação a/c baixa, devido à hidratação parcial nas primeiras idades e possibilidade de formação de poros descontínuos, impedindo o acesso da água novamente ao interior do concreto. De um modo geral, quanto maior o período de cura úmida, maior a resistência, para uma determinada relação a/c, considerando que a hidratação da partícula do cimento é contínua.

A NBR 6118:2003 recomenda um período de sete dias de cura, mas nem sempre é executado na maioria das obras correntes, ocasionando, em alguns casos, fissuras por retração em toda a superfície. Estas fissuras são responsáveis pelo enfraquecimento superficial, tornando o concreto suscetível ao intemperismo, carbonatação, abrasão, e corrosão quando da utilização do aço (AÏTCIN, 2000).

2.3.2 Umidade

A umidade da cura próximo à condição de saturação é indispensável para o contínuo processo de hidratação do cimento. Quando a pressão dos capilares fica aquém de 80 % da umidade de saturação, a hidratação torna-se muito reduzida (TAN, 1996, POWERS, 1948). Logo, a quantidade de água dentro dos poros deve ser suficiente para que a hidratação prossiga, mas nem sempre a água da mistura será capaz de atender essa exigência, e terá que ser repostada por uma fonte externa (aspersão de água) ou interna (materiais incorporadores de água).

Quando a relação a/c é baixa, a água da mistura é consumida para a combinação química e autosecagem e, se não houver ingresso de água no concreto, pode ocorrer à retração autógena em que há a formação de menisco de água, pela falta de umidade no concreto, levando ao aumento de tensões nos poros capilares. A permeabilidade dessas misturas com baixa relação a/c é bem reduzida, mesmo nas idades iniciais, o que impede que a água aspergida atinja o concreto em níveis mais profundos, com relação à superfície exposta. Como solução, pode ser adotado um material

incorporador de água, tal como um agregado leve saturado ou polímero superabsorvente, que libera água à medida que vai ocorrendo a hidratação do cimento (REPETTE, 2005).

No caso de relações a/c maiores, a cura por membrana ou selada pode ser outra opção eficiente para o desenvolvimento da hidratação do cimento. O cobrimento com mantas transpassadas, ou, pulverização de composto formador de membrana deve garantir uma película superficial íntegra capaz de manter a umidade dentro do concreto. No entanto, a cura por membrana exige um rigor maior na aplicação, além de ser uma solução inapropriada para relações a/c baixas, sendo adequada para a/c acima 0,4 (BENTZ, 1997; AİTCIN, 2000). Em concreto de alto desempenho, as membranas de cura química resultaram em insignificante melhora ou, às vezes, no decréscimo da resistência (PINTO, et al, 2005).

A cura por molhagem é aceita no meio técnico como uma das exigências para ser atingida a resistência especificada. Mas, em peças esbeltas e curadas em condições úmidas pode ocorrer uma leve redução na resistência, quando submetidas à secagem ao ar. Isso ocorre devido à retração por secagem, em que a pasta, ao retrair-se, é restringida pelo agregado, causando microfissuras na zona de transição.

2.3.3 Temperatura

A influência da temperatura sobre a resistência depende da taxa de temperatura, no período de lançamento e cura propriamente dita. Em um estudo de Metha e Monteiro (1994) foi avaliada a influência da temperatura de cura para uma faixa de 4° a 46 °C para a temperatura de lançamento, e, mantendo-se na temperatura indicada por 2 horas e depois constante em 21 °C na cura. Obtiveram resistências mais altas para as temperaturas abaixo de 13° C, conforme mostrado na Figura 7 . A maior resistência é devido à microestrutura mais uniforme da pasta de cimento, que foi hidratada de forma mais lenta nas primeiras horas após a mistura.

Ainda numa faixa de 4° a 46°C em que o concreto é submetido a uma temperatura fixa e constante, até os 28 dias, conforme pode ser observado Figura 8 .a, quanto maior a temperatura maior será a resistência. Isto acontece porque, com o aumento da temperatura, a evolução da hidratação do cimento pode ser acelerada. A mesma

justificativa pode explicar o comportamento do aumento da resistência, quando o concreto é lançado à temperatura normal, de 21°C mantido por 6 horas, e curado a diferentes temperaturas, conforme pode ser visto Figura 8 .b (METHA e MONTEIRO, 1994).

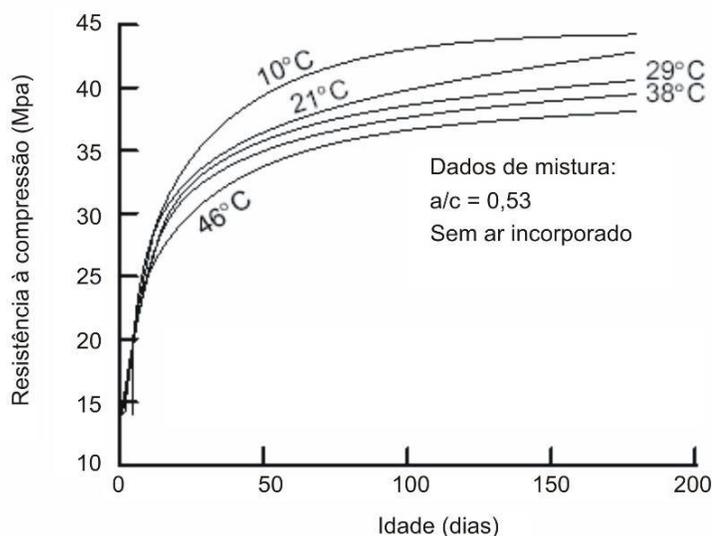


Figura 7 - Influência das temperaturas de moldagem e cura sobre a resistência do concreto (METHA e MONTEIRO, 1994).

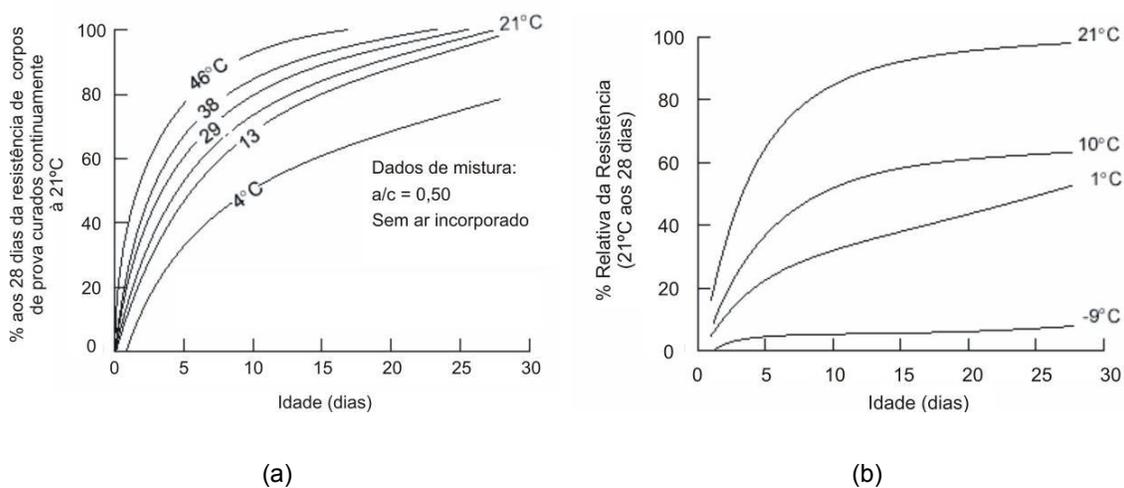


Figura 8 - Percentual da resistência (21° C aos 28 dias) por idade em dias: (a) lançamento e cura nas temperaturas indicadas, (b) lançamento e moldagem nas temperaturas indicadas, e cura a 21° C (METHA e MONTEIRO, 1994).

As altas temperaturas no início da cura promovem um ganho de resistência no concreto, mas essa vantagem pode ser compensada com o passar do tempo e refletir numa redução em idades mais avançadas, conforme pode ser constatado na Figura 9 .

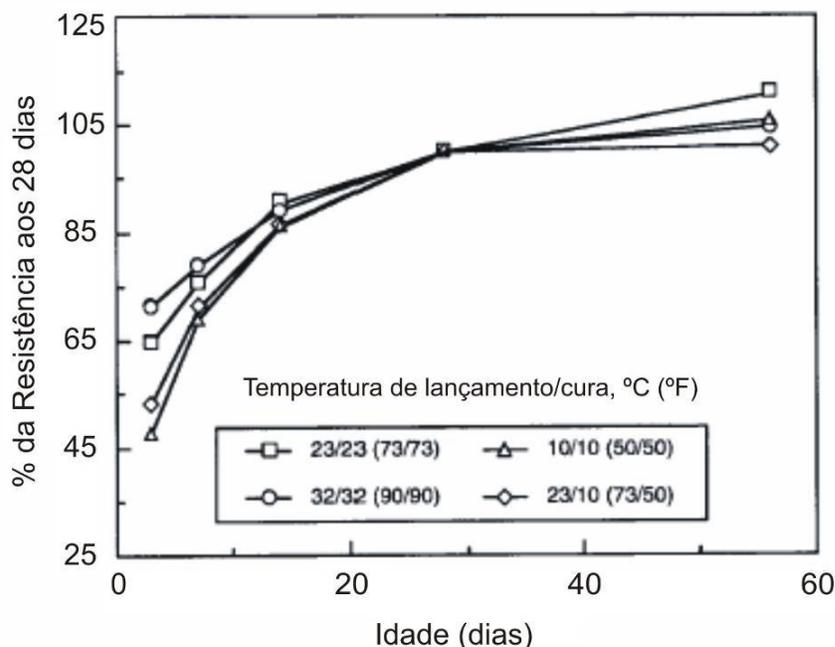


Figura 9 - Influência da temperatura no desenvolvimento da resistência a compressão (BURG, 1996).

A importância da taxa de temperatura de cura no desenvolvimento da resistência do concreto é um aspecto que deveria ser incorporado às construções como prática corrente. No entanto, a norma brasileira NBR 7212:1984 especifica um limite muito amplo para a temperatura ambiente quando do lançamento do concreto, variando de 10° a 32°C, e prescreve que os cuidados especiais devem ser tomados fora desses limites. No mesmo sentido a NBR 14931:2003 recomenda cuidados nas temperaturas além de 35°C. No entanto é mais rigorosa ao prever a suspensão da concretagem em temperaturas muito quentes, maiores de 40°C, e em temperaturas muito frias, quando estiver prevista temperatura abaixo de 0°C nas 48 horas seguintes ao lançamento, bem como em situações nas quais a temperatura da massa do concreto esteja 5°C acima da temperatura ambiente.

2.4 Parâmetros de Ensaio

A resistência é afetada pelos parâmetros de ensaio, devendo ser executadas em condições específicas e conhecidas. Os procedimentos de moldagem, cura e ruptura de corpos-de-prova cilíndricos de concreto, são prescritos nas normas brasileiras NBR 5738:2003 e NBR 5739:1994 de forma não muito precisa, o que possibilita diversas interpretações e resultados distorcidos da estimativa de resistência. Julga-se fundamental a especificação de um procedimento único, em que possa ser garantida a repetição do resultado do ensaio.

Os parâmetros de ensaio serão divididos em relação aos parâmetros do corpo-de-prova e às condições de carregamento.

2.4.1 Parâmetros dos corpos-de-prova

A resistência pode ser influenciada por variações nos parâmetros dos corpos-de-prova, tais como: geometria, tamanho, tipo do molde, cura, condições de umidade na ruptura e preparação dos topos.

Geometria

Os corpos-de-prova podem ser cúbicos ou cilíndricos. Os cúbicos são usados na Grã-Bretanha, Alemanha e outros países da Europa. Os cilíndricos são padronizados nos Estados Unidos, França, Canadá, Austrália e Nova Zelândia (NEVILLE, 1997). No Brasil, o corpo-de-prova cilíndrico é o utilizado com dimensões básicas prescritas na norma brasileira NBR 5738:2003.

Nos corpos-de-prova cilíndricos há a necessidade de tratamento do topo, antes do rompimento, com capeamento ou desgaste mecânico. Já o ensaio de corpos-de-prova cúbicos pode ser considerado mais simples, por não ter a necessidade da preparação do topo. As faces laterais do corpo-de-prova são apoiadas diretamente nos pratos da prensa, por apresentarem uma superfície lisa e livre de saliências. No entanto, o molde cúbico é mais pesado e gera menor uniformidade de resultados. Isso porque seus corpos-de-prova são mais influenciados pelo atrito entre o topo e o prato da prensa, propriedade do agregado graúdo e distribuição de tensões menos uniformes nos planos horizontais de seção quadrada. Em consequência da menor uniformidade, a

RILEM (Réunion Intransnationale des Laboratoires d'Essais e Recherches sur lês Mateériaux et lês Constructions) recomenda a utilização de moldes cilíndricos, pelo menos em pesquisas (RILEM apud NEVILLE, 1997).

A relação entre as resistências do cilindro e do cubo aumenta muito com o aumento da resistência e chega a aproximadamente 1 para resistências maiores do que 100 MPa (EVANS apud NEVILLE, 1997). LIMA (2002) relata que os valores para a mesma relação, que constam na literatura são de 0,7 a 0,9, podendo ser constatada a semelhança com os dados encontrados em estudo experimental, para a resistência de 25MPa, com a relação entre cilindros e cubos variando de 0,742 a 0,838 para 7 dias. Para os 28 dias, os valores ficaram um pouco abaixo do esperado, variando de 0,625 a 0,696.

Tamanho

A norma brasileira NBR 5738:2003 prescreve que os moldes cilíndricos devem ter altura igual ao dobro do diâmetro, variando de 10 a 45 cm, em incrementos de 5 em 5 cm, sendo a medida do diâmetro utilizada como referência para corpos-de-prova e definida como dimensão básica. A dimensão básica do corpo-de-prova deve ser, no mínimo, três vezes maior que a dimensão nominal máxima do agregado graúdo do concreto. A norma americana ASTM C 31/C 31M:2003 determina as dimensões do corpo-de-prova cilíndrico, em 150X300 mm, podendo ser adotado o de 100x200 mm, quando especificado.

A utilização de corpos-de-prova de 100x200 mm é uma tendência, e os benefícios são operacionais. A facilidade no manuseio, instalações mais simples e menor desgaste nas prensas podem ser apontados como os principais requisitos para a preferência de um corpo-de-prova de menor tamanho. Por outro lado, as resistências e a variabilidade um pouco mais altas, tornaram-se uma limitação, por não estarem representando adequadamente a resistência potencial do concreto. Seria prudente, para sanar esta restrição, a moldagem de mais corpos-de-prova para reduzir a variabilidade da amostra; e, com relação à resistência, alterar o procedimento de adensamento para diminuir a compactação dos corpos-de-prova, como por exemplo, redução do número de golpes ou de camadas.

As resistências aumentam com a redução do tamanho do cilindro (AÏTCIN, et al, 1994). Em estudo comparativo de desempenho entre corpos-de-prova de 150x300 mm e 100x200 mm pode ser encontrado um acréscimo de 1,3 %, entre as médias das resistências (CARINO, 1996). No entanto, a diferença de resistência entre os dois tamanhos de corpos-de-prova pode ser reduzida, modificando o adensamento, ao adotar duas camadas de concreto, ao invés de vez de três, no de menor volume (CARINO, 1997; CARINO, 2005). Isso pode ser justificado da seguinte maneira, quando se tem volume maior de concreto, a quantidade de vazios também é maior e, por conseguinte, mais deformável; por isso os moldes maiores apresentam resistências menores (JACINTHO, 2005). No entanto, (BURG e OST, 1994, PISTILLI e WILLEMS, 1993 apud PCA, 2006c) não encontraram diferença significativa entre os dois tamanhos de corpos-de-prova cilíndricos, conforme pode ser observado na Figura 10 .

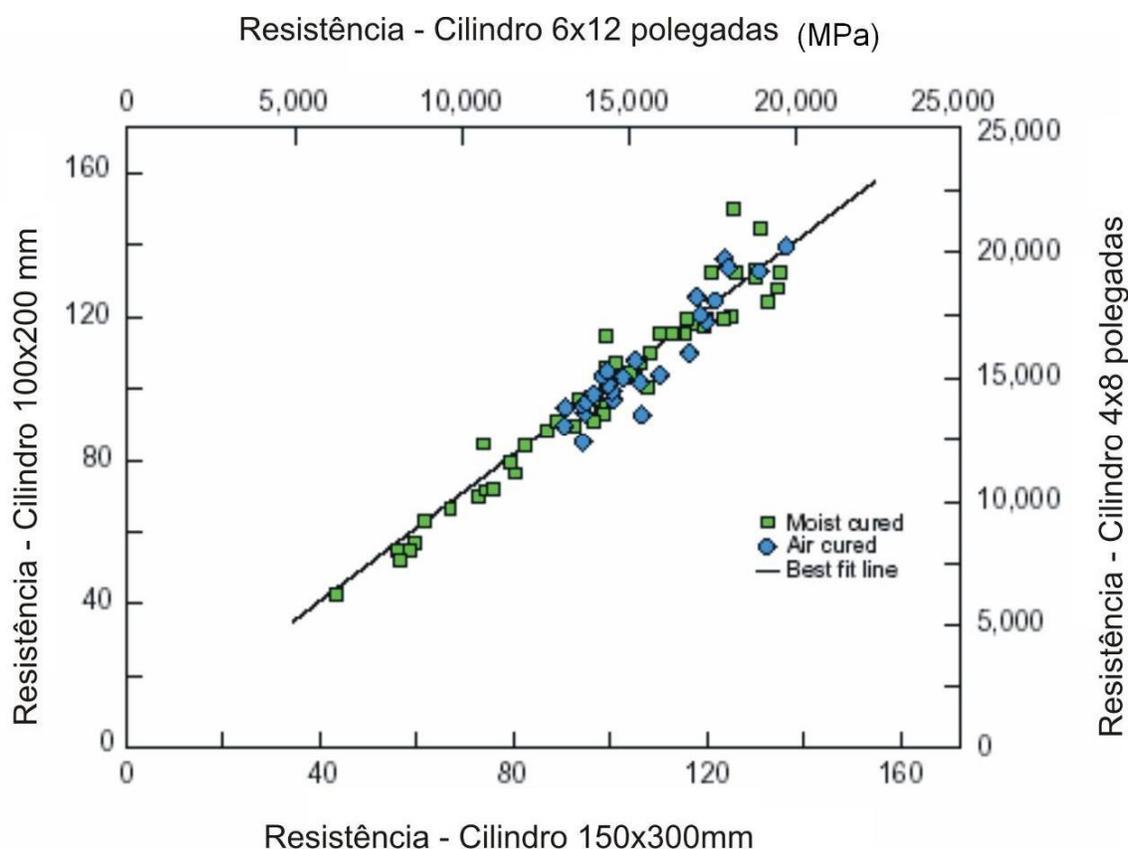


Figura 10 - Comparação entre corpos-de-prova cilíndricos de 150x300 mm e 100x200 mm (BURG e OST, 1994).

Para variações na relação altura sobre diâmetro, a norma americana ASTM C 42/C 42M:2004 estabelece um fator de correção da resistência, que não difere mais que 8% dos valores obtidos com corpos-de-prova padronizados, para relação h/d de 1,75 a 1,25. Quando se trata de valores entre 1,50 e 2,50, essa correção pode ser desconsiderada devido a influência pouco significativa na resistência. Para razão altura sobre diâmetro maior que 5, a resistência diminui rapidamente, evidenciando-se o efeito da relação de esbeltez. Para razão h/d muito pequena, a influência da contenção imposta pelo atrito do prato da prensa com a amostra, pode ser bastante significativa (NEVILLE, 1997). Logo, a esbeltez influencia a resistência obtida em ensaio de resistência à compressão do concreto. Mas, além disso, (MUNDAY e DHIR, 1984 apud REPETTE, 1991) comprovaram que a influência da esbeltez nos resultados de rupturas varia com a resistência do concreto e com o tipo de cura adotada para os testemunhos, conforme pode ser visto na Figura 11 .

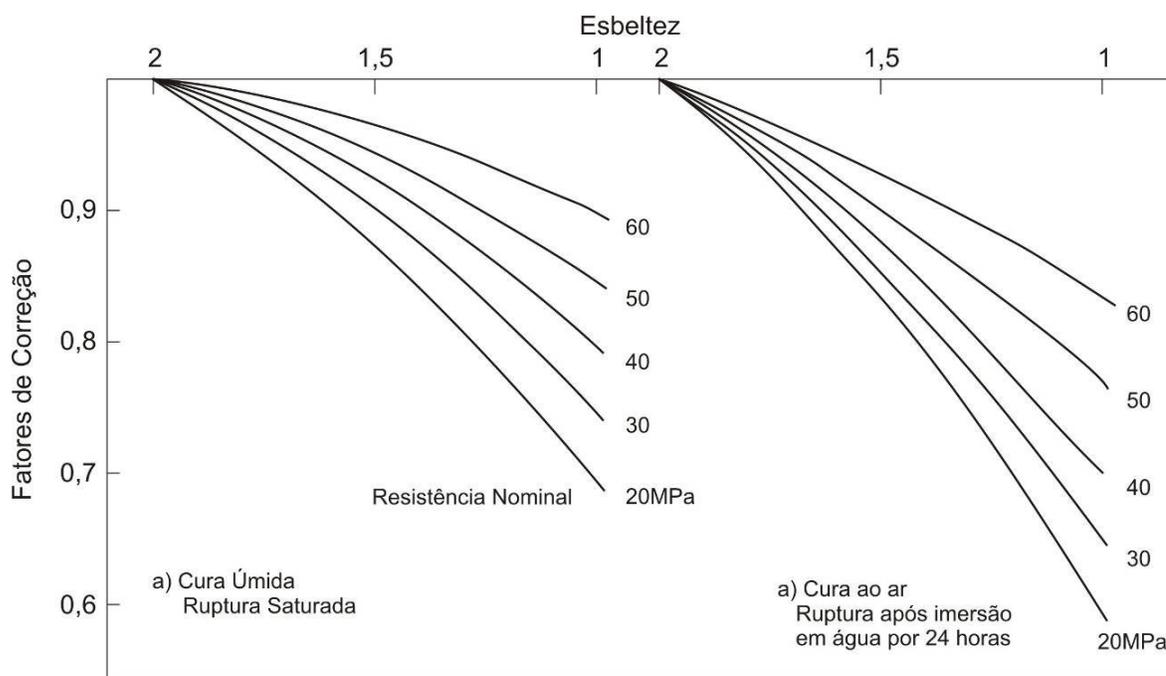


Figura 11 - Fatores de correção dos resultados de testemunhos em função da esbeltez, tipo de cura e resistência de testemunhos (MUNDAY e DHIR, 1984 apud REPETTE, 1991).

Tipo de Molde

Os moldes mais usuais são os metálicos, mas também existem os moldes feitos de folha metálica, papelão e plástico, com baixa rigidez e menos duráveis. ROCHA (2002)

apresentou um molde de resina que depois de fechado, possui elevada estanqueidade, possibilitando o endurecimento do corpo-de-prova na posição horizontal, dispensado completamente o tratamento do topo, conforme pode ser visto na Figura 12 . Os resultados de resistência não evidenciaram nenhuma diferença significativa entre o molde de resina e o tradicional molde metálico.

O tipo do molde, aparentemente, pode não ter influência no resultado de resistência. Mas, no caso de moldes descartáveis, que não são suficientemente rígidos, pode haver a dissipação de parte da energia de adensamento e/ou a perda da forma geométrica do corpo-de-prova, com leve ovalização do topo, levando a redução da resistência (AÏTCIN, 2000). O material dos moldes com características absorventes poderia aumentar a resistência, pela redução da relação a/c da mistura.



Figura 12 - Molde em resina: (a) com os seus componentes e o corpo-de-prova desmoldado (b) na moldagem do corpo-de-prova e endurecimento na horizontal (ROCHA, 2002).

A inaptidão em manter a água na amostra, talvez, seja o fator preponderante sobre a influência na resistência, por não ser percebido no procedimento de moldagem. Descuidos com a falta de estanqueidade dos moldes, que são providos de sistema desmontável para facilitar a desmoldagem, ou a evaporação na superfície livre, por não estarem cobertos, podem diminuir a relação a/c e, como nas primeiras horas, o concreto não tem resistência suficiente para suportar o seu peso próprio, a amostra é densificada pela aproximação dos produtos de hidratação. Isso resultaria na majoração

da resistência do concreto em alguns corpos-de-prova, e conseqüentemente o aumento da variabilidade, sendo obtida uma avaliação distorcida da qualidade e uniformidade do concreto empregado na obra.

Em estudo piloto no GTEC-UFSC, com a utilização de moldes metálicos tradicionais, ou seja, sujeitos aos vazamentos no fundo e lateral, e com, moldes de PVC estanques, composto de tubo de esgoto colado numa conexão tipo cap, ficou evidente a vulnerabilidade causada pelo uso de um molde não completamente vedado, tendo como resultado, dados mais dispersos, do que os dados obtidos com os moldes colados. A diferença entre, o desvio-padrão do molde de PVC, 0,66 MPa, para o molde metálico, 0,71 MPa, e, aumento da média de 11,7 MPa para 12,1 MPa, respectivamente, molde de PVC e metálico, podem fundamentar o argumento de vazamento aleatório e revelar a necessidade aprimoramento dos moldes

Os moldes de PVC estanques, conforme pode ser visto na Figura 13 , são baseados em moldes de PVC feitos com tubo de esgoto e uma placa de PVC como fundo, usados em pesquisas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, e o molde plástico de concreto, produzido em escala industrial e empregado em alguns países, como Canadá e Estados Unidos. Na desmoldagem, o emprego de ar comprimido é necessário, com pressão aproximada de 90 psi.



Figura 13 - Moldes de PVC estanque.

Cura

A norma brasileira NBR 5738:2003 estabelece como cura inicial, o período que ocorre nas primeiras 24 horas para corpos-de-prova cilíndricos e 48 horas para os prismáticos, tendo seu término com a desmoldagem. Na cura inicial, as amostras devem ser cobertas e armazenadas em local protegido de intempéries.

Quando a finalidade do ensaio é para comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto, os corpos-de-prova após a desmoldagem devem ser submetidos à cura imersa ou úmida, até a data do ensaio. Na cura imersa, os corpos-de-prova são armazenados em tanques com solução saturada de hidróxido de cálcio em temperatura de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Na cura úmida, os corpos-de-prova são armazenados em ambiente com temperatura de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa igual ou superior 95 %.

