



**TECNOLOGIA E QUALIDADE DO MATERIAL
CONCRETO NAS CONSTRUÇÕES
AGROINDUSTRIAIS**

TARLEY FERREIRA DE SOUZA JUNIOR

2004

TARLEY FERREIRA DE SOUZA JUNIOR

**TECNOLOGIA E QUALIDADE DO MATERIAL
CONCRETO EM CONSTRUÇÕES AGROINDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes

Co-Orientador

Prof. Dr Vitor Hugo Teixeira

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

2004

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Souza Junior, Tarley Ferreira de

Tecnologia e qualidade do material concreto em construções agroindustriais / Tarley Ferreira de Souza Junior. -- Lavras : UFLA, 2004.

215 p. : il.

Orientador: Francisco Carlos Gomes.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Concreto. 2. Construção rural. 3. Durabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-691.3

TARLEY FERREIRA DE SOUZA JUNIOR

**TECNOLOGIA E QUALIDADE DO MATERIAL CONCRETO EM
CONSTRUÇÕES AGROINDUSTRIAIS**

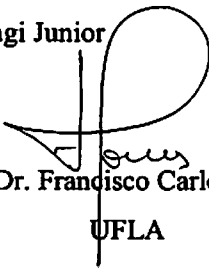
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 05 de fevereiro de 2004

Prof. Dr. Vitor Hugo Teixeira UFLA

Prof. Dr. Sebastião Pereira Lopes UFLA

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Junior UFLA


Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Dedico

À memória de meu pai e de minha mãe, pelos exemplos de vida e a quem tudo devo.

Homenageio

À meu irmão Celso (*in memoriam*).

Ofereço

À Tida, esposa amiga, que absorveu responsabilidades a fim de aliviar meu trabalho.

A Renato, Tatiana e Débora, filhos queridos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por despertar o interesse para a realização e indicar os rumos a serem seguidos, estendo a mão confortadora nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal de Lavras, por meio do Departamento de Engenharia, pela licença concedida para realizar o Mestrado.

E agora? Como agradecer a tantas pessoas pelas contribuições tão variadas e preciosas, na família, no grupo de amigos, no ambiente de trabalho, na Instituição?

Agradeço, pois, de maneira geral, a todos que me auxiliaram e incentivaram na realização deste trabalho:

- ao Professor Francisco Carlos Gomes, pela amizade, orientação, estímulo e confiança;

- ao Professor Vitor Hugo Teixeira, co-orientador e incentivador;

- aos Professores Sebastião Pereira Lopes e Paulo César Haridoim, cooperadores e companheiros do Setor de Construções Rurais e Ambiente;

- ao Professor Tomé Moreira de Souza, amigo e companheiro de tantas jornadas;

- aos amigos Flávio Meira Borem, Pedro Castro Neto, Giovanni Francisco Rabelo e Carlos Eduardo Silva Volpato, pelos auxílios na hora certa;

- ao amigo Jader Almeida Barbosa, pela contribuição nas tarefas a ele transferidas, aliviando meus encargos;

- aos dedicados professores do curso de mestrado;

- às eficientes funcionárias do Departamento de Engenharia, pela presteza no atendimento.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	i
LISTA DE SÍMBOLOS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1: O CONCRETO, NOÇÕES BÁSICAS.....	3
1 RESUMO.....	3
2 ABSTRACT.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	4
4 HISTÓRICO.....	4
5 ESTRUTURAS DE CONCRETO – CENÁRIO NACIONAL.....	9
6 CONCRETO SIMPLES – CONCEITO.....	21
7 A VIABILIDADE DO CONCRETO ARMADO.....	25
8 CONCRETO ARMADO – CONCEITO.....	26
9 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO.....	28
10 NORMAS TÉCNICAS.....	29
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
CAPÍTULO 2: MATERIAIS COMPONENTES.....	33
1 RESUMO.....	33
2 ABSTRACT.....	33
3 INTRODUÇÃO.....	33
4 CIMENTO PORTLAND.....	34
4.1 Conceito.....	34
4.2 Hidratação do cimento.....	38
4.3 Tipos de cimentos brasileiros.....	40
4.4 Considerações sobre os cimentos brasileiros.....	42
5 AGREGADOS.....	46
5.1 Conceito.....	46
5.2 Classificações dos agregados.....	47
5.3 Considerações sobre os agregados.....	50
5.4 Inchamento.....	51
6 ÁGUA.....	52
7 ADITIVOS.....	53
7.1 Conceito.....	53
7.2 Tipos de aditivos.....	54
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

CAPÍTULO 3: AÇOS PARA CONCRETO ARMADO.....	59
1 RESUMO.....	59
2 ABSTRACT.....	59
3 INTRODUÇÃO.....	59
4 GENERALIDADES SOBRE OS AÇOS.....	60
5 CLASSIFICAÇÕES DOS AÇOS.....	60
5.1 Classificação de acordo com o processo de fabricação.....	60
5.2 Classificação de acordo com a resistência mecânica.....	68
6 RESISTÊNCIA DE CÁLCULO DOS AÇOS.....	69
7 DIAGRAMAS TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE CÁLCULO.....	70
8 BITOLAS COMERCIAIS.....	73
9 TELAS SOLDADAS.....	74
9.1 Tipos de telas.....	75
9.2 Aplicações.....	77
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
CAPÍTULO 4: TIPOS DE CONCRETOS.....	79
1 RESUMO.....	79
2 ABSTRACT.....	79
3 INTRODUÇÃO.....	79
4 TIPOS DE CONCRETOS E SUAS APLICAÇÕES.....	80
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
CAPÍTULO 5: ARGAMASSAS E CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS.....	86
1 RESUMO.....	86
2 ABSTRACT.....	86
3 INTRODUÇÃO.....	86
4 CONCEITOS.....	87
5 CARACTERÍSTICAS EXIGÍVEIS PARA AS FIBRAS.....	88
6 TIPOS DE FIBRAS.....	88
6.1 Fibras vegetais.....	89
6.2 Fibras sintéticas.....	90
6.3 Fibras de aço.....	93
6.4 Outros tipos de fibras.....	94
7 VANTAGENS E CAMPOS DE APLICAÇÃO.....	94
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
CAPÍTULO 6: CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO.....	97
1 RESUMO.....	97
2 ABSTRACT.....	97
3 INTRODUÇÃO.....	97

4	HISTÓRICO.....	98
5	MATERIAIS COMPONENTES.....	100
6	PROPRIEDADES.....	102
7	VANTAGENS DO CAD.....	103
8	APLICAÇÕES.....	104
9	CUIDADOS TÉCNICOS NECESSÁRIOS.....	104
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106

CAPÍTULO 7: CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA NBR

6118.....		108
1	RESUMO.....	108
2	ABSTRACT.....	108
3	INTRODUÇÃO.....	108
4	HISTÓRICO.....	109
5	PRINCIPAIS MUDANÇAS NA NBR 6118.....	111
5.1	Mudanças relacionadas à análise da estrutura.....	112
5.2	Mudanças relacionadas à durabilidade.....	113
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119

CAPÍTULO 8: TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO.....

1	RESUMO.....	122
2	ABSTRACT.....	122
3	INTRODUÇÃO.....	123
4	PREPARAÇÃO DA PRAÇA DE TRABALHO.....	124
5	ARMAZENAMENTO DO CIMENTO.....	127
6	DOSAGEM DO CONCRETO.....	128
6.1	Dosagem não experimental.....	131
6.2	Dosagem experimental.....	131
7	MISTURA DO CONCRETO.....	132
7.1	Utensílios para medições de materiais.....	133
7.2	Mistura manual de concretos.....	134
7.3	Mistura mecânica de concretos.....	135
7.4	Cuidados na mistura de concretos.....	137
8	VERIFICAÇÕES DA MISTURA.....	138
8.1	Testes práticos de verificação.....	138
8.2	Teste do abatimento do cone (Slump Test).....	139
8.3	Teste de resistência.....	143
9	TRANSPORTE DO CONCRETO.....	146
10	LANÇAMENTO DO CONCRETO.....	146
11	ADENSAMENTO DO CONCRETO.....	151
12	CURA DO CONCRETO.....	154

13	RETIRADA DAS FÔRMAS E DO ESCORAMENTO.....	155
14	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	156
	CAPÍTULO 9: O CONCRETO EM CONSTRUÇÕES	
	AGROINDUSTRIAIS.....	159
1	RESUMO.....	159
2	ABSTRACT.....	159
3	INTRODUÇÃO.....	159
4	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	160
5	APLICAÇÕES DO CONCRETO NO MEIO RURAL: DADOS LEVANTADOS.....	167
6	SITUAÇÕES VERIFICADAS NO EMPREGO DO CONCRETO	169
7	TRAÇOS DE CONCRETOS.....	170
8	PISOS DE CONCRETO.....	174
8.1	Análise do solo.....	175
8.2	Sub-base.....	176
8.2.1	Funções da sub-base.....	176
8.2.2	Tipos de sub-base.....	177
8.2.3	Isolamento da placa e da sub-base.....	178
8.3	Tipos de pisos em concreto.....	178
8.4	Tipos de juntas.....	180
8.5	Barras de transferência e telas soldadas.....	184
8.6	Concreto para pisos.....	189
8.7	Técnicas construtivas (pisos de concreto).....	191
9	CONCRETOS IMPERMEÁVEIS.....	196
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	200
	CAPÍTULO 10: CONCLUSÕES.....	201
	ANEXO A – Relação de normas brasileiras relativas ao concreto:	
	correspondência entre as normas ABNT e INMETRO.....	204
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	207

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	- Associação Brasileira de Cimento Portland
ABESC	- Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACI	- American Concrete Institute
AMN	- Associação Mercosul de Normalização
CAA	- Classe de agressividade ambiental
CAD	- Concreto de alto desempenho
CCR	- Concreto compactado com rolo
CONMETRO	- Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
EPS	- Poliestireno expandido
IBI	- Instituto Brasileiro de Impermeabilização
IBRACON	- Instituto Brasileiro do Concreto
IBTS	- Instituto Brasileiro de Tela Soldada
INMETRO	- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INT	- Instituto Nacional de Tecnologia
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
ITERS	- Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul
SINMETRO	- Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
SNIC	- Sindicato Nacional das Indústrias de Cimento
UFLA	- Universidade Federal de Lavras

LISTA DE SÍMBOLOS

γ_s	coeficiente de minoração da resistência do aço
ϵ_s	deformação específica do aço
σ	tensão normal de tração
ϵ_{yd}	alongamento da armadura no início do escoamento
A_s	área da seção transversal de aço
c_{nom}	cobrimento nominal
d_{max}	diâmetro máximo do agregado graúdo
E_s	módulo de deformação longitudinal dos aços
f_{c28}	resistência média do concreto à compressão aos 28 dias de idade
f_{ck}	resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias de idade
f_y	resistência de escoamento do aço à tração
f_{ycd}	resistência de cálculo do aço à compressão
f_{yd}	resistência de cálculo do aço à tração
f_{yk}	resistência característica do aço à tração
f_{yk}	resistência característica do aço à tração
f_{ym}	média aritmética das resistências de escoamento do aço
S_d	desvio padrão

ABSTRACT

SOUZA JUNIOR, T.F. de. Technology and quality of concrete in agro industrial buildings. 2004. 215 p. Dissertation (Master Program in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.

With the aim to furnish technical contribution to the development and divulgation of the technology and quality of the concrete, a review of the studies and existent Brazilian standards was done about the characteristics of performance of concrete and the component materials when applied in agro industrial buildings. To route the approach of this work some information about the usage of concrete in the rural area was researched in several states of the country. Some information was also collected in technical visits to agro industrials and farms in the state of Minas Gerais, Brazil. Considerations about the NBR 6118 (ABNT), the most important standard referring to concrete were made. This standard, to be applied from April 2004 on, was observed, concerning the main alterations introduced, and the consequent implications referring to the conception, design and execution of constructions in the rural area. It was verified that problems of application and most frequent pathologies while using the concrete are related to the following factors: unawareness of the application of alternatives of additive utilization in mixtures, unawareness of concrete blend an the specific applications of these, execution of floors, and humidity and leakage in reservoirs. In addition, materials and constructive techniques are concerned aiming to fulfill the necessities registered in the surveys. Considering the availability of several types of cements and component materials and many constructive methods that can be applied, 18 available concrete types are presented to contribute with solutions to the raised problems, which are applied in a wide variety of constructions. Different types of fibers (vegetable, synthetic, and steel) are also presented taking part in mortar and concrete, and the high performance concrete. Concerning the revision of the NBR 6118 standard, it has been verified that the alterations introduced will lead to important changes in many stages of the agro industrial construction.

Guidance Committee: Francisco Carlos Gomes – UFLA (Advisor)
Vitor Hugo Teixeira – UFLA (Co-advisor)

INTRODUÇÃO GERAL

O concreto é um material de construção com excelentes propriedades que permitem a sua utilização nas mais diversas obras. É utilizado desde épocas remotas e vem, década após década, incorporando novas tecnologias. Outros componentes são adicionados à mistura, modernos equipamentos e técnicas construtivas são desenvolvidos e a utilização deste material se amplia de forma grandiosa.

Até um passado recente, tecnologistas e normas (nacionais e estrangeiras) tinham a preocupação de obter concretos resistentes e econômicos. Acreditava-se que, ao se conseguir elevada resistência, a durabilidade, a impermeabilidade e outras boas características estariam automaticamente atendidas. Entretanto, com o decorrer do tempo e verificando-se as deteriorações ocorridas nas estruturas de concreto, o enfoque foi mudado. Hoje, normas e estudos são revisados para a obtenção de concretos duráveis. Neste contexto, a principal norma brasileira referente a concreto, a NBR 6118, foi recentemente revisada.

No meio rural, o concreto tem vários empregos importantes e, em alguns casos, é insubstituível. Entretanto, “Construções Rurais” é um setor da Engenharia que infelizmente não tem despertado grande interesse da comunidade científica, sendo muito limitada a quantidade de pesquisas que priorizam este setor. Aliado a este fato, a maioria das normas técnicas e das bibliografias existentes sistematicamente tratam o concreto como um material destinado quase exclusivamente a aplicações em grandes estruturas de concreto armado, negligenciando sua grande potencialidade no meio rural.

Para amenizar esta situação, foram levantadas informações em vários estados do país, visando caracterizar os principais problemas e as patologias mais frequentes no emprego do concreto.

Neste contexto, objetiva-se, com o presente trabalho: propor soluções para os problemas detectados no emprego do concreto em construções agroindustriais; apresentar novos materiais e tecnologias com potencial uso no meio rural e verificar as implicações da revisão da NBR 6118 nessas construções. Como documento de caráter geral, pretende-se que seja material básico para os iniciantes na pesquisa e para os profissionais envolvidos no ensino, projeto e construção de obras em concreto.

Para atender aos objetivos, o presente trabalho foi desenvolvido, numa seqüência lógica, por meio de: apresentação de um histórico sobre a evolução do material concreto e o atual cenário nacional; apresentação dos materiais componentes e dos vários tipos de concretos disponíveis; abordagem sobre a utilização de fibras (vegetais, sintéticas e de aço) e o uso do concreto de alto desempenho (CAD); considerações sobre a revisão da NBR 6118; apresentação das técnicas construtivas a serem observadas para obtenção de concretos resistentes, econômicos e duráveis, e considerações sobre o emprego do material concreto em construções agroindustriais com finalidade de atendimento às principais demandas constatadas.

CAPÍTULO 1

O CONCRETO, NOÇÕES BÁSICAS

1 RESUMO

O capítulo apresenta uma retrospectiva histórica do desenvolvimento do material concreto pelo mundo, e em particular no Brasil, com destaque para algumas obras construídas com o concreto de alto desempenho (CAD). São efetuadas considerações sobre a viabilidade do concreto armado e apresentadas as suas vantagens e desvantagens. São feitos alguns comentários sobre a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e, com o intuito de facilitar a consulta, no Anexo A, são listadas algumas das principais normas relativas ao concreto.

2 ABSTRACT

This chapter presents a historical retrospective of the concrete development around the world and specifically in Brazil. Some HPC (high performance concrete) constructions were pointed out. Considerations about the feasibility of reinforced concrete and its advantages and disadvantages were presented. Comments about the ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (the Brazilian Technical Standards Association) are made and with the purpose to facilitate the consultation, some of the main standards referring to concrete are listed in appendix A.

3 INTRODUÇÃO

Para a obtenção de concreto de boa qualidade é necessário o prévio conhecimento das propriedades dos materiais que o constituem e as funções que cada componente exerce na mistura. Interessante também é conhecer a evolução histórica e as noções básicas deste material.

O concreto surgiu devido à intenção dos antigos construtores em criar uma pedra artificial, com as características da pedra natural em resistência e durabilidade, mas que apresentasse a vantagem de ser moldada nas formas e dimensões desejadas, sem necessidade de cortes (Amaral, 1969). Esta pedra artificial somente poderia ser criada com a descoberta de um aglomerante eficiente que garantisse a perfeita união dos componentes, os agregados miúdos e graúdos, pedras menores que unidas formariam a “pedra artificial” na forma desejada. Interessante é a origem da palavra concreto que vem da palavra latina “*concretus*”, que significa “crescido junto” (ABCP, 2003).

Como será mostrado a seguir, a evolução histórica do concreto está diretamente ligada à procura do aglomerante ideal.

4 HISTÓRICO

A utilização do concreto, com características semelhantes ao atual material hoje utilizado, perde-se na antiguidade, pois já era conhecido e aplicado nos tempos do Império Romano (Langendonck, 1954).

Os assírios e babilônios, pioneiros da construção, usaram argila como aglomerante, mas a sua fraca resistência não permitiu um maior desenvolvimento das construções (Santos, 1983).

Os egípcios conseguiram uma ligação mais rígida com argamassa de cal e gesso, como confirmam suas obras, templos e pirâmides (Figura 1.1), existentes até hoje (Santos, 1983).



FIGURA 1.1 - Pirâmides do Egito: construídas entre 2650 e 2550 aC.

Fonte: Enciclopédia Digital Master – GLLG, 1999.

Os romanos criaram um aglomerante de grande durabilidade adicionando ao calcário determinada cinza vulcânica da cidade de Pozzuoli, perto do Vesúvio, cinza esta chamada de “pozzolona” e que dá o nome aos cimentos pozolânicos atuais (Neville, 1997).

Grandes obras da antiguidade, como o Coliseu (Figura 1.2) e outras obras em Pompéia (Figura 1.3), foram construídas com o uso de certas terras de origem vulcânica com propriedade de endurecimento sob a ação das águas. Algumas argamassas encontradas nas ruínas de Pompéia se apresentam menos deterioradas que as pedras (Neville, 1997).

reservatórios; em 1869, a placas; em 1873, a pontes e em 1875, a escadas (Santos, 1983).

Visando resgatar o mérito de Lambot, em 1949, um século após a criação do barco, a França comemorou o centenário do concreto armado (Santos, 1983).

Em 1902, o alemão Mörsch, a pedido da firma Wayss e Freitag, que comprou os direitos das patentes de Monier, publica com bases científicas uma primeira teoria sobre concreto armado. Apesar de tantos anos terem se passado desde a sua apresentação, as idéias fundamentais de Mörsch ainda continuam válidas (Süssekind, 1983).

Em 1904, surgiu na Alemanha a primeira norma sobre concreto armado (Pinheiro & Giongo, 1992).

Quanto ao cimento no Brasil, a primeira fábrica de cimento Portland iniciou efetivamente as atividades em 1926. O primeiro forno de cimento branco entrou em operação em 1952, sendo distribuído ao mercado a partir de 1954. Em 1984, foi lançado o cimento branco estrutural. Em 1991, foram lançados os cimentos Portland compostos, com composição intermediária entre os Portland comuns e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico), estes últimos já disponíveis no mercado desde a década de 1950 (ABCP, 2003).

Atualmente, o cimento Portland é, sem dúvida, o mais importante e difundido material de construção. Para se ter uma idéia da importância desse material na construção, somente no Brasil, em 2002, foram consumidos mais de 38 milhões de toneladas (SNIC, 2003).