Mas, se a intenção do ensaio é verificar as condições de proteção e cura do concreto, os corpos-de-prova devem receber as mesmas proteções contra ações climáticas e cura, que o concreto lançado. Nesse caso, estes permanecem no local, sendo expostos, as mesmas condições climáticas que a estrutura, até a data do ensaio. Mesmo assim, os efeitos de temperatura e da umidade nos corpos-de-prova não são iguais aos que existem em massas de concreto, relativamente grandes. Tem-se na literatura, pesquisas que englobam estes efeitos em separado, conforme visto na Figura 14 , onde é avaliada a temperatura de cura em função da resistência e relacionada com a idade de ruptura de corpos-de-prova.

Em corpos-de-prova secos ao ar no momento do ensaio, os resultados de ensaios à compressão apresentam um incremento de 20 a 25 % em relação ao dos corpos-de-prova correspondentes ensaiados em condição saturada (METHA e MONTEIRO, 1994). A menor resistência do concreto saturado é provavelmente devida à existência de uma pressão de água nos poros capilares da pasta, no momento do ensaio de ruptura.

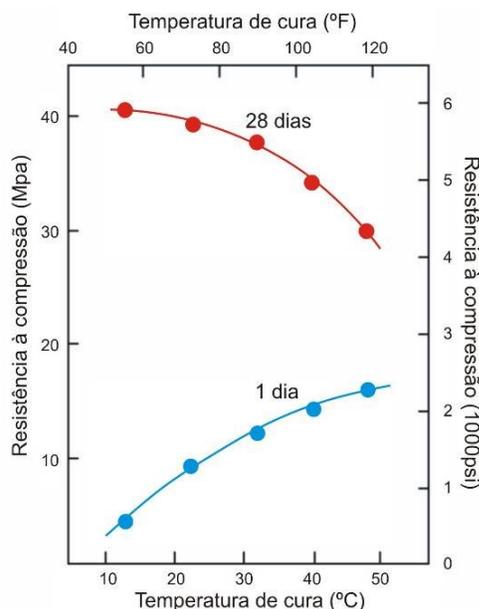


Figura 14 - Influência da temperatura de cura na resistência a 1 e 28 dias (PCA, 2006 b)

Preparação dos Topos

Nos corpos-de-prova cilíndricos, após o adensamento da última camada, deve ser feito o rasamento da superfície com a borda do molde de forma muito criteriosa. Isto porque, antes do rompimento, o topo será tratado com a finalidade de eliminar irregularidades da superfície deixadas pelo acabamento rudimentar de uma colher de pedreiro ou régua metálica. Para produzir resultados de ensaios precisos, o cilindro de concreto deve encontrar-se com os topos planos, lisos e perpendiculares em relação ao eixo central.

A norma brasileira NBR 5738:2003 prescreve que a preparação das bases dos corpos-de-prova cilíndricos deve ser feita com remate, retificação ou capeamento. O remate é um procedimento opcional, executado de 6 a 15 horas após a moldagem, no qual o topo é escovado e coberto com uma fina camada de pasta consistente e posteriormente tapado com uma placa de vidro. Na retificação é feita a remoção de uma delgada camada de material do topo, por meios mecânicos, em máquinas especialmente adaptadas para esta finalidade.

No capeamento, o topo do corpo-de-prova, é revestido com uma fina camada de material: aderente, fluido na aplicação, liso e plano após endurecimento, com

compatibilidade química e resistência próxima dos valores obtidos com o concreto. O capeamento, com espessura máxima de 3 mm, não tem a função de ocultar grandes imperfeições, causadas por descuidos na moldagem. Sua finalidade principal é uniformizar a superfície, evitando a concentração de tensões no ensaio de ruptura. Poderia ser inferido que um corpo-de-prova bem moldado é condição prévia para uma boa aplicação do capeamento.

Costumeiramente, os materiais empregados no capeamento aderente são: a pasta de cimento e a pasta de enxofre fundida. O material do capeamento é vertido no capeador e, após sua fixação, o corpo-de-prova poderá ser removido, e levado para o ensaio de ruptura ou para dar prosseguimento à cura. A fixação da pasta de cimento acontece de forma lenta, variando de 18 a 24 horas. O mesmo não ocorre com pasta de enxofre, que se fixa de forma muito rápida. O tempo de fixação deve ser levado em consideração na operacionalização do capeamento, pois irá determinar a quantidade necessária de capeadores. O capeador é um dispositivo que garante o capeamento perpendicular em relação ao eixo central do corpo-de-prova, podendo ser horizontal ou vertical, sendo este último o mais prático e comum. Os capeadores são exemplificados na Figura 15 .

O manuseio e aplicação da pasta de enxofre é uma atividade que libera gases tóxicos e assim pode ser classificada como insalubre de grau máximo, conforme o anexo 11 da Norma Regulamentadora N° 15 - NR 15 dada a circunstância em que forem ultrapassados no ambiente de trabalho os limites de tolerância de 4 ppm ou 10 mg/m³, até 48 horas por semana. Desta forma, o seu operador submete-se a inalar gases tóxicos e manipular material fundente sendo recomendada a utilização de equipamentos de proteção individual e coletivo, tais como máscara para gases, luvas, avental de mangas compridas, capela, exaustor e divisórias para o isolamento do local. No procedimento de capeamento, o fator mais importante é o controle da temperatura, pois irá determinar o grau de fluidez do enxofre. Quando mantido a temperaturas mais baixas, o enxofre alcança o ponto de fluidez ideal, e é capaz de ser vertido como um óleo leve. Se submetido a temperaturas mais altas, a fluidez é muito reduzida, ficando coagulado ou até mesmo atingindo o ponto de queima. Cuidados especiais devem ser adotados ao capear corpos-de-prova com a superfície molhada ou fria, porque podem originar áreas sem aderência. Estas podem ser identificadas pelo som abafado, ao se

bater levemente na superfície do capeamento suspeito de estar solto, providenciando sua imediata remoção.

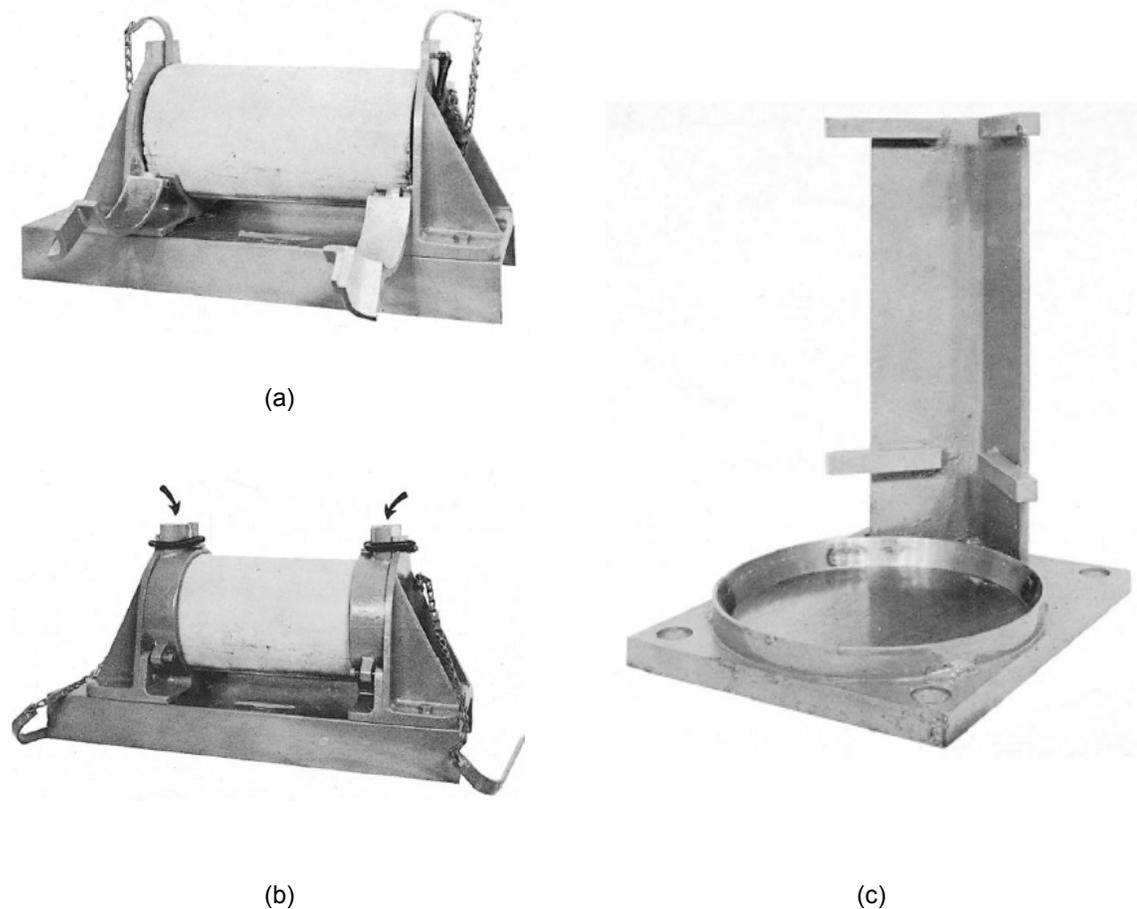


Figura 15 - Capeadores: (a) horizontal aberto, (b) horizontal preparado para colocar o enxofre fundido – ver indicação das setas e (c) vertical.

O capeamento quebrado, na ruptura do concreto e na inaptidão da aplicação pode ser reusado até cinco vezes (NEVILLE, 1997). Mas, deve ser tomado cuidado com a prática de aplicar óleo no corpo-de-prova para facilitar o desprendimento do capeamento. A incorporação excessiva de óleo na mistura aquecida de enxofre aumenta a toxicidade dos gases liberados, conforme alerta a ASTM C 617:2003. Às vezes, com a reutilização do enxofre, partículas sólidas grandes de concreto são misturadas ao material fundido e dificultam a confecção dos próximos capeamentos.

Em um estudo pela NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association) apud CARINO (2001), foram comparadas as resistências de cilindros com diferentes tratamentos de topo, sendo utilizado a retificação e dois tipos de capeamento, com enxofre e pasta de cimento. Para concretos de alta resistência, o capeamento com enxofre resultou numa redução de 3% e 8% na resistência, com espessuras de 3 e 6 mm, respectivamente. Para o capeamento com pasta de cimento, as resistências mostraram-se muito semelhante com as obtidas nos corpos-de-prova retificados.

O emprego do capeamento não aderente vem aumentando, principalmente pela normalização e facilidade na aplicação, pois consiste de suporte metálico onde fica encaixado um disco de neoprene, conforme pode ser observado na Figura 16, que é apoiado sobre o corpo-de-prova no momento do ensaio, sem nenhuma preparação prévia como nos capeamentos aderentes. A norma americana, ASTM C1231/C 1231:2001, restringe a utilização de capeamento não aderente, para concreto com resistência à compressão, abaixo de 10 MPa, ou acima de 85 MPa.

A norma brasileira NBR 5738:2003 no item 9.4.2.5 estabelece a respeito de capeamento que: *outros processos podem ser adotados, desde que sejam submetidos à avaliação prévia por comparação estatística, com resultados obtidos de corpos-de-prova capeados por processo tradicional, e os resultados obtidos apresentem-se compatíveis.*



Figura 16 - Suportes metálicos e neoprene para o capeamento não aderente (PCA, 2006c).

Seguindo esta premissa de adotar um capeamento de mais fácil aplicação e custo reduzido, tem sido aplicado material alternativo, para que seja comprovado o desempenho similar ao método normalizado. Meneguetti, et al, (2001) utilizaram o enxofre, a resina epóxi e a madeira, e constataram que o primeiro tem o melhor desempenho que os outros dois tipos de capeamentos, por ser apto a corrigir as excentricidades maiores e irregularidades da superfície. Já os resultados obtidos por Prudêncio Jr., et al, (2005) causaram estranheza, pois os corpos-de-prova retificados tiveram o pior desempenho se comparado com o neoprene, madeira e pasta de cimento. A execução de forma inapropriada do tratamento de topo pode ter sido a causa da redução da resistência dos corpos-de-prova retificados, sendo recomendado maior cautela com os procedimentos adotados, para que a resistência obtida em ensaios seja a mais representativa do material empregado, e assim ser capaz de avaliar com precisão a aceitação de um determinado lote de concreto.

2.4.2 Condições de Carregamento

As condições de carregamento influenciam nos resultados de resistência à compressão do concreto, uma vez que, no ensaio de compressão, o corpo-de-prova é submetido a aumentos progressivos de carga até a sua ruptura, o que acontece em poucos minutos. A norma brasileira, NBR 5739:1994, estabelece que a carga de ensaio deve ser aplicada continuamente e sem choques, com velocidade de carregamento de 0,3 a 0,8 MPa/s.

A norma americana ASTM C 39/C 39M:2003 recomenda um intervalo estreito, para que a velocidade de aplicação de carga, não tenha nenhum efeito sobre a resistência. CARINO (1996) relata que, a taxa de carregamento mais rápida preconizada por esta norma, 0,34 MPa/s, resultou em aumento 2,2 % na resistência média, que a taxa mais lenta, 0,14 MPa/s. Tendo como base estes resultados, foi recomendado reduzir o valor da velocidade de aplicação da carga e a ASTM C 39, versão 2004, requer uma taxa de carregamento de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (CARINO, 2005).

A ruptura dos corpos-de-prova de concreto tem seu início nas microfissuras da zona de transição, no entanto, contraditoriamente, é a presença do agregado graúdo que restringe a abertura de uma única e grande fissura. Mesmo antes da aplicação do

carregamento, já existem fissuras muito finas na interface entre o agregado graúdo e a pasta de cimento, devido à retração e/ou variação térmica. Com aplicação de cargas crescentes, essas microfissuras permanecem estáveis até cerca de 30 %, ou mais, da carga última e, a partir desse ponto, começam a aumentar em comprimento, abertura e número, tendendo a tornar-se instáveis. Com o aumento da carga, até 70 % ou 90 % da resistência final, as fissuras se abrem através da argamassa (interface pasta e agregado miúdo), e se interligam formando um padrão de fissuração contínua, transformando-se num sistema instável, até a ruptura (NEVILLE, 1997).

A distribuição uniforme da tensão é assegurada pela boa condição de topo do corpo-de-prova, bem como o seu posicionamento preciso no eixo do prato da prensa, e pelo dispositivo de alinhamento tipo um assento esférico. O assento esférico se inclina em caso de capeamento inclinado ou deformações diferentes com a aplicação da carga, de modo que a tensão é igual em todas as partes do corpo-de-prova (NEVILLE, 1997).

3 CONTROLE DE QUALIDADE DO CONCRETO

No estado endurecido, a resistência à compressão é a propriedade mais importante para a constatação da uniformidade e conformidade do concreto durante a construção, estando presente em muitas normas como requisito mínimo de qualidade ou critério de aceitação. Pode-se intuir que, a ampla difusão da resistência à compressão como parâmetro de dosagem e controle de qualidade, seja devido: à relativa facilidade de execução do ensaio, bem como, a padronização deste por normas; aptidão de influenciar, e ser relacionada, com outras propriedades do concreto; e evidentemente, a sua capacidade resistente.

A norma brasileira NBR 6118:2003 prescreve como requisitos mínimos de qualidade da estrutura de concreto, durante a execução e serviço, como sendo: a capacidade resistente, o desempenho em serviço e a durabilidade. No entanto, o projeto estrutural não é capaz de assegurar estes requisitos na execução, porque no transcorrer da obra, a qualidade da estrutura é influenciada por uma série de fatores, que a distancia do especificado. O grau de concordância dessas características finais, com aquelas que foram anteriormente especificadas, pode medir a qualidade da execução. A verificação da conformidade, na sua grande maioria é feita, pelo controle do produto, por ser mais simples e barato, do que, o controle de qualidade do processo. Essa qualidade será tanto mais alta, quanto maior a conformidade do executado ao que foi projetado.

As normas NBR 12655:1996 e NBR 7212:1984 tratam da qualidade do concreto e ainda que possam parecer conflitantes apresentam no item *objetivo* a distinção que lhe é pertinente, pois esta última é mais específica, tratando de concreto dosado em central, ao passo que aquela é mais abrangente e discorre sobre concreto, não excluindo o concreto dosado em central. Na norma brasileira NBR 12655:1996 são especificados os ensaios de controle de aceitação do concreto, como sendo: consistência e resistência à compressão, além de ensaios e determinações para o controle das propriedades especiais. A aceitação do concreto dosado em central está definida na norma brasileira NBR 7212:1984 pela constatação, por parte do contratante, das especificações constantes no pedido. E o pedido pode ser especificado pela resistência característica do concreto, pelo consumo de cimento e

pela composição da mistura (conforme consta no item 5.1 da mencionada norma); além das propriedades e parâmetros necessários ao concreto fresco.

Quando o concreto é especificado pelo traço, a resistência nem sempre é alcançada com as proporções prescritas, por sofrer grande influencia devido à variabilidade do material empregado. O mesmo pode não ocorrer com a fixação do consumo de cimento, porque é um material com propriedades mais constantes, mas as restrições dos teores máximos estão associadas aos requisitos de durabilidade, evitando a fissuração por retração e variações de temperatura. O pedido mais usual é o que especifica a resistência característica do concreto à compressão e, em complementação, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento da entrega.

3.1 Resistência Característica e Resistência de Dosagem

O cálculo estrutural busca assegurar que a obra tenha uma mínima probabilidade de alcançar o estado limite último, e o principal propósito do controle de qualidade, é certificar que o concreto lançado na estrutura tenha uma mínima probabilidade de ter a resistência aquém da especificada em projeto. A resistência mínima do concreto é especificada no projeto estrutural, é designada de resistência característica à compressão (f_{ck}), e está relacionada com uma probabilidade pré-definida de ocorrência, sendo de 95 % de exceder a esse valor ou apenas 5 % de não atingi-lo.

A resistência média, que se pretende atingir na dosagem, é o parâmetro inicial para estabelecimento da proporção ideal entre os materiais, sendo denominada de resistência de dosagem (f_{cj}). Esta é dependente principalmente da relação água/cimento adotada para o concreto, ou seja, está diretamente relacionada com a definição do tipo e consumo de cimento. Seu valor pode ser obtido pela média das amostras ensaiadas por procedimento normalizado, na obra ou no laboratório. Nas normas, é aceito que a dispersão encontrada nos resultados tenha o comportamento característico de uma distribuição normal ou gaussiana, podendo ser representada pela Equação 2, onde as variáveis já estão adaptadas para o caso da distribuição de resistência à compressão do concreto.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 S_d \quad (2)$$

Sendo: f_{cj} como resistência de dosagem para uma determinada idade expressa em dias, f_{ck} como resistência característica à compressão e S_d como o desvio-padrão de ensaio ou produção, todos em MPa.

3.2 Variabilidade da Resistência

O desvio-padrão (S_d) mostra a variabilidade com que o concreto costuma ser produzido, e pode ser dependente do rigor com que é preparada a mistura e a variabilidade dos materiais e ensaios. O desvio-padrão de dosagem do concreto é prescrito pela norma brasileira, NBR 12655:1996, e sua obtenção pode ser feita de duas formas distintas. No primeiro caso, quando se possui dado anterior de uma mesma produção, se fixa um número mínimo de 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias (ou menos), tendo como limite mínimo para o valor adotado de 2 MPa.

Para o caso de não se ter valores anteriores de resistência para o cálculo do desvio-padrão, em situações, como o início de uma obra, ou alterações no processo de produção, podem ser usados valores tabelados em que são determinadas as condições de preparo do concreto. Na condição mais rigorosa, designada de A, em que os materiais são medidos em massa com correção da umidade, o desvio-padrão a adotar é de 4,0 MPa. Na condição intermediária, denominada de B, a norma recomenda usar 5,5 MPa. Nesta condição, o cimento é medido em massa, a água em volume e os agregados em massa combinada ou volume com correção da umidade e inchamento. A condição C é a menos rigorosa, porque apenas o cimento é medido em massa, a água e os agregados são medidos em volume, com a estimativa da umidade em função da consistência do concreto. O desvio-padrão recomendado neste caso é de 7,0 MPa. Esta condição pode ser aplicada apenas para concretos de classe C10 e C15. Mas a norma brasileira NBR 6118:2003 especifica, como critério de durabilidade, a adoção de concreto armado de, no mínimo, classe C20 (exceto fundações, em que C15 é o mínimo especificado), o que restringe bastante a aplicação da condição C, tornando-se permitida em concreto simples, sem a utilização de armadura, ou em obras enterradas onde tenha sido comprovada a não agressividade do solo.

As três condições de preparo podem ser visualizadas melhor na Figura 17, sendo bem enfatizado, que na condição menos rigorosa ou C, a resistência média terá de ser aumentada, e conseqüentemente o consumo de cimento ficará além do que nas condições: intermediária e mais rigorosa. Situação similar a esta que foi descrita, pode ser inferida ao analisar a condição intermediária ou B em relação à favorável ou A.

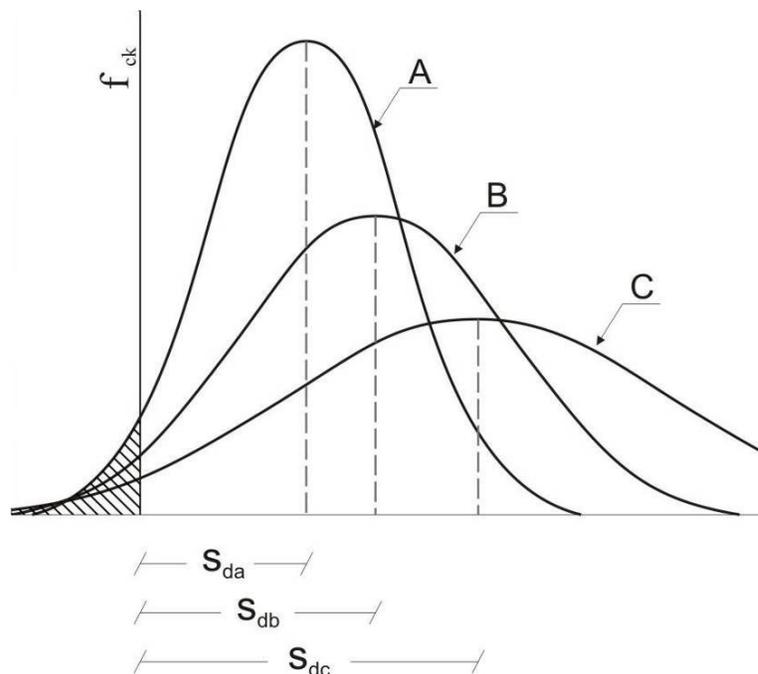


Figura 17 - Distribuição normal das três condições de preparo do concreto.

A norma brasileira NBR 12655:1996 admite claramente a hipótese de constância do desvio-padrão, em que a diferença entre a resistência média e a resistência mínima deve ser constante para a mesma condição de preparo do concreto.

No entanto, Prudêncio Jr. (2005) afirma que esse enfoque pode conduzir a distorções, pois o desvio-padrão, não expressa com fidelidade a variabilidade da resistência de um concreto, uma vez que é dependente dela. Isto pode ser exemplificado na Figura 18. Onde um pequeno erro na dosagem de água de um concreto, em função das suas condições de produção, provocará uma variação na relação água / cimento. Como a relação entre a resistência à compressão e a/c é exponencial, se esse erro ocorrer em concretos de baixa resistência, a variação de resistência será de pequena magnitude ao passo que se a resistência em questão for elevada, a sua variação será bem maior.

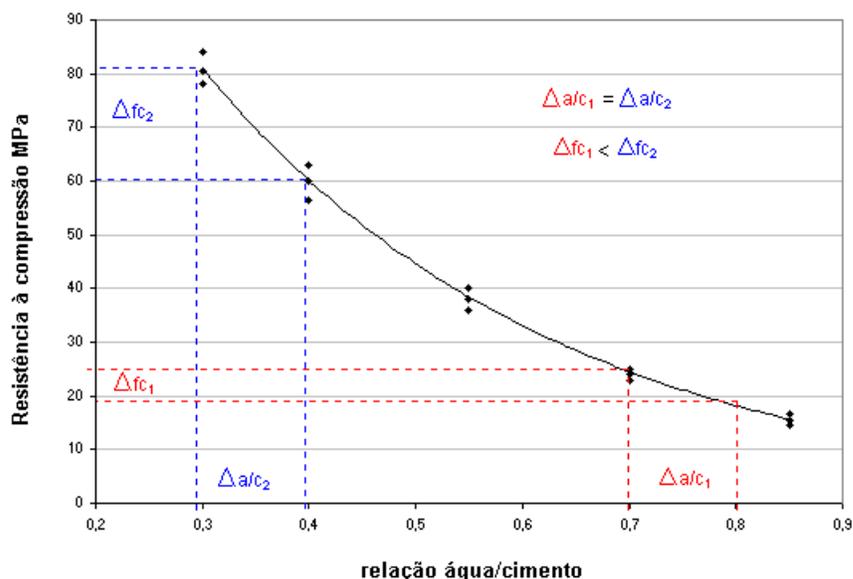


Figura 18 - Influência do erro da relação a/c na resistência (PRUDÊNCIO JR., 2005).

Neville (1997) demonstra a diferença entre as duas hipóteses, de constância do desvio-padrão e constância do coeficiente de variação, ao supor um concreto de resistência média de 25 MPa, desvio-padrão de 4 MPa e coeficiente de variação 16%. Para produzir um concreto com resistência mínima de 50 MPa, mantendo-se as mesmas condições, seria obtido a resistência média de 59 e 79 MPa, causando um aumento significativo do consumo de cimento quando fosse escolhido o método do desvio-padrão ou coeficiente de variação, respectivamente. As pesquisas realizadas não apresentam um consenso quanto ao método mais adequado. Às vezes, são determinados alguns intervalos em que se apresenta uma constância, ora do desvio-padrão, ora do coeficiente de variação.

3.2.1 Variabilidade da Produção

Na produção, a variabilidade está relacionada diretamente com os aspectos econômicos. Pois quanto menor for o desvio-padrão, menor será o valor de resistência de dosagem (f_{cj}), necessário para produzir um concreto cuja resistência característica estimada (f_{ckest}), seja maior ou igual à resistência característica de projeto (f_{ck}). O fornecimento de materiais uniformes, eficiência de mão-de-obra no uso de bons

equipamentos e procedimento de ensaio padronizado são fatores que influenciam preponderantemente a variabilidade na produção.

A variabilidade da produção em centrais de concreto é prescrita na norma brasileira NBR 7212:1984 por um procedimento sucinto, onde a própria central pode escolher arbitrariamente quais os concretos serão amostrados para avaliação da sua média e seu desvio-padrão. A amostra é formada de no mínimo 32 exemplares, sendo estes constituídos de pelos menos um par de corpos-de-prova para cada idade de rompimento, de forma que se tenha pelo menos, um exemplar a cada 50 m³ de concreto entregue. O número de exemplares pode ser reduzido, se os valores de desvio-padrão ficarem abaixo de cinco ou quatro, passando, respectivamente, para 25 e 16 exemplares. No entanto, tem sido prática freqüente, as centrais de concreto, fazerem amostragem total em pedidos de grande volume ou por solicitação do cliente, para confrontar com os resultados de ruptura do controle da obra, principalmente em casos de não conformidade.