No Brasil, Emílio Henrique Baumgart pode ser considerado o “pai” da engenharia estrutural brasileira (Süssekind, 1983). Além de formar muitos profissionais, ele projetou várias obras com diversos recordes mundiais de tamanho ou originalidade. Segundo Santos (1983), pode-se destacar, entre outras, as seguintes obras:

- a) ponte Herval, sobre o rio do Peixe (Santa Catarina), em 1928, durante muito tempo recorde mundial de vão em viga reta de concreto armado (68 metros) e que, pela primeira vez, usou a técnica de construção em “balanços sucessivos”;
- b) edifício “A Noite” no Rio de Janeiro, em 1928, com 22 pavimentos, na época, o maior edifício em concreto armado do mundo;
- c) oficina do Campo dos Afonsos, no Rio de Janeiro, em 1933, com arco com 93 metros de vão, também recorde mundial;
- d) ponte sobre o Rio Mucuri, com vão central de 39,3 metros, também recorde mundial de viga reta em ponte ferroviária em concreto armado, 1933.

Outros engenheiros brasileiros também se destacaram na arte de projetar estruturas de concreto armado, dando exemplos de criatividade, arrojo e competência. Limitando-se aos grandes nomes do passado, destacam-se: Paulo Rodrigues Fragoso, Antônio Alves de Noronha, Sérgio Marques de Souza, Arthur Eugênio Jerman, Oswaldo Moura Abreu, Nelson de Barros Camargo, Waldemar Tietz, J.A. Marsillac, Humberto Fonseca, Joaquim Cardoso e tantos outros (Santos, 1983). A competência destes profissionais levou a engenharia estrutural brasileira ser internacionalmente reconhecida e respeitada (Süssekind, 1983).

5 ESTRUTURAS DE CONCRETO – CENÁRIO NACIONAL

Desenvolvimentos notáveis foram verificados, nos últimos anos, na arte de projetar e de construir estruturas de concreto armado. Novos materiais e novas tecnologias estão sendo incorporados ao concreto, fornecendo muitas alternativas de diferentes tipos de concretos para as mais diversas aplicações. Atualmente, é comum se utilizar, em grandes estruturas, o concreto de alto

desempenho (CAD), que atinge elevadíssima resistência. Em 2002, o Brasil bateu o recorde de resistência do CAD em obra, no edifício comercial E-Tower, na Vila Olímpia, zona sul de São Paulo: a resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias de idade (f_{ck}), obtida em pilares, foi de 115 Mpa, a resistência média de 125 MPa e a resistência máxima obteve o incrível valor de 149,5 MPa (Helene & Hartmann, 2003).

O Brasil se destaca no cenário internacional como um país de obras fantásticas em concreto armado, tanto pela grandiosidade das estruturas como pela criatividade e arrojo em seus projetos. Oportuno é ressaltar o desenvolvimento paralelo da arquitetura brasileira, que vem exigindo da engenharia soluções inovadoras na concepção do projeto estrutural, na forma de cálculo, na análise das estruturas e na tecnologia de materiais. Nesse sentido, torna-se obrigatória a citação do nome do arquiteto Oscar Niemeyer, pelo pioneirismo e arrojo de formas em seus projetos (Süssekind, 1983). Como um dos muitos exemplos de sua criatividade pode-se citar o Palácio da Alvorada, em Brasília (Figura 1.4).

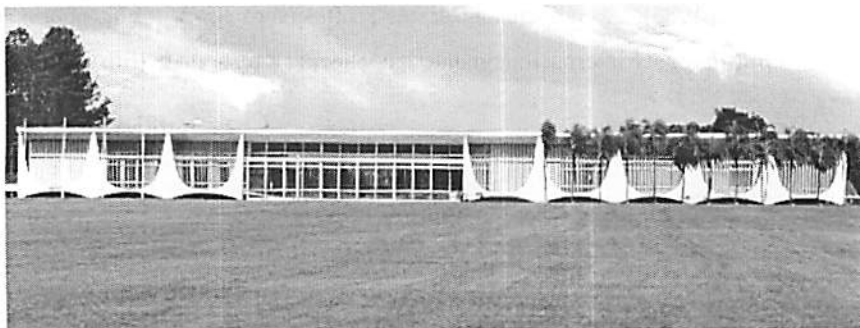


FIGURA 1.4 - Palácio da Alvorada, Brasília. Projeto: Oscar Niemeyer.

Muitas outras obras brasileiras de destaque nos cenários nacional e internacional podem ser citadas. Apresentam-se a seguir alguns exemplos dessas importantes obras:

- I. Museu de Arte de São Paulo, MASP (Figura 1.5). Construído entre 1956 a 1968, utilizando CAD de 50 MPa na concretagem das quatro grandes vigas com vão livre de 74 m e que se apóiam em quatro pilares vazados de 2,5 m x 4 m. Projeto arquitetônico: Lina Bo Bardi; projeto estrutural: José Carlos de Figueiredo Ferraz (Ciocchi, 2003b).



FIGURA 1.5 - Museu de Arte de São Paulo – MASP, São Paulo.

Fonte: Ciocchi, 2003b.

- II. Ponte estaiada sobre o Rio Guamá, Pará (Figura 1.6). A estrutura tem 2 km de extensão, com vão livre de 582 m: o maior vão livre do Brasil.,

concluída em 2002 na qual foram empregados mais de 30 mil m³ de concreto (Cimento Hoje, 2002a).

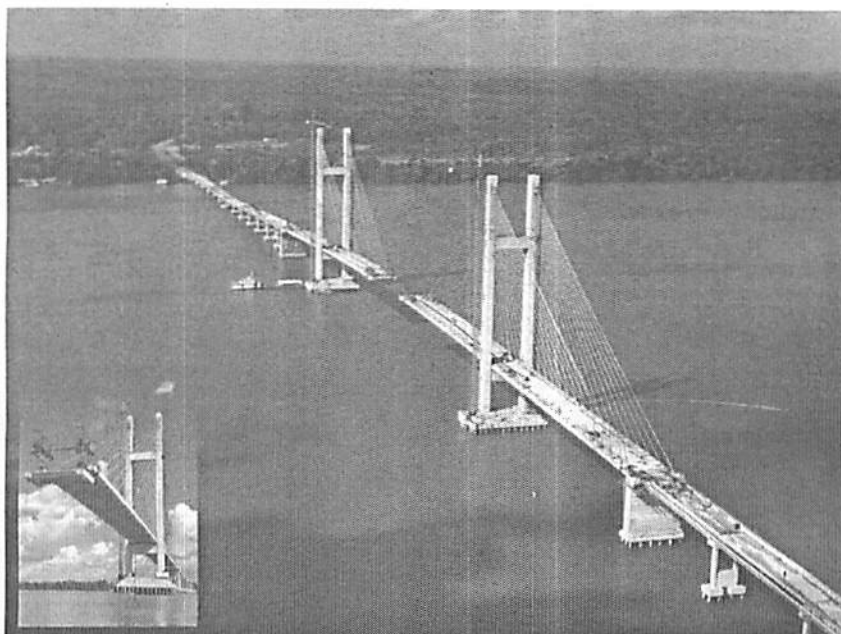


FIGURA 1.6 - Ponte estaiada sobre o Rio Guamá, Pará. O maior vão livre do Brasil: 582 m.

Fonte: Cimento Hoje, 2002a.

- III. Edifício E-Tower, na Vila Olímpia em São Paulo, concluído em 2002 (Figura 1.7) – Pilares com resistência de 125 MPa (recorde em resistência de CAD) – Foram utilizados pigmentos vermelhos na massa para diferenciar concretos de resistência diferentes. Projeto arquitetônico: Aflalo e Gasperini; projeto estrutural: França e associados (Sayegh, 2002a).



FIGURA 1.7 - Edifício E-Tower, São Paulo. Recorde em CAD: 125 MPa.

Fonte: Cimento Hoje, 2002b.

- IV. Complexo Evolution Towers, Curitiba (Figura 1.8). Apresenta três torres (hotel, centro corporativo e prédio residencial) CAD com f_{ck} de 60 MPa. Torre maior com 125 m de altura do térreo à cobertura. Conclusão prevista para 2004 (Mello, 2003).



FIGURA 1.8 - Evolution Towers, Curitiba.

Fonte: Mello, 2003.

- V. Torre Norte do CENU - Centro Empresarial Nações Unidas (Figura 1.9), em São Paulo, concluída em 1999. Pilares com f_{ck} de 50 MPa, vigas e lajes com f_{ck} de 35 MPa. – Edifício com 157 m de altura, consumo de cerca de 41 mil m^3 de CAD. Projeto arquitetônico: Boti Rubin; projeto estrutural: Mário Franco (Ciocchi, 2003a).



FIGURA 1.9 - Centro Empresarial Nações Unidas - CENU, São Paulo.

Fonte: IBRACON, 1997.

- VI. Sede da Procuradoria Geral da República, Brasília (Figura 1.10). CAD com 50 MPa. Um grande cilindro de concreto atravessando todo o prédio vai do térreo ao topo, que apóia uma estrela de oito pontas (destaque na cobertura). A estrela é um conjunto estrutural com diâmetro de 50 m, formado por vigas de 5 m de altura e 3 m de largura. Essa estrutura faz a sustentação do edifício. Todos os pavimentos são suspensos por cabos atirantados ao eixo cilíndrico central, eliminando os pilares no pavimento térreo. Foram consumidos cerca de 3 mil m³ de CAD. A impressão é de que o prédio flutua. Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer; projeto estrutural: Jair Valera (Cimento Hoje, 2003a).

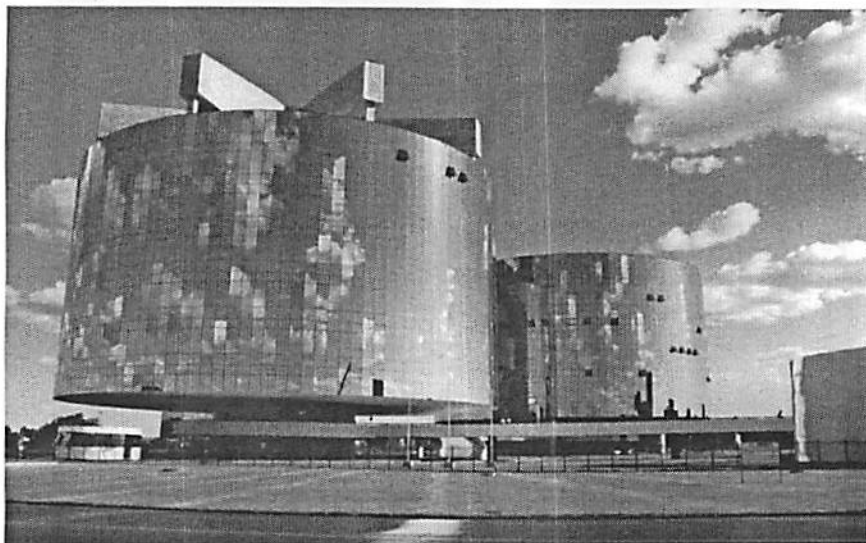


FIGURA 1.10 - Procuradoria Geral da República, Brasília.

Fonte: Cimento Hoje, 2003a.

- VII. Complexo hoteleiro-comercial Continental Square Faria Lima, em São Paulo. Pilares com f_{ck} de 50 MPa, vigas e lajes com f_{ck} de 35 MPa. Serão utilizados cerca de 34 mil m^3 de CAD. Projeto arquitetônico: Aflalo e Gasperini; projeto estrutural: Ávila Engenharia (Sayegh, 2002a).
- VIII. Complexo Industrial e Portuário de Pecém, Ceará. CAD com f_{ck} de 50 MPa, volume total de 48 mil m^3 (ABESC, 2002).
- IX. Complexo Turístico Costa do Sauípe, Salvador, com área de 150 mil m^2 . CAD de 50 MPa. Foram utilizadas fibras de polipropileno para minimizar a retração hidráulica do concreto (ABESC, 2002).
- X. Superior Tribunal de Justiça, Brasília – CAD com f_{ck} de 60 MPa. A laje do 1º pavimento (na verdade uma grelha) tem 60 m x 45 m e apóia

apenas na periferia. Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer; projeto estrutural: Bruno Contarini (IBRACON, 1997).

- XI. Ponte estaiada sobre o Rio Paranaíba, em Porto Alencastro na divisa entre Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (Figura 1.11). A estrutura compreende duas torres, 662 m de extensão e vão central de 350 m. As fundações foram executadas a uma profundidade de 39 m abaixo do nível da água, constam de 40 tubulões (20 para cada torre) com 2 m de diâmetro cada um. Consumiu 6 mil m³ de concreto submerso (fundações) e 20 mil m³ de concreto estrutural (torres e tabuleiro). Projeto: A. A. Noronha – Serviços de Engenharia (Cimento Hoje, 2003b).



FIGURA 1.11 - Ponte sobre o Rio Paranaíba, divisa entre Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Fonte: Cimento Hoje, 2003b.

- XII. Museu de Arte Contemporânea, Niterói, RJ (Figura 1.12) – CAD com f_{ck} de 35 MPa. Projeto arquitetônico: Oscar Niemeyer; projeto estrutural: Bruno Contarini (Serra, 1997).

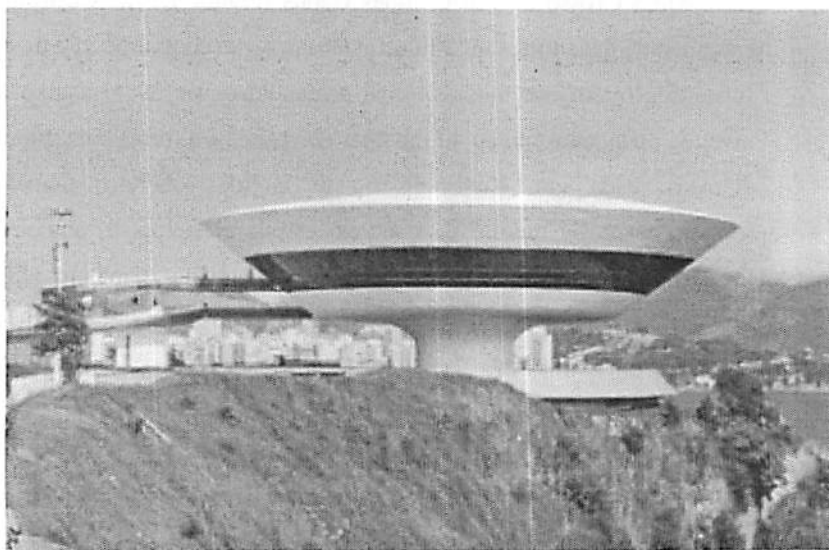


FIGURA 1.12 - Museu de Arte Contemporânea, Niterói.

Fonte: Serra, 1997.

- XIII. Novo Museu, Curitiba (Figura 1.13). Com área total de 144 mil m², possui estrutura elevada, em duplo balanço, com 70 m de comprimento e 30 m de largura, com cobertura em formato parabólico, apoiada na estrutura central (torre) de 21 m de altura, de concreto protendido. Inaugurado em 22/11/2002. Projeto: Oscar Niemeyer, com equipes do engenheiro Max Rahm e dos arquitetos Oswaldo Cintra e Marcelo Ferraz (Cimento Hoje, 2002c).

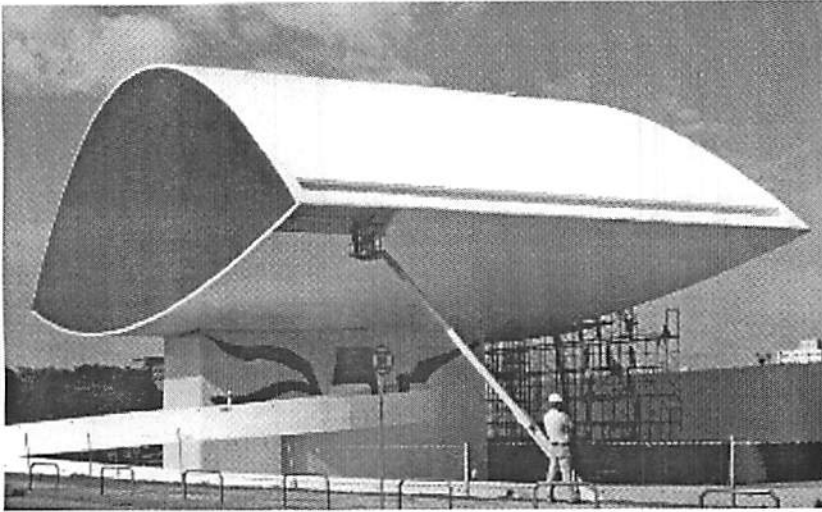


FIGURA 1.13 - Novo Museu, Curitiba.

Fonte: Cimento Hoje, 2002c.

- XIV. Ponte sobre o Rio Maranhão – Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás (Figura 1.14). Estrutura com 585 m de comprimento, possui 305 m em balanços sucessivos, 11 pilares e tem o seu maior vão com 145 m. CAD com f_{ck} superior a 50 MPa. Projeto: Antranig Muradian S/C Ltda (Corbioli, 1997).

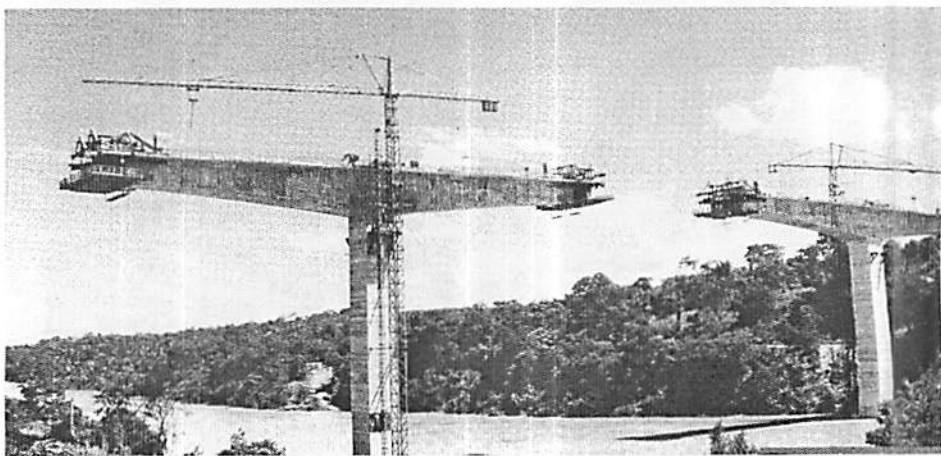


FIGURA 1.14 - Ponte sobre o Rio Maranhão, Goiás.

Fonte: Corbioli, 1997.

- XV. Ponte JK, Brasília (Figura 1.15). Estrutura mista de concreto e aço, comprimento de 1.200 m, largura do tabuleiro de 24 m com três faixas de rolamento em cada sentido, além de ciclovia e passeio lateral. Os três arcos metálicos têm vãos de 240 m cada. Foram consumidos: 12,6 mil toneladas em estrutura metálica; 4 mil toneladas em aço CA 50; 38,9 mil m³ de CAD (até 50 MPa). Concluída em 2002. Projeto Arquitetônico: Alexandre Chan; projeto estrutural: Mário Jaime dos Reis Vilverde (Sayegh, 2003).

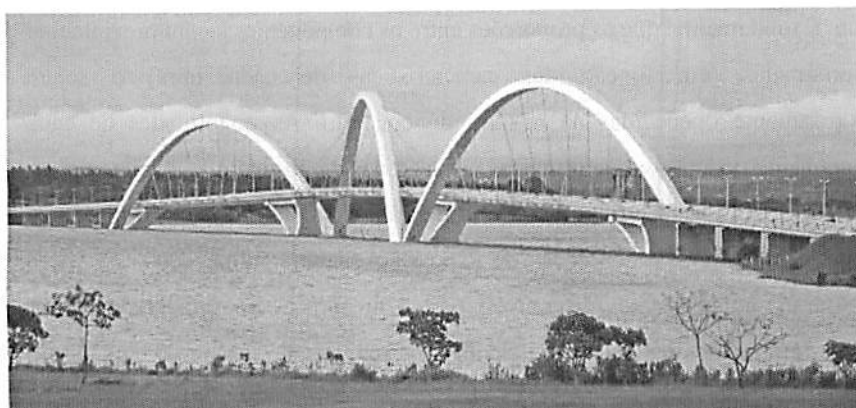


FIGURA 1.15 - Ponte JK, Brasília.

Pelas obras apresentadas, conclui-se que a engenharia estrutural brasileira, de forma efetiva, muito contribui para o desenvolvimento de aplicações do material concreto nos mais variados tipos de obras: estruturas de edifícios, pontes, viadutos, indústrias, barragens, túneis, silos, reservatórios, cais, portos, canais, reservatórios, obras de contenção, galerias de metrô, fundações, pisos diversos, pavimentos de rodovias e aeroportos, construções rurais, etc.

Entretanto, as inovações tecnológicas atualmente empregadas nas grandes obras não são conduzidas ao meio rural. Talvez por considerarem “construções rurais” como obras de pouca responsabilidade estrutural, a comunidade científica não tem demonstrado grande interesse pelo tema, sendo limitada a quantidade de trabalhos que priorizam este setor (Beraldo, 1997).

6 CONCRETO SIMPLES - CONCEITO

Concreto é um material de construção resultante da mistura de um aglomerante (cimento), agregado miúdo (areia), agregados graúdos (britas) e

água. É fundamental que as proporções entre os componentes sejam previamente determinadas (em função das características de cada obra) e sejam rigorosamente obedecidas na mistura do concreto. As quantidades de cada componente podem ser determinadas por métodos de dosagem, que contemplam as características específicas de cada utilização, tais como resistência mecânica requerida, natureza e condições de exposição da obra, dimensões das peças estruturais, equipamentos disponíveis para a mistura e adensamento, e vários outros fatores. O tema dosagem de concretos será tratado no item 6 da capítulo 8.

Atualmente, um novo componente vem sendo frequentemente acrescentado: os aditivos. Aditivos são produtos industriais que são intencionalmente incorporados ao concreto com a finalidade de realçar ou modificar algumas de suas características no estado fresco ou endurecido. Os aditivos podem modificar o comportamento de vida útil do concreto, atuar sobre sua cura e endurecimento, melhorar sua impermeabilidade, aumentar sua resistência inicial, etc. Existem fabricantes de aditivos para as mais diversas finalidades. Pelos manuais técnicos desses fabricantes é possível verificar a disponibilidade e a forma de aplicação de aditivos em concreto e argamassas (item 7 do capítulo 2).

Segundo Petrucci (1982), a pasta formada pelo cimento e água atua envolvendo os grãos dos agregados, enchendo os vazios entre eles e unindo esses grãos, formando uma massa compacta e trabalhável. A função dos agregados é dar ao conjunto condições de resistência aos esforços e ao desgaste, além de redução no custo e redução na retração.

Logo após a mistura, obtém-se o concreto fresco, material de consistência mais ou menos plástica, que permite a sua moldagem em formas. Ao longo do tempo, o concreto endurece em virtude de reações químicas entre o cimento e a água, ganhando resistência a esforços mecânicos.

A reação química entre o cimento e a água, chamada hidratação do cimento, é a grande responsável na determinação das propriedades que o concreto irá possuir. Comprova-se que, dentro de certos limites de trabalhabilidade, a resistência do concreto aumenta com a diminuição da água na mistura (Petrucci, 1982). Entretanto, de forma generalizada, nas obras existe uma tendência dos operários em se acrescentar mais água do que a necessária, visando facilitar os trabalhos de mistura e de lançamento dentro das formas. Esta tendência deve ser fiscalizada e proibida, pois o excesso de água na mistura é muito prejudicial para as boas qualidades do material concreto.

A hidratação do cimento é uma reação química exotérmica que, em obras de grandes volumes, pode desenvolver significativo aumento de temperatura, requerendo nestes casos cuidados especiais, tema a ser abordado no item 4.2 do capítulo 2.

A proporção entre a massa de água e a massa do cimento, denominada relação água-cimento, importantíssima na tecnologia de concretos, deve ser rigorosamente obedecida durante a mistura. Como se verá no item 6 do capítulo 8 (dosagem de concretos) a umidade normalmente existente nos agregados, principalmente na areia, deve ser avaliada para diminuir a quantidade da água a ser misturada.

A variação da resistência do concreto com a relação água-cimento é mostrada na Figura 1.16:

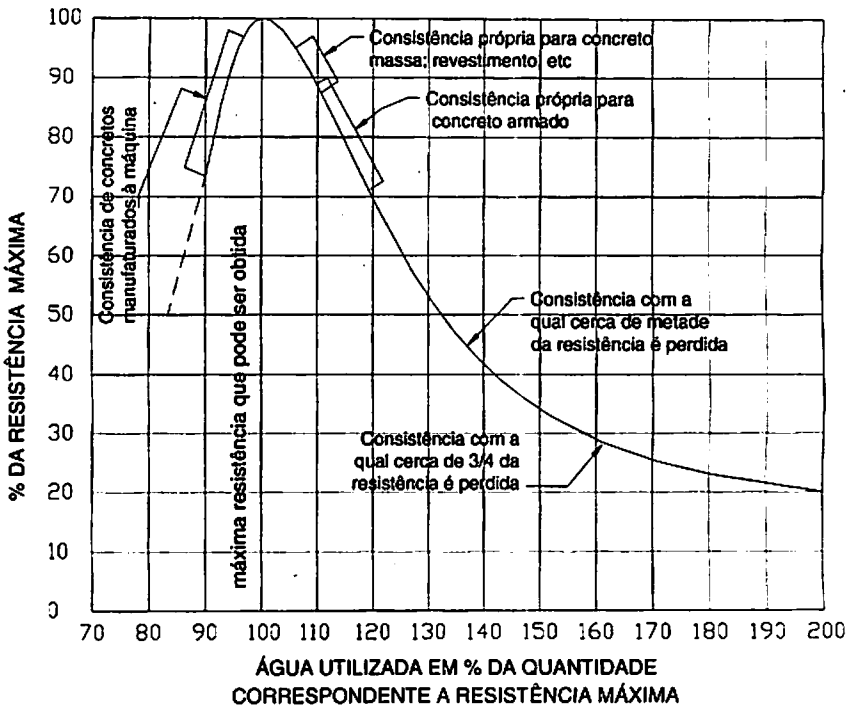


FIGURA 1.16 - Variação da resistência do concreto com a relação água-cimento
 Fonte: Petrucci, 1982.

O concreto possui uma propriedade que o distingue dos demais materiais de construção: sua resistência aumenta com o tempo (desde que bem executado).

Quanto à resistência mecânica, o concreto possui excelente resistência aos esforços de compressão e baixa resistência aos esforços de tração. A resistência à tração é da ordem de 1/10 (um décimo) da resistência à compressão (Santos, 1983). Por esta razão é que se utiliza o concreto armado em peças que porventura venham a sofrer algum esforço de tração, adicionando-se barras de aço nas regiões tracionadas.

7 A VIABILIDADE DO CONCRETO ARMADO

Devido à baixa resistência à tração, procurou-se adicionar ao concreto outros materiais mais resistentes à tração, melhorando suas qualidades de resistência.

De acordo com Süsskind (1983) a utilização de barras de aço juntamente com o concreto, só é possível devido às seguintes razões:

1ª) Trabalho conjunto do concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os dois materiais:

Na região tracionada, na qual o concreto possui resistência praticamente nula, ele sofre fissuração, tendendo a se deformar. Graças à aderência, arrasta consigo as barras de aço, forçando-as a trabalhar e, conseqüentemente, a absorver os esforços de tração.

Nas regiões comprimidas, uma parcela de compressão poderá ser absorvida pela armadura, no caso do concreto, isoladamente, não ser capaz de absorver a totalidade dos esforços de compressão.

2ª) Os coeficientes de dilatação térmica do aço e do concreto são praticamente iguais.

- Concreto: $(0,9 \text{ a } 1,4) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ (mais freqüente $1,0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$);

- aço: $1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$;

Esta diferença de valores é insignificante.

- adota-se para o concreto armado = $1,0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$.

3ª) O concreto protege de oxidação o aço da armadura, garantindo a durabilidade da estrutura.

O concreto exerce dupla proteção ao aço:

- proteção física: pelo cobrimento das barras, protegendo-as do meio exterior;

- proteção química: em ambiente alcalino que se forma durante a pega do concreto, surge uma camada quimicamente inibidora em torno da armadura.

8 CONCRETO ARMADO – CONCEITO

Concreto armado é um material de construção resultante da união do concreto simples e de barras de aço, envolvidas pelo concreto, com perfeita aderência entre os dois materiais, de tal maneira que resistam ambos solidariamente aos esforços a que forem submetidos (Fusco, 1976).

Para a composição do concreto armado, pode-se indicar esquematicamente (Fusco, 1976):

- 1) cimento + água = pasta;
- 2) pasta + agregado miúdo = argamassa;
- 3) argamassa + agregado graúdo = concreto simples;
- 4) concreto simples + armadura de aço = concreto armado. Nesse item pode-se fazer uma nova subdivisão, em função da forma de trabalho da armadura:

4.1 - concreto + armadura passiva = concreto armado;

4.2 - concreto + armadura ativa = concreto protendido; neste caso a armadura (ou a cordoalha) é preliminarmente submetida a esforços de tração, visando melhorar o desempenho estrutural da peça a ser concretada.

Além de reforçar o concreto simples com barras de aços colocadas em determinadas zonas de tração dos elementos estruturais, existe a possibilidade de reforçá-lo mediante a colocação de fibras dispersas na massa do concreto. No caso de concretos e argamassas, as fibras que mais se têm empregado são as fibras vegetais, sintéticas e de aço. Estas fibras melhoram o comportamento dos

elementos com elas fabricados, trazendo vários benefícios técnicos, como redução da retração plástica; aumento das resistências ao impacto, à abrasão, ao fogo e à penetração de substâncias químicas e da água (Silva, 1997). Entretanto, não possuem função estrutural e não devem substituir as armaduras convencionais. O tema sobre fibras em concretos e argamassas será mais detalhado no capítulo 4.

Deve-se destacar também a possibilidade de utilização da “argamassa armada” (algumas vezes também chamada de “microconcreto”), que tem a mesma origem do concreto armado só que com a ausência do agregado graúdo. Normalmente, como armação, são utilizadas as tradicionais telas soldadas. Os elementos de argamassa armada são caracterizados pela pequena espessura - da ordem de 20 mm, em média (Campos & Tango, 2001).

Atualmente, está sendo cada vez mais empregado nas estruturas o concreto de alto desempenho, ou CAD. É um concreto obtido com um aditivo superfluidificante e com a adição de sílica ativa. Ele é mais resistente, menos poroso, mais impermeável, mais resistente a ambientes agressivos, apresentando maior proteção para as armaduras e possui maior durabilidade. Enquanto as resistências características (f_{ck}) dos concretos tradicionais normalmente não ultrapassam 30 MPa, com o CAD é possível atingir resistências superiores a 100 MPa, como ocorreu na estrutura do edifício E-Tower, na Vila Olímpia em São Paulo, conseguindo o recorde nacional, e provavelmente internacional, em resistência de concreto (Sayegh, 2002a). Outras informações sobre o material CAD serão dadas no capítulo 6.

A Figura 1.17 apresenta, de forma esquemática, as composições possíveis para os componentes do concreto:

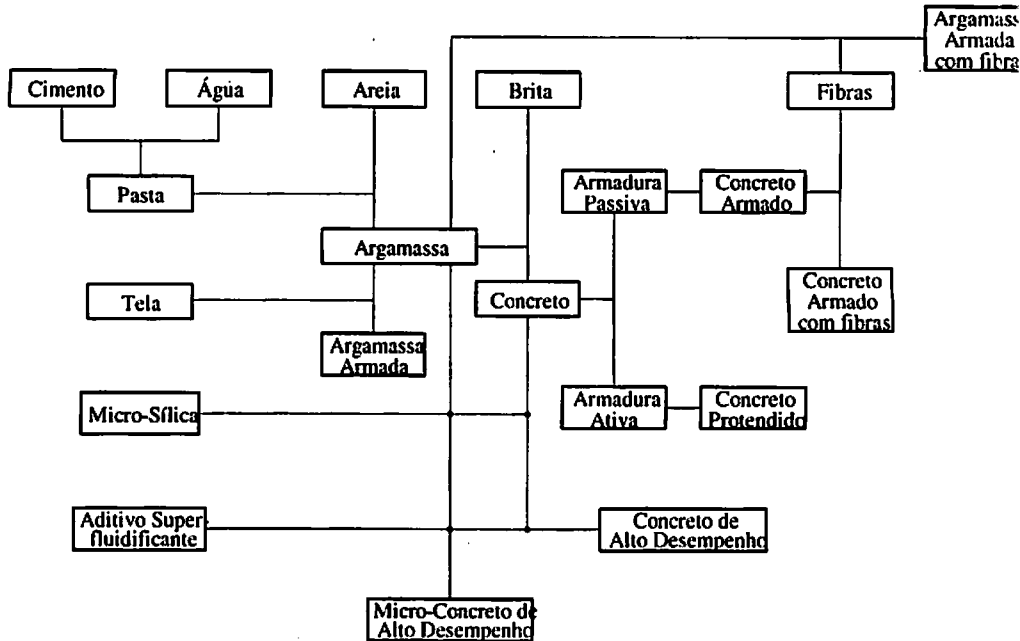


FIGURA 1.17 - Esquema de possíveis composições para os materiais componentes.

9 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO

Como qualquer outro material, o concreto armado apresenta qualidades e defeitos. Segundo Santos (1983), é possível apresentar as seguintes vantagens e desvantagens do concreto armado.

Vantagens:

- a) economia - o concreto se revela mais barato que a estrutura metálica, exceto em casos de vãos muito grandes. Em muitos casos os agregados podem ser obtidos no próprio local da obra. Não exige mão-de-obra especializada;

- b) durabilidade - a resistência do concreto aumenta com o tempo (quando bem executado);
- c) adaptação a qualquer tipo de fôrma;
- d) manutenção e conservação praticamente nulas;
- e) impermeabilidade;
- f) monolitismo;
- g) resistência ao desgaste mecânico (choques, vibrações);
- h) facilidade de execução (fácil emprego e manuseio).

Desvantagens:

- a) grande peso-próprio $2500 \text{ kg} / \text{m}^3$ (pode ser reduzido com utilização de agregados leves);
- b) reformas e demolições difíceis ou até impossíveis;
- c) baixo grau de proteção térmica;
- d) demora de utilização (o prazo pode ser reduzido com a utilização de aditivos).

10 NORMAS TÉCNICAS

No Brasil, o órgão responsável pelas atividades normativas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ou simplesmente ABNT.

A principal norma para projeto e execução de obras de concreto armado, a NB 1, registrada como NBR 6118, foi recentemente revisada (março de 2003). O novo texto da NBR 6118 funde as normas de concreto armado, concreto simples e concreto protendido; retira a norma de execução e traz uma apresentação didática dos conteúdos seguindo as etapas de projeto. Após aprovação, essa norma servirá como diretriz para a revisão de outras normas de concreto que se encontram desatualizadas. Os aspectos relativos à execução

serão tratados em outra norma técnica: NBR 14931 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2003).

As principais mudanças ocorridas na revisão da NBR 6118 serão discutidas no capítulo 7.

Com a revisão da NBR 6118, várias outras normas deverão ser ou revisadas ou substituídas ou canceladas, devendo os interessados consultar a ABNT sobre as atualizações recentes. A ABNT se encontra em um intenso movimento de revisão e aprovação de normas. Somente para o ano de 2003, o Plano de Normalização Setorial do CB-02 (Comitê Brasileiro de Construção Civil) prevê a elaboração de 122 documentos, incluindo textos em estudo e normas. Quanto à Associação Mercosul de Normalização, as normas técnicas dos seis países envolvidos estão sendo substituídas pelas normas Mercosul (NM). No setor de construção, o Comitê Setorial de Cimento e Concreto (CSM-05) já publicou, até setembro de 2003, mais de 70 normas (Nakamura, 2003). Mais informações sobre a ABNT são dadas no capítulo 7.

Há diversos tipos de normas técnicas brasileiras:

Procedimento (NB); Especificação (EB); Método de Ensaio (MB); Padronização (PB); Terminologia (TB); Simbologia (SB); Classificação (CB) e, mais recentemente, Norma Mercosul (NM).

Quando uma norma qualquer dos tipos acima é registrada no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), recebe um número, colocado após a sigla NBR, que significa norma brasileira registrada.

As principais normas relacionadas com estruturas de concreto estão listadas no Anexo A.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS


O conhecimento do passado e do desenvolvimento histórico de determinado material muito contribui para o entendimento das inovações tecnológicas atuais. Assim, ao se examinar o resumo histórico apresentado neste capítulo, conclui-se que a evolução das construções de concreto, desde a antiguidade até a época atual, está diretamente ligada à procura do aglomerante ideal. Nesta procura, os antigos construtores utilizaram materiais, como argila, calcário, gesso e cinzas vulcânicas. Somente em 1824 foi descoberto o cimento Portland e as obras daquelas épocas refletem a evolução tecnológica ocorrida nas construções, em função do tipo de aglomerante empregado.

Pelo exposto conclui-se que, de uma forma simplificada, o concreto pode ser considerado como uma “pedra artificial” que vem incorporando tecnologias ao longo do tempo e que, apesar das boas qualidades deste material, ele possui baixa resistência aos esforços de tração e, por esta razão, evolução notável na arte das estruturas somente foi constatada com o advento do concreto armado (a partir de 1849), quando foram incorporados ao concreto materiais metálicos.

Para melhor entendimento dos princípios que garantem o trabalho solidário entre o concreto e as barras de aço, constituindo o notável material concreto armado, é necessário o prévio conhecimento das noções básicas sobre o concreto, suas propriedades, vantagens e desvantagens, e, principalmente, o conhecimento das razões que viabilizam o emprego de barras de aço juntamente com o concreto.

O concreto, em função de suas excelentes propriedades, é empregado com vantagens nas mais diversas obras pelo mundo. Quanto ao cenário nacional, pelo que foi exposto e devido às suas obras arrojadas e criativas, a engenharia estrutural brasileira é considerada e respeitada internacionalmente.

Outra consideração a ser feita é a de que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) se encontra em intenso movimento de revisão e aprovação de normas, tendo a principal norma referente a concreto, a NBR 6118, sido recentemente revisada e terá sua aplicação exigida a partir de abril de 2004. As importantes mudanças impostas exigirão atualização dos profissionais da área de estrutura para conhecimento e aplicação dos novos procedimentos a serem observados nas obras de concreto.



CAPÍTULO 2

MATERIAIS COMPONENTES

1. RESUMO

Neste capítulo são apresentados os componentes básicos que constituem o material concreto. Com este intuito, são feitas considerações sobre os diferentes tipos de cimentos brasileiros, os agregados (miúdos e graúdos), a água e os aditivos que podem ser incorporados à mistura. Apresentam-se tabelas que orientam para a escolha correta do tipo de cimento e de aditivo a serem utilizados em função das aplicações pretendidas para o concreto.

2. ABSTRACT

In this chapter some of the basic components of concrete are presented. Considerations about different Brazilian cements, aggregates (small and big ones), water and additives incorporated to the mixture are made. Tables are presented in order to orientate the correct choice of the type of cement and additive to be used according to the proposed application of the concrete.

3. INTRODUÇÃO

Para a obtenção de concretos resistentes, duráveis e econômicos, cuidados especiais devem necessariamente, ser tomados nas seguintes etapas: estudo das propriedades e perfeita escolha de cada um dos materiais componentes; determinação das propriedades necessárias ao concreto a ser produzido em função das características da obra onde será aplicado; proporcionamento correto dos componentes e aplicação de boas técnicas

TABELA 2.1 - Fatores para a escolha de cimentos (cimento Portland)

Fatores para escolha	Comum		Composto			Alto-forno	Pozolânico	Alta resistência inicial	Resistente a sulfatos
	NBR 5732		NBR 11578			NBR 5735	NBR 5736	NBR 5733	NBR 5737
TIPO (sigla)	CP I	CP I-S	CP II-F	CP II-E	CP II-Z	CP III	CP IV	CPV - ARI	CP RS
Experiência acumulada no mundo	XXXX	X	X	X	X	XXX	XXX	XXX	XXX
Reserva de resistência após 28 dias	XXX	XX	X	XX	XX	XXXX	XXXX	XX	XX
Proteção às armaduras	XXXX	XXX	XX	XXX	XXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
Resistências iniciais altas	XX	XXX	XXX	XX	XX	X	X	XXXX	XXXX
Insolubilidade em água	XX	X	X	XX	XX	XXX	XXXX	XX	XX
Facilidade de ser encontrado	X	XX	XXXX	XXXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX
Estabilidade dimensional à secagem	XXX	XX	X	X	X	X	X	XX	XX
Preço para o consumidor	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X
Relação resistência a 28 dias/consumo de cimento	XXXX	XXX	X	XX	X	XXX	XX	XXXX	XX
Resistência aos sulfatos	XX	XX	XX	XX	XX	XXXX	XXXX	XX	XXXX

CONVENÇÃO: XXXX = Muito favorável XXX = Favorável XX = Neutro X = Desfavorável

Fonte: Tango & Alvim (1993).