O controle de produção de um concreto é feito analisando a média e o desvio-padrão, e a norma brasileira, NBR 7212:1984, especifica para o cálculo, a utilização do resultado mais alto do exemplar (f_i), e define a resistência de dosagem (f_r), como uma escolha arbitrária de resistência freqüentemente solicitada, sendo esta igual ou superior a 22 MPa. A amostra poderá ser constituída de resultados de ensaio de concretos com resistência de dosagem diferentes, desde que seja adotado a correção dos valores de f_i para f'_i , previsto nas Equações 3 ou 4, respectivamente, para $f_{cj} \geq 22$ MPa e $f_{cj} < 22$ MPa.

$$f'_i = f_r + (f_i - f_{cj}) \quad (3)$$

$$f'_i = f_r + (f_i - f_{cj}) * (22/f_{cj}) \quad (4)$$

Onde, f'_i : resultados de ensaio corrigidos para cada exemplar, f_i : maior resultado exemplar, f_r : resistência do concreto de referência, f_{cj} : resistência de dosagem.

E o desvio-padrão da central para as condições consideradas, pela Equação 5. Tendo, \bar{f} : média dos resultados de ensaio corrigidos e n: número de exemplares

$$S_n = \sqrt{\frac{(f'_i - \bar{f}')^2}{n-1}} \quad (5)$$

A produção da central trabalha alternando diversas resistências de dosagem. Mas, ao adotar diferentes valores de resistência de dosagem para compor um único grupo em que será avaliada a variabilidade do concreto, tem como consequência a majoração do desvio-padrão da central, bem como o aumento do consumo de cimento, desnecessário em alguns casos.

3.2.2 Variabilidade do Ensaio

A variabilidade do ensaio é função principalmente da moldagem, transporte, cura, capeamento e rompimento dos corpos-de-prova, e negligenciar a sua participação na variabilidade dos resultados de resistência do concreto seria um equívoco. Pois, quando há um descontrole nos ensaios, a variabilidade do concreto é influenciada e pode-se tornar relativamente alta, sendo fonte geradora de não conformidades.

A não conformidade gera uma situação de desconforto, tanto para as centrais de concreto, quanto para os laboratórios especializados. Quando da existência de resultados baixos nas centrais, estas aumentam o consumo de cimento nas próximas misturas para serem alcançadas as resistências especificadas, o que pode ser considerado uma medida muito severa, mas que prima pela segurança numa situação que pede por ações rápidas. No entanto, essa medida torna-se onerosa, se não forem investigadas as fontes geradoras de não conformidades, pois, algumas vezes, a resistência está sendo subestimada por se apoiar em dados de controle e uniformidade, que podem não estar sendo condizentes com o concreto produzido. Quando a não conformidade é identificada nos laboratórios especializados, recai sobre a central o questionamento do atendimento ao pedido do concreto, até que sejam feitos ensaios para dirimir as dúvidas geradas. Mas, há cada vez mais casos, em que o concreto aplicado em obra atende as especificações do pedido, e fica constatada a ineficiência dos ensaios realizados pelos laboratórios especializados.

Corroborando com o que foi exposto anteriormente, a norma brasileira, NBR 12655:1996 recomenda que, para amostragem total, a cada caminhão betoneira,

seja moldado um exemplar, e que a resistência representativa é a mais alta deste par de corpos-de-prova (no caso da NBR 7212:1984 poderia ser até 5 corpos-de-prova compondo um único exemplar). Esta recomendação vem do fato de que, durante este tipo de ensaio, o objetivo é a determinação da resistência potencial do concreto, ou seja, qual é a resistência máxima possível de ser obtida. Desta forma, se, durante o ensaio do par, um deles obtiver uma resistência menor do que o do outro, conclui-se que isto é causado por problemas no procedimento de ensaio, por admitir-se que, dificilmente, algum procedimento de ensaio poderia majorar a resistência do concreto. Ao proceder desta maneira, a norma brasileira admite claramente a possibilidade de ocorrência na prática, de problemas de ensaio que diminuem a resistência de um dos corpos-de-prova, sendo antecipadamente descartada à hipótese de uma apreciável variabilidade intrínseca da mistura, uma vez que é retirada uma amostra homogênea para a moldagem do par de corpos-de-prova. Portanto, não é improvável que, em algumas ocasiões, ambos os corpos-de-prova do par, apresentem problemas.

A norma brasileira, NBR 7212:1984, possibilita o controle dos procedimentos do laboratório, apresentando a estimativa do coeficiente de variação dentro do ensaio. Nele, é determinada a amplitude dos valores de resistência dos corpos-de-prova de cada exemplar conforme o item 6.2.4.1 da norma supracitada, calcula-se a média das amplitudes e divide-se pela resistência média e pelo valor d_2 , que é função do número de corpos-de-prova do exemplar, sendo o mais comumente usado 1,128, relativo a dois corpos-de-prova. O coeficiente de variação dentro do ensaio é classificado conforme a Tabela 3, em relação ao local de preparo do concreto, que pode ser feito no laboratório, para o estudo de uma nova dosagem, ou na central de concreto, quando do fornecimento do concreto dosado em central.

Tabela 3 - Classificação dos procedimentos de ensaio baseada nos coeficientes de variação, segundo a norma brasileira NBR 7212:1984.

LOCAL DE PREPARO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO			
	NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	NÍVEL 4
CENTRAL	3,0	3,0 - 5,0	5,0 - 6,0	> 6,0
LABORATÓRIO	2,0	2,0 - 4,0	4,0 - 5,0	> 5,0

Os níveis de classificação são mais rígidos para o concreto produzido em laboratório, considerando que as condições de laboratório sejam mais favoráveis do que na central. No entanto, ao ser considerado que o coeficiente de variação dentro do ensaio tem como objetivo controlar os procedimentos do ensaio, as condições adotadas em um laboratório de dosagem e a produção de concreto em central diferem uma da outra apenas na cura inicial, que consiste do momento após a moldagem até a desmoldagem. Quando o concreto é feito em laboratório, os corpos-de-prova ficam cuidadosamente armazenados. O mesmo não pode ser garantido quando são deixados em obra, pois passam despercebidos frente à intensa movimentação de materiais e pessoas.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este trabalho propõe-se inicialmente a identificar a existência da discrepância dos valores de resultados de resistência à compressão dos corpos-de-prova utilizados por distintos laboratórios de controle tecnológico do concreto e, posteriormente, quantificar, no procedimento de ensaio, os principais fatores geradores dessa discrepância. Para isso, será dividido em duas etapas: caracterização da situação atual, com a coleta e análise estatística dos dados de rompimento de corpos-de-prova do controle tecnológico realizado por centrais de concreto/laboratórios especializados da Grande Florianópolis, e o programa laboratorial, com a produção de concretos destinada à análise dos principais fatores intervenientes na resistência dos corpos-de-prova, no qual foram estudadas misturas com duas resistências características distintas, 20 e 35 MPa. O programa laboratorial foi subdividido em cinco etapas, conforme apresentado na Figura 19 e no item 4.2.

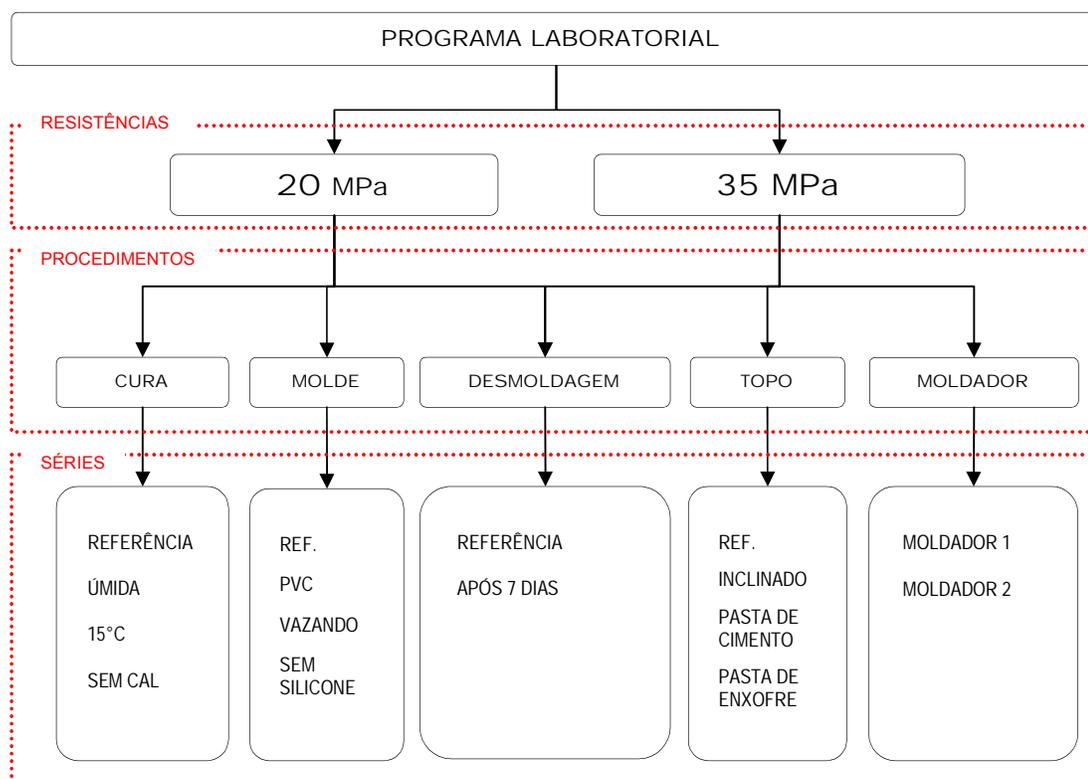


Figura 19 - Fluxograma do programa laboratorial.

4.1 Caracterização do Controle Tecnológico do Concreto

Para a caracterização do controle tecnológico do concreto realizada na Grande Florianópolis, foram contatados laboratórios especializados, centrais de concreto e construtoras.

No primeiro contato foi descrita a intenção da pesquisa, salientando o inconveniente, que pode ser causado, quando são verificadas disparidades nos resultados de resistência à compressão, principalmente quando o controle aponta para não conformidades. Nesta ocasião, foi solicitada a colaboração, mediante a liberação dos dados de ruptura aos 28 dias, por parte das construtoras, laboratórios especializados e centrais de concreto, sendo enfatizado que estas informações destinavam-se à pesquisa e seriam mantidas em sigilo, sem identificar as obras ou qualquer empresa envolvida, em publicações futuras sobre o assunto. Havendo a necessidade de formalizar o pedido dos dados de ruptura, uma carta foi encaminhada com descrição sucinta dos objetivos da pesquisa.

Estes dados receberam tratamento estatístico e foram analisados quanto à resistência, consistência, central de concreto, dia de concretagem e laboratório. Foram calculados os valores de resistência média (f_{cj}), resistência característica estimada (f_{ckest}), desvio-padrão, coeficiente de variação do ensaio e coeficiente de variação dentro do ensaio. Na análise estatística buscou-se encontrar tendências de comportamento, que evidenciassem a influência dos procedimentos de ensaios na resistência potencial.

Como não existiam dados de resistência à compressão de concretos obtidos simultaneamente por laboratórios e centrais de concreto suficientemente abrangente variando-se abatimentos, f_{ck} , tipos de britas para comparação, optou-se por estudar apenas os que possuíam um slump de 10 e 12 cm ou comercialmente identificados como bombeáveis. Restringindo a pesquisa a oito construtoras, quatro centrais de concreto e dois laboratórios.

Os dois laboratórios de controle tecnológico foram visitados e pode ser observado que a maioria dos procedimentos era pertinente a ambos, tal como: utilização de molde metálico, transporte dentro do molde com idade variando entre 1 e 3 dias (devido ao final de semana), desmoldagem no laboratório, corpos-de-prova com o topo retificado,

ruptura em condição saturada e velocidade de aplicação de carga dentro do especificado em norma. No entanto, para a cura os procedimentos eram bem distintos, com cura imersa em água saturada com cal e temperatura controlada em 23 ± 2 °C, e outro dispunham de instalações de câmara úmida com temperatura e UR% controladas em 23 ± 2 °C e 95 %, respectivamente.

4.2 Programa Laboratorial

Com a finalidade de comprovar a influência dos procedimentos usualmente adotados em ensaios de rompimento de corpos-de-prova, o programa laboratorial foi dividido em 5 etapas, abrangendo duas resistências características, 20 e 35 MPa, conforme já apresentado na Figura 19 e no item: Programa Experimental. Cada etapa avaliou um procedimento diferente, tal como: tipo de cura, qualidade ou estanqueidade dos moldes, cura inicial ou desmoldagem, condição de topo e moldador. A condição de referência em todas as etapas é a utilização de molde metálico calafetado, com proteção superficial feita por saco plástico até a desmoldagem, que acontece em 24 horas, prosseguindo até a imersão em solução saturada de hidróxido de cálcio a 23 ± 2 °C, sendo retificado os topos.

Os corpos-de-prova foram ensaiados à compressão axial aos 28 dias e os seus dados submetidos à análise estatística com a finalidade de quantificar a parcela de contribuição de cada procedimento adotado na variabilidade do ensaio.

As instalações do Laboratório de Materiais da Construção Civil – LMCC foram usadas em todo o procedimento experimental, salvo quando da avaliação do moldador e da cura com temperatura de 15°C, discriminado em detalhes na descrição de cada etapa. Os materiais empregados foram cedidos pela Polimix Concreto Ltda, sendo:

- ☆ Cimento CP IV, fornecido a granel pela Votoratin,
- ☆ Areia fina natural extraída da cava, proveniente da localidade do Albardão, município de Palhoça,
- ☆ Areia média industrial, resíduo oriundo da britagem, fornecida pela Saibrita, município de Biguaçu,

☆ Brita 0, ou regionalmente denominado de pedrisco, do mesmo fornecedor e local da areia média industrial, e,

☆ Aditivo plastificante à base de lignosulfonato.

4.2.1 Procedimento de Ensaio dos Corpos-de-Prova

Na sua maioria, foram empregados os moldes metálicos calafetados com silicone, na lateral e na base, sendo a estanqueidade previamente testada ao colocar água até o transbordamento, verificando se era capaz de ser mantido o volume, no decorrer do tempo. O molde vedado visava a garantir a não ocorrência de vazamentos.

Uma fina camada de óleo era aplicada nos moldes e o excesso removido, com auxílio de uma estopa seca. A ausência de depósitos de óleo ou água no fundo visava garantir um corpo-de-prova com a superfície íntegra de canto vivo e sem estar friável, ou seja, com a pasta enfraquecida por retardo de pega ou presença inconveniente de água.

Na moldagem de uma quantidade grande de corpos-de-prova, era preenchida e adensada a primeira camada de todos, antes de continuar com a próxima camada. Este procedimento teve a finalidade de promover a uniformidade entre os corpos-de-prova com a colocação de um mesmo concreto na primeira camada e outro de mesma condição, na segunda.

Após o adensamento manual de cada camada eram dadas leves batidas, de 10 a 15 vezes fora do molde, para que fosse possível serem fechados os vazios deixados, principalmente pela saída da haste, e assim, liberando do ar aprisionado.

Na moldagem da última camada, o concreto deveria ser colocado em quantidade precisa, não tendo sobra e nem falta de concreto, após o adensamento. O excesso de material na última camada pode causar uma concentração grande de agregado no topo acompanhada de transbordamento da argamassa. Mas, ainda na primeira hora, o concreto reduz levemente o seu volume, sendo adotado o adensamento da última camada com aproximadamente 2 cm a mais, para que depois de cerca de uma hora, fosse feito o rasamento com a borda do molde. O rasamento iniciava pela parte central do topo, com movimentos de pequena amplitude de um lado para o outro, visando

separar o agregado graúdo, deixando um excesso de argamassa para finalizar o topo, com aspecto liso e plano.

A proteção da superfície era feita com um saco plástico preso por um anel de borracha. O saco plástico não podia ser encostado à superfície moldada. Para isso, era usada a alça do molde metálico, ou um pedaço de papelão que excedesse o tamanho do molde para garantir a distância necessária.

Nas primeiras 24 horas seria interessante não remover os moldes, devendo ser armazenados no local onde foram moldados, ou seja, no LMCC, exceto os corpos-de-prova para avaliação do moldador e capeamento com neoprene, que foram moldados na obra conforme o item 4.2.6 e 4.2.5 desse trabalho. Quando da necessidade de movimentação, era feita ainda nos primeiros 15 minutos após a moldagem, evitando-se a ocorrência do aumento da compacidade por trepidações no transporte, e tornando insignificante a interferência na estrutura da pasta hidratada a ser formada.

Para a desmoldagem, ferramentas como martelo e chave de fenda, que poderiam danificar os moldes e o corpo-de-prova, não foram usados. A identificação era feita logo após a desmoldagem, com um giz de cera ou caneta permanente, garantindo-se sua fixação na superfície do concreto que entrou em contato com óleo dos moldes e que foi submetida à água saturada de cal, em alguns casos.

Na cura imersa, a água era saturada com cal, e isto era verificado quando, no incremento da quantidade de cal, não houvesse mais a dissolução, começando a ficar depositado material no fundo do tanque. A água saturada com cal era responsável pelo impedimento da dissolução do hidróxido de cálcio do concreto, prevenindo o enfraquecimento da estrutura da pasta.

Antes da ruptura e após o tratamento do topo e base, os corpos-de-prova eram medidos. A área da base do cilindro era calculada antes do ensaio, com a obtenção de duas medidas do diâmetro, uma perpendicular à outra. Com a área da base determinada, calculava-se a resistência do concreto. Com a medida da altura poderiam ser calculados: a relação altura / diâmetro, a espessura do capeamento, e a redução da altura, no caso do tratamento do topo ser feito com a retificação.

No capeamento, os corpos-de-prova não deveriam secar durante longos períodos. No entanto, a fixação do capeamento com pasta de enxofre não é eficiente em bases frias ou molhadas. O procedimento adotado contemplava as duas recomendações de forma limitada, sendo o corpo-de-prova seco o suficiente para a aplicação do capeamento e quando possível reconduzido rapidamente para a continuação da cura ou ensaio de ruptura.

Além deste aspecto, a qualidade do capeamento de argamassa de enxofre é definida pela reutilização, e recomenda-se fazê-la até 5 vezes, sendo o procedimento adotado neste trabalho.

O capeamento com pasta de cimento prensada é composto de uma fina camada de cimento a 10 % de umidade (relação a/c de 0,1), e compactação de 10 kN, conforme pode ser visto na Figura 20 . O corpo-de-prova previamente preparado com um anel de PVC no topo recebia a aplicação do cimento, com textura de farofa, por peneiramento, distribuído de forma uniforme e homogênea sendo que, se necessário, algum acerto era feito com auxílio de desempenadeira. Um conjunto de apoio metálico untado com óleo e papel sulfite era apoiado sobre o corpo-de-prova, para que pudesse ser invertido e dado prosseguimento no outro topo, da mesma forma já descrita. O corpo-de-prova era levado à prensa, onde a carga era gradualmente aplicada a uma velocidade de 0,4 MPa/s, até atingir 10 kN, e conservada por um minuto nesta condição. O conjunto era retirado todo da prensa e o corpo-de-prova removido de cima do apoio com o movimento de um meio círculo, para desgrudar e preservar o capeamento. A limitação deste procedimento estava na continuidade da cura, que era feita, obrigatoriamente em câmara úmida, por pelo menos 6 horas, para que fosse garantida a integridade do capeamento.

O operador da prensa do LMCC foi instruído adequadamente. De forma alguma, a prensa poderia estar em curso de um ensaio, sem a presença de um operador, mesmo que seja por um curto intervalo de tempo. Na prensa, o corpo-de-prova deve estar centrado, mas nem sempre esta operação recebe a atenção adequada. Descentralização do corpo-de-prova com o eixo da prensa, rótula sem estar lubrificada e resto de material do ensaio anterior são freqüentemente as causas de ruptura indesejável, como por exemplo, por cisalhamento. A posição centralizada do corpo-de-

prova, rótula lubrificada, pratos da prensa limpos, operador atento, observação do tipo ruptura, e uso de folha carbonada nos topos são cuidados que foram tomados neste trabalho.



(a)

(b)

Figura 20 - Pasta de cimento: (a) sendo compactada na prensa e (b) aspecto logo após a compactação.

4.2.2 Avaliação do Tipo de Cura

Nesta etapa foi avaliada a influência do tipo de cura, sendo moldadas quatro séries de 6 corpos-de-prova cada resistência, no laboratório. A série referência, como anteriormente mencionada, teve os corpos-de-prova imersos em água saturada com cal, para evitar a dissolução do hidróxido de cálcio presente no concreto, e conseqüentemente, evitar a redução da resistência pelo enfraquecimento da pasta. A temperatura da água em 23 ± 2 °C, da cura imersa, é uma recomendação normalizada na NBR 5738:2003, e se supõe que a sua variação, para cima ou para baixo, poderá refletir diretamente na taxa de hidratação do cimento e então modificar o resultado de resistência.

Para verificar a influência do tipo de cura, as séries foram enumeradas seqüencialmente e tiveram como critérios avaliados:

☆ Condição 1: referência, cura imersa em água com cal e temperatura controlada de 23 ± 2 °C, sendo esta a condição normalizada e mais usual, por precisar de instalações mais simplificadas, se comparada com a cura em câmara úmida,

☆ Condição 2: cura em câmara úmida, com temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa superior a 95 %, podendo ser verificada a influência de ser adotado procedimento prescrito NBR 5738:2003,

☆ Condição 3: cura imersa em água com cal e temperatura controlada de 15 ± 2 °C, podendo estar simulando as baixas temperaturas que ocorrem em tanques de cura que não dispõem de aquecimento em laboratórios do sul do país, que reduzem a taxa de hidratação do cimento, principalmente os pozolânicos, e,

☆ Condição 4: cura imersa em água sem cal, podendo ser verificada a influência da dissolução do hidróxido de cálcio e sendo provável uma redução da resistência.

Para a condição de referência foi utilizada uma caixa de fibrocimento com capacidade de 1000 litros, mantida sempre cheia de água saturada com cal e onde ficavam imersos cerca de 150 corpos-de-prova. Esta caixa permanecia na câmara úmida, o que tornava favorável à constância da temperatura da água em 23 °C, conforme prescrito em norma brasileira NBR 5738:2003 e NBR 9479:1994.

Na condição 4 foi aplicada uma situação muito semelhante com a descrita anteriormente na condição 1, pois, a caixa plástica retangular de 56x84 cm e altura de 47 cm totalmente cheia com água fornecida pelo sistema de abastecimento público, usada para a cura sem cal também permanecia na câmara úmida.

Para a condição 2, os corpos-de-prova foram armazenados na câmara úmida, sendo que os requisitos específicos de temperatura, 23 ± 2 °C, e umidade relativa, acima de 95 %, foram verificadas e se enquadraram no item 4.1 e 4.2 da norma brasileira NBR 9479:1994.

Para a condição 3 foi utilizado o sistema de refrigeração com temperatura controlada no Grupo de Pesquisa em Ensaios Não Destrutivos - GPEND. Calçada (2004) idealizou este sistema para o aquecimento ou resfriamento do ar, mas para este estudo, tiveram que ser feitas algumas adaptações para que os corpos-de-prova ficassem imersos em

água resfriada com temperatura controlada, tais como: a elevação do nível d'água, retirada dos aquecedores e resfriadores de ar.

O sistema de refrigeração com temperatura controlada da água pode ser descrito como um termostato, devidamente programado para ligar as bombas de água quando a temperatura dentro da caixa de poliestireno está acima da temperatura especificada, neste caso $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. A água bombeada passa pela mangueira cristal até a serpentina de cobre imersa em água com gelo, que retorna depois de resfriada, garantindo a redução da temperatura da água da caixa. A serpentina permanece no balde, sendo mantida dentro da geladeira para retardar o derretimento do gelo. Dentro da caixa de poliestireno foi colocada uma caixa de plástico para impedir que a água saturada de cal, necessária para a cura dos corpos-de-prova, entrasse em contato com as bombas, mangueiras e serpentina, e assim, prevenindo entupimento dos equipamentos.

Nos primeiros 12 dias de funcionamento, o sistema de refrigeração teve seu desempenho aquém do esperado por um lapso de programação do termostato e pela troca ineficiente de calor através da caixa plástica, tendo sido medidas temperaturas de $17\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ da água de cura. Para a regularização do sistema em $15\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$: a caixa de plástico foi trocada por uma caixa feita com tela metálica coberta por plástico maleável. O termostato foi programado para o resfriamento e as bombas de água foram substituídas, uma vez que estas vinham sendo usadas continuamente e de maneira prescindível.

4.2.3 Avaliação dos Moldes

Nesta etapa, foi avaliada a influência da qualidade dos moldes, sendo moldadas quatro séries de 6 corpos-de-prova cada resistência, no laboratório. O estado de conservação em que o molde se apresenta nesta pesquisa pode alterar de duas formas os dados de resistência, inserindo aumentos da média, por diminuição da relação água/cimento, e/ou aumento da variabilidade. Estas alterações podem ser causadas por vazamentos, ora em alguns corpos-de-prova, ora em todos de uma determinada condição estudada.

Com o objetivo de verificar a influência da qualidade dos moldes, as séries foram enumeradas seqüencialmente e tem como critérios avaliados:

☆ Condição 1: referência, sendo usado molde metálico estanque, com calafetação de silicone na lateral e base,

☆ Condição 2: molde estanque de PVC, confeccionado com um cap colado a um tubo de 20 cm, sendo a desmoldagem realizada pelo emprego de ar comprimido, num pequeno furo da base do molde, anteriormente vedado com silicone, conforme pode ser visto na Figura 21 . A baixa rigidez, deste molde, pode fazer com que a energia de adensamento seja dispersa, diminuindo a resistência,

☆ Condição 3: molde metálico vazando, tendo sido escolhido pelo péssimo estado de conservação, com as geratrizes desencontradas, o que causaria vazamento sistemático em todos os corpos-de-prova, e,

☆ Condição 4: molde metálico sem calafetação, provocando grande variabilidade dos resultados, por vazamentos ocasionais em alguns corpos-de-prova, em que o molde não seja capaz de garantir a estanqueidade necessária na moldagem.



Figura 21 - Moldes de PVC com o ar comprimido acoplado para a desmoldagem.

Na condição de referência a vedação com silicone, na lateral e na base, pode ser a garantia da estanqueidade requerida, conforme é visto na Figura 22 , onde não ocorre o vazamento de água.