TABELA 2.2 - Aplicações recomendadas para os cimentos Portland.

Aplicação	Tipos de cimentos recomendados
Argamassa de revestimento e assentamento de tijolos e blocos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F e CP IV
Argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos	CPB
Concreto simples (sem armadura)	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Concreto magro, para passeios e enchimentos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Concreto armado com função estrutural	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto protendido com protensão das barras antes do lançamento do concreto	CP I, CP I-S, CP II-Z, CP II-F, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto protendido com protensão das barras após o endurecimento do concreto	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado por aspersão de água ou produto químico	CP V-ARI, CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV e CPB estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado a vapor ou com outro tipo de cura térmica	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento curados por aspersão de água	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados por aspersão de água	CP V-ARI, CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados a vapor ou com outro tipo de cura térmica	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, e CPB estrutural

(...continua...)

4.4 Considerações sobre os cimentos brasileiros

Para mais esclarecimentos sobre este importante componente dos concretos, serão feitas considerações diversas sobre os cimentos brasileiros, baseadas nas informações obtidas nas diversas publicações técnicas da ABCP (2002b) e do IBRACON (2004):

1ª) No Brasil são mais empregados os cimentos:

- Portland comum
- Portland composto
- Portland de alto-forno
- Portland pozolânico

e em menor escala (seja pela menor oferta, ou pelas características especiais de aplicação):

- Portland de alta resistência inicial
- Portland resistente a sulfatos
- Portland branco
- Portland de baixo calor de hidratação.

2ª) O cimento Portland comum (CP I) foi o primeiro cimento lançado no Brasil, em 1926. Caracteriza-se por não sofrer quaisquer adições além do gesso, que é utilizado como retardador da pega. Esse cimento acabou servindo como um termo de referência para comparação com outros tipos de cimento que surgiram posteriormente. É apropriado para construções de concreto em geral, onde não há exposição a sulfatos.

3ª) Em 1991, surgiu no mercado brasileiro um novo tipo de cimento composto (CP II), com composição intermediária entre o CP I (cimento Portland comum) e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico), que já eram

TABELA 2.2 - Aplicações recomendadas para os cimentos Portland.

Aplicação	Tipos de cimentos recomendados
Argamassa de revestimento e assentamento de tijolos e blocos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Argamassa de assentamento de azulejos e ladrilhos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F e CP IV
Argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos	CPB
Concreto simples (sem armadura)	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Concreto magro, para passeios e enchimentos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Concreto armado com função estrutural	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto protendido com protensão das barras antes do lançamento do concreto	CP I, CP I-S, CP II-Z, CP II-F, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto protendido com protensão das barras após o endurecimento do concreto	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado por aspersão de água ou produto químico	CP V-ARI, CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV e CPB estrutural
Concreto armado para desforma rápida, curado a vapor ou com outro tipo de cura térmica	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento curados por aspersão de água	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, CP V-ARI e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados por aspersão de água	CP V-ARI, CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F e CPB estrutural
Elementos pré-moldados de concreto e artefatos de cimento para desforma rápida, curados a vapor ou com outro tipo de cura térmica	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV, e CPB estrutural

(...continua...)

TABELA 2.2, Cont.

Aplicação	Tipos de cimentos recomendados
Pavimento de concreto simples ou armado	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Pisos industriais de concreto	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III, CP IV e CP V-ARI
Concreto arquitetônico	CPB estrutural
Argamassa armada	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP V-ARI e CPB estrutural
Solo-cimento	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV
Argamassas e concretos para meios agressivos (água do mar e de esgotos)	CP III, CP IV e resistentes a sulfatos
Concreto-massa	CP III, CP IV e de baixo calor de hidratação
Concreto com agregados reativos	CP I, CP I-S, CP II-E, CP II-Z, CP II-F, CP III e CP IV

Fonte: Leal, 2003a.

Importante é ressaltar que não será somente uma adequada escolha do tipo do cimento que irá definir as qualidades finais do concreto. Além de outros fatores, o sucesso dependerá também dos agregados (características físicas e químicas, granulometria, forma dos grãos, etc.), da qualidade e quantidade de água, dos aditivos que porventura possam ser utilizados, dos equipamentos disponíveis para a confecção, lançamento, adensamento e cura e da qualidade da mão-de-obra disponível. Enfim, o resultado final dependerá de uma série de fatores.

4.2 Hidratação do cimento

O cimento em pó é transformado em um material ligante (aglomerante) devido às reações que ocorrem na pasta de cimento e água. A reação química do cimento com a água, denominada hidratação do cimento, possui importância

fundamental na tecnologia do concreto, pois ela é uma das grandes responsáveis pelas suas qualidades finais.

Por se tratar de uma reação química, é necessário que os principais componentes sejam colocados na mistura em quantidades tecnicamente preestabelecidas. Dessa forma, define-se o que se chama relação água-cimento como sendo a relação, em massa, entre a quantidade de água e a de cimento.

Geralmente, em função da trabalhabilidade requerida, os concretos e argamassas são preparados com água em excesso, o que vem acentuar o efeito da retração (Thomaz, 1989).

Comprova-se que a resistência do concreto aumenta com a diminuição do fator água-cimento, dentro de certos limites de trabalhabilidade (Petrucci, 1982). A variação da resistência do concreto em função da relação água-cimento pode ser vista na Figura 1. 16 do capítulo 1.

Entretanto, de forma generalizada, nas obras existe uma tendência de os operários acrescentarem mais água do que o necessário visando facilitar os trabalhos de mistura e de lançamento dentro das formas. Esta tendência deve ser fiscalizada e proibida, pois o excesso de água na mistura é muito prejudicial para as boas qualidades do material concreto.

A hidratação do cimento é uma reação química exotérmica que chega a liberar até 500 joules por grama (120 cal/grama) de cimento. Sabe-se que, do total de calor gerado, aproximadamente a metade é liberada entre um e três dias, cerca de 75% em sete dias e 83% a 91% em seis meses (Neville, 1997). Em obras de grande volume de concreto (concreto massa) esse fenômeno deve merecer atenção especial, pois é constatada significativa elevação de temperatura na massa sendo possível o aparecimento de fissuras na estrutura pela contração que ocorre quando do resfriamento. Para amenizar esse efeito pernicioso, algumas técnicas podem ser utilizadas, tais como: utilização de cimento com baixo calor de hidratação, prévio resfriamento dos componentes da

mistura, circular água resfriada em redes de tubulações estrategicamente deixadas na massa de concreto, etc. (Neville, 1997). Fica evidente a importância da realização de uma cura intensa e prolongada para o concreto.

4.3 Tipos de cimentos Portland brasileiros

As normas brasileiras apresentam nove tipos diferentes de cimento, por meio de seis normas. Além da diferenciação por tipo, alguns são subdivididos em classes de resistência. A Tabela 2.3 mostra os tipos de cimentos disponíveis e as respectivas especificações técnicas da ABNT (ABCP, 2002a).

TABELA 2.3 - Tipos de cimentos Portland brasileiros.

1 . Cimento Portland comum (EB1 – NBR 5732:1991)		
Sigla	Designação	Classe
CP I	Cimento Portland comum	25, 32, 40
CP I – S	Cimento Portland comum com adição	25, 32, 40
2 . Cimento Portland composto (EB 2138 - NBR 11578:1991)		
Sigla	Designação	Classe
CP II – E	Cimento Portland com escória	25, 32, 40
CP II – Z	Cimento Portland com pozolana	25, 32, 40
CP II – F	Cimento Portland com filer	25, 32, 40
3 . Cimento Portland de alto-forno (EB 208 - NBR 5735:1991)		
Sigla	Designação	Classe
CP III	Cimento Portland de alto-forno	25, 32, 40
4 . Cimento Portland pozolânico (EB 758 - NBR 5736:1991)		
Sigla	Designação	Classe
CP IV	Cimento Portland pozolânico	25, 32

(...continua...)

TABELA 2.3, Cont.

5. Cimento Portland de alta resistência inicial (EB 2 - NBR 5733:1991)
Sigla: CP V – ARI - deve apresentar o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade de 34 MPa.

6. Cimento Portland resistente a sulfatos (EB 903 - NBR 5737:1992)
Classes 25, 32, 40 + RS
Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de "RS".
Exemplo: CP III 32 RS; CP V-ARI-RS, etc

7. Cimento Portland de baixo calor de hidratação (NBR 13116:1994)
Classes 25, 32, 40 + BC
Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de "BC"
Exemplo: CP IV-32 BC

8. Cimento Portland branco (NBR 12989:1993):
Classes 25, 32, 40
Estrutural nas classes 25, 32, 40. Exemplo: CPB-40
Não estrutural: CPB

Fonte: ABCP, 2002a.

Notas:

1ª) As classes 25, 32 e 40 representam o mínimo de resistência à compressão dos corpos de prova executados com o cimento (em argamassa normal), aos 28 dias de idade, expressas em megapascal (MPa). A correspondência é $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf/cm}^2$ (em números exatos, seria $1 \text{ MPa} = 10,1977 \text{ kgf/cm}^2$).

2ª) Geralmente, nas estruturas e construções usuais, é utilizado o cimento Portland composto com escória, da classe 32, ou seja: CP II - E - 32.

3ª) Cimentos da classe 25 estão praticamente fora de comercialização.

4ª) O cimento Portland destinado à cimentação de poços petrolíferos é normalizado pela NBR 9831:1993 da ABNT.

5ª) As Tabelas 2.1 e 2.2 apresentadas dão indicações para a correta escolha do tipo de cimento em função das características da obra a ser executada.

4.4 Considerações sobre os cimentos brasileiros

Para mais esclarecimentos sobre este importante componente dos concretos, serão feitas considerações diversas sobre os cimentos brasileiros, baseadas nas informações obtidas nas diversas publicações técnicas da ABCP (2002b) e do IBRACON (2004):

1ª) No Brasil são mais empregados os cimentos:

- Portland comum
- Portland composto
- Portland de alto-forno
- Portland pozolânico

e em menor escala (seja pela menor oferta, ou pelas características especiais de aplicação):

- Portland de alta resistência inicial
- Portland resistente a sulfatos
- Portland branco
- Portland de baixo calor de hidratação.

2ª) O cimento Portland comum (CP I) foi o primeiro cimento lançado no Brasil, em 1926. Caracteriza-se por não sofrer quaisquer adições além do gesso, que é utilizado como retardador da pega. Esse cimento acabou servindo como um termo de referência para comparação com outros tipos de cimento que surgiram posteriormente. É apropriado para construções de concreto em geral, onde não há exposição a sulfatos.

3ª) Em 1991, surgiu no mercado brasileiro um novo tipo de cimento composto (CP II), com composição intermediária entre o CP I (cimento Portland comum) e os cimentos Portland com adições (alto-forno e pozolânico), que já eram

disponíveis desde a década de 1950. Atualmente o CP II E 32 é o cimento mais comercializado e empregado nas obras usuais.

4º) O cimento Portland de alto-forno (CP III), quando comparado com o cimento composto CP II E 32, apresenta menor resistência nos primeiros dias, demora mais a endurecer, porém, produz menos calor durante a hidratação, sendo, portanto, indicado para concretagem de grandes volumes (concreto massa) em que é importante baixo calor de hidratação. Apresenta maior resistência aos agentes agressivos, maior impermeabilidade, maior durabilidade e um ganho significativo de resistência em idades mais avançadas. Por isso e por sua proteção contra a chuva ácida, fuligem dos automóveis e de fábricas, águas contaminadas de rios e córregos, o CP III é empregado nas construções de centros urbanos ou naquelas sujeitas a ambientes agressivos, como sistemas de esgotos. Devido a essas características o CP III também é indicado para construções agroindustriais. Devido à sua elevada resistência aos sulfatos é usado com frequência em obras marítimas. Para a sua produção o consumo de energia é relativamente baixo e este é um dos fatores que o tornam extensivamente usado na Europa. Entretanto, devido à sua demora no processo de pega, geralmente os operários de obras indevidamente o consideram mais “fraco” que o CP II.

5º) O cimento Portland pozolânico (CP IV) geralmente mostra um aumento de resistência muito lento, exigindo períodos de cura mais longo; porém, a resistência final é aproximadamente igual à do cimento comum. Traz as seguintes vantagens: maior resistência às águas e solos agressivos, especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente, maior trabalhabilidade, menor calor de hidratação, menor permeabilidade, menor possibilidade de segregação do agregado e maior estabilidade de volume, sendo

considerado bastante durável. Como o CP III, exige menor consumo de energia para sua fabricação.

6ª) O cimento CP V ARI alcança grandes resistências em pouca idade (resistência inicial a três dias semelhante em grandeza à resistência do cimento comum a sete dias para um mesmo fator água-cimento), sendo indicado para a indústria de pré-fabricados, que requer retirada de forma rápida ou quando se necessita rapidamente de resistência alta para prosseguimento da obra. Desenvolvendo alto calor de hidratação, não é indicado em concreto massa (grandes volumes), como barragens e, sendo pouco resistente a sulfatos, não deve ser utilizado em ambientes agressivos. Entretanto, devido ao desprendimento rápido de calor de hidratação, pode ser indicado para concretagens em temperaturas baixas, constituindo uma proteção contra o congelamento às primeiras idades.

7ª) Os cimentos Portland resistentes a sulfatos foram desenvolvidos para oferecer resistência aos meios agressivos sulfatados presentes em redes de esgotos de águas servidas ou industriais, na água do mar e em alguns tipos de solos. Qualquer um dos cinco tipos básicos de cimento (CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V-ARI) pode ser considerado resistente a sulfatos, desde que obedeça a determinadas condições impostas pela norma NBR 5737:1992 da ABNT – Cimento Portland resistente a sulfatos.

8ª) Os cimentos Portland de baixo calor de hidratação podem ser qualquer um dos tipos básicos (CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V-ARI) desde que, de acordo com a NBR 13116:1994, desprendam até 260 J/g (joules por grama de cimento) aos três dias e até 300 J/g aos sete dias, durante o processo de hidratação. O ensaio destes cimentos é executado seguindo-se as orientações da NBR 12006:1990 da

ABNT – Determinação do calor de hidratação pelo método da garrafa de Langavant.

9ª) O cimento Portland branco (CPB) se diferencia dos demais pela sua coloração e se apresenta em duas versões: estrutural e não estrutural (para uso em argamassas e rejuntamentos). O estrutural pode atender a efeitos estéticos (concreto aparente, pré-fabricados e pisos de alta resistência) e, refletindo os raios solares, transmite menos calor para o interior da obra.

10ª) O cimento aluminoso, de uso recente no Brasil, é um poderoso aglomerante à base de aluminato de cálcio e possui importantes propriedades. Material com excelentes propriedades refratárias, com altas resistências aos agentes agressivos (especialmente ácidos e sulfatos), resistente às ações da água do mar e das águas agressivas, atinge elevadas resistências iniciais em poucas horas e tem também capacidade de suportar baixas temperaturas. Entretanto, a sua utilização requer muito cuidado, principalmente em usos estruturais.

As desvantagens deste cimento localizam-se principalmente no fenômeno chamado “conversão” – uma reação química pela qual a hidratação do cimento aluminoso faz com que a resistência abaixe assustadoramente. Após a conversão e, dependendo da relação água-cimento e da temperatura, a perda de resistência pode chegar a até 70% ou 80% (Giammusso, 1995).

Em princípio, deve-se usar o cimento aluminoso em locais sujeitos a ataques de sulfatos e ácidos, como refratário em altas temperaturas (mais de 500°C), em locais com baixas temperaturas (menos de 0°C), em áreas sujeitas a solicitações mecânicas (abrasão, choque e puncionamento) e em locais em que seja necessária desforma rápida (em torno de 12 horas atinge resistências equivalentes às dos concretos tradicionais em 28 dias). O cimento aluminoso deve ser usado observando-se uma relação água-cimento menor ou igual a 0,40 e

teor de cimento maior ou igual 400 kg por metro cúbico de concreto (Giammusso, 1995).

Algumas aplicações do cimento aluminoso no Brasil: na Companhia Siderúrgica Nacional – CSN foi empregado com sucesso nas muretas do canal de gusa do alto-forno nº 2 (temperatura em torno de 900°C); no piso de acesso das empilhadeiras (temperatura ambiente); rampa de cambagem de carros-torpedo (temperatura acima de 1.200°C); em outras siderúrgicas, como a Açominas, a Siderúrgica Mendes Jr., a Cosigua, uma unidade da White Martins em Belo Horizonte, MG, em um piso exposto ao derramamento de gases liquefeitos a temperaturas de 170°C negativos. Também foi empregado em indústrias de álcool e de açúcar, como na ampliação das instalações de engarrafamento de álcool da unidade de Piracicaba, SP (Companhia União dos Refinadores). Em todas as aplicações citadas foi excelente o desempenho do cimento aluminoso (Giammusso, 1995).

5. AGREGADOS

Os agregados são materiais constituintes dos concretos e que ocupam grande porcentagem no volume total.

5.1 Conceito

Agregados são materiais granulares, sem forma e dimensões definidas, geralmente inertes (não reagem com o cimento) que entram na composição do concreto, tendo como principais finalidades o aumento da resistência e a redução da retração e de custos (Petrucci, 1982 & Isaia, 1988).

Antigamente, os agregados eram considerados inertes e, por essa razão, não havia muita precaução na escolha desses materiais. Na realidade, eles não são verdadeiramente inertes, sendo necessário atentar não somente para as suas

propriedades físicas, mas também para suas propriedades químicas visando evitar perniciosas reações químicas entre o aglomerante e o agregado (Neville, 1997). Um exemplo de insucesso na utilização de determinado tipo de agregado foi o ocorrido com o concreto da barragem do rio Descoberto, na cidade satélite de Brasília, Ceilândia, que apresentou graves problemas de porosidade. A presença de pirita na brita calcária usada como agregado graúdo foi a responsável pela patologia: o mineral reage com a água, se transforma em ácido e ataca a brita e a pasta. Esse é um problema comum no Distrito Federal, pois a pedra disponível na região possui pirita (Leal, 2002).

Outro motivo que realça a importância dos agregados na composição do concreto, além das finalidades já descritas, é que eles ocupam pelo menos 70% do volume total do concreto sendo, portanto, de grande importância na tecnologia dos concretos (Neville, 1997).

Agregados para concreto devem ter grãos resistentes, duráveis, isentos (ou com baixos teores) de materiais que poderiam prejudicar as reações químicas e a aderência do agregado com a pasta, tais como argila, materiais pulverulentos e impurezas orgânicas. Devem possuir uma adequada distribuição granulométrica, a fim de se obter maior compacidade, resultando em menor índice de vazios, permitindo maior impermeabilidade, maior durabilidade, maior economia de cimento e significativo ganho de resistência.

A norma NBR 7211:1983 da ABNT fixa as características exigíveis na recepção de agregados: faixas recomendáveis de composição granulométrica, teor máximo de substâncias nocivas e impurezas orgânicas e outros dados de importância prática.

5.2 Classificações dos agregados

Os agregados podem ser classificados quanto às dimensões, à procedência e ao peso unitário (Petrucci, 1982).

1ª Classificação: Segundo o tamanho, os agregados são classificados em graúdos e miúdos. A análise granulométrica é feita numa série de peneiras normais, com aberturas de malhas quadradas. A norma NBR 7217 (NBR NM 248/2003) da ABNT prescreve o método de determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos. O procedimento de ensaio granulométrico consiste em peneirar uma amostra de peso especificado, calcular as porcentagens retidas e acumuladas em cada peneira da série. Desta análise obtêm-se os seguintes dados: - curva granulométrica – diâmetro máximo – módulo de finura (Alves, 1987). Segundo esta norma, define-se:

- agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou a artificial resultante do britamento de rochas estáveis, de diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm;
- agregado graúdo é o pedregulho natural, ou a pedra britada, com diâmetro superior a 4,8 mm.