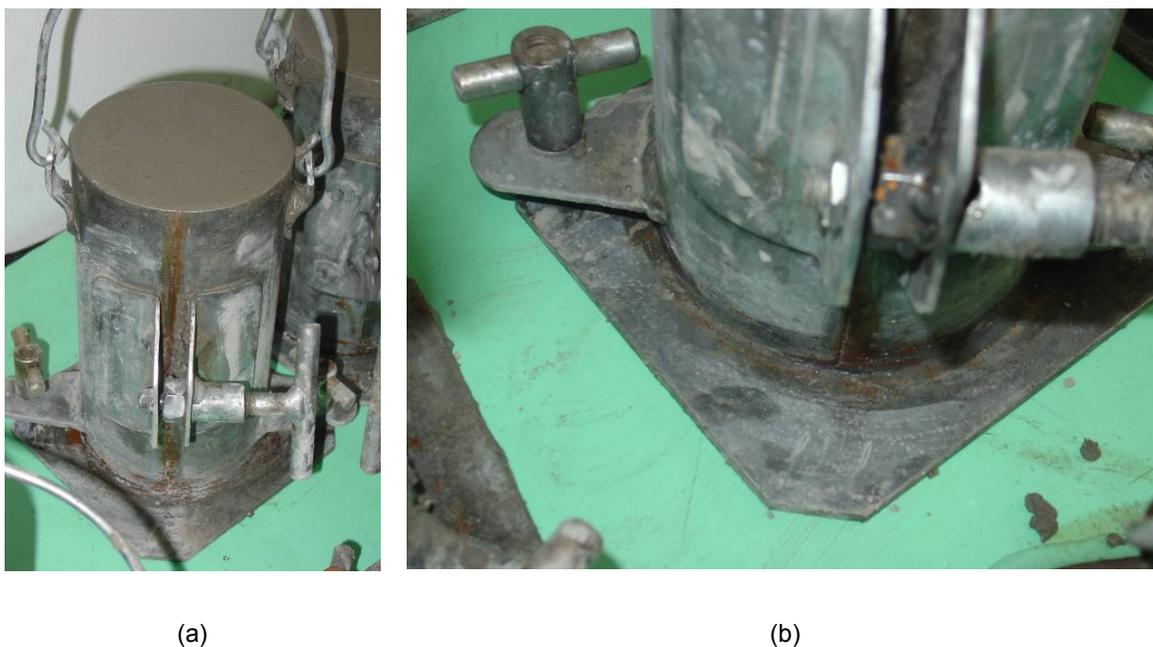


Figura 22 - Molde metálico calafetado com silicone logo após a moldagem: (a) vista geral, (b) vista em detalhe da base.

Na condição 2, foi constatado que reuso do molde de PVC pode estar limitado a umas 6 vezes devido às sucessivas desmoldagens com o auxílio de ar comprimido (50 a 80 psi). As altas pressões vão diminuindo a rigidez do fundo do molde e a desmoldagem torna-se mais morosa e difícil. Com isso, é cada vez mais freqüente a possibilidade de danos à base do corpo-de-prova por descascamento superficial periférico, afetando uma região de aproximadamente 60 % e com espessuras que variam de 1,0 a 9,0 mm. Esta espessura é muito grande para ser nivelada com a retificadora, que está regulada para retirar uma fina camada com menos de um milímetro em cada passada. Assim, nos corpos-de-prova em que houvesse a necessidade ser retiradas diferenças mais grosseiras, algo acima de 5 mm, optou-se por um pré-nivelamento da superfície em serra circular. Esse procedimento visava a preservar a integridade da retificadora, porque o seu disco de corte tem o custo bem elevado e medidas preventivas devem ser tomadas para prolongar a vida útil do mesmo.

Na condição 3 foi proposta a utilização de moldes em péssimo estado de conservação, o que certamente permitiria a saída de água ou pasta em todos eles. Mas, nos moldes

mal conservados não havia uma repetição dos defeitos, o que dificultou a classificação. Sendo assim, foi estipulada uma padronização da abertura lateral dos moldes para facilitar a fuga de água, em todos eles de forma sistemática, conforme pode ser observado na Figura 23 .



Figura 23 - Molde metálico com vazamento sistemático: (a) vista geral, (b) detalhe da base.

Na condição 4, os moldes metálicos não foram vedados com silicone e, dependendo do estado de conservação em que se encontrava, a saída de água ocorria de forma bem evidente, conforme é visto na Figura 24 , principalmente na base.

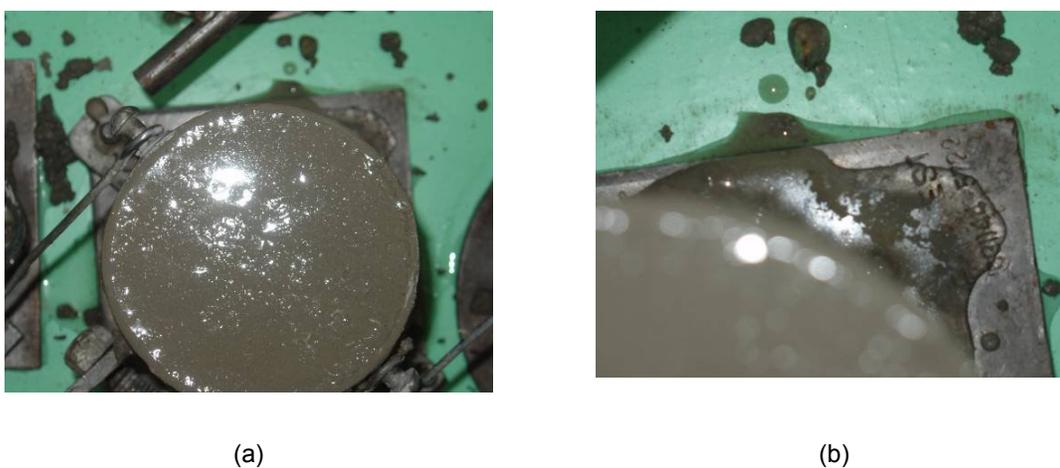


Figura 24 - Molde metálico com vazamento aleatório: (a) vista superior, (b) vista em detalhe do canto superior direita da base do molde.

Cabe ressaltar que todos os moldes recebiam proteção superficial, com um saco plástico fixado por anel de borracha, conforme pode ser visto na Figura 25 , o que reduzia consideravelmente a saída de água pelo topo do corpo-de-prova.



Figura 25 - Proteção superficial dos corpos-de-prova: (a) molde de PVC, após a moldagem, (b) molde metálico, após a moldagem, (c) desmoldagem, com gotas de água no saco plástico.

4.2.4 Avaliação da Desmoldagem

Nesta etapa, foi avaliada a influência da desmoldagem ou cura inicial, sendo moldadas duas séries de 6 corpos-de-prova cada resistência, no laboratório. A primeira condição, a desmoldagem era feita após 24 horas, conforme preconizado em norma.

Na segunda condição é reproduzido um procedimento incorreto, mas bastante comum, o abandono dos corpos-de-prova na obra por um período aleatório, que pode ser prejudicial ao desenvolvimento da hidratação do cimento. Foi escolhido o período de 7 dias, em que os corpos-de-prova ficaram sem nenhum cuidado ou abrigo sendo

expostos às variações climáticas, sobre a laje de cobertura do Anexo do LMCC. Após esta cura inicial prolongada, os corpos-de-prova foram desmoldados e encaminhados para a cura imersa, até a idade do ensaio de ruptura. Neste período, a temperatura média variou de 16,4 a 22,6°C e UR% de 41 a 68, conforme dados fornecidos pela Epagri/INMET.

4.2.5 Avaliação das Condições de Topo

Nesta etapa, foi avaliada a influência das condições de topo dos corpos-de-prova sendo moldadas quatro séries de 6 corpos-de-prova cada resistência, no laboratório. O acabamento artesanal na moldagem do corpo-de-prova quase sempre não garante os principais requisitos para o ensaio de ruptura, tais como os topos planos, lisos e perpendiculares em relação ao eixo central. A preparação do topo, com a fresagem ou capeamento, corrige pequenas imperfeições, mas os descuidos na moldagem podem causar concentração de tensões, trazendo interferências na forma de ruptura. O contato em toda a superfície do topo pode ser avaliado com a interposição de folha carbonada, entre o prato da prensa e corpo-de-prova.

Com a finalidade de verificar a influência das condições de topo, as séries foram enumeradas seqüencialmente e tiveram como critérios avaliados:

☆ Condição 1: ou referência, retificação do corpo-de-prova, prescrito na norma brasileira NBR 5738:2003 como valor comparativo de desempenho, para comprovar a eficiência do material de capeamento,

☆ Condição 2: capeamento com pasta de enxofre em topo inclinado, para ser avaliada a aplicação de uma camada de espessura irregular, em uma das superfícies do corpo-de-prova,

☆ Condição 3: capeamento pasta de cimento prensada, com cimento levemente úmido e compactado e,

☆ Condição 4: capeamento usando pasta de enxofre com espessura de até 3 mm em cada topo.

Na condição de referência, os corpos-de-prova foram retificados usando o equipamento disponível no LMCC. Mas até meados de março/2006 a retificadora não estava instalada e um dos laboratórios de caracterização do controle tecnológico do concreto, que também foi objeto desta pesquisa, se disponibilizava a fazer retificação.

Na condição 3 o procedimento empregado está descrito anteriormente conforme visto no item 4.1.1.

Tanto na condição 2 quanto na condição 4, para a resistência de 35 MPa, ocorreram problemas com a aplicação do capeamento com pasta de enxofre, que ficava solto e fissurava, tão logo fosse retirado do capeador, conforme pode ser observado na Figura 26 . Este procedimento foi repetido por 3 vezes e em nenhuma dessas foi obtido êxito, apesar de ter condições bem distintas, tais como: a superfície do corpo-de-prova levemente umedecida, corpo-de-prova seco de um dia para o outro, e, aquecimento do ar. Apesar de ter sido aquecido o ar, os corpos-de-prova ainda estavam bem frios por causa das baixas temperaturas que antecederam o dia do ensaio de ruptura, variando de 13,8° C a 16,1° C, conforme dados fornecidos pela Epagri/INMET. No entanto o aquecimento dos corpos-de-prova poderia interferir no resultado de resistência e esse procedimento foi prontamente descartado.



(a)



(b)

Figura 26 - Capeamento de pasta de enxofre fissurado: (a) vista geral, (b) vista superior.

No projeto de pesquisa não havia sido contemplada a utilização do capeamento não aderente, mas por sugestão da banca de qualificação, o neoprene foi adotado como mais um critério a ser avaliado na preparação do topo do corpo-de-prova. Algumas séries já haviam sido ensaiadas e optou-se por moldar na obra os corpos-de-prova a serem ensaiados com neoprene.

O suporte e o disco de neoprene com dureza de 60 shore, ambos da marca Solotest, foram cedidos por uma central de concreto da Grande Florianópolis. O disco de neoprene estava novo, sendo o primeiro uso feito nesta série, mas as rupturas tiveram um comportamento incomum, em que uma das faces dos corpos-de-prova ficava esmagada, conforme visto na Figura 27, justamente a face superior da moldagem, que tem o aspecto mais rugoso e maior relação a/c provida pela exsudação.

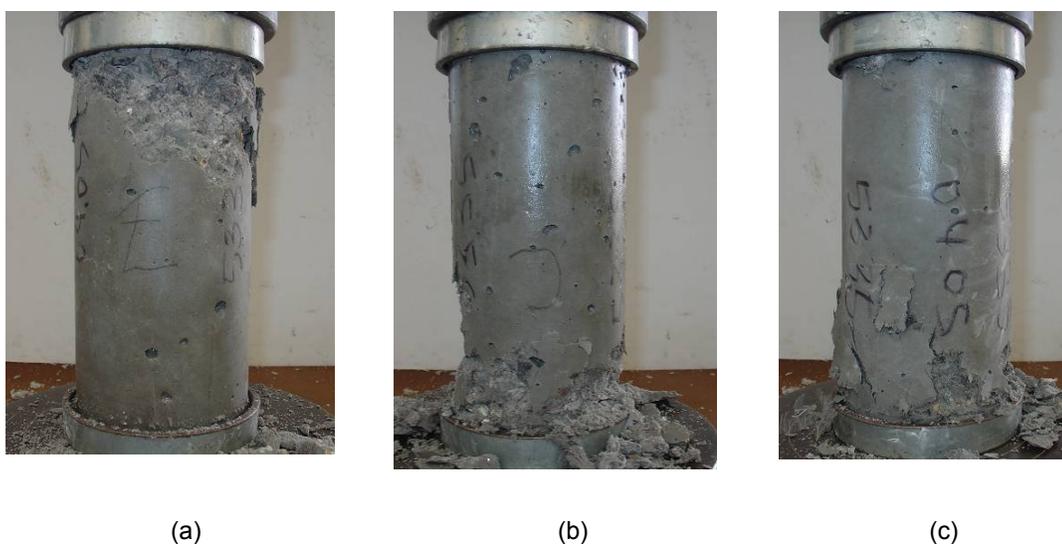


Figura 27 - Esmagamento da face superior de moldagem dos corpos-de-prova, posicionados na prensa: (a) para cima, (b) e (c) para baixo.

4.2.6 Avaliação do Moldador

No entanto, este procedimento não pode ser cumprido da forma como era previsto. As obras foram escolhidas dentro do campus da UFSC para que o deslocamento fosse facilitado, e as mesmas não realizavam o controle tecnológico do concreto. Assim sendo, o moldador do laboratório especializado foi substituído, neste estudo, pelo motorista do caminhão betoneira do concreto entregue na obra.

Na obra foram tomados alguns cuidados para que somente o moldador variasse de uma série para outra, e, para que fossem mantidas constantes todas as outras situações. Tais como:

- ☆ O emprego de uma única amostra de concreto para moldagem dos corpos-de-prova,

- ☆ O fornecimento de moldes vedados com silicone,

- ☆ O acesso às mesmas ferramentas, e principalmente,

- ☆ A aplicação do procedimento de moldagem da forma habitual pelo motorista do caminhão betoneira, sem receber interferências do outro moldador.

Cabe ressaltar que o procedimento adotado pelos moldadores foi diferente na omissão da proteção superficial dos corpos-de-prova, por parte do motorista do caminhão betoneira e a diferente energia de adensamento na aplicação dos golpes.

No dia seguinte à moldagem, foi realizada a coleta dos corpos-de-prova, transportando-os na carroceria de uma tobata e os encaminhado para o LMCC-UFSC, onde foram desmoldados e armazenados adequadamente até a idade ensaio de ruptura.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os dados coletados em centrais de concreto e laboratórios de controle tecnológico bem como os resultados obtidos por ensaios no Laboratório de Materiais de Construção Civil – LMCC, conforme descrito no programa laboratorial.

5.1 Análise da Resistência Potencial Média do Concreto Simultaneamente em Centrais de Concreto e Laboratórios

Os dados de resistência à compressão de concretos, para o slump de 10 e 12 cm ou comercialmente identificados como bombeáveis, cujo controle de qualidade foi realizado simultaneamente por laboratórios e centrais de concreto estão sintetizados na Tabela 4, para então proceder um estudo comparativo. Em cada linha, estão apresentados os valores de resistência média e coeficiente de variação dentro do ensaio para exemplares retiradas do mesmo caminhão, tanto da central, quanto do laboratório, referentes a um dia de concretagem.

Procedida à análise estatística com 90 % de confiança, verificou-se que, em cerca de metade das concretagens analisadas (para a melhor visualização está sendo representada com a linha preenchida na cor cinza conforme visto na Tabela 4), as resistências médias diferiram significativamente. Isto comprova a suspeita inicial de que os procedimentos de ensaio adotados pelas centrais e laboratórios de controle não são suficientemente homogêneos.

Essa diferença pode ser atribuída aos procedimentos de ensaio deficientes, ora por parte das centrais, ora por parte dos laboratórios. Como, na maioria dos casos (18 em 28), as resistências médias obtidas pelos laboratórios foram superiores a das centrais, presume-se que os laboratórios possuem uma melhor qualidade de ensaio. Esta conclusão é ratificada ao serem comparados os coeficientes de variação de ensaio que, também, foram menores na maioria dos casos para os laboratórios (18 em 28). Essa tendência de redução de média pode ser explicada pela maior chance de se ter os dois valores do exemplar afetados por um procedimento inadequado de ensaio e não apenas um (PRUDÊNCIO JR., 2006).

Tabela 4 - Resistência média e coeficiente de variação no ensaio em laboratórios e centrais de concreto

DIA	F _{ck}	SLUMP	CENTRAL			LABORATÓRIO		
			CÓDIGO	MÉDIA	CV _{ENSAIO}	CÓDIGO	MÉDIA	CV _{ENSAIO}
1	18,0	10,0	2	25,10	0,99%	1	23,68	2,52%
2	18,0	10,0	2	18,24	1,37%	1	18,31	4,85%
3	21,0	10,0	1	24,70	7,19%	2	26,84	3,63%
4	21,0	10,0	1	28,42	4,81%	2	29,40	4,32%
5	25,0	10,0	3	26,94	4,88%	2	23,93	3,95%
6	25,0	10,0	3	28,58	3,54%	2	28,60	1,97%
7	25,0	10,0	3	28,53	6,22%	2	27,46	5,46%
8	25,0	10,0	3	27,50	5,22%	2	27,59	5,77%
9	25,0	10,0	3	29,07	6,13%	2	30,84	4,43%
10	25,0	10,0	3	32,80	4,43%	2	41,34	0,72%
11	25,0	10,0	3	29,30	1,91%	2	26,15	7,18%
12	25,0	10,0	3	27,20	2,65%	2	27,45	1,20%
13	25,0	10,0	3	28,93	4,24%	2	28,15	7,13%
14	25,0	10,0	3	26,82	4,57%	2	27,52	2,36%
15	25,0	10,0	3	29,05	5,91%	2	29,31	5,68%
16	25,0	10,0	2	35,00	4,41%	1	32,99	2,90%
17	25,0	10,0	3	27,74	4,34%	2	27,60	3,55%
18	25,0	10,0	3	27,72	6,98%	2	25,29	3,96%
19	25,0	10,0	4	27,32	2,23%	2	27,91	4,41%
20	25,0	10,0	4	28,56	4,65%	2	30,72	3,60%
21	25,0	10,0	4	27,50	2,12%	2	27,91	5,16%
22	30,0	10,0	3	32,82	4,57%	2	38,50	6,69%
23	30,0	10,0	3	35,90	5,81%	2	40,71	6,26%
24	30,0	10,0	3	38,46	5,42%	2	35,48	6,27%
25	30,0	10,0	2	34,97	7,49%	1	35,63	2,73%
26	30,0	10,0	2	30,30	8,11%	1	34,76	0,42%
27	30,0	10,0	3	32,35	3,35%	1	27,80	1,27%
28	40,0	12,0	2	48,31	5,51%	1	51,60	1,81%

Para que se obtenha um destaque dos valores anteriormente mencionados, como resistência média “maiores” e coeficiente de variação de ensaio “menores”, estes estão em negrito na Tabela 4.

Deve ser ressaltado que, ainda que possua um melhor desempenho do que as centrais, os laboratórios de ensaio analisados possuem um controle de qualidade deficiente. Por exemplo, o laboratório 2 apresentou a grande maioria dos coeficientes de variação de ensaio enquadrados nos níveis 3 e 4 (9 em 21 casos) que são as

classificações com os maiores coeficientes segundo a NBR 7212:1984, conforme mostrado anteriormente na Tabela 3 do Capítulo 3.

Deve ser ressaltado que procedimento de ensaio inadequado geralmente só é evidenciado quando da ocorrência de não conformidade, principalmente quando existe uma divergência entre os resultados de ensaio de uma mesma remessa. Como exemplo, dos 28 casos analisados, foram observadas onze divergências quanto a não conformidade, prevalecendo as detectadas pelos laboratórios (9), conforme observado na Tabela 5 os valores em negrito. Confrontando-se os resultados de médias e não conformidades, observa-se um visível paradoxo. Esperava-se que, sendo os resultados médios dos laboratórios de controle geralmente mais altos dos que os dos laboratórios das centrais, o número de não conformidades apresentados pelos primeiros fosse inferior ao constatado pelos últimos. Isso poderia indicar uma manipulação dos resultados não conformes por parte dos laboratórios das centrais de concreto para evitar problemas com os clientes.

Tabela 5 – Casos de não conformidade.

DIA	Fck	Identificação		Resistência Mínima	
		Central	Laboratório	Central	Laboratório
2	18,0	Cnt. 2	Lab. 1	16,80	17,23
5	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	23,90	13,76
8	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	25,40	24,69
11	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	26,70	23,33
14	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	24,50	23,50
17	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	23,40	24,49
18	25,0	Cnt. 3	Lab. 2	25,20	23,00
21	25,0	Cnt. 4	Lab. 2	26,30	24,86
22	30,0	Cnt. 3	Lab. 2	28,30	34,89
26	30,0	Cnt. 2	Lab. 1	29,30	33,51
27	30,0	Cnt. 3	Lab. 1	31,60	26,45
Não Conformidades:				6	9

Outrossim, erros de ensaio podem ser incorporados na produção futura das centrais de forma indireta e despercebida, pois quando os resultados obtidos ficam muito próximos das resistências características especificadas, as centrais geralmente aumentam o consumo de cimento do concreto para evitar futuros problemas com não conformidades. Em pesquisa realizada no GTEC-UFSC, constatou-se que um erro de 1 MPa na resistência média dos concretos pode acarretar em um acréscimo de 7,0 kg de cimento nas misturas enquanto que uma redução de 1 % no coeficiente de variação

no ensaio pode representar uma economia de 6,0 kg de cimento por m³ de concreto produzido na central.

5.2 Análise dos Dados do Programa Laboratorial

No programa laboratorial, em cada série de concreto, foi calculada a média e o desvio-padrão com os resultados obtidos, e estes são apresentados em tabelas e gráficos para facilitar a sua análise.

Foi adotado um código (com quatro dígitos) para designar cada procedimento, critério adotado e resistência. O primeiro dígito refere-se ao procedimento, o segundo ao critério adotado, conforme apresentado na Tabela 6, e o terceiro e quarto representam a resistência em MPa. Assim, uma série que tenha sido identificada com o número 3220, o número 3 refere-se ao procedimento de desmoldagem, na seqüência, o 2 indica o critério de desmoldagem adotado, neste caso o de aguardar 7 dias, e o 20 especifica a resistência de 20 MPa.

Tabela 6 - Códigos usados para identificar as séries de corpos-de-prova.

PROCEDIMENTO	CRITÉRIO 1	CRITÉRIO 2	CRITÉRIO 3	CRITÉRIO 4
1 - CURA	REFERÊNCIA	ÚMIDA	15° C	SEM CAL
2 - MOLDE	REFERÊNCIA	PVC	VAZANDO	SEM SILICONE
3 - DESMOLDAGEM	REFERÊNCIA	APÓS 7 DIAS	-	-
4 - TOPO	REFERÊNCIA	TOPO INCLINADO	PASTA CIMENTO	ENXOFRE
5 - MOLDADOR	MOLDADOR 1	MOLDADOR 2	NEOPRENE	-

Para cada procedimento avaliado é apresentada uma tabela com a média e o desvio-padrão obtido com a variação dos critérios. Cada critério foi comparado com a sua respectiva referência numa análise estatística com 95 % de confiança e, vislumbrando facilitar a compreensão do leitor, nos casos em que foi provada a diferença entre eles, o valor foi colocado em negrito nas tabelas de cada etapa que seguem a seguir.

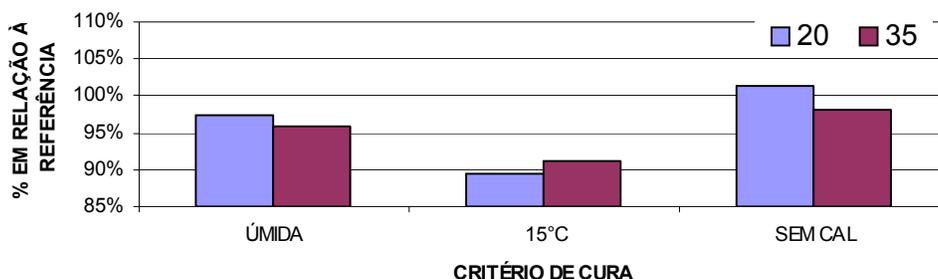
5.2.1 Tipo de Cura

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias para a etapa de avaliação do tipo de cura, são representados pela média e pelo desvio-padrão e são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do procedimento de cura.

CONDIÇÃO	MÉDIA				DESVIO-PADRÃO			
	REF.	ÚMIDA	15°C	SEM CAL	REF.	ÚMIDA	15°C	SEM CAL
FCK/CODIGO	11	12	13	14	11	12	13	14
20	30,0	29,2	26,8	30,4	1,5	1,3	0,5	0,5
35	46,1	44,2	42,0	45,3	1,8	0,7	0,7	1,4

Numa análise estatística com 95 % de confiabilidade, pode ser aceito que os dois procedimentos preconizados pela norma, tanto de cura imersa ou referência, quanto de cura úmida, conduzem a um único resultado. E quando são comparadas as resistências médias em porcentagem da cura imersa para a úmida, a redução ficou entorno de 3 a 4 %, conforme é apresentado na Figura 28 , mostrando novamente uma tendência bem uniforme para ambos os critérios.

INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO DE CURA**Figura 28** - Influência do procedimento de cura em relação à série referência, em porcentagem.

Ao observar na Figura 28 a cura sem cal para a resistência de 20 MPa, a princípio a porcentagem acima dos 100 % poderia estar além do esperado, visto que não há nenhuma razão para que a cura sem cal venha a ter em seus resultados médios, valores superiores aos obtidos em cura com cal, em temperatura padronizada de 23 ± 2 °C. No entanto, estatisticamente as resistências são aceitas como iguais para os dois níveis de resistência, com 95 % de confiabilidade. De uma forma geral os resultados estão fora do que se era esperado, ou seja, a redução da resistência pela dissolução do hidróxido de cálcio.

No entanto, a diferença absoluta entre esses valores é de apenas 0,4 MPa, caracterizando a pouca influência que a cura sem cal tem na baixa resistência. Já com a resistência de 35 MPa, a cura sem cal provocou uma redução de 2 % o que representa quase 1 MPa em termos absolutos, evidenciando a tendência de uma influência maior da dissolução do hidróxido de cálcio em resistências mais altas.

A cura imersa com temperatura de 15 °C levou a uma redução de aproximadamente 10 %, para as duas resistências, conforme visto na Figura 28 . O que veio a ser confirmado na análise estatística com 95 % de confiança, onde as resistências de 20 e 35 MPa diferiram, respectivamente em 3,1 e 4,1 MPa em valores absolutos, certificando que as baixas temperaturas iriam desacelerar a taxa de hidratação do cimento.