Uma classificação, de acordo com suas dimensões nominais:

- brita 0.....	4,8 – 9,5 mm
- brita 1.....	9,5 – 19 mm
- brita 2.....	19 – 25 mm
- brita 3.....	25 – 50 mm
- brita 4.....	50 – 76 mm
- brita 5.....	76 – 100 mm

A brita 0 é utilizada na fabricação de asfaltos, lajotas, peças pré-fabricadas, bloquetes intertravados, jateamento de túneis, revestimento rústico (chapisco), no capeamento de lajes pré-fabricadas e em alguns casos em concretos bombeados. As britas 1 e 2 nos concretos usuais. A brita 3,

denominada pedra de lastro, é muito utilizada em ferrovias. A brita 4 é empregada, de modo geral, como drenos (fossas e drenos sépticos).

2ª Classificação: De acordo com a procedência, os agregados são classificados em naturais e artificiais:

- agregados naturais: são os que se encontram na natureza, prontos para serem utilizados: areia, cascalho lavado do rio. Pedra-pomes e escória de lava são agregados naturais para concreto leve ($\sim 1800 \text{ kg/m}^3$) e os fragmentos de magnetita e de barita são utilizados para concreto pesado ($\sim 3700 \text{ kg/m}^3$);
- agregados artificiais: escória de alto-forno e argila expandida (para concreto leve).

3ª Classificação: Quanto à massa unitária podem ser:

- agregados leves: possuem massa específica menor que 1000 kg/m^3 (pedra pomes, vermiculita e argila expandida);
- agregados normais: possuem massa específica entre 1000 a 2000 kg/m^3 (areia quartzosas, seixos, britas de gnaisses e de granito);
- agregados pesados: possuem massa específica acima de 2000 kg/m^3 (barita, magnetita e limonita).

Alguns tipos de materiais que podem ser utilizados como agregados leves: tufos vulcânicos, tufos calcários, pedra-pomes, lava prosa, escória expandida, resíduo de carvão sinterizado, argila expandida, folhelho expandido, ardósia expandida, cinza volante sinterizada, agregado de silício expandido, perlita e vermiculita. (Evangelista et al., 2002).

5.3 Considerações sobre agregados

Algumas considerações podem ser feitas com referência aos agregados:

1ª) Quanto às dimensões dos agregados, nas estruturas de concreto armado, atentamente devem ser observadas as seguintes recomendações da norma NBR 6118 (ABNT, 2003):

- diâmetro máximo menor que 1/4 da menor dimensão da peça a ser concretada;
- diâmetro máximo menor que 1/3 da espessura das lajes;
- a distância entre as armaduras não deve ser menor que 1,2 vez a dimensão máxima do agregado ou, em outras palavras, o diâmetro máximo dos agregados deve ser menor que aproximadamente 80% da menor distância entre as barras da armadura;
- a dimensão máxima do agregado graúdo utilizado no concreto não deve superar 20% a espessura do cobrimento ($d_{max} \leq 1,2 c_{nom}$).

2ª) Quanto à forma das partículas, as mais arredondadas aumentam a trabalhabilidade da massa, facilitando as etapas de confecção e manuseio, permitindo menor teor de água na mistura, diminuindo a porcentagem de vazios, propiciando tendência de aumento da compacidade e da impermeabilidade e, em consequência, tendência de aumento de resistência à compressão e da durabilidade (ver 3ª consideração a seguir). Um bom exemplo de agregados com forma esférica (arredondada) são os seixos rolados (cascalhos) encontrados na natureza em leitos de rios.

As partículas alongadas e laminares podem ter efeitos desfavoráveis para o concreto, pois tendem a se orientar na massa segundo um plano, propiciando o acúmulo de água e bolhas de ar nas faces inferiores (Neville, 1997). Algumas britas, como as calcárias, em algumas regiões, se apresentam dessa forma.

3º) Considerando-se concretos igualmente dosados, com a mesma trabalhabilidade, utilizando-se como agregados graúdos a brita ou o seixo rolado, algumas comparações podem ser feitas, entre eles (Thomaz, 2001):

os seixos rolados, por possuírem grãos arredondados, com superfícies mais lisas, mais polidas, com menor atrito interno, exigem menor consumo de água para atingir a trabalhabilidade requerida, acarretando, com isso, tendência de aumento da resistência do concreto. Contudo, devido à menor aderência entre os grãos entre si e com a pasta (superfícies lisas), o concreto obtido deverá ter menor resistência à tração e ao desgaste;

as pedras britadas, possuindo superfícies fraturadas, facilitam a aderência (tendência de maior resistência do concreto à tração e ao desgaste); os grãos apresentando maior atrito interno e maior superfície específica, exigem maior consumo de água para a mesma trabalhabilidade (tendência de diminuição da resistência).

De forma geral, pode-se conseguir características e propriedades semelhantes em concretos dosados com pedra britada ou com seixo rolado. Deve-se procurar na dosagem se obter a máxima trabalhabilidade com o menor consumo de cimento e com o menor fator água-cimento (Thomaz, 2001).

5.4 Inchamento

Para a dosagem de concretos, especial atenção deve ser dada à umidade nos agregados, o que exigirá uma correção das proporções da mistura (diminuição da quantidade de água a ser adicionada e acréscimo da massa do agregado de igual valor). No caso da areia, aparece outro efeito: o “inchamento”. É o aumento de volume causado pelas películas de água que tendem a afastar as partículas de areia. Valores de umidade em torno de 3% a 5% chegam a produzir na areia, inchamento da ordem de 30% (Pianca, 1977). A

determinação do inchamento de agregados miúdos é feita pelo método NBR 6467:1987 da ABNT.

Para se obedecer rigorosamente a relação água-cimento preestabelecida, é necessário determinar a quantidade de água que os agregados irão levar para a mistura e essa quantidade deverá ser diminuída no volume da água de mistura.

No caso da areia, deverá também ser determinado o seu inchamento para corrigir o seu volume, pois uma areia úmida apresenta um volume falso, maior que o real, provocado pelo fenômeno do inchamento.

6. ÁGUA

A água destinada ao amassamento do concreto deverá ser isenta de impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e o cimento. Normalmente, as águas potáveis são satisfatórias para o uso em concreto. Águas provenientes de indústrias, de pântanos, de enxurradas, de esgotos residenciais ou industriais, águas com muitas matérias orgânicas devem ser evitadas.

No caso de águas com partículas em suspensão (argila e/ou silte) que podem ocorrer em águas de rios, poços, represas, recomenda-se deixá-las em repouso num tanque para que aconteça a sedimentação, antes do uso.

A norma NBR NM 137:1997 da ABNT especifica qualidades para a água a ser utilizada no amassamento e na cura de argamassa e concreto. A água do mar não é recomendada. Pode levar a resistências iniciais mais elevadas que os concretos normais, mas as resistências finais são sempre menores, além da possibilidade de corrosão da armadura. As águas minerais também não são recomendadas (Petrucci, 1982).

Na prática, quase todas as águas naturais são utilizáveis. Os maiores defeitos provenientes da água têm maior relação com o excesso de água empregada do que propriamente com os elementos que ela possa conter

(Petrucci, 1982). A variação da resistência de um concreto com a variação da relação água-cimento pode ser vista na Figura 1.16 (capítulo 1).

A reação química do cimento com a água (hidratação do cimento) é fundamental para dar ao concreto as propriedades mais importantes: resistência, durabilidade, trabalhabilidade, impermeabilidade, etc.

Atualmente, pesquisadores e tecnologistas do concreto afirmam que todas propriedades do concreto melhoram com a redução da água aplicada (desde que a massa continue plástica e trabalhável). Sabendo-se que a trabalhabilidade do concreto exige um volume de água maior do que aquele necessário apenas para a hidratação do cimento, deve-se refrear a tendência na obra, de se fazer um concreto muito fluido para facilitar os trabalhos de concretagem.

7. ADITIVOS

O emprego de aditivos remonta à antiguidade: os romanos já utilizavam em suas obras determinadas substâncias (sangue, clara de ovos, álcalis, etc.) que funcionavam como aditivos. No Brasil, em algumas obras históricas, como pontes e igrejas, verifica-se o emprego de óleo de baleia na argamassa de assentamento das pedras (Otto Baumgart, 2003).

7.1 Conceito

Os aditivos podem ser conceituados como substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto e às argamassas, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, inclusive facilitando o preparo e a utilização. Atualmente, a tecnologia dos aditivos sofre um grande desenvolvimento, acompanhando o movimento intenso e crescente da

construção civil. Vários laboratórios estão fabricando aditivos para as mais diversas finalidades, permitindo soluções inovadoras, práticas e econômicas.

Em países desenvolvidos, cerca de 80% do concreto utilizado são aditivados (Otto Baumgart, 2003).

É prudente salientar que os aditivos não conseguem transformar um concreto mal dosado e mal manuseado num concreto bom. Eles apenas transformam um concreto bom num concreto ainda melhor (Otto Baumgart, 2003). É fundamental, para o sucesso da utilização, um prévio estudo da disponibilidade de aditivos, o conhecimento de suas propriedades e restrições, para a perfeita indicação que deve ser específica para cada tipo de necessidade da obra.

7.2 Tipos de aditivos

De acordo com as finalidades ou as características predominantes, os aditivos podem ser classificados em: plastificantes, superplastificantes, incorporadores de ar, retardadores de pega, aceleradores de pega, impermeabilizantes, anticongelantes, expansores, adesivos, agentes de cura, hidrofugantes, redutores de retração, anticorrosivos, corantes, fungicidas, espumantes, desmoldantes, etc.

Os aditivos, incorporados aos concretos e argamassas podem propiciar:

- acréscimo de resistência
- aumento da durabilidade;
- melhora na impermeabilidade;
- melhora na trabalhabilidade;
- possibilidade de retirada de fôrmas em curto prazo;
- diminuição do calor de hidratação;
- retardamento ou aceleração da pega;
- diminuição da retração;

- obtenção de concretos fluidos com utilização de aditivos plastificantes ou aditivos superplastificantes;
- utilização de aditivos incorporadores de ar;
- melhora no processo de cura com utilização de aditivo agente de cura e diversas outras aplicações podem ser verificadas nos manuais técnicos dos fabricantes de aditivos.

Algumas normas da ABNT sobre aditivos:

- NBR 11768:1992 - Aditivos para concreto de cimento Portland.
- NBR 12317:1992 - Verificação de desempenho de aditivos para concreto.
- NBR NM 34:1994 - Aditivos para argamassa e concreto – Ensaio de uniformidade.

A norma NBR 11768 considera apenas os mais usuais na construção brasileira. Apresentam-se a seguir as Tabelas 2.4 e 2.5, com indicações sobre os aditivos normalizados e não normalizados (Leal, 2003b).

TABELA 2.4 - Aditivos normalizados (NBR 11768:1992).

Aditivo	Efeitos	Usos
Acelerador de pega (A)	Pega mais rápida e resistência inicial mais elevada	Pré-moldados, reparos rápidos e concreto projetado
Incorporador de ar.(IAR)	Incorpora pequenas bolhas de ar no concreto	Concreto submetido a grandes variações de temperatura (gelo e degelo, câmara frigorífica) e concreto-massa
Plastificante (P)	Aumenta o índice de consistência e permite a redução de, no mínimo, 6% da água de amassamento, ou reduz a água de amassamento para uma determinada consistência	Concreto e graute
Retardador de pega (R)	Aumenta o tempo de início e fim de pega	Concretagem de grandes volumes ou em locais distantes da concreteira
Superplastificante (SP)	Elevado aumento do índice de consistência, possibilita redução de, no mínimo, 12% da água de amassamento	Idem a plastificantes
Plastificante e acelerador (PA)	Combinado de P e A	Combinado de P e A
Plastificante e retardador (PR)	Combinado de P e R	Combinado de P e R
Superplastificante acelerador (SPA)	Combinado de SP e A	Combinado de SP e A
Superplastificante retardador (SPR)	Combinado de SP e R	Combinado de SP e R

Fonte: Leal, 2003b.

TABELA 2.5 - Principais aditivos não normalizados.*

Aditivo	Efeitos	Usos
Expansor	Expande o concreto para compensar os efeitos da retração	Pisos, lajes e recuperação de estruturas
Hidrofugantes	Reduz a penetração de água por absorção capilar	Concreto e graute
Impermeabilizante	Reduz a penetração de umidade sob pressão e de elementos agressivos	Argamassas de reparo, concreto de reservatórios e rejuntas
Inibidor de corrosão	Reduz a corrosão causada por cloretos	Materiais de reparo, concreto submetido a cloretos
Redutor de retração	Reduz a retração do concreto	Pisos e lajes

Nota: * Aditivos já em utilização não incluídos na norma NBR 11768:1992.

Fonte: Leal, 2003b.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de concreto com qualidade requer, entre outros requisitos, a correta escolha dos materiais componentes. Para tal, é indispensável o prévio conhecimento de suas propriedades e funções na mistura.

Existem no Brasil vários e diferentes tipos de cimento Portland, principalmente em função de sua composição e todos eles são normalizados pela ABNT. Apesar desta disponibilidade, quase de forma geral, a comunidade, por desconhecimento, compra e emprega o cimento como se fosse um produto padronizado, sem opções de escolha. Esta situação deve ser corrigida, pois, mediante o que foi exposto, é possível dizer que, para cada tipo de obra há um cimento mais adequado.

Os agregados, componentes que ocupam grande volume nos concretos, precisam ser corretamente escolhidos, sendo necessário atentar para sua origem, granulometria, resistência, textura e propriedades químicas. Em épocas

anteriores, os agregados eram considerados erroneamente elementos “inertes”, que não reagem quimicamente com o cimento e a água. Mediante as patologias verificadas em algumas estruturas, constatou-se que determinados agregados eram os grandes responsáveis pela deterioração devido às reações químicas por eles induzidas. Os agregados, nos concretos, têm como principais funções aumentar a resistência, reduzir a retração e reduzir custos.

A água tem importância fundamental na mistura devido à reação química com o cimento (hidratação do cimento). A relação água-cimento é um dos fatores mais importantes na obtenção das boas características dos concretos. Neste contexto, foram feitas considerações sobre a água a ser utilizada na mistura e também na cura dos concretos.

Algumas propriedades do concreto podem ser realçadas com o emprego de aditivos. Existem no Brasil diversos tipos de aditivos e eles estão sendo cada vez mais incorporados aos concretos e argamassas. Consideração importante a ser feita é que os aditivos não conseguem transformar um concreto mal dosado e mal manuseado num concreto de boa qualidade.

Enfim, de todo o exposto, destaca-se que é fundamental se conhecer bem os materiais componentes, suas propriedades e as funções que desempenham na mistura, para viabilizar a obtenção de concretos resistentes, duráveis e econômicos.

CAPÍTULO 3

AÇOS PARA CONCRETO ARMADO

1. RESUMO

Este capítulo trata do material “aço para concreto armado” por meio de informações sobre a sua fabricação, fornece as classificações dos aços com suas resistências, apresenta os diagramas tensão-deformação e trata das telas soldadas que estão sendo muito empregadas, substituindo com vantagem as tradicionais barras de aço em alguns tipos de obras.

2. ABSTRACT

This chapter is about “steel for reinforced concrete” with information about the manufacturing and classification of different kinds of steel related with resistance. Tension-deformation diagrams are presented along with welded wire mesh, which have been widely employed, substituting with advantage the traditional steel bars in some constructions.

3. INTRODUÇÃO

Para resistir aos esforços solicitantes de tração, são colocadas nas peças de concreto armaduras de aço em posições previamente determinadas. O trabalho solidário do concreto com o aço, assegurado pela perfeita aderência entre eles, possibilita a construção de notáveis obras em concreto armado para as mais diversas finalidades. Para a perfeita utilização deste material é necessário conhecer os tipos de aço disponíveis e suas características técnicas.

4. GENERALIDADES SOBRE OS AÇOS

O ferro existe na natureza geralmente sob a forma de óxidos, nos minérios de ferro, sendo daí extraído por meio de um forte aquecimento em presença de outros produtos (coque, calcário, etc.), em processos realizados nos alto-fornos. Obtém-se daí uma liga de ferro e carbono chamada ferro gusa, que é a matéria-prima para a fabricação do aço.

Pela descarbonetação (diminuição do teor de carbono) do ferro gusa em fornos especiais se obtém o aço.

Aço para concreto armado, então, é um produto siderúrgico, obtido por via líquida (são elaborados em estado de fusão) e com teor de carbono até 1,7%. Produto com teor de carbono acima deste limite é o ferro fundido.

A NBR 7480 (ABNT, 1996) fixa as condições exigíveis para barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.

5. CLASSIFICAÇÕES DOS AÇOS

De acordo com a NBR 7480, as barras são produtos de diâmetro de 5 mm ou superior, obtidas por laminação a quente ou laminação a quente e encruamento a frio, e fios são os de diâmetro 12,5 mm ou inferior, obtidos por trefilação ou processo equivalente.

Os aços para concreto armado podem ser classificados pelo processo empregado em sua fabricação (do qual decorre a configuração do diagrama tensão-deformação) e por sua resistência mecânica.

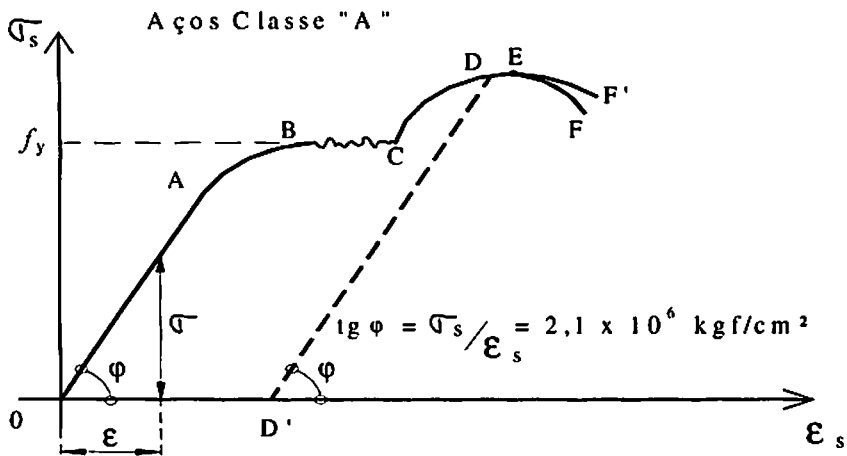
5.1 Classificação de acordo com o processo de fabricação

De acordo com o processo de fabricação, os aços são classificados de duas maneiras:

1ª classificação: Barras de aço “classe A” - obtidas por laminação a quente, sem necessidade de posterior deformação a frio, com escoamento definido caracterizado por patamar no diagrama tensão-deformação. A sua resistência deve-se unicamente à sua composição química. Como são laminadas a quente, não perdem suas propriedades de resistência quando aquecidos (até no máximo 1.200°C) e resfriados em seguida.

São também chamados aços “doces”, aços “dúcteis” ou aços de “dureza natural”.

O diagrama tensão-deformação para aços classe “A” apresenta a seguinte configuração num ensaio de tração (Figura 3.1):



σ_s = tensão normal de tração; ϵ_s = deformação específica do aço = $\Delta l / l$;
 f_y = resistência de escoamento do aço à tração

FIGURA 3.1 - Diagrama tensão-deformação – Aços classe “A”.

Analisando-se o comportamento de um aço classe "A", que se deformou num ensaio de tração segundo a Figura 3.1, pode-se verificar que existem três fases principais bem definidas: a elástica, a de escoamento e a de ruptura.

O trecho OA caracteriza a fase elástica em que as tensões são proporcionais às deformações (lei de Hooke): $\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s$

O coeficiente de proporcionalidade "E_s" é o módulo de deformação longitudinal do aço que, para todos os aços usados em concreto armado, é constante e de valor igual a:

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 = 210.000 \text{ MPa}$$

Assim sendo, a equação (1) se transformará em:

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s \dots \dots \dots$$

... (1)

Observe que, pela equação (1): $E_s = \sigma_s / \epsilon_s$

Da análise da Figura 3.1, tem-se: $\text{tg } \varphi = \sigma_s / \epsilon_s$; logo : $E_s = \sigma_s / \epsilon_s = \text{tg } \varphi$
isto é, o módulo de deformação longitudinal do aço é igual à tangente do ângulo sob a reta do diagrama tensão-deformação.

Quando as tensões atingem um certo valor (limite de proporcionalidade) representado pelo ponto A, cessa a fase elástica e o diagrama não atende mais à lei de Hooke. Ocorre, posteriormente, um trecho AB de menor importância.