5.2.2 Tipos de Moldes

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias, para a etapa de avaliação da qualidade e tipos de moldes, são representados pela média e pelo desvio-padrão e são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do tipo de molde.

CONDIÇÃO	MÉDIA				DESVIO-PADRÃO			
	REF.	PVC	VAZANDO	S/ SILICONE	REF.	PVC	VAZANDO	S/ SILICONE
FCK/CODIGO	21	22	23	24	21	22	23	24
20	27,0	27,1	28,9	29,1	0,1	0,4	0,3	0,7
35	44,6	43,0	47,8	49,3	0,6	0,9	1,5	0,3

Procedendo-se a análise estatística com 95 % de confiabilidade, constatou-se para as duas resistências a diferença entre as médias do molde de referência e os que propositalmente apresentavam vazamentos, conforme pode ser observado na Tabela 8.

A perda de água, tanto na série 23 quanto na 24, levou a um aumento de quase 10 % na resistência, conforme pode ser visto Figura 29 . Este incremento gera conseqüências perigosas, pois majora-se a resistência devido ao uso de moldes em mal estado de conservação ao empregar um valor maior do que o material realmente possui.

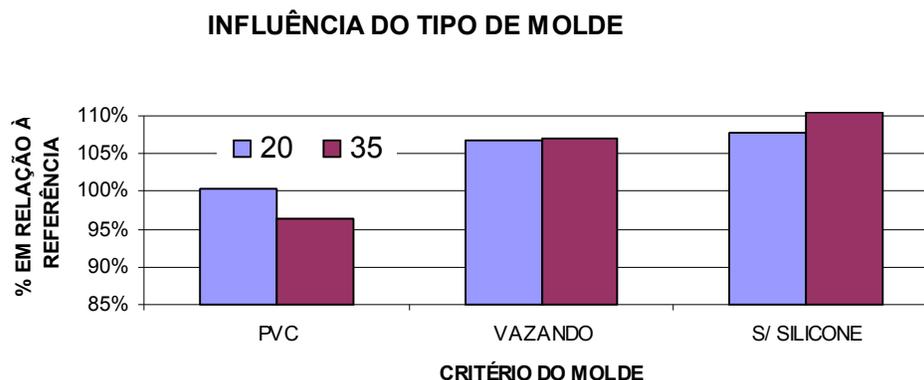


Figura 29 - Influência da condição do molde em relação à série referência, em porcentagem.

Para os moldes sem silicone, tinha-se a expectativa de uma dispersão maior dos resultados, mas o desvio-padrão foi muito pequeno sendo menor que 1 MPa, nas duas resistências. Esse comportamento foi apresentado pela série 23, pois a saída de água e até mesmo a perda de pasta pela geratriz aberta dos moldes causou um incremento da resistência sem alterar o desvio. Para o critério do molde vazando, o aumento da resistência ficou em 7 %, conforme pode ser observado na Figura 29 , e os desvios-padrão podem ser considerados iguais à referência, apesar de que na série 2320 estatisticamente é provada a diferença entre os desvios com confiabilidade de 95 %, mas em valores absolutos estes estão muito próximos.

O mesmo comportamento se repete com a série 24, onde há o aumento da resistência e pode ser desconsiderada a desigualdade dos desvios-padrão, por estarem abaixo de 1 MPa, mesmo tendo sido provada a diferença para a série 2420. Isso pode sugerir que a fuga de água ocorreu em igual condição em todos os moldes, fazendo com que não possa ser comprovada a hipótese de vazamento aleatório.

Conforme visto na Figura 29 , não há variação entre o molde de referência e o de PVC para a resistência mais baixa. Estando a resistência mantida constante, a hipótese de perda de energia de adensamento por falta de rigidez do molde de PVC não seria levada em consideração, porque a compactação seria tida como eficiente tanto quanto nos moldes metálicos de referência. Com isso, o uso de moldes de PVC dispensaria a operação de calafetagem das formas o que poderia ser uma vantagem em relação ao

uso das formas metálicas. Entretanto, a sua vida útil relativamente pequena, poderia tornar o processo anti-econômico.

Mas para a resistência maior esse comportamento não pode ser confirmado, uma vez que se obteve uma redução de quase 4% e na análise estatística com 95% de confiança as resistências mostraram diferença significativa.

5.2.3 Desmoldagem

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias, para a etapa de avaliação da idade de desmoldagem, são representados pela média e o desvio-padrão e são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação da idade de desmoldagem.

CONDIÇÃO	MÉDIA		DESVIO-PADRÃO	
	REF.	APÓS 7 D.	REF.	APÓS 7 D.
FCK/CODIGO	31	32	31	32
20	30,0	29,2	1,5	0,6
35	46,1	44,2	1,8	2,0

O aumento do tempo na desmoldagem prejudica a hidratação inicial do cimento, e isto pode ser evidenciado pela redução de 2 e 4 %, nas resistências de 20 e 35 MPa, respectivamente.

Mas, essa redução não pode ser comprovada estatisticamente, onde as resistências são aceitas como iguais com 95 % de confiabilidade. Corroborando com a análise estatística, a série 3220 teve uma diferença absoluta não muito significativa, com uma redução de apenas 0,8 MPa. Já na série 3235, essa diferença é de quase 2 MPa, o que demonstra a maior influência da desmoldagem na resistência de 35 MPa, uma vez que as duas séries de corpos-de-prova estavam sendo mantidas sobre o telhado do laboratório anexo ao LMCC e submetidas as mesmas condições climáticas no período de 7 dias (temperatura média: 16,4 - 22,6 C e UR%: 41 – 88, conforme dados fornecido pela Epagri/INMET).

A desmoldagem tardia pode ter uma maior influência em obra, visto que geralmente os corpos-de-prova são mantidos em locais inapropriados e adaptados de forma paliativa,

que, além de estarem sujeitos às condições climáticas, como foi contemplado na série 32, pode sofrer impactos decorrentes do fluxo de pessoas e materiais ou ainda ser usado como um apoio, assento e outras aplicações.

5.2.4 Condições de Topo dos Corpos-de-prova

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias, para a etapa de avaliação das condições de topo dos corpos-de-prova, são representados pela média e pelo desvio-padrão e estão apresentados nas: Tabela 10 e Tabela 11. Os resultados foram dispostos em duas tabelas, porque, para cada resistência, a etapa não foi moldada toda de uma única vez, tendo que ser repetida a série referência em duas ocasiões diferentes. Em virtude disto, a série em que foi avaliada a condição de topo com neoprene foi denominado de 53 ao invés de 45 (seqüência lógica), por ter sido moldada em obra, juntamente com os corpos-de-prova que avaliaram o moldador.

Tabela 10 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação das condições de topo.

CONDIÇÃO	MÉDIA				DESVIO-PADRÃO			
	REF.1	INCL.	PASTA	ENXOFRE	REF.1	INCL.	PASTA	ENXOFRE
FCK/CODIGO	41	42	43	44	41	42	43	44
20	26,8	23,6	26,6	24,8	1,0	0,7	0,7	0,8
35	46,1	44,4	42,6	34,0	1,8	3,2	2,9	8,8

Tabela 11 - Médias e desvios-padrão obtidos com a condição de topo usando o neoprene.

CONDIÇÃO	MÉDIA		DESVIO-PADRÃO	
	REF.2	NEOPRENE	REF.2	NEOPRENE
FCK/CODIGO	51	53	51	53
20	21,5	18,9	0,7	0,8
35	30,3	27,0	0,7	0,6

A condição referência, onde o topo foi retificado, tem o melhor desempenho de resistência se comparado com os outros tipos de tratamento, tendo apenas como resistência mais próxima da série 4320, com uma redução de 1%, conforme pode ser visto na Figura 30 .

Procedendo a análise estatística na série 4335, com 95 % de confiança, não foi aceita a igualdade entre as médias, o que invalidaria o uso do capeamento com pasta de cimento, conforme prescreve a norma brasileira NBR 5738:2003 no item 9.4.2.1. No

entanto, o mesmo não pode ser afirmado para a resistência mais baixa, que estatisticamente com 95 % de confiabilidade, se aceita a igualdade entre as médias. Conforme visto na Figura 30 pode ser afirmado que as séries obtiveram comportamentos bem distintos até mesmo quanto a redução percentual, de 1 e 8%, respectivamente para 20 e 35 MPa. Isso se torna mais evidente quando se trata o resultado em valores absolutos, pois a redução é de 0,2 e 3,5 MPa, também respectivamente para 20 e 35 MPa.

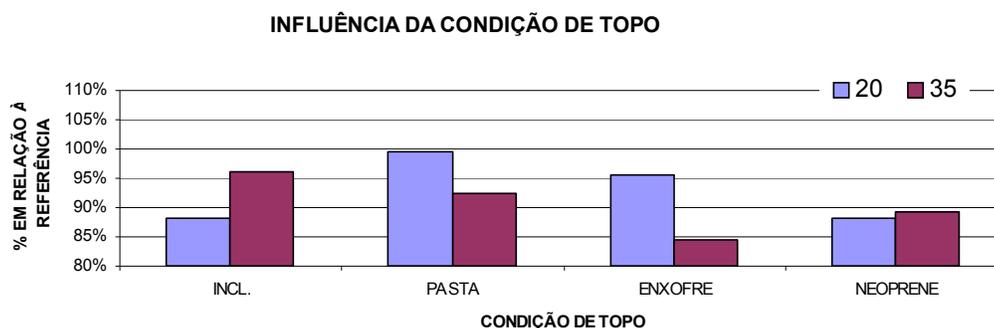


Figura 30 - Influência da condição de topo em relação à série referência, em porcentagem.

Na resistência de 20 MPa, onde a aplicação do enxofre pode ser feita satisfatoriamente, o comportamento das médias e desvios-padrão ficaram dentro do esperado. Conforme pode ser observado na Figura 30, a redução da resistência da série 4420 foi de 7 %, com a espessura de capeamento de 2,7 mm, permanecendo dentro do prescrito em norma, que é de até 3,0 mm. Já na série 4220, o cálculo da espessura de capeamento variou em um mesmo topo de 2,7 até 10,6 mm, conforme as alturas mínima e máxima do corpo-de-prova, o que pode denotar a influência do topo inclinado na redução de 12 % no valor da resistência.

Os resultados das séries 4235 e 4435 não representam à realidade desta condição de capeamento, porque sua execução foi inadequada por não garantir a aderência entre a superfície do corpo-de-prova com a pasta de enxofre devido ao frio excessivo, com temperaturas médias nos dias que antecederam o ensaio de ruptura variando de 13,8° C a 16,1° C. E isso fica mais evidenciado quando observado o valor de desvio-padrão da série 4435 que é bastante alto (8,8 MPa), ressaltando a divergência obtida entre os corpos-de-prova da mesma série.

Ao proceder a análise estatística com 95 % de confiabilidade, o capeamento de neoprene mostrou ter influência na redução da resistência, que é de 11 e 12 %, respectivamente, para as séries 5335 e 5320, conforme pode ser visto na Figura 30 . Cabe ressaltar que a ruptura destas séries apresentou um comportamento atípico, com esmagamento do topo superior, que é mais rugoso por ser proveniente do acabamento manual. O topo superior possui uma relação a/c mais alta e menor concentração de agregados graúdos, devido à segregação e exsudação do concreto o que favorece a ruptura neste ponto enfraquecido, quando do uso do neoprene.

5.2.5 Moldador

Os resultados de resistência à compressão aos 28 dias, para a etapa de avaliação do moldador, são representados pela média e o desvio-padrão e mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 - Médias e desvios-padrão obtidos com a variação do moldador.

CONDIÇÃO FCK/CODIGO	MÉDIA		DESVIO-PADRÃO	
	MOLDADOR 1	MOLDADOR 2	MOLDADOR 1	MOLDADOR 2
20	21,5	24,0	0,7	0,6
35	30,3	32,8	0,7	1,3

A análise estatística, com 95 % de confiabilidade, comprovou a diferença entre as médias e aceita a igualdade entre os desvios. Ou seja, a condição de moldagem adotada pelo moldador 1 reduziu a resistência aproximadamente em 8 e 10 %, respectivamente para a séries 5135 e 5120, e não melhorou e a variabilidade.

O principal fator a ser levado em conta é a energia gasta para promover o adensamento, que pode estar sendo diferente de um moldador para outro, levando-se em conta que todos os outros fatores não são plausíveis de acarretar uma redução na resistência tão significativa. Cabe aqui ressaltar que a condição física do moldador, posição para segurar a haste, distribuição dos golpes, conformação da queda de concreto dentro do molde são aspectos relevantes para reprodutibilidade dos resultados de resistência a compressão.

Outro aspecto, mas de menor relevância, seria a confecção dos corpos-de-prova por série, onde o moldador 2 fez os seus corpos-de-prova e somente então o moldador 1

começou a moldar a sua série, sendo a amostra diferente para cada um dos moldadores. Mas este procedimento foi adotado para caracterizar uma prática corrente em obra, onde o laboratório retira a amostra e molda primeiro os corpos-de-prova e com o volume restante de concreto, os motoristas do caminhão betoneira moldam os corpos-de-prova da central de concreto. O ideal seria realizar simultaneamente a primeira camada de ambas as séries e seguida a segunda, sem fazer distinção entre os corpos-de-prova do laboratório e da central de concreto.

Além disso, o moldador 2 já tinha incorporado alguns procedimentos que reduzem a variabilidade. Estes cuidados são de fácil execução, e demonstram o zelo com que os corpos-de-prova são feitos habitualmente, por isso serão relacionados na seqüência:

- ☆ Retirada da amostra do caminhão com volume suficiente para moldar todos os corpos-de-prova,
- ☆ Homogeneização da amostra, tanto na primeira, quanto na segunda camada,
- ☆ Colocação da primeira camada em todos os moldes, assim como na segunda camada,
- ☆ Batidinhas com a haste na lateral do molde, após os golpes do adensamento,
- ☆ Acabamento rente ao molde com uma colher de pedreiro, sendo mais uma vez verificado se o molde está armazenado em superfície nivelada.

Em contrapartida, o moldador 1 não utilizou a proteção superficial responsável por impedir a perda de água por evaporação, o que poderia contribuir para majorar a resistência.

Por todas essas razões expostas anteriormente, o que pode ser afirmado é que o moldador 2 estava bem orientado, e, além disso, possui a prática da moldagem de corpos-de-prova incorporada ao cotidiano do seu trabalho.

5.2.6 Análise conjunta dos fatores

Pelo que foi exposto neste capítulo, pode ser assumido que os procedimentos de ensaio têm grande influência no resultado de resistência à compressão e que a

variabilidade do concreto não pode ser atribuída um único fator gerador. Para comprovar a variação em se optar por um ou outro procedimento, fez-se uma simulação de um controle tecnológico para a resistência de 35 MPa. De um lado, tem-se um moldador experiente, cura com água saturada de cal e temperatura controlada e a utilização de neoprene. Em contrapartida, tem-se um moldador inexperiente, a cura com água saturada de cal, mas sem estar sendo controlada a temperatura em um clima frio. A diferença gerada pelos procedimentos adotados por serem distintos chega a 33 % entre um controle e outro, e sem dúvida é uma influência significativa nos resultados de rompimento de corpos-de-prova, que atualmente é o critério usado para que seja constatada a conformidade do concreto.

Essa constatação não causa estranheza, porque é cada vez maior o número de extrações de testemunhos e ensaios não destrutivos que acabam comprovando o atendimento aos requisitos do pedido de concreto, ou seja, evidenciam a incorreção dos resultados obtidos no controle de qualidade. Demonstra também uma possível displicência com que o controle tecnológico do concreto vem sendo encarado em obra, fruto talvez de um uso com fins meramente burocráticos visando exclusivamente deferir os requisitos do programa de qualidade adotado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado demonstrou a importância da padronização dos procedimentos de ensaio para a obtenção de resultados de resistência à compressão de corpos-de-prova com baixa dispersão e reproduzíveis entre diferentes laboratórios. A flexibilidade de procedimentos permitida pelas normas brasileiras, ao não fixar condições de ensaio rígidas e precisas é, no entender da autora, a principal causa das discrepâncias observadas entre os resultados dos ensaios obtidos por diferentes laboratórios, para um mesmo concreto. Outra constatação indireta deste trabalho é a necessidade de se realizar o controle tecnológico do concreto aplicado nas estruturas de uma forma constante e por laboratórios terceirizados, para minimizar-se o número expressivo de não conformidades que vêm ocorrendo atualmente. Isto porque, como foi determinado no estudo apresentado no item 5.1, parece haver uma tendência a mascararem-se os resultados não conformes por parte dos laboratórios das centrais de concreto. Isto não significa que haja uma má fé institucional quanto ao tratamento dos dados de resistência dos concretos e sim uma iniciativa de funcionários mal instruídos, sobrecarregados e muitas vezes pressionados a realizar várias tarefas simultaneamente na empresa. Uma demonstração disso é a iniciativa por parte de uma grande empresa nacional de identificar seus corpos-de-prova por código de barras e informatizar todo o ensaio, inclusive a aquisição de dados, inviabilizando a adulteração de resultados. Deve ser lembrado que muitas centrais têm sua qualidade atrelada diretamente ao desvio-padrão da central e número de não conformidades o que pode incentivar os funcionários a buscarem desempenho por meios ilícitos.

O estudo também apontou que a qualidade dos laboratórios especializados independentes que realizam controle tecnológico na Grande Florianópolis possui um potencial de melhora muito grande. Isso se justifica pela utilização de uma mão-de-obra geralmente rotativa que, apesar de ser treinada especificamente para sua atividade, geralmente não possui um grau de conscientização compatível com a responsabilidade do controle realizado. Isso se reflete no cuidado com o armazenamento dos corpos-de-prova na obra, seu manuseio muitas vezes precoce e transporte da obra até o laboratório soltos em carrocerias de caminhonetes, ainda que dentro dos moldes.

Em relação aos resultados do programa laboratorial realizado, alguns comentários merecem ser feitos. Quanto à cura dos corpos-de-prova, observou-se que o procedimento adotado como referência (água saturada com cal a 23 °C) conduziu as maiores resistências médias, apesar de que, estatisticamente, o valor médio obtido só diferiu do obtido com a cura a 15 °C. O caso mais interessante foi à variação ocorrida para menos no caso da cura em câmara úmida, pois muitos laboratórios de controle adotam esta prática.

O tipo e principalmente as condições do molde também influenciaram na resistência dos corpos-de-prova. A principal constatação foi o aumento da resistência média da ordem de 10% pelo simples fato de não se promover uma calafetação dos moldes antes do uso. Neste caso, pode-se dizer que o item 4.1.3.2 da norma brasileira NBR 5738:2003 não está sendo cumprido, pois é citado textualmente que o molde deve ser estanque. Assim mesmo, deve-se atentar ao fato de que a maioria dos laboratórios, tanto de controle independentes quanto os de centrais de concreto não realizam a prática de vedar os moldes. Talvez o uso de um molde estanque de um material sintético com um pouco mais de rigidez do que os de PVC usados nessa pesquisa pudesse ser uma boa solução para o caso.

A idade de desmoldagem dos corpos-de-prova também mostrou uma leve influência na resistência à compressão dos corpos-de-prova. Acredita-se que, se a pesquisa tivesse conseguido refletir melhor as reais condições de campo, os resultados poderiam ser totalmente diferentes. Nessas condições reais deveriam estar o efeito do manuseio dos corpos-de-prova em obra antes da desmoldagem, como, por exemplo, sua remoção ocasional e sem cuidados por parte dos operários da obra por muitas vezes estar atrapalhando a circulação nos canteiros ou, ainda, o efeito de choque proposital dos moldes contendo ainda os corpos-de-prova para facilitar a sua limpeza externa e outros procedimentos inadequados realizados por funcionários ligados às empresas de controle, já citados. Outro ponto a ser questionado é a idade de desforma de 24 horas após a moldagem. Muitas vezes, corpos-de-prova moldados à noite são desmoldados na manhã seguinte por problemas de logística de transporte dos laboratórios. Mesmo se fossem cumpridas as 24 horas, acredita-se esse período de tempo seria insuficiente para a maioria dos casos de concretos dosados em central, pois pelo uso intensivo de aditivos plastificantes e principalmente dos comercialmente denominados de

polifuncionais, o tempo de início de pega dos concretos tem passado das 15 horas. Talvez uma alteração do tempo de desforma e transporte para 48 horas para estes concretos aditivados com aditivos potencialmente retardadores de pega poderia ser uma medida conveniente. Algumas centrais de concreto, preocupadas com esse problema, têm estudado a possibilidade da adoção da moldagem remota. Nesse procedimento, o concreto é retirado do caminhão betoneira em obra e transportado por ele ao final de sua descarga, em baldes plásticos vedados até a central. Lá, o laboratorista molda os corpos-de-prova no laboratório e toma os devidos cuidados até o seu ensaio à compressão. Esse procedimento, para fins de controle interno das centrais, pode ser uma boa alternativa, mas pode ter sua credibilidade questionada, pois o cliente não acompanha a moldagem. Contudo, deve ser lembrado que dificilmente um cliente acompanha os ensaios na central o que também dá margem a dúvidas quanto à veracidade dos resultados apresentados posteriormente a eles.

As condições de topo dos corpos-de-prova também influíram significativamente nas resistências obtidas no programa experimental. Como era esperado, os corpos-de-prova fresados foram os que apresentaram uma média superior. A adoção de outras soluções comumente empregadas pelos laboratórios de controle como capeamento com pasta de enxofre, pasta de cimento e neoprene pode prejudicar a resistência do concreto. O que mais chamou a atenção nessa fase do trabalho foram os baixos resultados obtidos com as chapas de neoprene, pois em estudos anteriores (PRUDÊNCIO JR., et al, 2005) observou-se um efeito oposto. Também os resultados obtidos com o enxofre, tanto de média mais principalmente de dispersão (desvio-padrão) surpreenderam negativamente no caso dos concretos de resistência mais alta. Os problemas de fissuração do capeamento por efeito da temperatura ambiente podem ter gerado tais resultados. Com relação ao uso da fresa, alguns comentários merecem ser feitos. O uso incorreto do equipamento pode levar a resultados de resistências mais baixos do que o esperado. Esse fato fez com que muitas centrais de concreto que investiram pesadamente na sua aquisição, retornassem ao uso do enxofre ou mesmo do neoprene. Esse uso incorreto normalmente refere-se a espessura desbastada por passada do equipamento que deve ser a mínima possível. Entretanto, por desconhecimento ou pressa, os operadores tentam acertar o topo em apenas uma ou duas passadas o que faz com que a superfície fique abaulada e a distribuição de

tensões comprometida. O uso de um papel carbono e uma folha sulfite interpostos entre a rótula da prensa e o corpo-de-prova e a aplicação de uma pré-carga antes do ensaio mostra essa deficiência, caso ocorra. Esse procedimento deve ser realizado aleatoriamente, algumas vezes por dia, para disciplinar o trabalho do operador da fresa ou mesmo identificar um possível término da vida útil do disco de desgaste. Existem informações de que um disco de boa qualidade, desde que a operação de desgaste seja feita adequadamente, pode durar o suficiente para fresar aproximadamente 2000 corpos-de-prova.

A influência significativa dos moldadores na resistência do corpo-de-prova também foi um resultado surpreendente, uma vez que ambos tinham um conhecimento e treinamento para realizar tal tarefa. Atribui-se o fato principalmente à diferença de energia aplicada nos 12 golpes por camada. Essa energia não é quantificável e a força com que o operador introduz a haste no concreto parece interferir nos resultados. Talvez a redução de 15 para 12 golpes, imposta pela alteração em 2003 da norma brasileira NBR 5738:2003 tenha evidenciado essa diferença.

Para concluir, acredita-se que o presente trabalho tenha levantado pontos importantes sobre os fatores que afetam a resistência dos corpos-de-prova destinado ao controle tecnológico dos concretos aplicados em estruturas e ressaltado a necessidade de um ajuste na normalização nacional sobre o assunto de modo a torná-la mais restritiva e precisa. Neste ajuste, os procedimentos de ensaios deveriam estar rigidamente definidos, sem que seja dada margem a várias interpretações do leitor.

Sugere-se um procedimento padronizado que melhor representaria a qualidade do concreto em obra, devendo seguir os requisitos estabelecidos com base nas justificativas e ações preventivas, conforme pode ser visto na Tabela 13.

Também se julga necessária à realização de estudos complementares nessa linha, abrangendo principalmente os seguintes pontos: tempo de desforma mínimo em função do início de pega dos concretos, influência do procedimento de transporte dos corpos-de-prova entre obra e laboratório, comparação entre os resultados da resistência dos concretos obtidos pela normalização atual com os obtidos por moldagem remota, no caso de concretos dosados em central.

Tabela 13 - Procedimento recomendado.

PROCEDIMENTO	JUSTIFICATIVA	PREVINE
MOLDE ESTANQUE	PERDA DE ÁGUA	MAJORAR A RESISTÊNCIA
MOLDAGEM SIMULTÂNEA	AMOSTRA ÚNICA PARA CADA CAMADA	DIVERGÊNCIAS ENTRE CENTRAL LABORATÓRIO
LOCAL EM OBRA DESTINADO AO CP'S	MANUSEIO INDEVIDO	AUMENTO DA VARIABILIDADE
DESMOLDAGEM COM 48 HORAS	USO DE ADITIVO QUE RETARDAM A PEGA	REDUZIR A RESISTÊNCIA
TRANSPORTE EM CAIXAS COM SERRAGEM	FALSA IDÉIA DE ESTAREM PROTEGIDOS	AUMENTO DA VARIABILIDADE
CURA IMERSA EM ÁGUA SATURADA COM CAL A 23°C	INSTALAÇÕES SIMPLES	AUMENTO OU DIMINUIÇÃO DE RESISTÊNCIA CONFORME CONDIÇÕES CLIMÁTICAS
TRATAMENTO DE TOPO RETIFICADO	ELIMINA INCLINAÇÕES, ASPEREZA E SUPERFÍCIE ENFRAQUECIDA PELA EXSUDAÇÃO	AUMENTO DA VARIABILIDADE
VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DE CARGA ÚNICA	SERIA ADMITIDO UM ERRO PARA CARGA, AO INVÉS DE UMA FAIXA	AUMENTO DA VARIABILIDADE

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, D. A., Design of Concrete Mixtures, Lewis Institute, Structural Materials Research Laboratory, Portland Cement Association, 1918, 20 pages. Disponível em <http://www.portcement.org/pdf_files/LS001.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2006.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Comitêe 212.3R-91. **Chemical admixtures for concrete**. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and general properties of concrete. Farmington Hills, Michigan, 1996. 31 p.

AÏTCIN, P. **Concreto de alto desempenho**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2000. 666 p.