Em B se inicia a fase de escoamento. Esta fase se caracteriza pelo fato de prosseguir a deformação do material sem qualquer aumento de tensão. O trecho BC é denominado "patamar de escoamento". A tensão constante nesta fase "f_y" é chamada "resistência de escoamento do aço à tração" e que, antigamente, era chamada limite de escoamento: "σ_e". No cálculo estrutural, considera-se que o limite de escoamento é a característica de resistência de maior interesse no dimensionamento. Ele é definido pela ordenada do patamar de escoamento no diagrama tensão-deformação.

No ponto C termina o escoamento e a deformação se detém. Para que prossiga é necessário aumentar a tensão. No ponto E atinge o limite de resistência do aço e, a partir daí, a deformação cresce rapidamente até a ruptura em F (se o ensaio for de tração) ou em F' (se o ensaio for de compressão). O trecho CE é a fase de ruptura.

É interessante observar que, se no ponto D do diagrama, se retirar gradativamente o carregamento, o retorno se processará segundo DD', paralela a OA, restando a deformação residual OD'. Fazendo-se crescer novamente as tensões, o aço passará a funcionar como um aço da classe "B" e o seu diagrama seria D'DEF.

Para o ensaio de compressão do aço classe "A", o diagrama tensão-deformação seria inteiramente análogo ao de tração.

Entende-se por "resistência característica do aço à tração - f_{yk} ", o valor que corresponde ao quantil de 5% da distribuição das tensões de escoamento (resistência de escoamento do aço = f_y), admitindo-se que essa distribuição seja normal, isto é, obedeça à curva de Gauss, tem-se (Figura 3.2):

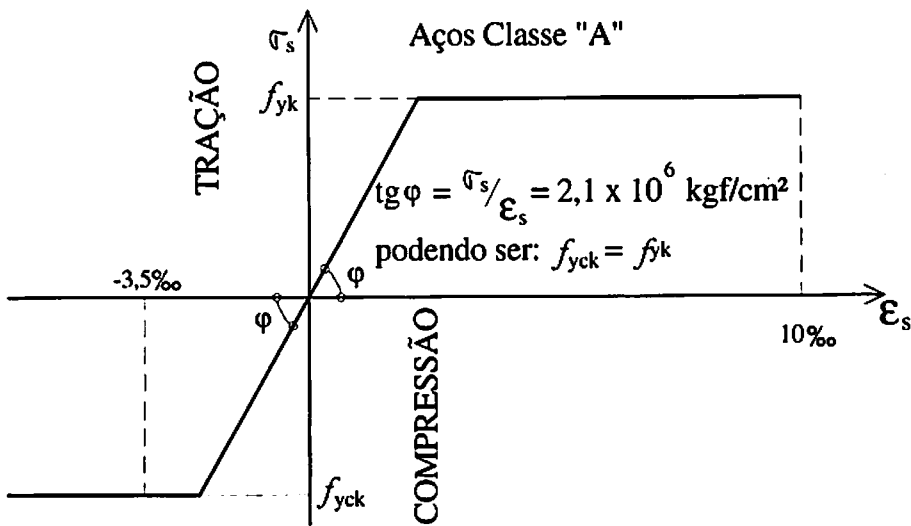


FIGURA 3.3 - Diagrama tensão-deformação simplificado – Aços classe “A”.

Na Figura 3.3, a limitação de 10TM ao alongamento visa apenas evitar uma deformação excessiva da peça e a limitação de 3,5TM ao encurtamento do aço visa a coerência com a limitação feita para o encurtamento do concreto (Süssekind, 1983).

2ª classificação: Barras e fios de aço classe “B”: obtidos por deformação a frio (como torção, compressão transversal, estiramento, relaminação a frio, trefilação), sem patamar de escoamento no diagrama tensão-deformação, sendo, então, definido um “limite convencional de escoamento” como a tensão “ f_y ” sob a qual, feita a descarga da peça, reste uma deformação plástica residual de 2TM. São chamados aços “encruados”. O aço classe “B” pode ser considerado como

um aço classe "A" de categoria inferior que, submetido a uma deformação permanente a frio (trefilação, estiramento ou torção), teve sua estrutura interna modificada, perdendo o patamar de escoamento.

O diagrama tensão-deformação, num ensaio de tração para um aço classe "B" é representado na Figura 3.4.

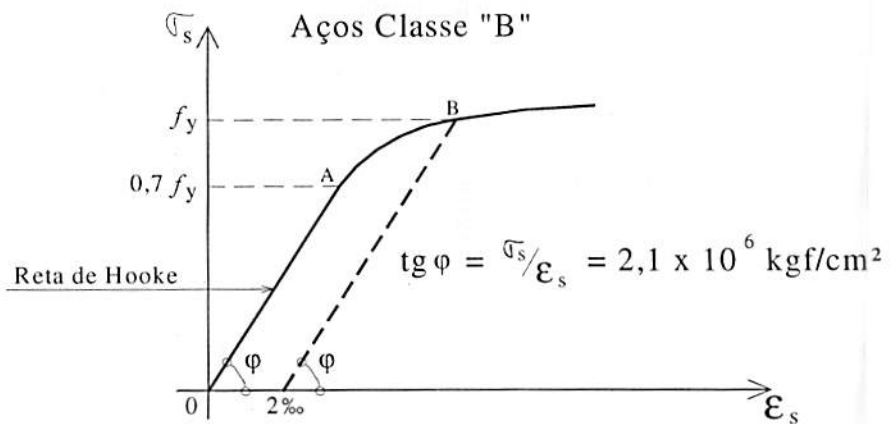


FIGURA 3.4 - Diagrama tensão-deformação – Aços classe "B".

A Figura 3.5 representa o diagrama tensão-deformação *simplificado* de um aço classe "B":

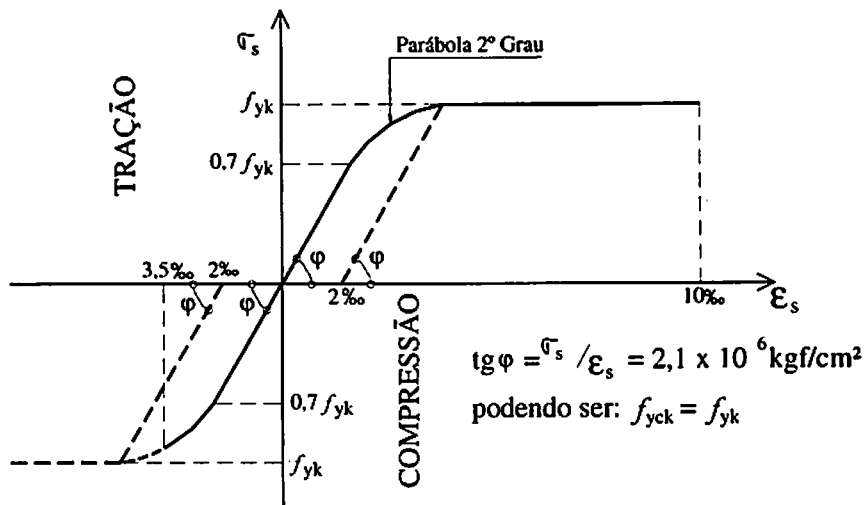


FIGURA 3.5 - Diagrama tensão-deformação simplificado – Aços classe “B”.

Quanto ao diagrama da Figura 3.5, tem-se:

- encurtamento de $3,5\text{‰} = \text{encurtamento do concreto}$;
- alongamento de $10\text{‰} = \text{evitar deformações excessivas}$.

Se, na execução de um projeto estrutural, não se souber qual categoria de aço será adquirida, A ou B, deve-se fazer o dimensionamento ao lado da segurança e considerar o aço como classe B. Se, entretanto, puder escolher, deve-se optar pelo aço classe A, no qual pode-se contar com maior aproveitamento do material para tensões compreendidas entre $(0,7 f_y)$ e (f_y) . Além do mais, se for necessário, a emenda das barras, ela pode ser feita por solda, o que, no caso de aço B, existe a possibilidade de perda de suas propriedades mecânicas quando submetidas a forte aquecimento, sendo mais

vulneráveis também no caso de incêndios. Uma outra desvantagem do aço B é que, para alcançar o limite convencional de escoamento f_y , existem maiores deformações que no caso do aço A (Süssekind, 1983).

5.2 Classificação de acordo com a resistência mecânica

Segundo este critério, as barras e fios de aço são classificados nas cinco categorias: CA-25, CA-32, CA-40, CA-50 e CA-60.

O prefixo “CA” indica que é um aço para concreto armado e o número seguinte o valor característico do limite de escoamento “ f_{yk} ”, expresso em 0,1 MPa ou em kgf/mm^2 . Por exemplo, “CA-50A” é um aço para concreto armado (sigla CA) com uma resistência característica à tração “ f_{yk} ” de 500 MPa ou $5.000 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, da classe “A”.

Aproximadamente até os anos de 1950, praticamente só se usava aço CA 25 no Brasil. Atualmente, o aço CA-50 é o mais utilizado. Os aços CA-32 e CA-40 não são empregados nas obras de concreto armado no Brasil. O aço CA-60 é utilizado em barras de bitola fina para armação de lajes, estribos de vigas e pilares ou em peças pré-fabricadas. Quando existe a necessidade de barras com diâmetros grandes (superiores a 32 mm), utiliza-se o aço CA-25 e também quando as barras precisam sofrer muitos dobramentos, pois o aço CA-25 é o mais dúctil dentre todos (Süssekind, 1983).

Para indicar a classe, as categorias de aço levam a letra “A” ou “B” logo após o valor “ f_{yk} ”: CA-40A e CA-40B; CA-50A e CA-50B. Os aços CA-25 e CA-32 não precisam da letra “A” porque são sempre desta classe. O aço CA-60 é sempre “B” = CA-60B (só existem fios).

6. RESISTÊNCIA DE CÁLCULO DOS AÇOS

Pelo fato de o limite de resistência à ruptura “ f_{st} ” de um aço só ser alcançado mediante grandes deformações, para a definição dos valores de cálculo adota-se o limite de escoamento (real ou convencional) “ f_{yk} ”, ficando a diferença ($f_{st} - f_{yk}$) como reserva adicional de segurança.

De acordo com o item 5.3.1.1. da norma NBR 6118:1978, as resistências de cálculo dos aços, serão:

- Resistência de Cálculo do Aço à Tração: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

- Resistência de Cálculo do Aço à Compressão: $f_{y,cd} = f_{y,ck} / \gamma_s$

O item 5.4.1 da NBR 6118:1978 estabelece, para o coeficiente de minoração “ γ_s ”, os seguintes valores:

$\gamma_s = 1,15$ (em geral) desde que sejam obedecidas as prescrições da NBR 7480;

$\gamma_s = 1,25$ quando não for realizado o controle de qualidade de acordo com a NBR 7480, permitindo-se essa situação em obras de pequena importância, nas quais se empreguem aços das categorias CA-25 e CA-32.

No caso de um dimensionamento ter sido feito com $\gamma_s = 1,15$ e o coeficiente de minoração devesse ter o valor $\gamma_s = 1,25$, permite a NBR-6118 (item 5.3.1.1) considerar o dimensionamento feito, desde que se aumente de 10% a área da seção transversal da armadura já calculada. Lembrar que os coeficientes de minoração γ_c do concreto e γ_s do aço, segundo o item 3.1.2 da mesma norma, deverão ser multiplicados por 1,2 quando a peça estiver exposta à ação prejudicial de agentes externos, tais como ácidos, álcalis, águas agressivas, óleos e gases nocivos, temperatura muito alta ou muito baixa.

O coeficiente de minoração γ_s do aço visa prever possível deterioração das propriedades do aço com o tempo e pequenos erros de posicionamento das armaduras na obra.

7. DIAGRAMAS TENSÃO-DEFORMAÇÃO DE CÁLCULO

Os diagramas de cálculo são obtidos a partir dos diagramas característicos dos aços pela divisão das ordenadas oblíquas paralelas à reta de Hooke por γ .

Assim, obtêm-se os seguintes diagramas tensão-deformação de cálculo: (Figura 3.6 para aços classe "A" e Figura 3.7 para aços classe "B").

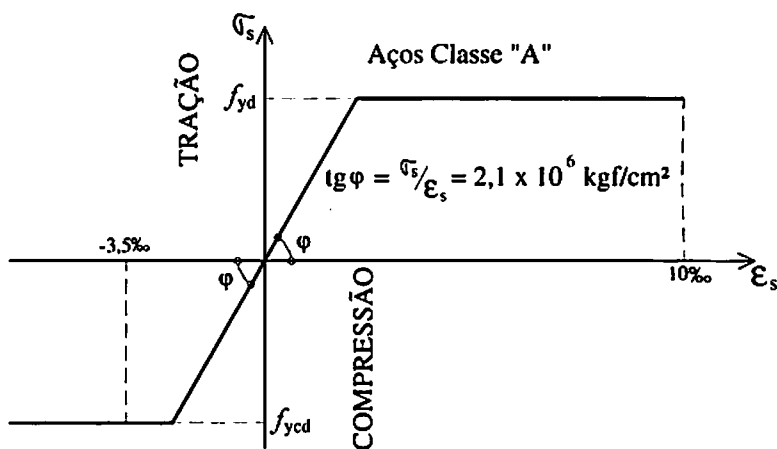


FIGURA 3.6 - Diagrama tensão-deformação de cálculo – Aços Classe "A".

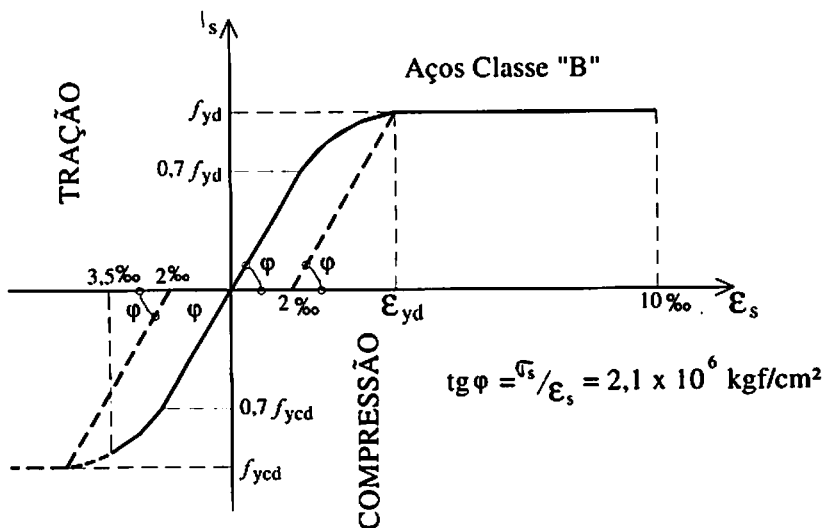


FIGURA 3.7 - Diagrama tensão-deformação de cálculo – Aços classe “B”.

Nos diagramas das Figuras 3.6 e 3.7 tomar-se-á para o módulo de deformação longitudinal do aço:

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 = 210.000 \text{ Mpa}$$

e para as resistências de cálculo:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad \text{e} \quad f_{ycd} = f_{yck} / \gamma_s$$

As resistências de cálculo serão fixadas por meio das resistências características determinadas em ensaios, supondo-se $f_{yck} = f_{yk}$, se não houver ensaio de compressão.

Na falta de determinação experimental, f_{yk} e f_{yck} serão consideradas ambas iguais ao valor mínimo, nominal, de f_{yk} fixado na NBR 7480.

Examinando o diagrama da Figura 3.6 (aços classe A), verifica-se que o alongamento da armadura no início do escoamento “ f_{yd} ” pode ser calculado pela expressão:

$$\text{tg } \varphi = f_{yd} / \epsilon_{yd} = E_s \quad \therefore \quad \epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$$

Da mesma forma, examinando-se o diagrama da Figura 3.7 (aços classe B), o alongamento ϵ_{yd} da armadura no início do escoamento será:

$$\epsilon_{yd} = 0,002 + f_{yd}/E_s \quad \text{ou} \quad \epsilon_{yd} = 2 + f_{yd} / 2100 \text{ (mm)}$$

De posse destas informações pode-se elaborar a Tabela 3.1:

TABELA 3.1 - Especificações técnicas para os aços.

AÇO	f_{yk} (kgf/cm ²)	f_{yd} (kgf/cm ²)	ϵ_{yd} (mm/m)	σ'_{sd} (0,002) (kgf/cm ²)
CA-25	2500	2174	1,035	2174
CA-32	3200	2783	1,325	2783
CA-40A	4000	3478	1,656	3478
CA-40B	4000	3478	3,656	2994
CA-50A	5000	4348	2,070	4200
CA-50B	5000	4348	4,070	3555
CA-60B	6000	5217	4,484	3996

Os valores tabelados são:

- f_{yk} = resistência característica do aço à tração (valores tirados da NBR 7480)
- f_{yd} = resistência de cálculo do aço à tração: $f_{yd} = f_{yk} / 1,15$
- ϵ_{yd} = alongamento da armadura no início do escoamento:

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s \quad (\text{aços classe A})$$

para os aços classe B:

$$\epsilon_{yd} = 0,002 + f_{yd} / E_s \quad \text{ou} \quad \epsilon_{yd} = 2 + f_{yd} / 2100 \text{ (mm/m)}$$

• A coluna σ'_{sd} (0,002) foi inserida na Tabela 3.1 com o objetivo de servir como referência no dimensionamento de Pilares.

As três colunas anteriores: f_{yk} , f_{yd} e ϵ_{yd} se referem a esforços de tração no aço.

Para compressão, pode-se adotar:

$$f_{yck} = f_{yk} \quad \text{e} \quad f_{ydc} = f_{ykd}$$

Entretanto, quando uma peça está submetida a uma força de compressão centrada, supõe-se que a ruptura se dá quando o encurtamento do concreto atinge $2 \text{ mm/m} = 2^{\text{TM}} = 0,002$ e a tensão no concreto é $0,85 f_{cd}$. A tensão de cálculo na armadura será a que corresponde ao encurtamento de 2 mm/m . Assim, $\sigma_{sd} (0,002)$ é a tensão de compressão no aço correspondente ao encurtamento de 2^{TM} .

8. BITOLAS COMERCIAIS

Segundo os fabricantes, os vergalhões de aço para concreto armado são comercializados com as características abaixo especificadas (Belgo, 2003; Gerdau, 2004).

Os vergalhões de aço CA-50, com superfície nervurada e CA-25 com superfície lisa são obtidos por laminação a quente de tarugos de lingotamento contínuo e são comercializados em barras retas e barras dobradas com comprimento normal de 12 m em feixes amarrados de 1.000 kg ou 2.000 kg. Podem também ser fornecidos em rolos: CA-50 até a bitola de 12,5 mm e CA-25 até a bitola de 16,0 mm.

Os vergalhões de aço CA-60 são obtidos por trefilação de fio-máquina. Caracteriza-se pela alta resistência que proporciona estruturas de concreto armado mais leves e pelos entalhes, que aumentam a aderência do aço ao concreto. É normalmente empregado para fabricação de lajes, tubos de concreto, lajes treliçadas, estruturas pré-moldadas de pequena espessura, etc. São fornecidos em rolos com peso aproximado de 170 kg, barras de 12 m de comprimento, retas ou dobradas, em feixes amarrados de 1.000 kg, em estocadores e bobinas de 1.500 kg para uso industrial (Gerdau, 2004).

São encontradas no comércio as seguintes bitolas, em milímetros:

- Para CA-60: 4,2 - 5,0 - 6,0 - 7,0 - 8,0 - 9,5

- Para CA-25 e CA-50: 6,3 - 8,0 - 10,0 - 12,5 - 16,0 - 20,0 - 25,0 - 32,0 - 40,0.

Aconselha-se consultar fabricantes para confirmação de bitolas comerciais.

Na Tabela 3.2 a seguir apresentam-se as correspondências entre diâmetros em milímetros e polegadas, as áreas das seções transversais das barras e os pesos por metro linear de barra:

TABELA 3.2 - Algumas informações sobre os aços mais utilizados.

Diâmetro (mm)	Diâmetro (polegada)	Seção transversal A_s (cm ²)	Peso (kg/m)
3,2	-	0,08	0,063
4,0	-	0,125	0,10
5,0	3/16"	0,20	0,16
6,3	1/4"	0,315	0,25
8,0	5/16"	0,50	0,40
10,0	3/8"	0,80	0,63
12,5	1/2"	1,25	1,00
16,0	5/8"	2,00	1,60
20,0	3/4"	3,15	2,50
25,0	1"	5,00	4,00

9. TELAS SOLDADAS

Atualmente estão sendo utilizadas com muita frequência, em determinadas obras de concreto armado, as telas soldadas pré-fabricadas. Com uma grande variedade de tipos (em função dos diâmetros e dos espaçamentos entre fios) são fornecidas em rolos ou em painéis.

9.1 Tipos de telas

As telas mais usadas são fabricadas com aço CA-60 (existindo também em aço CA-50B). A largura é padronizada em 2,45 m, os painéis são de 6m de comprimento e os rolos variam de comprimento (60 ou 120 m). Alguns fabricantes fornecem telas soldadas com dimensões menores: 2,0 m de largura e 3,0 m de comprimento (Belgo, 2003; Gerdau, 2004).

Em obras onde for possível a substituição das armaduras tradicionais (em barras) por telas eletrosoldadas, estas podem apresentar algumas vantagens, tais como:

1. diminuem consideravelmente a mão-de-obra do armador, evitando os trabalhos de corte, marcação dos pontos de cruzamentos, posicionamento artesanal de cada barra na fôrma e amarração destes pontos de cruzamento;
2. diminuem as perdas de pontas de barras;
3. em consequência a obra ganha qualidade e produtividade, além de redução de gastos nas operações de corte, posicionamento e amarração.

Para conhecimento das características técnicas das telas, consultar os fabricantes, que apresentam tabelas e recomendações de aplicações diversas.

A Tabela 3.3 apresenta algumas especificações técnicas sobre determinados tipo de telas soldadas.

TABELA 3.3 - Telas soldadas tipo "Q" (Aço CA 60).

Designação (CA 60)	Espaçamento entre fios (cm)		Diâmetro dos fios (cm)		Seção dos fios (cm ² /m)		Peso (kgf/m ²)	ROLOS		PAINÉIS	
	Longit.	Transv.	Longit.	Transv.	Longit.	Transv.		Compr. (m)	Peso (kgf)	Compr. (m)	Peso (kgf)
Q 47	15	15	3,0	3,0	0,47	0,47	0,75	120	222,0	-	-
Q 61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	0,97	120	285,1	-	-
Q 75	15	15	3,8	3,8	0,75	0,75	1,21	120	356,1	-	-
Q 92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	1,48	60	217,5	-	-
Q 113	10	10	3,8	3,8	1,13	1,13	1,80	60	264,4	-	-
Q 138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	2,20	60	323,0	6	32,3
Q 159	10	10	4,5	4,5	1,59	1,59	2,52	-	-	6	37,1
Q 196	10	10	5,0	5,0	1,96	1,96	3,11	-	-	6	45,8
Q 246	10	10	5,6	5,6	2,46	2,46	3,91	-	-	6	57,4
Q 283	10	10	6,0	6,0	2,83	2,83	4,48	-	-	6	65,9
Q 335	15	15	8,0	8,0	3,35	3,35	5,37	-	-	6	78,9
Q 396	10	10	7,1	7,1	3,96	3,96	6,28	-	-	6	92,3
Q 503	10	10	8,0	8,0	5,03	5,03	7,97	-	-	6	117,2
Q 636	10	10	9,0	9,0	6,36	6,36	10,09	-	-	6	148,3
Q 785	10	10	10,0	10,0	7,85	7,85	12,46	-	-	6	183,2

Nota: - a largura das telas é padronizada: 2,45 m;

- a emenda das telas soldadas nas armaduras principais terá sobreposição de 2 malhas e nas armaduras de distribuição terá sobreposição de 1 malha (regra válida para fios com diâmetro menor que 8,0 mm);
- emendas para fios com diâmetros maiores ou igual a 8,0 mm terão de ser calculadas.

Fonte: IBTS, 2004.

9.2 Aplicações

As principais aplicações estão em: pisos diversos (pátios de cargas e descargas, postos de gasolina, indústrias, estacionamentos, depósitos, armazéns, aeroportos, etc.), armaduras de lajes maciças, como armaduras de distribuição em capas de lajes (nervuradas, mistas, treliçadas, pré-fabricadas tradicionais, e em lajes “steel deck”), quadras poliesportivas, terreiros diversos em meio rural, muros de arrimo, rampas para barcos, pré-moldados, pavimentos de concreto, concreto projetado, e várias outras estruturas de concreto, proporcionando economia de tempo e mão-de-obra.

Existem também telas soldadas especialmente preparadas para utilização em obras de argamassa armada.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de o aglomerante ideal (cimento) ter sido descoberto em 1824, por Joseph Aspdin, nenhum desenvolvimento notável foi verificado na arte das construções devido à fraca resistência do concreto aos esforços de tração. Somente em 1849, Joseph Louis Lambot teve a idéia de associar ao concreto um material com alta resistência à tração, barras de ferro, criando o primeiro objeto de concreto armado, um barco.

A utilização de barras de aço juntamente com o concreto é possível devido essencialmente a três razões: excelente aderência entre os dois materiais, coeficientes de dilatação praticamente iguais e a proteção que o concreto oferece ao aço.

Com a evolução da siderurgia, atualmente são disponibilizadas barras de aço com elevadíssima resistência. A norma NBR 7480:1996 da ABNT fixa as características exigíveis para as armaduras para concreto armado. Estas barras devem ser colocadas nas peças estruturais em posições previamente

determinadas e têm a função principal de resistir a esforços de tração, podendo também contribuir na resistência aos esforços de compressão (como no caso de pilares).

No Brasil, os aços mais utilizados são os de categoria CA-25, CA-50 e CA-60.

Para facilitar os serviços a serem executados na praça de trabalho para o preparo das armaduras (corte, dobramento, montagem e colocação nas fôrmas) estão sendo muito utilizadas as telas soldadas. Os fabricantes oferecem diversos tipos de telas, em painéis ou em rolos, com largura padronizada de 2,45 m. As telas soldadas podem ser aplicadas com vantagens em diversos tipos de obra, reduzindo o desperdício de material e agilizando os serviços.

CAPÍTULO 4

TIPOS DE CONCRETOS

1. RESUMO

Devido à disponibilidade de vários tipos de cimento e de materiais componentes, juntamente com a possibilidade de utilização de aditivos e outras possíveis adições, e também, em função das diferentes técnicas construtivas, a tecnologia atual oferece alternativas para confecção de muitos tipos de concreto. Para facilitar a escolha do tipo mais adequado a ser empregado em função das características da obra, são apresentados 18 diferentes tipos de concreto com as respectivas indicações de aplicação recomendadas.

2. ABSTRACT

Due to the availability of several types of cement and component materials and with the possibility of usage of additives and additional materials, according to different constructive techniques, the current technology offers alternatives to produce many different kinds of concrete. To facilitate the choice of the most appropriate type to be employed according to the construction characteristics, 18 different types of concrete are presented along with the specific recommended applications.

3. INTRODUÇÃO

Em função da disponibilidade de diversos tipos de cimentos e materiais componentes e das muitas opções existentes de métodos construtivos que podem

ser empregados, a tecnologia atual permite a utilização dos mais variados tipos de concreto.

Em se tratando de concreto não existe “receita pronta”. O sucesso de uma construção depende, muitas vezes, da correta escolha do tipo de concreto a ser empregado. Cada obra tem suas particularidades e exige cuidadosos critérios para definição do material adequado a ser utilizado.

4. TIPOS DE CONCRETO E SUAS APLICAÇÕES

Segundo a ABESC (2003) e o IBRACON (2004), os concretos mais comumente utilizados nas obras brasileiras, são:

1. **Concreto simples:** material composto basicamente pela mistura de cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo, água e eventualmente, adições ou aditivos. Não possui armadura (item 6 do capítulo 1). Quando fabricado em centrais concreteiras e entregue na obra sem o processo de lançamento nas fôrmas, recebe o nome de concreto convencional, com resistência mecânica à compressão variando geralmente de 10 MPa a 30 MPa. O concreto dosado em central possui controle de qualidade e propicia ao construtor maior produtividade, além de possibilitar redução de área da praça de trabalho. Pode ser aplicado em peças estruturais que não são solicitadas por significativos esforços de tração, como pisos e pavimentações (item 8 do Capítulo 9), capeamento de lajes pré-fabricadas, determinados tipos de fundações (tubulões e blocos), muros de arrimo de gravidade, etc.
2. **Concreto armado:** concreto que contém armadura passiva (barras de aço), projetado de modo que os dois materiais (concreto e aço) trabalhem conjuntamente por meio da aderência entre eles, para resistir

às cargas atuantes (item 8 do capítulo 1). Empregado de forma geral nas estruturas usuais de concreto.

3. Concreto com fibras: concreto que contém fibras na sua composição, de forma dispersa e sem orientação preferencial. As fibras reduzem a fissuração e conferem maior resistência à abrasão, à tração e ao impacto. Para as possíveis aplicações, ver capítulo 5.
4. Concreto bombeado: concreto que é transportado através de tubulação por bombeamento e lançado diretamente nas fôrmas. Possibilita maior rapidez na concretagem, otimizando a utilização da mão-de-obra e de equipamentos. Permite concretagem de grandes volumes em menor prazo. Possibilita redução de área na praça de trabalho. É de uso corrente em qualquer obra ou naquelas de difícil acesso, quando há necessidade de vencer grandes distâncias ou alturas elevadas.
5. Concreto de alto desempenho (CAD): concreto que utiliza aditivos superplastificantes e sílica ativa, com baixo fator água-cimento, apresentando elevadíssima resistência (mecânica, física e química), reduzida permeabilidade e maior durabilidade. A fronteira entre concretos convencionais e de alto desempenho varia de país para país. Segundo Diniz (1997), existe um certo consenso no Brasil de que o CAD seria o concreto com resistência maior ou igual a 35 MPa. É geralmente utilizado para estruturas de grande porte, como edifícios altos, pontes e viadutos, barragens, etc. (ver capítulo 6).
6. Concreto projetado: conforme definição de Silva (1997, p. 19): *“entende-se por concreto projetado um concreto (mistura de cimento, areia, pedrisco, água, aditivo e adições) que é transportado por um mangote, desde o equipamento de projeção até um bico, que por meio de ar comprimido o projeta a grande velocidade contra uma superfície”*. Utilizado para reparo ou reforço estrutural, revestimento de

túneis, contenção de taludes, canais e galerias. Dispensa a utilização de fôrmas.

7. **Concreto pesado:** concreto de massa específica superior a 2.800 kg/m^3 , obtido com agregado graúdo de alta densidade, como barita e magnetita. É empregado em estruturas de reatores nucleares (escudo de radiação atômica) ou em situações que exigem grande peso-próprio.
8. **Concreto leve:** concreto de massa específica não superior a 2.000 kg/m^3 , geralmente entre 600 a 1.200 kg/m^3 , obtido com o emprego de agregado graúdo leve (argila expandida, pedra-pomes, escória expandida, etc.). É utilizado em elementos de vedação (paredes, painéis, divisórias), rebaixos de lajes, isolante termo-acústico, nivelamento de pisos, etc. Reduz o peso-próprio da estrutura.
9. **Concreto massa:** concreto indicado para peças de grandes volumes (barragens, blocos de fundações, etc.) que exigem medidas especiais para reduzir a geração de alto calor de hidratação do cimento que produz variações volumétricas e conseqüente fissuração resultante destas variações, nelas incluídas a retração por secagem. Uma das medidas possíveis pode ser a utilização do concreto resfriado.
10. **Concreto resfriado:** concreto que utiliza na mistura água gelada, podendo também os agregados ser resfriados por lançamentos periódicos de água gelada sobre eles. A baixa temperatura reduz o calor de hidratação do cimento reduzindo em conseqüência a permeabilidade; melhora a trabalhabilidade e aumenta a vida útil. É indicado para concretagem de peças de grandes volumes
11. **Concreto compactado com rolo (CCR):** material baseado em um concreto de baixo teor de cimento, de consistência seca, assemelhado a uma "farofa" e que, no seu estado fresco, suporta o peso de um rolo compactador vibratório utilizado para a obtenção do adensamento e da

compacidade requerida da obra. É utilizado em pavimentações rodoviárias, barragens, pátios de estocagem, pisos industriais, etc. (Cimento Hoje, 2003c).

12. **Concreto protendido:** concreto no qual é introduzida armadura ativa, previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade, em condições de serviço, de impedir ou eliminar a fissuração e os deslocamentos da estrutura. Muito utilizado em peças pré-fabricadas como vigas para grandes vãos.
13. **Concreto celular:** concreto obtido pela mistura de cimento Portland ou pasta de cimento e pozolana, cal e pozolona e pela adição de produto químico espumante ou pela geração de gás durante a mistura do cimento e do agregado miúdo. Normalmente recebe tratamento de cura em autoclave. Utilizado em placas, painéis, divisórias e, principalmente, em blocos para alvenaria e blocos para lajes mistas ou nervuradas.
14. **Concreto ciclópico:** concreto simples com adição de pedras de mão (com diâmetros de 20 a 30 cm), lançadas manualmente sobre a massa de concreto fresco, ocupando, aproximadamente, 30% do volume total da peça concretada. Utilizado para alicerces diretos contínuos, muros de arrimo por gravidade, bases e cabeças de pontes, etc.
15. **Concreto colorido:** concreto em que se utiliza o cimento Portland branco com adição de pigmentos, utilizado em estruturas de concreto aparente, em pisos (pátios, calçadas, quadras) monumentos, guarda-corpos de pontes, etc. Dispensa gastos com revestimentos e evita o custo de manutenção com pinturas.
16. **Concreto submerso:** concreto de elevada plasticidade que é colocado de modo submerso, através de tubulação metálica dotada de funil numa das extremidades. É utilizado em plataformas marítimas, cabeças e bases de pontes. Deve possuir resistência à agressão química.

17. **Concreto auto-adensável:** concreto que não necessita de energia mecânica de vibração para tornar-se compacto e adensado, em princípio, o adensamento é conseguido somente com a colaboração da força da gravidade (Helene, 1998). É um concreto que apresenta grande fluidez, com slump da ordem de 20 cm, ou seja, é um concreto muito plástico que permite um bom acabamento superficial. É especialmente indicado para lajes pré-fabricadas porque, além das vigotas e armações, esse tipo de lajes apresenta produtos frágeis (os elementos inertes, como as tabelas cerâmica, EPS-isopor, bloco de concreto celular), que são materiais suscetíveis a danos quando se usa um vibrador. Também é utilizado em concretagens submersas, reparo e reforços estruturais, chumbamento de inserts, concretagem de espaços confinados. Cuidados especiais devem ser dispensados na vedação de tubulações e caixas de instalações embutidas devido o grande risco de o concreto entrar por uma fenda ou furo.
18. **Concreto autonivelante:** concreto que não tem slump e a forma de medir sua fluidez é por raio de espraimento. À medida que é lançado numa chapa metálica, ele vai escorrendo como se fosse fluido, devido ao emprego de aditivos plastificantes, chamados de hiperplastificantes. Por dispensar o vibrador é utilizado onde não se pode fazer barulho, permitindo concretagem em horário noturno. Também é especialmente indicado para concretar peças com grande concentração de armaduras. Outra característica deste concreto é que ele não se desagrega com lançamentos a grandes alturas (Camargos, 2002).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do que foi exposto, pode-se considerar que mediante a disponibilidade de diferentes tipos de componentes (cimentos, agregados), a possibilidade de utilização de aditivos e as várias técnicas construtivas que podem ser empregadas, é possível a oferta de concretos com diferentes características. Dessa forma, dezoito tipos diferentes de concreto foram apresentados com indicações de aplicações, visando orientar na escolha mais adequada.

As possibilidades para escolha do concreto a ser utilizado são múltiplas. O exame criterioso das características da obra e o conhecimento de suas condições de trabalho e de exposição ao meio ambiente são fatores indispensáveis no processo de definição do concreto mais indicado.

Entre as inovações tecnológicas atualmente muito empregadas estão a utilização de adições de fibras em concretos e argamassas e o concreto de alto desempenho (CAD).

CAPÍTULO 5

ARGAMASSAS E CONCRETOS REFORÇADOS COM FIBRAS

1 RESUMO

Com o intuito de indicar as possibilidades do emprego de fibras em argamassas e concretos, o presente capítulo traz conceitos básicos sobre compósitos (formados por uma matriz e fibras), apresenta as características exigíveis, os tipos de fibras disponíveis (vegetais, sintéticas e de aço) e os possíveis campos de aplicação.

2 ABSTRACT

Possibilities of usage of fibers in mortar and concrete are the purpose of this chapter through basic concepts about compounds (formed with a matrix and fibers). Essential characteristics, types of available fibers (vegetable, synthetic and steel) and the possible application fields are presented.

3 INTRODUÇÃO

Aos concretos e argamassas tradicionais podem ser incorporados materiais alternativos com objetivos diversos, procurando a melhoria da qualidade do produto final. Um dos primeiros materiais adicionados foram as fibras e a sua utilização nos tempos atuais é bastante intensa. Em algumas aplicações específicas as fibras são altamente recomendáveis. Adaptando-se a esta realidade, o comércio oferece diferentes tipos de fibras para reforço de argamassas e concretos.

4 CONCEITOS

Compósitos são materiais compostos por uma matriz reforçada com fibras. Geralmente, as matrizes são frágeis (fracas e quebradiças), quase sempre produzidas com base cimentícia (como as pastas de cimento, as argamassas e os concretos), com base de gesso, com resinas ou até com argila. As fibras atuam como reforço da matriz. Então, o princípio básico dos materiais fibrosos consiste em melhorar as propriedades de uma matriz frágil mediante a adição de fibras, aumentando a resistência às tensões, principalmente as de tração, produzindo peças mais resistentes e flexíveis (Figueiredo et al., 2002).

Os materiais fibrosos são utilizados na construção desde tempos remotos. Encontramos na Bíblia, livro do Êxodo (5,7), relato de que os hebreus produziam tijolos com a mistura de argila e palha.

Em construções antigas ainda pode ser encontrado o adobe, mistura de argila com fibras, no qual poderiam ser utilizados pêlos de animais ou até excrementos (Bina, 1997).

Um dos primeiros materiais fibrosos produzidos de forma industrial foi o cimento-amianto (1900). Na Segunda Grande Guerra Mundial, a mesma tecnologia foi empregada na produção de peças plásticas reforçadas com fibras de vidro (recentemente utilizam-se também fibras de carbono) para a construção de aeronaves e veículos (Bina, 1997).

Atualmente, o campo de aplicações dos materiais fibrosos vem crescendo intensamente, destacando-se a utilização de concretos e argamassas reforçadas com fibras (Figueiredo et al., 2002).

5 CARACTERÍSTICAS EXIGÍVEIS PARA AS FIBRAS

Para o bom desempenho das fibras nos compósitos, elas precisam, necessariamente, apresentar algumas características fundamentais. Segundo Bina (1997), as principais são:

- 1 resistência aos esforços (principalmente de tração): a fibra deve ser mais resistente que a matriz;
- 2 relação dimensional (fator de forma): é uma das principais características a serem consideradas, pois possibilita a ocorrência de inúmeras conseqüências. O fator de forma, como é chamado, é obtido pela relação entre o comprimento da fibra e o diâmetro (L / d). Deve-se optar por fibras que possuam elevado fator de forma. Fibras com maior fator de forma (mais longas) apresentam maior capacidade portante pós-fissuração e tenacidade, devido à maior ancoragem da fibra na matriz. Existem fibras de aço que oferecem até três alternativas para este fator, a serem escolhidas em função do desempenho a que for ser submetida a peça;
- 3 alongamento das fibras: devem resistir a deformações muito superiores do que as aceitas pela matriz;
- 4 ancoragem: as fibras devem possuir boa aderência e ancoragem entre materiais, para transferência de cargas da matriz para as fibras e vice-versa;
- 5 outras características a serem verificadas nas fibras: módulo de elasticidade, resistência ao cisalhamento, forma e textura, etc.

6 TIPOS DE FIBRAS

As fibras mais utilizadas como reforço de matrizes são as vegetais, as sintéticas, as de aço, as de amianto, as de carbono e as de vidro.

As propriedades dos materiais fibrosos dependem essencialmente das características da matriz, das próprias fibras e da interação fibra-matriz. Uma das

principais características para definir as propriedades do material resultante é a fragilidade ou ductilidade dos materiais constituintes. Como visto, geralmente as matrizes são frágeis, porém, as fibras podem ser frágeis (fibras de amianto ou de vidro) ou dúcteis (fibras de aço, sintéticas e vegetais).