AÏTCIN, P., MIAO, B., COOK, W. D., MITCHELL, D. Effects of size and curing on cylinder compressive strength of normal and high-strength concretes. **ACI Materials Journal**, v. 91, n. 4, p 349-354, Jul/Aug. 1994.

AMERICAN SOCIETY for TESTING and MATERIALS. ASTM C 31/C 31M. **Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2003.

_____ ASTM C 39/C 39M. **Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2003.

_____ ASTM C 42/C 42M. **Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2004.

_____ ASTM C 42/C 42M. **Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2004.

_____ ASTM C 125. **Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2003.

_____ ASTM C 617. **Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2003.

_____ ASTM C 1231/C 1231M. **Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders**. In:... Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central. Rio de Janeiro, 1984.

_____ **NBR 5739**: Concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

_____ **NBR 9479**: Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 1994.

- _____. **NBR 12655**: Concreto - preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- BENTZ, D. P., SNYDER, A., STUTZMAN, P. E. Hydration of portland cement: the effects of curing conditions. In: 10th International Congress on the Chemistry of Cement. Proceedings, v. 2, Sweden, Jun/1997.
- BURG, R. G. The Influence of Casting and Curing Temperature on the Properties of Fresh and Hardened Concrete, Portland Cement Association, 1996, 20 páginas. Disponível em <http://www.cement.org/pdf_files/RD113.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2006.
- BURG, R. G., OST, B. W., Engineering Properties of Commercially Available High-Strength Concrete (Including Three-Year Data), Portland Cement Association, 1994, 58 paginas. Disponível em <http://www.cement.org/pdf_files/RD104.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2006.
- CALÇADA, L. M. L. Estudo **da eficácia do ensaio de migração em condições de fluxo não-estacionário na previsão da penetração de cloretos em concreto**. 2004. 214 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- CALIÇO, J. P. **Reciclagem da água de lavagem de um caminhão betoneira utilizando um estabilizador de hidratação**. 2005. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Programa de intercâmbio entre a Universidade Federal de Santa Catarina e o Instituto Superior Técnico de Lisboa – Portugal, Florianópolis, 2005.
- CARINO, N. J. Improved Compressive Strength Testing. **HPC Brigde Views**, n 39, p. 3-4, May/Jun. 2005.
- _____. Effects of testing variables on the strength concrete cylinders. In: International Congresso n High-Performance Concrete, and Performance e Quality of Concrete Strutures, 1996, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 1996.
- CARINO, N. J., MULLINGS, G. M., GUTHRIE, W .F. Evaluation of ASTM Standard Consolidation Requirements for Preparing High-Strength Concrete Cylinders. High Performance Concrete: Design and Materials and Recent Advances in Concrete Technology, n. SP-172, American Concrete Institute, Farmington Hills, p. 733-768, 1997.
- CARINO, N. J., GAYNOR, R. D., BURG, R. G., SNOW, P. G., MULLARKY, J. I., WATHNE, L., RUSSELL, H. G. Letters to the editor. **HPC Brigde Views**, n 16, p. 3-4, Jul/Aug. 2001.

CHINI, S. A., MBWAMBO, W. J. Environmentally friendly solutions for the disposal of concrete wash water from ready mixed concrete operations. CIB W89 Beijing International Conference, Florida, 1996.

DE MARCO, F. F; REGINATTO, G. M; JACOSKI, C. A. Estudo comparativo entre capeamento do neoprene, enxofre e pasta de cimento para corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Em: Anais do 45º Congresso Brasileiro do Concreto, 2003, Vitória. Anais... Vitória, 2003.

JACINTHO, A. E. P. G. A., GIONGO, J. S. Resistência Mecânica do Concreto. In: **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações** / ed. G.C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, v. 1, cap. 20, p. 605-632.

LIMA, F. B., BARBOSA, A. H. Influência do tamanho e do tipo do corpo-de-prova na resistência à compressão do concreto. Em: Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto, 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2002.

MAILVAGANAM, N. P. Admixture Compatibility in Special Concretes. In: 2nd CANMET/ACI International Conference in High-Performance Concrete, Performance and Quality of Concrete Structures, 1999, Gramado. Proceedings... Gramado: ACI SP-186, 1999. p. 615-34.

MARTIN, J. F. M. Aditivos para Concreto. In: **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações** / ed. G.C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, v. 1, cap. 13, p. 381-406.

MARTINS, V. C. **Otimização dos Processos de Dosagem e Proporcionamento do Concreto Dosado em Central com a Utilização de Aditivos: Estudo de Caso**. 2005. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MELO, K. A., MARTINS, V. C., PRUDÊNCIO Jr., L. R., REPETTE, W. L. Curvas de Abrams para concretos produzidos com os principais tipos de cimento e agregados empregados na região de Florianópolis. Em: Anais do 46º Congresso Brasileiro do Concreto, 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2004.

MENEGUETTI, L. C; GAVA, G. P; DALCANAL, P.R. Avaliação de diferentes materiais para capeamento de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Em: Anais do 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2001.

NEVILLE, A. M. How Useful is the Water-Cement Ratio? **Concrete International**. p. 69-70, September, 1999.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

ÖZTURAN, T., CEQEN, C. Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of Concretes With Different Strengths. **Cement and Concrete Research**, Vol. 27, No. 2, pp. 165-170, 1997

PAOLINI M. and & KHURANA R. Admixtures for Recycling of Waste Concrete. **Cement and Concrete Composites**, v. 20, p. 221-229, 1998.

PAZ, M. A. S, **Caracterização dos Agregados Graúdos da Grande Florianópolis e sua Utilização em Concretos de Alta Resistência**. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PBQP-H. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. Apresenta informações gerais sobre PBQP-H. Disponível em <<http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/Index.htm>>. Acesso em 22 de março de 2006.

PCA (a). Portland Cement Association. Apresenta informações sobre ar incorporado. Disponível em <<http://www.ctu.edu.vn/colleges/tech/bomon/ktxd/giaotrinh/CONCRETE/Chap.8/Chap8.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2006.

PCA (b). Portland Cement Association. Apresenta informações sobre cura do concreto. Disponível em <<http://www.ctu.edu.vn/colleges/tech/bomon/ktxd/giaotrinh/CONCRETE/Chap.12/Chap12.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2006.

PCA (c). Portland Cement Association. Apresenta informações sobre ensaio de qualidade do concreto. Disponível em <<http://www.ctu.edu.vn/colleges/tech/bomon/ktxd/giaotrinh/CONCRETE/Chap.16/Chap16.pdf>>. Acesso em 21 de junho de 2006.

PENEIROL, N. L. S. **Estudo para Otimização do Uso de Aditivo Estabilizador de Hidratação Visando a Reciclagem de Água na Produção de Concreto**. 2006. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Programa de intercâmbio entre a Universidade Federal de Santa Catarina e o Instituto Superior Técnico de Lisboa – Portugal, Florianópolis, 2006.

PINTO, R. C. A., HOVER, K. C. Frost and Scaling Resistance of High-Strength Concrete, Portland Cement Association, 2001, 70 pages. Disponível em <http://www.cement.org/pdf_files/RD122.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2006.

PINTO, R. O., GEYER, A. L. B, LIDUÁRIO, A. Application of different curing procedures in high-performance concrete. Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing, n. SP-172, American Concrete Institute, Farmington Hills, p.165-174, 2005.

POWERS, T. C. A Discussion of Cement Hydration in Relation to the Curing of Concrete, Portland Cement Association, 1948, 15 pages. Disponível em <http://www.cement.org/pdf_files/RX045.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2006.

PRUDÊNCIO JR., L. R. **Materiais de construção civil I**. Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Apostila impressa.

PRUDÊNCIO JR., L. R, BARAN, K. R., SIEWERT, L., CIUPKA, V., GAVA, G. P. Estudo Comparativo dos Resultados de Resistência à Compressão Axial Obtidos em Corpos-de-Prova com Diferentes Tipos de Capeamento. Em: Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005, Olinda. Anais... Olinda, 2005.

RAMACHANDRAN, V. S. e FELDMAN, R. F. Cement Science. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.). **Concrete admixtures handbook: properties, science and technology**. 1. ed. Park Ridge, NJ, USA: Noyes Publications, 1984. p. 1-53.

RAMACHANDRAN, V. S. e MALHOTRA, V. M. Superplasticizers. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.). **Concrete admixtures handbook: properties, science and technology**. 1. ed. Park Ridge, NJ, USA: Noyes Publications, 1984. p. 211-68.

REPETTE, W. L. Concreto de Última Geração: Presente e Futuro. In: **CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações** / ed. G.C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, v. 2, cap. 49, p. 1509-1550.

REPETTE, W. L. **Contribuição à Inspeção e à Avaliação da Segurança de Estruturas Acabadas de Concreto Armado**. 1991. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

ROCHA G. G. N. Novo Sistema de Moldagem de Corpos de Prova Destinados ao Controle Tecnológico do Concreto Em Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto, 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2002.

SANDROLINI F., FRANZONI E. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research**, v. 31, n. 3, p. 485-489, Mar/2001.

SANTOS, S., SAGAVE, A. M. S., PINTO, R. C. A. e PADARATZ, I. J. Avaliação da Qualidade do Concreto Dosado em Central através da Extração de Testemunhos em Obras de Florianópolis e Região. Em: Anais do 45º Congresso Brasileiro do Concreto, 2003, Espírito Santo. Anais... Espírito Santo, 2003.

SIDUSCON. Sistema Sinduscon da Grande Florianópolis. Apresenta informações sobre empresas certificadas pelo PBQP-H. Disponível em <<http://www.sinduscon-fpolis.org.br/>>. Acesso em 22 de março de 2006.

TAN, K., GJORV, O. E. Performance of concrete under different curing conditions, **Cement and Concrete Research**, v. 26, n. 3, p. 355-361, Mar/1996.

WHITING, D. A, NAGI, M. A. Manual on Control of Air Content in Concrete, National Ready Mixed Concrete Association and Portland Cement Association, 1998, 42 pages. Disponível em < http://www.cement.org/pdf_files/EB116.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2006.

APÊNDICE A

ROTEIRO PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA EMPREGADA

1º) COMPARAÇÃO DE DUAS VARIÂNCIAS

Para comparar duas variâncias, deve-se usar a distribuição F (supondo que distribuição: normal e independente).

Formula-se a hipótese a comparar:

$$H_0 = \sigma_X = \sigma_Y$$

$$H_1 = \sigma_X > \sigma_Y$$

A) Tomando-se uma amostra de cada população determina-se:

X S_X n_X

Y S_Y n_Y

Onde $S_X > S_Y$

B) Fixa-se α (neste caso 95%, quando não especificado) e determina-se $F_{\alpha}(n_X-1, n_Y-1)$

C) Calcula-se $F = S_X^2 / S_Y^2$

D) A hipótese H_0 é rejeitada se $F > F_{\alpha}(n_X-1, n_Y-1)$

2º) COMPARAÇÃO DE DUAS MÉDIAS

Sendo:

- desvio-padrão desconhecido

- n_X e n_Y pequeno (substitui-se σ_X e σ_Y , por S_X e S_Y)

Formula-se a hipótese a comparar:

$$H_0 = \mu_X = \mu_Y$$

$$H_1 = \mu_X \neq \mu_Y$$

TÊM-SE DUAS POSSIBILIDADES:

A) SE, NA HIPÓTESE DE COMPARAÇÃO DE VARIÂNCIAS, $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$

$$\sigma_{\bar{w}} = \sigma \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}$$

$$Sp^2 = \frac{(n_x - 1) \cdot S_x^2 + (n_y - 1) \cdot S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

A hipótese $H_0, \mu_x = \mu_y$ é rejeitada se $t > t_{\alpha/2}$

Onde:

$$|t| = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{Sp \cdot \sqrt{1/n_x + 1/n_y}} > t_{\alpha/2}(n_x + n_y - 2)$$

B) SE, NA HIPÓTESE DE COMPARAÇÃO DE VARIÂNCIAS, $\sigma_x \neq \sigma_y$

$$t' = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{S_x^2/n_x + S_y^2/n_y}}$$

$$v = \frac{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)^2}{\left[(S_1^2/n_1)^2 / (n_1 - 1) \right] + \left[(S_2^2/n_2)^2 / (n_2 - 1) \right]}$$

A hipótese $\mu_x = \mu_y$ é rejeitada se:

$$t' > t_{\alpha/2}(v)$$

EXEMPLO

Para:

X = 25,10	$S_x = 1,48$	$n_x = 5$
Y = 23,68	$S_y = 0,98$	$n_y = 5$

$F = 2,30 < F_{\alpha} = 6,39$ ∴ aceita-se H_0 , aceita-se a igualdade dos desvios.

$$S_p = 1,25$$

$t = 1,78 < t_{\alpha/2} = 2,31$ ∴ aceita-se H_0 , aceita-se a igualdade das médias.

CÁLCULO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA COM OS DADOS DE RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DE CENTRAIS DE CONCRETO E LABORATÓRIOS ESPECIALIZADOS

DIA	Fck	Slump	Central	Laboratório	Resistência Média*	Resistência Mínima*	Fck*	Desvio-padrão*	CV ensaio*	Número de Exemplares*		
1	18,0	10,0	Cnt. 2	Lab. 1	25,10	23,68	22,66	22,07	1,48	0,99%	5	
2	18,0	10,0	Cnt. 2	Lab. 1	18,24	18,31	16,66	17,11	0,96	1,37%	5	
3	21,0	10,0	Cnt. 1	Lab. 2	24,70	26,84	22,53	25,35	1,31	7,19%	4	
4	21,0	10,0	Cnt. 1	Lab. 2	28,42	29,40	23,80	25,61	2,80	4,81%	5	
5	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	26,94	23,93	24,63	18,87	1,40	4,88%	18	
6	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	28,58	28,60	26,10	24,81	1,51	3,54%	5	
7	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	28,53	27,46	23,98	24,75	2,76	6,22%	6	
8	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	27,50	27,59	24,56	24,60	1,78	5,22%	15	
9	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	29,07	30,84	25,44	27,09	2,20	6,13%	7	
10	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	32,80	41,34	25,82	39,36	4,23	4,43%	4	
11	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	29,30	26,15	25,90	22,95	2,06	1,91%	8	
12	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	27,20	27,45	24,82	25,63	1,44	2,65%	5	
13	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	28,93	28,15	27,67	25,60	0,76	4,24%	4	
14	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	26,82	27,52	24,01	24,36	1,70	4,57%	19	
15	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	29,05	29,31	26,10	27,22	1,78	5,91%	8	
16	25,0	10,0	Cnt. 2	Lab. 1	35,00	32,99	30,36	29,96	2,81	4,41%	17	
17	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	27,74	27,60	24,28	25,28	2,09	4,34%	8	
18	25,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	27,72	25,29	23,00	23,07	2,55	6,98%	5	
19	25,0	10,0	Cnt. 4	Lab. 2	27,32	27,91	25,66	24,21	1,01	2,23%	5	
20	25,0	10,0	Cnt. 4	Lab. 2	28,56	30,72	26,51	28,74	1,24	4,65%	5	
21	25,0	10,0	Cnt. 4	Lab. 2	27,50	27,91	25,38	24,72	1,28	2,12%	6	
22	30,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	32,82	38,50	27,71	34,31	3,09	4,57%	6	
23	30,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	35,90	40,71	30,62	38,25	3,20	5,81%	5	
24	30,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 2	38,46	35,48	31,43	35,28	30,62	2,94	5,42%	15
25	30,0	10,0	Cnt. 2	Lab. 1	34,97	35,63	34,10	34,97	32,49	0,84	7,49%	3
26	30,0	10,0	Cnt. 2	Lab. 1	30,30	34,76	27,97	31,85	1,41	8,11%	2	
27	30,0	10,0	Cnt. 3	Lab. 1	32,35	27,80	30,60	24,65	1,06	3,35%	2	
28	40,0	12,0	Cnt. 2	Lab. 1	48,31	51,60	45,27	46,76	1,85	5,51%	10	

OBSERVAÇÃO: (*) APRESENTA UMA COLUNA DUPLA: A PRIMEIRA REFERENTE A CENTRAL DE CONCRETO E A SEGUNDA REFERENTE AO LABORATÓRIO

CÁLCULO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA (CONTINUAÇÃO)

F	F _α	ACEITO: DESVIOS IGUAIS	QUANDO OS DESVIOS SÃO IGUAIS			QUANDO OS DESVIOS SÃO DIFERENTES			ACEITO: MÉDIAS IGUAIS
			Sp	t	ta/2*	α = **	v	t	
2,30	6,39	SIM	1,25	1,78	2,31	89%			SIM
1,74	6,39	SIM	0,85	0,12	2,31	9%			SIM
2,11	9,28	SIM	1,13	2,69	2,45				NÃO
1,49	6,39	SIM	2,56	0,61	2,31	44%			SIM
4,52	2,27	NÃO					24,18	3,87	NÃO
2,33	6,39	SIM	1,94	0,02	2,31	2%			SIM
2,83	5,05	SIM	2,27	0,82	2,23	57%			SIM
1,04	2,48	SIM	1,80	0,14	2,05	11%			SIM
1,07	4,28	SIM	2,24	1,48	2,18	84%			SIM
12,33	9,28	NÃO					3,48	3,89	NÃO
1,13	3,79	SIM	2,00	3,16	2,14				NÃO
1,72	6,39	SIM	1,28	0,30	2,31	23%			SIM
4,15	9,28	SIM	1,22	0,90	2,45	60%			SIM
1,26	2,22	SIM	1,81	1,19	2,03	76%			SIM
2,00	3,79	SIM	1,55	0,33	2,14	25%			SIM
2,35	2,33	NÃO					27,52	2,47	NÃO
2,23	3,79	SIM	1,78	0,16	2,14	12%			SIM
3,62	6,39	SIM	2,04	1,89	2,31	90%			SIM
4,98	6,39	SIM	1,74	0,54	2,31	40%			SIM
1,07	6,39	SIM	1,22	2,79	2,31				NÃO
2,27	5,05	SIM	1,64	0,44	2,23	33%			SIM
1,48	5,05	SIM	2,83	3,48	2,23				NÃO
4,61	6,39	SIM	2,49	3,05	2,31				NÃO
2,33	2,48	SIM	2,49	3,28	2,05				NÃO
3,17	19,00	SIM	1,22	0,66	2,78	45%			SIM
1,56	161,45	SIM	1,60	2,79	4,30	89%			SIM
3,24	161,45	SIM	1,54	2,95	4,30	90%			SIM
2,52	3,18	SIM	2,45	3,00	2,10				NÃO

* PARA α=95%

** ATÉ QUE SEJA PROVADA DIFERENÇAS ENTRE AS MÉDIAS

OBSERVAÇÃO:

**DADOS DE RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DE CENTRAIS DE CONCRETO E
LABORATÓRIOS ESPECIALIZADOS**

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
1	1	1	18,0	10,0	25,5	23,9		
1	1	1	18,0	10,0	26,0	23,9	26,0	23,9
1	2	1	18,0	10,0	23,2	21,9		
1	2	1	18,0	10,0	22,9	23,0	23,2	23,0
1	3	1	18,0	10,0	25,7	25,2		
1	3	1	18,0	10,0	25,5	24,3	25,7	25,2
1	4	1	18,0	10,0	26,7	23,2		
1	4	1	18,0	10,0	26,5	23,5	26,7	23,5
1	5	1	18,0	10,0	23,7	21,8		
1	5	1	18,0	10,0	23,9	22,8	23,9	22,8

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
2	1	1	18,0	10,0	18,5	18,4		
2	1	1	18,0	10,0	17,7	17,2	18,5	18,4
2	2	1	18,0	10,0	16,8	17,2		
2	2	1	18,0	10,0	16,7	16,9	16,8	17,2
2	3	1	18,0	10,0	17,8	17,6		
2	3	1	18,0	10,0	17,6	18,1	17,8	18,1
2	4	1	18,0	10,0	19,1	17,5		
2	4	1	18,0	10,0	18,8	18,6	19,1	18,6
2	5	1	18,0	10,0	19,0	17,5		
2	5	1	18,0	10,0	19,0	19,2	19,0	19,2

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
3	1	2	21,0	10,0	23,4	25,1		
3	1	2	21,0	10,0	21,6	27,1	23,4	27,1
3	2	2	21,0	9,0	26,5	28,0		
3	2	2	21,0	9,0	24,2	27,6	26,5	28,0
3	3	2	21,0	10,0	24,7	25,0		
3	3	2	21,0	10,0	22,4	26,2	24,7	26,2
3	4	2	21,0	10,0	24,2	25,5		
3	4	2	21,0	10,0	22,9	26,0	24,2	26,0

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
4	1	2	21,0	10,0	27,5	28,7		
4	1	2	21,0	10,0	27,3	27,5	27,5	28,7
4	2	2	21,0	10,0	25,7	26,4		
4	2	2	21,0	10,0	24,7	26,6	25,7	26,6
4	3	2	21,0	10,0	27,3	26,6		
4	3	2	21,0	10,0	27,1	29,7	27,3	29,7
4	4	2	21,0	10,0	33,1	28,9		
4	4	2	21,0	10,0	27,5	29,1	33,1	29,1
4	5	2	25,0	12,0	28,5	30,7		
4	5	2	25,0	12,0	28,0	32,9	28,5	32,9

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
5	1	7	25,0	10,0	23,9	24,2		
5	1	7	25,0	10,0	23,7	22,4	23,9	24,2
5	2	7	25,0	10,0	26,3	24,4		
5	2	7	25,0	10,0	27,0	24,9	27,0	24,9
5	3	7	25,0	10,0	23,9	22,4		
5	3	7	25,0	10,0	25,3	21,9	25,3	22,4
5	4	7	25,0	10,0	26,1	24,2		
5	4	7	25,0	10,0	25,3	23,6	26,1	24,2
5	5	7	25,0	10,0	27,5	24,6		
5	5	7	25,0	10,0	26,1	25,1	27,5	25,1
5	6	7	25,0	10,0	24,3	24,1		
5	6	7	25,0	10,0	25,9	24,6	25,9	24,6
5	7	7	25,0	10,0	23,5	23,2		
5	7	7	25,0	10,0	26,2	24,2	26,2	24,2
5	8	7	25,0	10,0	26,1	23,2		
5	8	7	25,0	10,0	25,2	22,7	26,1	23,2
5	9	7	25,0	10,0	26,4	21,0		
5	9	7	25,0	10,0	24,3	21,6	26,4	21,6
5	10	7	25,0	10,0	26,1	26,4		
5	10	7	25,0	10,0	29,2	25,6	29,2	26,4
5	11	7	25,0	10,0	26,1	24,5		
5	11	7	25,0	10,0	28,0	23,1	28,0	24,5
5	12	7	25,0	10,0	26,5	23,0		
5	12	7	25,0	10,0	27,1	23,1	27,1	23,1
5	13	7	25,0	10,0	26,2	29,2		
5	13	7	25,0	10,0	28,9	22,5	28,9	29,2
5	14	7	25,0	10,0	24,6	13,8		
5	14	7	25,0	10,0	26,5	13,1	26,5	13,8
5	15	7	25,0	10,0	26,6	23,9		
5	15	7	25,0	10,0	26,0	24,7	26,6	24,7
5	16	7	25,0	10,0	26,3	24,6		
5	16	7	25,0	10,0	27,1	26,6	27,1	26,6
5	17	7	25,0	10,0	29,6	25,1		
5	17	7	25,0	10,0	28,2	25,2	29,6	25,2
5	18	7	25,0	10,0	26,4	22,8		
5	18	7	25,0	10,0	27,6	22,8	27,6	22,8

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
6	1	5	25,0	10,0	26,5	26,9		
6	1	5	25,0	10,0	27,3	26,9	27,3	26,9
6	2	5	25,0	10,0	28,0	27,5		
6	2	5	25,0	10,0	28,5	27,3	28,5	27,5
6	3	5	25,0	10,0	27,0	29,3		
6	3	5	25,0	10,0	26,4	31,3	27,0	31,3
6	4	5	25,0	10,0	27,2	26,4		
6	4	5	25,0	10,0	29,5	26,1	29,5	26,4
6	5	5	25,0	10,0	29,2	30,2		
6	5	5	25,0	10,0	30,6	30,9	30,6	30,9

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
7	1	7	25,0	10,0	27,9	26,0		
7	1	7	25,0	10,0	28,6	27,1	28,6	27,1
7	2	7	25,0	10,0	29,9	28,3		
7	2	7	25,0	10,0	33,4	30,0	33,4	30,0
7	3	7	25,0	10,0	27,7	25,0		
7	3	7	25,0	10,0	23,5	27,6	27,7	27,6
7	4	7	25,0	10,0	25,6	25,6		
7	4	7	25,0	10,0	26,0	26,8	26,0	26,8
7	5	7	25,0	10,0	29,5	28,3		
7	5	7	25,0	10,0	27,5	26,5	29,5	28,3
7	6	7	25,0	10,0	26,0	23,5		
7	6	7	25,0	10,0	25,2	25,1	26,0	25,1

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
8	1	7	25,0	10,0	25,4	27,2		
8	1	7	25,0	10,0	25,0	23,6	25,4	27,2
8	2	7	25,0	10,0	24,2	24,7		
8	2	7	25,0	10,0	25,9	24,3	25,9	24,7
8	3	7	25,0	10,0	25,2	26,4		
8	3	7	25,0	10,0	25,4	26,5	25,4	26,5
8	4	7	25,0	10,0	26,2	28,6		
8	4	7	25,0	10,0	25,4	26,0	26,2	28,6
8	5	7	25,0	10,0	26,7	26,2		
8	5	7	25,0	10,0	27,8	27,3	27,8	27,3
8	6	7	25,0	10,0	25,1	26,0		
8	6	7	25,0	10,0	25,9	24,8	25,9	26,0
8	7	7	25,0	10,0	28,2	28,7		
8	7	7	25,0	10,0	25,9	27,9	28,2	28,7
8	8	7	25,0	10,0	23,8	28,1		
8	8	7	25,0	10,0	26,1	26,7	26,1	28,1
8	9	7	25,0	10,0	30,4	27,0		
8	9	7	25,0	10,0	29,3	28,6	30,4	28,6
8	10	7	25,0	10,0	24,3	25,7		
8	10	7	25,0	10,0	26,3	26,3	26,3	26,3
8	11	7	25,0	10,0	28,8	28,9		
8	11	7	25,0	10,0	25,2	23,1	28,8	28,9
8	12	7	25,0	10,0	29,5	29,7		
8	12	7	25,0	10,0	27,5	32,4	29,5	32,4
8	13	7	25,0	10,0	28,7	23,8		
8	13	7	25,0	10,0	29,7	25,5	29,7	25,5
8	14	7	25,0	10,0	29,9	27,4		
8	14	7	25,0	10,0	27,5	26,7	29,9	27,4
8	15	7	25,0	10,0	27,0	26,0		
8	15	7	25,0	10,0	25,1	27,6	27,0	27,6

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
9	1	5	25,0	10,0	31,0	32,7		
9	1	5	25,0	10,0	29,0	35,4	31,0	35,4
9	2	5	25,0	10,0	29,6	28,9		
9	2	5	25,0	10,0	26,7	30,2	29,6	30,2
9	3	5	25,0	10,0	30,2	31,1		
9	3	5	25,0	10,0	28,9	29,5	30,2	31,1
9	4	5	25,0	10,0	25,9	28,5		
9	4	5	25,0	10,0	25,4	29,6	25,9	29,6
9	5	5	25,0	10,0	29,8	29,1		
9	5	5	25,0	10,0	27,0	31,2	29,8	31,2
9	6	5	25,0	10,0	26,0	27,0		
9	6	5	25,0	10,0	24,6	28,1	26,0	28,1
9	7	5	25,0	10,0	31,0	30,3		
9	7	5	25,0	10,0	28,3	29,7	31,0	30,3

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
10	1	7	25,0	10,0	30,6	41,0		
10	1	7	25,0	10,0	34,7	40,5	34,7	41,0
10	2	7	25,0	10,0	26,9	42,9		
10	2	7	25,0	10,0	26,9	42,8	26,9	42,9
10	3	7	25,0	10,0	35,8	40,0		
10	3	7	25,0	10,0	36,7	39,7	36,7	40,0
10	4	7	25,0	10,0	32,9	41,5		
10	4	7	25,0	10,0	31,5	41,0	32,9	41,5

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
11	1	5	25,0	10,0	26,4	22,8		
11	1	5	25,0	10,0	26,7	25,3	26,7	25,3
11	2	5	25,0	10,0	30,2	26,2		
11	2	5	25,0	10,0	29,8	27,7	30,2	27,7
11	3	5	25,0	10,0	30,9	27,9		
11	3	5	25,0	10,0	30,0	27,3	30,9	27,9
11	4	5	25,0	10,0	27,6	26,4		
11	4	5	25,0	10,0	29,1	22,7	29,1	26,4
11	5	5	25,0	10,0	26,3	21,8		
11	5	5	25,0	10,0	26,7	23,3	26,7	23,3
11	6	5	25,0	10,0	31,4	27,9		
11	6	5	25,0	10,0	30,8	26,3	31,4	27,9
11	7	5	25,0	10,0	31,3	27,3		
11	7	5	25,0	10,0	31,7	23,9	31,7	27,3
11	8	5	25,0	10,0	27,7	23,4		
11	8	5	25,0	10,0	27,2	21,9	27,7	23,4

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
12	1	7	25,0	10,0	25,0	28,4		
12	1	7	25,0	10,0	25,5	28,0	25,5	28,4
12	2	7	25,0	10,0	27,1	25,3		
12	2	7	25,0	10,0	26,3	26,0	27,1	26,0
12	3	7	25,0	10,0	26,5	26,7		
12	3	7	25,0	10,0	25,7	26,7	26,5	26,7
12	4	7	25,0	10,0	27,5	27,1		
12	4	7	25,0	10,0	26,2	27,5	27,5	27,5
12	5	7	25,0	10,0	28,8	28,6		
12	5	7	25,0	10,0	29,4	28,4	29,4	28,6

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
13	1	5	25,0	10,0	25,7	26,5	27,9	26,5
13	1	5	25,0	10,0	27,9	25,9		
13	2	5	25,0	10,0	28,8	25,9	28,8	27,4
13	2	5	25,0	10,0	28,3	27,4		
13	3	5	25,0	10,0	28,7	27,3	29,5	30,1
13	3	5	25,0	10,0	29,5	30,1		
13	4	5	25,0	10,0	29,5	28,7	29,5	28,7
13	4	5	25,0	10,0	27,6	24,8		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
14	1	7	25,0	10,0	26,6	29,8	27,2	29,8
14	1	7	25,0	10,0	27,2	28,0		
14	2	7	25,0	10,0	25,2	26,1	25,2	26,1
14	2	7	25,0	10,0	23,4	26,0		
14	3	7	25,0	10,0	26,6	27,7	27,8	27,7
14	3	7	25,0	10,0	27,8	27,5		
14	4	7	25,0	10,0	26,7	28,2	27,5	28,2
14	4	7	25,0	10,0	27,5	28,0		
14	5	7	25,0	10,0	26,2	29,1	28,5	29,1
14	5	7	25,0	10,0	28,5	28,4		
14	6	7	25,0	10,0	26,3	26,3	27,8	26,3
14	6	7	25,0	10,0	27,8	26,3		
14	7	7	25,0	10,0	24,5	27,0	24,5	27,0
14	7	7	25,0	10,0	23,3	26,5		
14	8	7	25,0	10,0	25,1	28,1	25,8	28,3
14	8	7	25,0	10,0	25,8	28,3		
14	9	7	25,0	10,0	26,6	27,7	26,6	27,7
14	9	7	25,0	10,0	26,3	27,5		
14	10	7	25,0	10,0	22,2	23,5	25,4	23,5
14	10	7	25,0	10,0	25,4	22,5		
14	11	7	25,0	10,0	25,8	27,1	26,6	27,1
14	11	7	25,0	10,0	26,6	26,1		
14	12	7	25,0	10,0	24,5	26,6	24,5	26,8
14	12	7	25,0	10,0	23,2	26,8		
14	13	7	25,0	10,0	26,3	24,0	26,3	24,3
14	13	7	25,0	10,0	25,3	24,3		
14	14	7	25,0	10,0	26,4	24,8	27,3	26,6
14	14	7	25,0	10,0	27,3	26,6		
14	15	7	25,0	10,0	26,3	25,0	26,3	25,7
14	15	7	25,0	10,0	24,7	25,7		
14	16	7	25,0	10,0	26,9	27,4	26,9	28,6
14	16	7	25,0	10,0	24,5	28,6		
14	17	7	25,0	10,0	24,7	29,4	24,7	29,4
14	17	7	25,0	10,0	24,4	28,0		
14	18	7	25,0	10,0	30,6	29,4	30,6	31,2
14	18	7	25,0	10,0	29,0	31,2		
14	19	7	25,0	10,0	30,1	29,0	30,1	29,4
14	19	7	25,0	10,0	28,0	29,4		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
15	1	5	25,0	10,0	31,1	28,8		
15	1	5	25,0	10,0	29,1	31,1	31,1	31,1
15	2	5	25,0	10,0	30,7	28,7		
15	2	5	25,0	10,0	29,0	30,2	30,7	30,2
15	3	5	25,0	10,0	30,0	29,3		
15	3	5	25,0	10,0	26,7	24,3	30,0	29,3
15	4	5	25,0	10,0	26,8	26,2		
15	4	5	25,0	10,0	26,3	27,2	26,8	27,2
15	5	5	25,0	10,0	26,0	28,9		
15	5	5	25,0	10,0	26,8	30,3	26,8	30,3
15	6	5	25,0	10,0	29,9	26,0		
15	6	5	25,0	10,0	27,5	29,0	29,9	29,0
15	7	5	25,0	10,0	29,8	28,0		
15	7	5	25,0	10,0	26,8	28,0	29,8	28,0
15	8	5	25,0	10,0	26,0	29,4		
15	8	5	25,0	10,0	27,3	29,1	27,3	29,4

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
16	1	1	25,0	10,0	37,9	33,0		
16	1	1	25,0	10,0	36,4	34,1	37,9	34,1
16	2	1	25,0	10,0	34,1	35,6		
16	2	1	25,0	10,0	34,9	33,7	34,9	35,6
16	3	1	25,0	10,0	31,2	32,5		
16	3	1	25,0	10,0	30,0	33,3	31,2	33,3
16	4	1	25,0	10,0	37,3	33,3		
16	4	1	25,0	10,0	34,1	33,2	37,3	33,3
16	5	1	25,0	10,0	29,3	31,6		
16	5	1	25,0	10,0	29,5	33,0	29,5	33,0
16	6	1	25,0	10,0	28,1	29,4		
16	6	1	25,0	10,0	31,8	29,8	31,8	29,8
16	7	1	25,0	10,0	37,3	31,7		
16	7	1	25,0	10,0	36,4	30,0	37,3	31,7
16	8	1	25,0	10,0	37,8	33,9		
16	8	1	25,0	10,0	37,2	33,2	37,8	33,9
16	9	1	25,0	10,0	30,8	30,5		
16	9	1	25,0	10,0	33,1	31,6	33,1	31,6
16	10	1	25,0	10,0	37,4	36,3		
16	10	1	25,0	10,0	36,5	35,3	37,4	36,3
16	11	1	25,0	10,0	33,0	33,2		
16	11	1	25,0	10,0	34,0	33,4	34,0	33,4
16	12	1	25,0	10,0	32,9	32,2		
16	12	1	25,0	10,0	36,2	31,4	36,2	32,2
16	13	1	25,0	10,0	35,1	32,2		
16	13	1	25,0	10,0	37,9	32,8	37,9	32,8
16	14	1	25,0	10,0	30,6	27,0		
16	14	1	25,0	10,0	29,5	30,0	30,6	30,0
16	15	1	25,0	10,0	34,4	33,9		
16	15	1	25,0	10,0	34,9	33,0	34,9	33,9
16	16	1	25,0	10,0	34,9	33,8		
16	16	1	25,0	10,0	36,7	35,0	36,7	35,0
16	17	1	25,0	10,0	33,4	29,7		
16	17	1	25,0	10,0	36,5	30,6	36,5	30,6

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
17	1	5	25,0	10,0	30,7	29,0	30,7	29,0
17	1	5	25,0	10,0	29,6	26,6		
17	2	5	25,0	10,0	29,0	27,0	29,0	28,3
17	2	5	25,0	10,0	27,5	28,3		
17	3	5	25,0	10,0	25,8	28,0	27,3	28,0
17	3	5	25,0	10,0	27,3	27,3		
17	4	5	25,0	10,0	25,6	28,7	28,4	28,7
17	4	5	25,0	10,0	28,4	26,7		
17	5	5	25,0	10,0	22,2	27,8	23,4	27,8
17	5	5	25,0	10,0	23,4	27,6		
17	6	5	25,0	10,0	27,1	24,5	27,1	24,5
17	6	5	25,0	10,0	26,5	23,3		
17	7	5	25,0	10,0	27,6	27,2	27,6	27,2
17	7	5	25,0	10,0	26,6	27,0		
17	8	5	25,0	10,0	27,5	27,3	28,4	27,3
17	8	5	25,0	10,0	28,4	26,6		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
18	1	5	25,0	10,0	25,5	22,9	25,5	23,0
18	1	5	25,0	10,0	21,9	23,0		
18	2	5	25,0	10,0	27,1	24,6	27,1	26,2
18	2	5	25,0	10,0	26,5	26,2		
18	3	5	25,0	10,0	30,4	25,8	30,4	25,8
18	3	5	25,0	10,0	28,8	24,4		
18	4	5	25,0	10,0	23,5	24,3	25,2	26,2
18	4	5	25,0	10,0	25,2	26,2		
18	5	5	25,0	10,0	27,4	25,2	30,4	25,2
18	5	5	25,0	10,0	30,4	24,7		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 4	LAB. 2	CNT. 4	LAB. 2
19	1	6	25,0	10,0	26,0	26,4	26,9	26,4
19	1	6	25,0	10,0	26,9	25,1		
19	2	6	25,0	10,0	26,7	25,5	26,7	25,5
19	2	6	25,0	10,0	26,5	25,0		
19	3	6	25,0	10,0	28,9	28,3	28,9	31,3
19	3	6	25,0	10,0	27,6	31,3		
19	4	6	25,0	10,0	26,4	26,6	26,4	27,6
19	4	6	25,0	10,0	25,7	27,6		
19	5	6	25,0	10,0	27,7	28,8	27,7	28,8
19	5	6	25,0	10,0	27,4	27,7		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 4	LAB. 2	CNT. 4	LAB. 2
20	1	6	25,0	10,0	29,8	30,3	29,8	31,5
20	1	6	25,0	10,0	29,8	31,5		
20	2	6	25,0	10,0	28,0	30,8	28,0	30,8
20	2	6	25,0	10,0	26,3	29,3		
20	3	6	25,0	10,0	30,0	31,7	30,0	32,2
20	3	6	25,0	10,0	28,6	32,2		
20	4	6	25,0	10,0	27,4	28,4	27,4	29,2
20	4	6	25,0	10,0	24,9	29,2		
20	5	6	25,0	10,0	27,6	29,9	27,6	29,9
20	5	6	25,0	10,0	25,9	27,8		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 4	LAB. 2	CNT. 4	LAB. 2
21	1	6	25,0	10,0	26,6	24,7	26,6	26,7
21	1	6	25,0	10,0	25,9	26,7		
21	2	6	25,0	10,0	29,2	29,3	29,2	30,1
21	2	6	25,0	10,0	29,2	30,1		
21	3	6	25,0	10,0	29,0	28,5	29,0	28,5
21	3	6	25,0	10,0	27,2	26,1		
21	4	6	25,0	10,0	26,6	24,9	26,6	24,9
21	4	6	25,0	10,0	26,0	24,8		
21	5	6	25,0	10,0	27,3	26,3	27,3	29,6
21	5	6	25,0	10,0	26,9	29,6		
21	6	6	25,0	10,0	26,3	26,8	26,3	27,8
21	6	6	25,0	10,0	25,9	27,8		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
22	1	5	30,0	10,0	36,0	36,1	36,0	38,8
22	1	5	30,0	10,0	34,0	38,8		
22	2	5	30,0	10,0	30,7	34,4	30,7	40,1
22	2	5	30,0	10,0	29,5	40,1		
22	3	5	30,0	10,0	34,1	34,9	34,1	34,9
22	3	5	30,0	10,0	31,0	34,7		
22	4	5	30,0	10,0	28,3	36,4	28,3	36,4
22	4	5	30,0	10,0	27,1	31,1		
22	5	5	30,0	10,0	33,9	38,9	36,0	38,9
22	5	5	30,0	10,0	36,0	37,9		
22	6	5	30,0	10,0	31,8	42,0	31,8	42,0
22	6	5	30,0	10,0	31,5	40,0		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
23	1	5	30,0	10,0	37,5	40,5	37,5	40,5
23	1	5	30,0	10,0	34,1	38,6		
23	2	5	30,0	10,0	29,6	38,6	31,6	38,8
23	2	5	30,0	10,0	31,6	38,8		
23	3	5	30,0	10,0	33,8	39,9	33,8	39,9
23	3	5	30,0	10,0	31,8	35,7		
23	4	5	30,0	10,0	36,9	42,1	36,9	42,1
23	4	5	30,0	10,0	34,8	38,5		
23	5	5	30,0	10,0	39,7	42,3	39,7	42,3
23	5	5	30,0	10,0	37,8	38,3		

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
24	1	7	30,0	10,0	33,1	29,7		
24	1	7	30,0	10,0	36,4	33,3	36,4	33,3
24	2	7	30,0	10,0	34,4	35,2		
24	2	7	30,0	10,0	37,2	32,4	37,2	35,2
24	3	7	30,0	10,0	35,8	29,6		
24	3	7	30,0	10,0	39,0	31,4	39,0	31,4
24	4	7	30,0	10,0	35,5	31,4		
24	4	7	30,0	10,0	35,9	34,2	35,9	34,2
24	5	7	30,0	10,0	36,6	31,1		
24	5	7	30,0	10,0	37,9	31,6	37,9	31,6
24	6	7	30,0	10,0	40,2	34,2		
24	6	7	30,0	10,0	37,2	34,9	40,2	34,9
24	7	7	30,0	10,0	38,4	32,5		
24	7	7	30,0	10,0	40,7	34,2	40,7	34,2
24	8	7	30,0	10,0	36,5	33,8		
24	8	7	30,0	10,0	33,5	32,5	36,5	33,8
24	9	7	30,0	10,0	36,4	36,1		
24	9	7	30,0	10,0	41,3	30,5	41,3	36,1
24	10	7	30,0	10,0	35,2	36,7		
24	10	7	30,0	10,0	37,6	41,0	37,6	41,0
24	11	7	30,0	10,0	39,6	31,1		
24	11	7	30,0	10,0	39,1	37,1	39,6	37,1
24	12	7	30,0	10,0	37,9	35,1		
24	12	7	30,0	10,0	41,6	36,4	41,6	36,4
24	13	7	30,0	10,0	36,4	41,8		
24	13	7	30,0	10,0	35,1	42,1	36,4	42,1
24	14	7	30,0	10,0	37,9	34,3		
24	14	7	30,0	10,0	39,5	35,0	39,5	35,0
24	15	7	30,0	10,0	37,1	36,0		
24	15	7	30,0	10,0	36,6	32,9	37,1	36,0

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 2	CNT. 3	LAB. 2
25	1	3	30,0	10,0	33,4	34,1		
25	1	3	30,0	10,0	34,1	35,0	34,1	35,0
25	2	3	30,0	10,0	34,1	34,3		
25	2	3	30,0	10,0	36,7	35,3	36,7	35,3
25	3	3	30,0	10,0	28,9	35,2		
25	3	3	30,0	10,0	34,1	36,6	34,1	36,6

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
26	1	3	30,0	10,0	30,3	36,0		
26	1	3	30,0	10,0	31,3	35,8	31,3	36,0
26	2	3	30,0	10,0	25,0	33,5		
26	2	3	30,0	10,0	29,3	33,4	29,3	33,5

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 3	LAB. 1	CNT. 3	LAB. 1
27	1	8	30,0	10,0	31,6	29,2		
27	1	8	30,0	10,0	33,1	28,8	33,1	29,2
27	2	8	30,0	10,0	31,6	26,5		
27	2	8	30,0	10,0	30,7	26,0	31,6	26,5

DIA	REMESSA	CONSTRUTORA	FCK	SLUMP	CORPOS-DE-PROVA		RES. POTENCIAL	
					CNT. 2	LAB. 1	CNT. 2	LAB. 1
28	1	4	40,0	12,0	47,9	50,6	47,9	50,6
28	1	4	40,0	12,0	46,3	48,8		
28	2	4	40,0	12,0	49,7	54,4	49,7	54,4
28	2	4	40,0	12,0	48,6	53,5		
28	3	4	40,0	12,0	48,6	57,2	48,6	58,0
28	3	4	40,0	12,0	47,1	58,0		
28	4	4	40,0	12,0	49,4	52,0	49,4	52,3
28	4	4	40,0	12,0	48,9	52,3		
28	5	4	40,0	12,0	51,4	51,5	51,4	51,5
28	5	4	40,0	12,0	50,9	50,1		
28	6	4	40,0	12,0	48,4	51,8	48,4	51,8
28	6	4	40,0	12,0	44,6	50,1		
28	7	4	40,0	12,0	47,9	49,6	47,9	50,0
28	7	4	40,0	12,0	35,9	50,0		
28	8	4	40,0	12,0	47,1	48,4	47,1	48,4
28	8	4	40,0	12,0	42,8	48,2		
28	9	4	40,0	12,0	44,3	51,3	44,3	51,3
28	9	4	40,0	12,0	44,1	50,4		
28	10	4	40,0	12,0	48,4	47,8	48,4	47,8
28	10	4	40,0	12,0	44,8	45,6		

APÊNDICE B

DADOS RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DAS SÉRIES DO PROGRAMA LABORATORIAL

DATA	SÉRIE	CRITÉRIO	FCK	COD.	MÉDIA	DESVIO	Nº CPS	VALORES	EXTREMOS	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
1/fev	MOLDE	REFERÊNCIA	35	21	44,6	0,6	4	43,8	45,3	42,7	43,8	44,6	44,6	45,3	49,7
1/fev	MOLDE	PVC	35	22	43,0	0,9	6	41,6	44,5	42,1	42,4	42,6	42,9	44,0	44,1
1/fev	MOLDE	VAZANDO	35	23	47,8	1,5	6	45,3	50,2	45,6	46,2	48,4	48,5	48,9	49,1
1/fev	MOLDE	SEM SILICONE	35	24	49,3	0,3	4	49,0	49,7	47,2	48,0	48,9	49,2	49,6	49,6
13/fev	TOPO	REFERÊNCIA	20	41	26,8	1,0	6	25,2	28,4	25,7	26,4	26,4	26,7	26,8	28,6
13/fev	TOPO	INCLINADO/ENXOFRE	20	42	23,6	0,7	4	22,8	24,4	19,5	23,1	23,2	23,6	24,6	25,6
13/fev	TOPO	PASTA CIMENTO	20	43	26,6	0,7	5	25,6	27,6	24,5	25,7	26,4	26,5	26,8	27,5
13/fev	TOPO	ENXOFRE	20	44	24,8	0,8	5	23,7	25,9	24,1	24,2	24,7	25,6	25,7	27,1
15/fev	MOLDE	REFERÊNCIA	20	21	27,0	0,1	4	26,9	27,1	26,1	26,4	26,9	27,0	27,0	27,1
15/fev	MOLDE	PVC	20	22	27,1	0,4	5	26,6	27,7	26,8	26,8	27,3	27,3	27,6	28,4
15/fev	MOLDE	VAZANDO	20	23	28,9	0,3	6	28,3	29,4	28,5	28,5	28,9	29,0	29,1	29,2
15/fev	MOLDE	SEM SILICONE	20	24	29,1	0,7	6	27,9	30,2	28,0	28,8	28,8	29,3	29,4	30,0
26/abr	CURA	REFERÊNCIA*	20	11	30,0	1,5	6	27,5	32,4	27,9	28,4	30,4	30,8	31,0	31,4
26/abr	CURA	UMIDA	20	12	29,2	1,3	6	27,1	31,4	27,5	28,7	28,8	30,4	30,6	NM
26/abr	CURA	15°C	20	13	26,8	0,5	6	25,9	27,7	26,3	26,4	26,5	27,4	27,4	NM
26/abr	CURA	SEM CAL	20	14	30,4	0,5	6	29,5	31,3	30,0	30,0	30,0	30,7	31,1	NM
26/abr	DESMOLDA	APOS 7 D.	20	32	29,2	0,6	6	28,2	30,3	28,6	28,9	29,0	29,6	30,1	NM
26/abr	CURA	REFERÊNCIA**	35	11	46,1	1,8	6	43,2	49,1	43,4	45,3	45,7	46,9	47,2	48,4
26/abr	CURA	UMIDA	35	12	44,2	0,7	4	43,4	45,0	39,5	42,2	43,5	43,8	44,6	44,9
26/abr	CURA	15°C	35	13	42,0	0,7	6	40,8	43,2	41,2	41,5	41,6	42,2	42,7	43,0
26/abr	CURA	SEM CAL	35	14	45,3	1,4	6	43,0	47,6	43,8	43,9	44,6	46,2	46,5	46,9
26/abr	DESMOLDA	APOS 7 D.	35	32	44,2	2,0	6	40,9	47,6	41,6	42,5	43,3	45,6	45,7	46,5
26/abr	TOPO	INCLINADO/ENXOFRE	35	42	44,4	3,2	5	39,7	49,0	22,3	40,9	42,4	43,3	46,4	48,8
26/abr	TOPO	PASTA CIMENTO	35	43	42,6	2,9	6	37,8	47,4	38,9	40,1	41,4	44,3	45,3	45,8
26/abr	TOPO	ENXOFRE	35	44	34,0	8,8	6	19,3	48,8	27,6	30,2	39,1	41,0	44,7	51,1
4/mai	MOLDADOR	MOLDADOR 1***	35	51	30,3	0,7	6	29,1	31,6	29,5	29,8	29,9	30,5	30,8	31,5
4/mai	MOLDADOR	MOLDADOR 2	35	52	32,8	1,3	6	30,6	35,0	31,2	31,6	32,4	33,1	33,7	34,8
4/mai	TOPO	NEOPRENE	35	53	27,0	0,6	5	26,2	27,9	23,3	26,5	26,9	26,9	26,9	28,0
12/mai	MOLDADOR	MOLDADOR 1***	21	51	21,5	0,7	6	20,4	22,6	20,7	20,9	21,4	21,6	22,1	22,3
12/mai	MOLDADOR	MOLDADOR 2	21	52	24,0	0,6	6	23,0	25,0	23,2	23,6	23,9	23,9	24,5	24,8
12/mai	TOPO	NEOPRENE	21	53	18,9	0,8	6	17,5	20,4	18,1	18,3	18,6	18,9	19,5	20,3

OBS.:

OS VALORES EM NEGRITO FORAM CONSIDERADOS VALORES EXPÚRIOS (MANTENDO-SE UM MÍNIMO DE 4 RESULTADOS DE RUPTURA

* REFERÊNCIA PARA A SÉRIE 3220

** REFERÊNCIA PARA AS SÉRIES 3235, 4235, 4335, 4435

*** REFERÊNCIA PARA A SÉRIE 5321

**** REFERÊNCIA PARA A SÉRIE 5335

DADOS DE RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DOS CORPOS-DE-PROVA DO PROGRAMA LABORATORIAL

CÓDIGO	FKK	IDENTIFICAÇÃO	MOLDAGEM	ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA ANTES TRATAMENTO DE TOPO (mm)		INCLINAÇÃO	TRATAMENTO DE TOPO	ALTURA DEPOIS TRATAMENTO DE TOPO (mm)	ESPESURA DO TRATAMENTO DE TOPO (mm)	HD	VEL. (MPa/s)	CARGA (kN)	RESIST. (MPa)
							MEDIDA 1	MEDIDA 2								
21	35	E	1/fev	1/mar	28	99,73	201,20	-	RETIFICADO	198,09	-3,11	2,02	4,1	333,2	42,7	
21	35	C	1/fev	1/mar	28	100,58	199,40	-	RETIFICADO	196,87	-2,53	1,98	4,0	347,6	43,8	
21	35	F	1/fev	1/mar	28	99,76	200,00	-	RETIFICADO	197,30	-2,70	2,00	3,3	348,5	44,6	
21	35	A	1/fev	1/mar	28	100,00	200,00	-	RETIFICADO	197,21	-2,79	2,00	SEM MEDIR	350,2	44,6	
21	35	B	1/fev	1/mar	28	99,50	199,50	-	RETIFICADO	197,38	-2,12	2,00	3,9	355,0	45,3	
21	35	D	1/fev	1/mar	28	99,57	200,85	-	RETIFICADO	198,01	-2,84	2,02	4,1	386,8	49,7	
22	35	E	1/fev	1/mar	28	98,10	200,35	-	RETIFICADO	196,45	-1,90	2,04	3,5	318,0	42,1	
22	35	C	1/fev	1/mar	28	98,12	201,20	-	RETIFICADO	197,44	-3,76	2,05	3,4	320,5	42,4	
22	35	D	1/fev	1/mar	28	98,14	200,30	-	RETIFICADO	196,81	-3,49	2,04	3,3	322,0	42,6	
22	35	F	1/fev	1/mar	28	97,96	200,10	-	RETIFICADO	193,97	-6,13	2,04	3,3	323,5	42,9	
22	35	B	1/fev	1/mar	28	98,26	200,85	-	RETIFICADO	196,73	-2,12	2,04	3,3	334,0	44,0	
22	35	A	1/fev	1/mar	28	98,02	200,75	-	RETIFICADO	195,77	-4,98	2,05	3,4	333,0	44,1	
23	35	E	1/fev	1/mar	28	100,65	201,10	-	RETIFICADO	198,27	-2,83	2,00	3,4	363,0	45,6	
23	35	B	1/fev	1/mar	28	100,72	201,00	-	RETIFICADO	197,51	-3,49	2,00	3,3	365,0	46,2	
23	35	C	1/fev	1/mar	28	98,03	200,65	-	RETIFICADO	196,40	-4,25	2,05	3,3	368,0	48,4	
23	35	A	1/fev	1/mar	28	100,80	199,35	-	RETIFICADO	196,62	-2,73	1,98	3,4	387,0	48,5	
23	35	F	1/fev	1/mar	28	100,56	200,25	-	RETIFICADO	197,37	-2,88	1,99	3,4	388,0	48,9	
23	35	D	1/fev	1/mar	28	100,50	198,95	-	RETIFICADO	195,78	-3,17	1,98	3,4	388,0	49,1	
24	35	D	1/fev	1/mar	28	100,40	199,70	-	RETIFICADO	196,33	-2,37	1,98	3,5	373,5	47,2	
24	35	C	1/fev	1/mar	28	100,29	199,25	-	RETIFICADO	196,33	-2,92	1,99	3,4	379,5	48,0	
24	35	A	1/fev	1/mar	28	100,31	200,45	-	RETIFICADO	197,75	-2,70	2,00	4,0	386,8	48,9	
24	35	B	1/fev	1/mar	28	100,71	200,50	-	RETIFICADO	196,65	-3,85	1,99	3,8	391,8	49,2	
24	35	F	1/fev	1/mar	28	100,14	200,10	-	RETIFICADO	196,99	-3,11	2,00	3,3	390,5	49,6	
24	35	E	1/fev	1/mar	28	100,37	200,25	-	RETIFICADO	197,45	-2,80	2,00	3,2	392,5	49,6	
41	20	J	13/fev	13/mar	28	100,39	198,91	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	1,98	4,0	203,8	25,7	
41	20	E	13/fev	13/mar	28	99,87	200,37	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	2,01	4,0	206,8	26,4	
41	20	I	13/fev	13/mar	28	100,61	199,91	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	1,98	4,2	210,2	26,4	
41	20	H	13/fev	13/mar	28	100,16	199,79	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	1,98	3,9	210,4	26,7	
41	20	D	13/fev	13/mar	28	100,33	199,79	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	1,99	4,0	211,6	26,8	
41	20	P	13/fev	13/mar	28	99,15	198,71	-	RETIFICADO	SEM MEDIR	-	2,00	SEM MEDIR	220,8	28,6	
42	20	E	13/fev	13/mar	28	100,20	203,56	196,08	9,46%	ENXOFRE INCLINADO	209,70	11,55	2,00	4,0	153,8	19,5
42	20	A	13/fev	13/mar	28	99,80	204,77	195,91	8,88%	ENXOFRE INCLINADO	209,80	11,38	2,01	4,0	180,8	23,1
42	20	C	13/fev	13/mar	28	99,80	204,17	197,57	6,61%	ENXOFRE INCLINADO	210,00	9,52	2,01	4,0	181,2	23,2
42	20	B	13/fev	13/mar	28	100,20	204,47	199,87	4,58%	ENXOFRE INCLINADO	210,20	7,46	2,02	3,9	186,0	23,6
42	20	F	13/fev	13/mar	28	99,94	205,08	195,91	9,18%	ENXOFRE INCLINADO	210,80	12,03	2,01	4,0	192,6	24,6
42	20	M	13/fev	13/mar	28	100,44	203,84	194,58	9,22%	ENXOFRE INCLINADO	208,20	11,44	1,98	4,0	202,8	25,6
43	20	S	13/fev	13/mar	28	100,77	200,65	-	PASTA CIMENTO	202,55	1,90	1,99	3,7	195,0	24,5	
43	20	L	13/fev	13/mar	28	100,13	201,09	-	PASTA CIMENTO	203,45	2,38	2,01	4,0	202,6	25,7	
43	20	R	13/fev	13/mar	28	99,58	200,75	-	PASTA CIMENTO	203,75	3,00	2,02	4,1	205,4	26,4	
43	20	L	13/fev	13/mar	28	100,70	200,87	-	PASTA CIMENTO	203,70	2,83	1,99	4,0	211,0	26,5	
43	20	G	13/fev	13/mar	28	99,77	200,53	-	PASTA CIMENTO	203,45	2,92	2,01	4,0	209,8	26,8	
43	20	F	13/fev	13/mar	28	99,51	200,92	-	PASTA CIMENTO	204,50	3,58	2,02	3,9	214,2	27,5	
44	20	B	13/fev	13/mar	28	100,65	202,23	-	ENXOFRE	207,20	4,97	2,01	3,9	191,6	24,1	
44	20	N	13/fev	13/mar	28	100,07	201,04	-	ENXOFRE	206,90	5,86	2,01	4,1	180,0	24,2	
44	20	O	13/fev	13/mar	28	99,40	200,37	-	ENXOFRE	206,30	6,53	2,02	4,0	191,4	24,7	
44	20	A	13/fev	13/mar	28	100,75	200,30	-	ENXOFRE	206,60	3,30	2,02	3,9	204,0	25,6	
44	20	Q	13/fev	13/mar	28	100,92	200,96	-	ENXOFRE	206,40	5,44	1,99	4,2	205,2	25,7	
44	20	C	13/fev	13/mar	28	99,94	201,23	-	ENXOFRE	207,20	5,97	2,01	4,0	212,2	27,1	
44	20	D	15/fev	15/mar	28	99,89	200,62	-	RETIFICADO	197,77	-2,85	1,98	3,9	204,8	26,1	
21	20	D	15/fev	15/mar	28	99,85	201,60	-	RETIFICADO	197,97	-3,63	1,98	4,0	206,4	26,4	
21	20	A	15/fev	15/mar	28	100,27	202,09	-	RETIFICADO	195,79	-6,30	1,95	4,0	212,4	26,9	
21	20	B	15/fev	15/mar	28	99,65	200,80	-	RETIFICADO	197,36	-3,44	1,98	4,0	210,4	27,0	
21	20	E	15/fev	15/mar	28	100,20	200,02	-	RETIFICADO	197,49	-2,53	1,97	4,0	213,0	27,0	
21	20	E	15/fev	15/mar	28	100,02	200,71	-	RETIFICADO	197,65	-3,08	1,98	3,9	212,8	27,1	
22	20	F	15/fev	15/mar	28	99,91	200,39	-	RETIFICADO	193,82	-18,57	1,86	4,0	205,6	26,8	
22	20	E	15/fev	15/mar	28	97,93	201,26	-	RETIFICADO	191,84	-9,42	1,96	4,0	201,6	26,8	
22	20	A	15/fev	15/mar	28	98,41	199,13	-	RETIFICADO	189,27	-9,86	1,92	4,0	202,6	27,3	
22	20	A	15/fev	15/mar	28	97,07	198,07	-	RETIFICADO	189,37	-8,70	1,95	4,0	207,2	27,3	
22	20	G	15/fev	15/mar	28	98,22	201,05	-	RETIFICADO	191,27	-9,78	1,95	3,9	208,8	27,6	
22	20	C	15/fev	15/mar	28	98,15	196,26	-	RETIFICADO	186,69	-9,57	1,90	4,0	215,0	28,4	
22	20	B	15/fev	15/mar	28	98,17	200,66	-	RETIFICADO	194,53	-6,13	1,98	4,1	220,6	29,1	

DADOS DE RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DOS CORPOS-DE-PROVA DO PROGRAMA LABORATORIAL (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	FCK	IDENTIFICAÇÃO	MOLDAGEM	ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	ALTURA ANTES TRATAMENTO DE TOPO (mm)		INCLINAÇÃO	TRATAMENTO DE TOPO	ALTURA DEPOIS TRATAMENTO DE TOPO (mm)	ESPESSURA DO TRATAMENTO DE TOPO (mm)	HD	VEL. (MPa/s)	CARGA (kN)	RESIST. (MPa)
							MEIDA 1	MEIDA 2								
23	20	B	15/fev	15/mar	28	100,65	199,99	-	RETIFICADO	197,82	-2,17	1,99	4,0	226,4	28,5	
23	20	A	15/fev	15/mar	28	100,55	200,10	-	RETIFICADO	197,61	-2,49	1,99	4,0	226,2	28,5	
23	20	D	15/fev	15/mar	28	100,29	200,76	-	RETIFICADO	197,38	-3,38	2,00	4,0	228,4	29,0	
23	20	E	15/fev	15/mar	28	100,31	200,08	-	RETIFICADO	197,83	-3,25	2,00	4,0	229,4	29,0	
23	20	F	15/fev	15/mar	28	100,39	201,03	-	RETIFICADO	198,80	-2,23	2,00	4,0	230,0	29,1	
23	20	C	15/fev	15/mar	28	100,24	201,90	-	RETIFICADO	198,73	-3,17	2,01	4,0	230,2	29,2	
24	20	A	15/fev	15/mar	28	100,78	201,56	-	RETIFICADO	198,77	-2,79	2,00	4,0	227,2	28,0	
24	20	E	15/fev	15/mar	28	100,25	201,06	-	RETIFICADO	197,46	-3,60	2,01	4,1	227,2	28,8	
24	20	F	15/fev	15/mar	28	99,98	201,77	-	RETIFICADO	198,25	-3,82	2,02	3,7	226,4	28,8	
24	20	D	15/fev	15/mar	28	100,45	198,61	-	RETIFICADO	195,82	-2,85	1,98	4,0	232,2	29,3	
24	20	C	15/fev	15/mar	28	100,50	198,83	-	RETIFICADO	195,76	-3,01	1,98	4,1	233,6	29,4	
24	20	B	15/fev	15/mar	28	99,84	199,34	-	RETIFICADO	196,21	-3,13	2,00	4,1	234,8	30,0	
11	20	B	26/abr	24/mal	28	100,50	198,88	-	RETIFICADO	197,07	-1,81	1,98	4,0	221,0	27,9	
11	20	D	26/abr	24/mal	28	96,04	199,99	-	RETIFICADO	198,58	-1,41	2,08	2,3	206,0	28,4	
11	20	C	26/abr	24/mal	28	100,65	198,47	-	RETIFICADO	197,17	-1,30	1,97	4,1	242,0	30,4	
11	20	F	26/abr	24/mal	28	100,54	200,55	-	RETIFICADO	199,39	-1,16	1,99	SEM MEDIR	244,4	30,8	
11	20	A	26/abr	24/mal	28	98,91	198,54	-	RETIFICADO	195,66	-2,88	2,01	4,0	238,0	31,0	
11	20	E	26/abr	24/mal	28	100,06	198,78	-	RETIFICADO	196,39	-2,39	1,99	4,1	246,6	31,4	
11	20	D	26/abr	24/mal	28	99,32	200,25	-	RETIFICADO	199,03	-1,22	2,02	3,8	213,2	27,5	
12	20	E	26/abr	24/mal	28	99,29	199,09	-	RETIFICADO	197,80	-1,29	2,01	4,0	222,2	28,7	
12	20	B	26/abr	24/mal	28	99,94	201,25	-	RETIFICADO	196,71	-2,84	2,01	4,0	226,2	28,8	
12	20	C	26/abr	24/mal	28	99,00	200,03	-	RETIFICADO	197,94	-2,09	2,02	3,9	233,8	30,4	
12	20	A	26/abr	24/mal	28	99,90	199,91	-	RETIFICADO	196,75	-3,16	2,00	3,9	240,0	30,6	
13	20	A	26/abr	24/mal	28	100,61	199,22	-	RETIFICADO	196,41	-2,81	1,95	3,8	209,2	26,3	
13	20	D	26/abr	24/mal	28	101,14	199,73	-	RETIFICADO	197,98	-1,75	1,96	3,9	212,4	26,4	
13	20	B	26/abr	24/mal	28	99,46	199,86	-	RETIFICADO	198,02	-1,84	1,99	3,4	206,2	26,5	
13	20	C	26/abr	24/mal	28	99,25	199,47	-	RETIFICADO	197,65	-1,82	1,99	3,8	211,8	27,4	
13	20	E	26/abr	24/mal	28	99,64	199,77	-	RETIFICADO	198,98	-0,79	2,00	4,0	214,0	27,4	
14	20	A	26/abr	24/mal	28	100,24	200,98	-	RETIFICADO	198,97	-2,01	2,01	4,0	236,4	30,0	
14	20	D	26/abr	24/mal	28	100,14	200,47	-	RETIFICADO	198,29	-2,18	2,00	4,0	236,0	30,0	
14	20	C	26/abr	24/mal	28	100,52	199,78	-	RETIFICADO	198,14	-1,84	1,99	4,0	238,2	30,0	
14	20	B	26/abr	24/mal	28	99,51	202,18	-	RETIFICADO	198,97	-2,21	2,03	3,8	238,8	30,7	
14	20	E	26/abr	24/mal	28	100,08	201,61	-	RETIFICADO	198,14	-3,47	2,01	3,9	245,0	31,1	
32	20	A	26/abr	24/mal	28	99,53	199,42	-	RETIFICADO	198,31	-1,11	2,00	4,0	222,2	28,6	
32	20	E	26/abr	24/mal	28	99,87	199,97	-	RETIFICADO	198,71	-0,26	2,00	4,0	226,2	28,9	
32	20	C	26/abr	24/mal	28	99,67	201,15	-	RETIFICADO	200,87	-0,28	2,02	4,0	226,6	29,0	
32	20	B	26/abr	24/mal	28	99,83	200,14	-	RETIFICADO	199,40	-0,74	2,00	4,0	231,6	29,6	
32	20	D	26/abr	24/mal	28	99,79	201,07	-	RETIFICADO	200,62	-0,45	2,02	4,0	235,4	30,1	
11	35	A	26/abr	24/mal	28	99,30	201,27	-	RETIFICADO	197,91	-3,36	2,03	4,0	335,8	43,4	
11	35	D	26/abr	24/mal	28	100,28	201,09	-	RETIFICADO	199,27	-1,82	2,01	3,3	358,0	45,3	
11	35	F	26/abr	24/mal	28	98,63	200,33	-	RETIFICADO	198,65	-3,68	2,02	3,3	359,0	45,7	
11	35	B	26/abr	24/mal	28	99,83	200,89	-	RETIFICADO	198,11	-2,78	2,01	3,3	367,0	46,9	
11	35	C	26/abr	24/mal	28	99,94	201,35	-	RETIFICADO	198,54	-1,81	2,01	3,3	370,5	47,2	
11	35	E	26/abr	24/mal	28	99,35	201,12	-	RETIFICADO	198,32	-2,80	2,02	3,3	375,0	48,4	
12	35	B	26/abr	24/mal	28	100,08	200,96	-	RETIFICADO	197,96	-3,00	2,01	3,4	311,0	39,5	
12	35	C	26/abr	24/mal	28	100,36	202,40	-	RETIFICADO	199,06	-3,34	2,02	3,2	334,0	42,2	
12	35	D	26/abr	24/mal	28	99,88	201,44	-	RETIFICADO	198,99	-2,45	2,02	3,7	340,5	43,5	
12	35	F	26/abr	24/mal	28	99,98	202,38	-	RETIFICADO	199,48	-2,90	2,02	3,5	344,0	43,8	
12	35	E	26/abr	24/mal	28	99,99	201,33	-	RETIFICADO	198,62	-2,71	2,01	3,3	350,5	44,6	
12	35	A	26/abr	24/mal	28	99,95	199,75	-	RETIFICADO	197,60	-2,15	2,00	3,6	352,0	44,9	
13	35	E	26/abr	24/mal	28	100,34	201,77	-	RETIFICADO	198,88	-2,89	2,01	SEM MEDIR	325,5	41,2	
13	35	B	26/abr	24/mal	28	99,95	200,07	-	RETIFICADO	198,33	-1,74	2,00	3,3	325,5	41,5	
13	35	A	26/abr	24/mal	28	99,62	200,56	-	RETIFICADO	198,22	-1,84	2,01	3,4	324,5	41,6	
13	35	C	26/abr	24/mal	28	99,69	201,45	-	RETIFICADO	200,48	-0,97	2,02	3,4	329,0	42,2	
13	35	D	26/abr	24/mal	28	99,54	201,65	-	RETIFICADO	199,02	-2,63	2,03	3,8	332,0	43,7	
13	35	F	26/abr	24/mal	28	100,75	200,31	-	RETIFICADO	198,05	-1,26	1,99	3,3	343,0	43,0	
14	35	F	26/abr	24/mal	28	99,85	201,81	-	RETIFICADO	199,56	-2,25	2,02	3,3	343,0	43,8	
14	35	B	26/abr	24/mal	28	100,10	202,60	-	RETIFICADO	199,21	-3,39	2,02	3,3	345,0	43,9	
14	35	A	26/abr	24/mal	28	100,22	202,85	-	RETIFICADO	199,87	-2,98	2,02	3,7	352,0	44,6	
14	35	E	26/abr	24/mal	28	99,96	201,43	-	RETIFICADO	199,54	-1,89	2,02	SEM MEDIR	362,5	46,2	
14	35	C	26/abr	24/mal	28	99,60	202,02	-	RETIFICADO	199,38	-2,64	2,02	3,3	364,0	46,5	
14	35	D	26/abr	24/mal	28	99,73	203,03	-	RETIFICADO	198,58	-4,45	2,04	3,9	366,0	46,9	

DADOS DE RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS DOS CORPOS-DE-PROVA DO PROGRAMA LABORATORIAL (CONTINUAÇÃO)

CODIGO	FOK	IDENTIFICAÇÃO	MOLDADEM	ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO MÉDIO (mm)	ALTURA ANTES TRATAMENTO DE TOPO (mm)	INCLINAÇÃO	TREATAMENTO DE TOPO	ALTURA DEPOIS TRATAMENTO DE TOPO (mm)	ESPRESSURA DO TRATAMENTO DE TOPO (mm)	HID	VEL. (MPa/s)	CARGA (kN)	RESIST. (MPa)
32	35	F	26/abr	24/mar	28	100,51	200,42	-	RETIFICADO	199,67	-0,75	1,99	3,3	337,0	42,5
32	35	A	26/abr	24/mar	28	99,90	200,23	-	RETIFICADO	199,29	-0,94	2,00	3,4	339,5	43,3
32	35	E	26/abr	24/mar	28	99,49	200,35	-	RETIFICADO	188,38	-1,97	2,01	3,3	364,5	45,6
32	35	C	26/abr	24/mar	28	100,06	200,45	-	RETIFICADO	199,76	-0,69	2,00	3,5	369,5	45,7
32	35	B	26/abr	24/mar	28	99,81	201,15	-	RETIFICADO	199,68	-1,47	2,02	3,4	364,0	46,5
42	35	D	26/abr	24/mar	28	100,17	208,72	11,50%	ENXOFRE INCLINADO	210,40	13,36	2,06	3,3	375,5	22,3
42	35	A	26/abr	24/mar	28	100,72	204,74	6,10%	ENXOFRE INCLINADO	210,30	8,92	1,97	3,3	326,0	40,9
42	35	E	26/abr	24/mar	28	100,01	204,96	7,36%	ENXOFRE INCLINADO	210,20	9,98	2,05	3,6	333,0	42,4
42	35	C	26/abr	24/mar	28	100,09	204,41	5,30%	ENXOFRE INCLINADO	210,10	8,14	2,04	3,3	341,0	43,3
42	35	F	26/abr	24/mar	28	100,73	204,96	4,40%	ENXOFRE INCLINADO	210,20	7,00	1,99	3,5	369,5	46,4
42	35	B	26/abr	24/mar	28	100,24	203,45	5,63%	ENXOFRE INCLINADO	210,10	8,91	2,03	3,4	385,0	48,8
43	35	D	26/abr	24/mar	28	99,80	200,33	-	PASTA CIMENTO	204,50	4,17	2,01	3,5	304,5	38,9
43	35	F	26/abr	24/mar	28	99,99	201,68	-	PASTA CIMENTO	204,00	2,82	2,02	3,3	314,5	40,1
43	35	C	26/abr	24/mar	28	99,87	201,07	-	PASTA CIMENTO	204,00	2,93	2,01	3,3	324,0	41,4
43	35	A	26/abr	24/mar	28	99,96	202,16	-	PASTA CIMENTO	203,50	1,34	2,02	3,3	347,5	44,3
43	35	E	26/abr	24/mar	28	100,28	200,93	-	PASTA CIMENTO	204,00	3,07	2,00	3,6	357,5	45,3
43	35	B	26/abr	24/mar	28	99,89	201,52	-	PASTA CIMENTO	204,50	2,98	2,02	3,4	359,0	45,8
44	35	A	26/abr	24/mar	28	99,83	202,23	-	ENXOFRE	210,30	8,07	2,03	3,2	216,0	27,6
44	35	F	26/abr	24/mar	28	99,43	201,68	-	ENXOFRE	211,00	9,32	2,03	3,8	234,5	30,2
44	35	B	26/abr	24/mar	28	99,27	201,55	-	ENXOFRE	210,00	8,45	2,03	3,3	302,5	39,1
44	35	D	26/abr	24/mar	28	100,32	199,98	-	ENXOFRE	209,00	9,02	1,99	3,3	324,0	41,0
44	35	E	26/abr	24/mar	28	99,76	201,72	-	ENXOFRE	210,00	8,28	2,02	3,8	349,5	44,7
44	35	C	26/abr	24/mar	28	99,66	201,04	-	ENXOFRE	209,00	7,96	2,02	3,3	398,5	51,1
51	35	A	4/mar	1/abr	28	99,29	202,26	-	RETIFICADO	196,90	-5,36	2,04	4,1	228,2	29,5
51	35	C	4/mar	1/abr	28	100,25	199,01	-	RETIFICADO	196,36	-2,65	1,99	4,0	235,4	29,8
51	35	E	4/mar	1/abr	28	99,77	199,30	-	RETIFICADO	197,47	-1,83	2,00	4,1	233,6	29,9
51	35	D	4/mar	1/abr	28	99,40	199,86	-	RETIFICADO	197,18	-2,68	2,01	4,1	236,4	30,5
51	35	F	4/mar	1/abr	28	99,94	197,57	-	RETIFICADO	195,95	-1,62	1,98	4,0	241,4	30,8
51	35	B	4/mar	1/abr	28	99,52	200,59	-	RETIFICADO	196,80	-3,79	2,02	3,9	245,0	31,5
52	35	A	4/mar	1/abr	28	99,30	198,65	-	RETIFICADO	195,04	-3,61	2,00	4,1	241,6	31,2
52	35	C	4/mar	1/abr	28	98,98	198,43	-	RETIFICADO	196,04	-2,39	2,00	4,1	243,4	31,6
52	35	D	4/mar	1/abr	28	100,75	200,25	-	RETIFICADO	196,28	-3,97	1,99	4,1	268,4	32,4
52	35	F	4/mar	1/abr	28	100,44	199,08	-	RETIFICADO	195,66	-3,42	1,98	4,0	262,2	33,1
52	35	E	4/mar	1/abr	28	99,10	199,53	-	RETIFICADO	194,36	-5,17	2,01	4,0	260,2	33,7
52	35	A	4/mar	1/abr	28	99,58	199,04	-	RETIFICADO	195,54	-3,50	2,00	3,9	270,8	34,8
53	35	C	4/mar	1/abr	28	99,28	199,28	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,01	4,0	180,4	23,3
53	35	B	4/mar	1/abr	28	99,82	198,35	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	1,99	3,9	207,0	26,5
53	35	D	4/mar	1/abr	28	99,32	200,40	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,02	3,9	208,2	26,9
53	35	A	4/mar	1/abr	28	99,83	199,05	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	1,99	4,0	210,4	26,9
53	35	F	4/mar	1/abr	28	100,33	200,25	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,00	3,9	213,0	26,9
53	35	E	4/mar	1/abr	28	99,94	198,75	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	1,99	3,9	220,0	28,0
51	21	E	12/mar	9/abr	28	100,16	200,33	-	RETIFICADO	198,60	-1,73	2,00	4,0	163,0	20,7
51	21	B	12/mar	9/abr	28	100,00	201,55	-	RETIFICADO	197,99	-3,56	2,02	3,9	184,2	21,9
51	21	D	12/mar	9/abr	28	100,01	200,13	-	RETIFICADO	198,13	-2,00	2,00	4,0	168,0	21,4
51	21	C	12/mar	9/abr	28	99,76	200,95	-	RETIFICADO	197,08	-3,87	2,01	4,0	168,8	21,6
51	21	A	12/mar	9/abr	28	100,25	199,67	-	RETIFICADO	196,84	-2,83	1,99	4,0	174,8	22,1
51	21	F	12/mar	9/abr	28	100,10	201,78	-	RETIFICADO	197,67	-4,11	2,02	4,0	175,8	22,3
52	21	C	12/mar	9/abr	28	99,75	199,81	-2,06	RETIFICADO	197,75	-2,06	2,00	4,0	181,0	23,2
52	21	E	12/mar	9/abr	28	99,77	200,40	-2,21	RETIFICADO	198,19	-2,21	2,01	4,1	184,2	23,6
52	21	D	12/mar	9/abr	28	99,69	199,70	-0,88	RETIFICADO	198,82	-0,88	2,00	3,9	186,6	23,9
52	21	A	12/mar	9/abr	28	99,72	199,84	-4,03	RETIFICADO	195,81	-4,03	2,00	4,1	187,0	23,9
52	21	B	12/mar	9/abr	28	100,01	200,51	-3,28	RETIFICADO	197,23	-3,28	2,00	4,0	192,4	24,5
52	21	F	12/mar	9/abr	28	99,91	198,91	-1,48	RETIFICADO	197,43	-1,48	1,99	4,0	194,2	24,8
53	21	B	12/mar	9/abr	28	99,81	200,16	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,00	4,0	141,6	18,1
53	21	A	12/mar	9/abr	28	100,41	200,04	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	1,99	4,1	145,0	18,3
53	21	C	12/mar	9/abr	28	99,88	199,96	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,00	3,9	145,4	18,6
53	21	D	12/mar	9/abr	28	100,09	200,64	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,00	4,0	148,4	18,9
53	21	E	12/mar	9/abr	28	100,19	200,24	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,00	3,9	153,8	19,5
53	21	F	12/mar	9/abr	28	100,02	201,88	-	NEOPRENE	SEM VALOR	-	2,02	3,7	159,8	20,3