As fibras frágeis não conseguem absorver deformações significativas quando ocorre a fissuração da matriz. Dessa forma, compósitos constituídos de matriz e fibras frágeis são também materiais frágeis, como é o caso do cimento-amianto. Entretanto, devido à grande compatibilidade entre as fibras e a matriz, o compósito resultante adquire uma grande durabilidade e um aumento na resistência mecânica, possibilitando ao cimento-amianto ser aplicado em componentes de pouca espessura como telhas, tubos, caixas d'água, etc.

A mesma situação ocorre com o plástico reforçado com fibra de vidro (*fiberglass*) que, apesar de suas características frágeis apresenta enorme campo de aplicação como em piscinas pré-moldadas, reservatórios, telhas, etc. Estas aplicações do *fiberglass* são possíveis devido ao excelente comportamento mecânico do material.

6.1 Fibras vegetais

As fibras vegetais mais utilizadas são: coco, sisal, malva, madeira, celulose para papel imprensa, bambu, juta e piaçava. Algumas vezes, a celulose é classificada como fibra sintética, pois tem que ser processada a partir do papel para ser aplicada como reforço, entretanto, tem origem vegetal.

Nos compósitos constituídos por uma matriz frágil com fibras vegetais dois fatores devem ser verificados cuidadosamente: a possibilidade de ataque alcalino às fibras e a incompatibilidade física entre fibra e matriz. Outro inconveniente verificado em relação às fibras vegetais é a grande variação volumétrica quando entram em contato com a água, pois facilita o surgimento de fissuras, na interface matriz-fibra, originadas pela secagem. O ataque biológico

às fibras por meio de fungos não é preocupante, pois as matrizes geralmente apresentam pH alcalino capaz de inibir sua ação (Agopyan & Savastano Júnior, 1998).

Experiências comprovam a potencialidade das fibras vegetais nas aplicações em que a ductilidade do material é importante, sendo necessário atentar para as deficiências de resistência à tração e durabilidade. Estas fibras são geralmente utilizadas na produção de telhas, painéis, tijolos, adobes, cochos, placas de pequena espessura e dimensões não estruturais, etc. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) desenvolveu painéis empregando compósito de argamassa de cimento de escória de alto-forno reforçada com fibras de coco, para utilização como paredes para construção de casas populares (Agopyan & Savastano Júnior, 1998).

Em resumo, compósitos fibrosos com fibras vegetais têm grande campo de aplicação desde que sejam consideradas as deficiências de resistência à tração e de durabilidade (Savastano Júnior et al., 1993).

6.2 Fibras sintéticas

As fibras sintéticas já conferem aos compósitos excelentes características técnicas. As mais usadas são as de polipropileno e as de náilon. Apesar de terem uma deformabilidade maior que o concreto, elas vêm sendo empregadas para reduzir a fissuração de concretos e argamassa ainda frescos (retração inicial). Nas primeiras horas, logo após o lançamento, existe uma grande tendência do concreto ou a argamassa fissurarem devido à retração por secagem. Neste momento a resistência e o módulo de elasticidade do concreto ainda são baixos, existindo certa compatibilidade com as fibras de náilon ou de polipropileno, que evitarão a propagação destas microfissuras. Esta situação, entretanto não se verifica em idades maiores, pois o concreto apresentará maior resistência e módulo de elasticidade muito maior do que o das fibras, as quais não têm

qualquer efeito sobre o controle de fissuras e de reforço nestas idades (Figueiredo et al., 2002).

Segundo Bentes & Vasconcellos (1993) as fibras de polipropileno apresentam excelentes características para reforço de concretos e de argamassas: possuem elevada resistência à tração (250 a 400 MPa), baixo módulo de elasticidade (1 a 8 GPa), imputrescibilidade, são quimicamente estáveis no meio alcalino, apresentam superfície hidrofugante, alongamento de aproximadamente 20% na ruptura, massa específica de 900 kg/m^3 e custo acessível.

Por estas características, apresentam também, interessante emprego em peças de argamassa armada. São aplicadas também, em alguns casos, em substituição às armaduras especiais (geralmente tela soldada) colocadas para combater o efeito da retração (Bentes & Vasconcellos, 1993).

Em 199, foram realizados os primeiros testes com estas fibras. Na época foram testados dois tipos de fibras de polipropileno: os filamentos e os fibrilados. As fibras fibriladas (Figura 5.1) deixavam saliências na superfície das peças, originando o termo “concreto peludo” e sua utilização atualmente está praticamente abandonada. Já as fibras de multifilamentos (Figura 5.2), que têm pequeno diâmetro e malhabilidade, não aparecem na superfície e o desempenho proporciona um acabamento livre de fibras (Bentes & Vasconcellos, 1993).

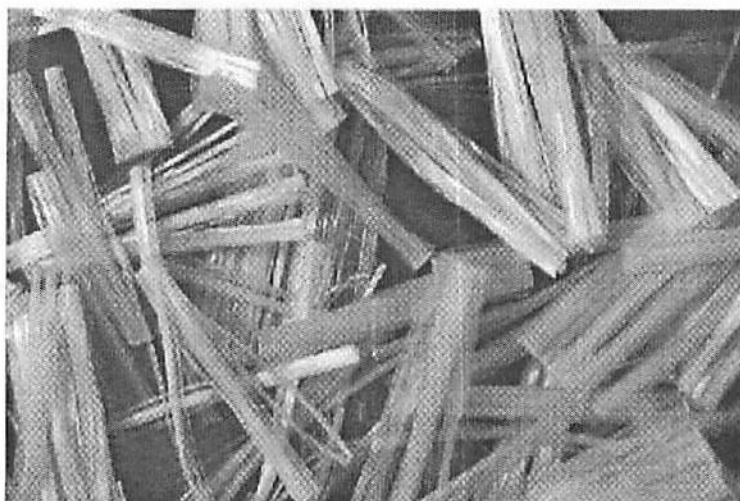


FIGURA 5.1 - Fibra fibrilada.

Fonte: Fitesa, 2003.



FIGURA 5.2 - Fibra de multifilamentos.

Fonte: Fitesa, 2003.

6.3 Fibras de aço

As fibras de aço (Figura 5.3) têm sido atualmente muito empregadas para reforço de concretos e de argamassas. Quando comparadas com as fibras sintéticas, apresentam elevada resistência à tração (≥ 1.100 MPa) e módulo de elasticidade, possibilitando que estas fibras de aço atuem como reforço do concreto, tanto a baixas como a maiores idades (Belgo, 2003).

A ancoragem mecânica destas fibras é grandemente melhorada por ter suas extremidades dobradas.

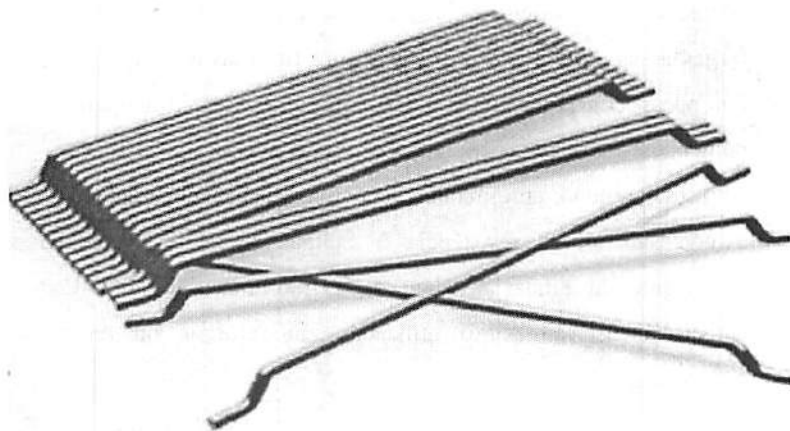


FIGURA 5.3 - Fibras de aço.

Fonte: Belgo, 2003.

Solução possível e interessante é a utilização conjunta de fibras de aço com fibras sintéticas, associando as boas características de cada fibra. As fibras sintéticas atuam como reforço para o concreto, durante as primeiras horas da concretagem, evitando o surgimento das microfissuras da retração inicial e propiciam também eficiente reforço durante a fase de cura. As fibras de aço, por

suas excelentes características, oferecem melhor controle da fissuração (baixa e alta idade), distribuem melhor as tensões por todas direções e desempenham funções mecânicas de resistência (Belgo, 2003).

6.4 Outros tipos de fibras

Outras fibras também utilizadas:

1. fibras de amianto: são empregadas formando o cimento-amianto, possibilitando a fabricação de diversas peças para a construção civil: telhas, tubos, caixas d'água, painéis, etc.;
2. fibras de vidro: são utilizadas na fabricação de pré-fabricados de GRC (argamassas de cimento reforçadas com fibra de vidro), em geral, não em peças com função estrutural. São utilizadas principalmente em painéis pré-fabricados para fachadas ou divisórias;
3. fibras de carbono: apresentam excepcional resistência a ataque químico e corrosão, ótima resistência à fadiga, muita leveza, baixíssimo coeficiente de dilatação, além de extraordinária rigidez. Por estas características são muito utilizadas em reforços ou recuperações estruturais.

7 VANTAGENS E CAMPOS DE APLICAÇÃO

As fibras conferem às argamassas e aos concretos excelentes características, tais como (Belgo, 2003; Fitesa, 2003):

1. possibilitam melhor distribuição das tensões em todas as direções;
2. reduzem grandemente a possibilidade do surgimento de fissuras de retração tanto no estado fresco como em idades maiores;
3. reduzem o surgimento de fissuras devido a variações térmicas;
4. aumentam a resistência à fadiga e ao impacto às cargas dinâmicas;

5. aumentam a resistência à abrasão;
6. aumentam a resistência ao fogo;
7. reduzem a permeabilidade, aumentando a resistência à penetração de substâncias químicas e da água;
8. aumentam a resistência a ciclos de gelo/degelo;
9. em pisos, permitem aumentar consideravelmente os espaçamentos entre juntas;
10. aumentam a durabilidade das peças.

Em função destas propriedades propiciadas pelas fibras às argamassas e aos concretos, surge um grande horizonte de utilização na construção civil em uma variada gama de aplicações (Belgo, 2003; Fitesa, 2003):

1. em estruturas sujeitas a impactos (piers em portos);
2. em pisos diversos: pátios de estocagem, pisos sem juntas, pisos de câmaras frigoríficas, pisos de armazéns e supermercados, pisos industriais, etc.;
3. em pavimentos diversos: pavimentos rodoviários, postos de gasolina, paradas de ônibus, pavimentos portuários, etc.;
4. em estruturas contínuas como túneis, muros, canais, lajes tipo radier, etc.;
5. em argamassa de revestimento onde as fibras aumentam a durabilidade pela eliminação das trincas de retração e de variação térmica;
6. em peças pré-fabricadas: tubos, reservatórios diversos (água, esgoto e outros), fossas, painéis de fachada, divisórias, pisos intertravados, etc.;
7. revestimento secundário de túneis como proteção a incêndios;
8. pistas de pouso (estrutura contínua e sujeita a impactos).

Enfim, as possibilidades de aplicação de fibras ao concreto e às argamassas são inúmeras.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. A influência das fibras sobre as resistências à compressão e à tração do compósito é pequena ou, mesmo, inexistente (Figueiredo et al., 2002);
2. As fibras não possuem função estrutural e não devem substituir as armaduras convencionais (Figueiredo et al. 2002);
3. A falta de normas brasileiras para a utilização de fibras em concreto e argamassas ainda é um fator limitante ao uso desta tecnologia. Sem parâmetros normativos não há como realizar o controle da qualidade de produção ou mesmo da aceitação do produto. Outro fator limitante também é a natural inércia dos construtores em relação às inovações tecnológicas. Porém, devido ao intenso movimento pela qualidade exigida pela sociedade, é certo que estas limitações serão vencidas em curto prazo e a tecnologia da utilização de fibras certamente será empregada sem restrições nas mais diversas obras (Figueiredo et al., 2002; Santiago, 1993).

CAPÍTULO 6

CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO

1. RESUMO

Para apresentar o material “concreto de alto desempenho – CAD”, o presente capítulo inicia com um resumo histórico de sua evolução, relaciona algumas obras brasileiras construídas com CAD, faz comentários sobre os materiais componentes, e sobre as propriedades, vantagens e campos de aplicações do CAD. No final são feitas recomendações sobre os cuidados técnicos a serem observados nas etapas de construção com este material.

2. ABSTRACT

To introduce the high performance concrete this chapter begins with a historical summary of its evolution, lists some Brazilian constructions using this material, comments about component materials, properties, advantages and fields of application. At the end some recommendations about technical cares that should be observed during the construction stages with this material were made.

3. INTRODUÇÃO

Um tipo especial de concreto que atualmente é muito utilizado nas grandes estruturas é o concreto de alto desempenho, no Brasil designado pela sigla “CAD”.

No momento em que a procura da “durabilidade” das estruturas é intensificada em todos países, o CAD se apresenta como um material de excelentes qualidades para atender esta expectativa, associando características

de altíssima resistência e durabilidade. Neste contexto, Aïtcin (2000) comenta: “No futuro, o concreto de alto desempenho será usado não tanto por sua alta resistência à compressão, mais sim por sua maior durabilidade. O dia em que a comunidade do concreto entender este fato, uma nova página será virada na tecnologia do concreto”.

O concreto de alto desempenho chegou para ficar e é certo que brevemente, com mais conhecimento das suas propriedades e das tecnologias para sua aplicação, a sua utilização será incrementada (Aïtcin, 2000).

4. HISTÓRICO

Como foi mostrado no historio (capítulo 1), a evolução do concreto inicia-se em 1824, pela criação e patenteamento do cimento Portland por Joseph Aspdin. A partir daí surgiu o concreto simples, mas nenhum desenvolvimento notável foi verificado na arte da construção naquela época devido à fraca resistência do material aos esforços de tração. Somente em 1849, Lambot teve a idéia de associar ao concreto outro material que resistisse à tração (barras de aço), criando então o concreto armado, material que associava eficazmente as ótimas características de resistências do concreto à compressão e as do aço à tração. A partir daí a evolução do concreto armado foi intensa. Com a conseqüente difusão desta tecnologia o concreto passou a ser o material de construção mais utilizado em todo o mundo devido às suas excelentes características de resistência, durabilidade, versatilidade, economia e outras (ver item 9 do capítulo 1 - vantagens do concreto armado).

Entretanto, a realidade do concreto mudou! Atualmente, com a escassez e a incrível valorização dos terrenos nas áreas centrais das grandes cidades, torna-se imperativo a concepção de prédios cada vez mais altos, com otimização das áreas disponíveis. Associa-se a esta situação a necessidade arquitetônica de



se obter grandes espaços livres, grandes vãos, facilitando arranjos dos espaços internos, com poucos pilares principalmente nas garagens.

Para atender estas exigências era necessário procurar se obter concretos com altas resistências, o que poderia ser conseguido com a redução da quantidade de água na mistura cuidando para não prejudicar a trabalhabilidade requerida nas obras. Sabendo-se que a reação água-cimento (hidratação do cimento) requer apenas cerca de 0,3 litros de água por quilo de cimento, retirar a água em excesso era o desejo de todo tecnologista de concreto. A água em excesso, necessária inicialmente para facilitar a trabalhabilidade da massa, evapora deixando vazios, criando tensões e fissuração, sendo grandemente responsável pelas patologias do concreto endurecido (Serra, 1997).

Somente com a evolução dos aditivos e com o advento dos superplastificantes foi possível se obter concretos de relação água-cimento baixa (menores que 0,40) e com boa trabalhabilidade. Surgia aí o Concreto de Alto Desempenho – CAD. Material que possui propriedades técnicas superiores que a dos concretos tradicionais, sobretudo quanto à durabilidade e a resistência.

Inicialmente o Concreto de Alto Desempenho foi desenvolvido na Noruega na década de 50 e utilizado no Brasil há cerca de 10 anos. A estrutura do MASP (Museu de Arte de São Paulo), construído entre 1956 a 1968, pode ser considerada a pioneira em utilizar concreto de alta resistência. Sem utilização de aditivos, sílica ativa ou superplastificantes obteve-se na concretagem das grandes vigas, concreto com resistência média de 45 MPa, exigindo cuidadosos trabalhos de vibração e cura (Rocha, 1997). A primeira ponte brasileira executada com CAD (construída utilizando-se a técnica de balanços sucessivos, com concreto de f_{ck} superior a 50 MPa, com 585 m de extensão e vão livre de 145 m) foi a ponte sobre o Rio Maranhão na Hidrelétrica da Serra da Mesa, em Goiás (Corbioli, 1997).

No edifício E-Tower, na vila Olímpia em São Paulo, foi quebrado o recorde nacional e provavelmente internacional de resistência do concreto. Nos pilares chegou-se a concretos com a extraordinária marca de 125 MPa (Sayegh, 2002a). O recorde anterior era de 80 MPa, obtido nas bases e pilares do edifício Petronas Towers, em Kuala Lumpur, na Malásia (Mello, 2003).

Do exposto conclui-se que a engenharia estrutural brasileira iniciou definitivamente a era do concreto de alto desempenho.

5. MATERIAIS COMPONENTES

Geralmente o concreto de alto desempenho (CAD) emprega os mesmos materiais que os concretos comuns, aos quais são adicionados um superplastificante (na faixa de 0,3 a 2% da massa do cimento) e a sílica ativa (em torno de 10% da massa do cimento). Em geral, como agregado graúdo se utiliza a brita 1 (Loturco, 2003). Em relação ao cimento, com qualquer tipo é possível conseguir o CAD. No entanto, os cimentos mais adequados são: CP I e CP IS (classe 40); CP II E (classe 40) e CP V ARI (Sayegh, 2002a).

Os concretos assim obtidos (CAD) apresentam uma baixíssima porosidade, obtidas por duas condições essenciais (Aïtcin, 2000):

- possuem relação água-cimento baixa (geralmente inferior a 0,40);
- possuem uma granulometria que contém grãos muito finos para preencher os vazios entre os grãos maiores.

Para atender a primeira condição são empregados superplastificantes que permitem reduzir a relação água-cimento sem perda da trabalhabilidade (em geral 5 a 15 litros de superplastificante podem substituir de 45 a 75 litros de água por m³ de concreto).

Para atender a segunda condição são adicionados materiais como a sílica ativa (Si O₂) subproduto da indústria do ferro-silício, que se apresenta em forma

de micro-esferas de diâmetros em média cem vezes menores do que os diâmetros dos grãos do cimento. A sílica ativa também possui efeito pozolânico contribuindo para o aumento da resistência do concreto e de sua durabilidade.

A adição da sílica ativa altera profundamente as características do concreto, tanto no estado fresco quanto endurecido. Estas mudanças ocorrem devido à ação pozolânica e ao efeito de micro filler. Quanto à ação pozolânica a sílica ativa reage com o hidróxido de cálcio, cristal fraco e solúvel oriundo do processo de hidratação do cimento, transformando-o em um cristal resistente classificado como cálcio hidratado. Quanto ao efeito de micro filler, a sílica contribui para a refinação dos poros do concreto e em consequência na redução dos espaços vazios devido à elevada finura da sílica (Sayegh, 2002a).

De acordo com Loturco (2003), nas mesmas condições de exposição o aço da armadura estará até 50 vezes mais protegido contra corrosão do que em um concreto armado convencional.

Conforme Sayegh (2002a), ao procurar se obter concretos com elevadas resistências obteve-se concretos com baixa porosidade, compactos e impermeáveis, conseqüentemente, concretos muito mais duráveis que os tradicionais. Em virtude destas conseqüências, tais concretos antigamente denominados Concretos de Alta Resistência (CAR), mais adequadamente são hoje denominados Concretos de Alto Desempenho (CAD).

Apenas como referência, as proporções usuais dos diversos materiais para produzir 1 m³ de concreto de alto desempenho estão, em média, dentro dos seguintes limites (Tabela 6.1):

TABELA 6.1 - Quantidades máximas e mínimas de materiais componentes em 1 m³ de concreto de alto desempenho.

Quantidade mínima	Componente	Quantidade máxima
400 kg	Cimento	500 kg
650 kg	Agregado miúdo	750 kg
1000 kg	Agregado graúdo	1100 kg
1 % (do peso do cimento)	Superplastificante	2 % (do peso do cimento)
120 kg	Água	160 kg
7 % do peso do cimento	Sflica ativa	15 % do peso do cimento

Fonte: Serra, 1997.

Nota-se, assim, que a relação água-cimento fica entre 0,24 e 0,40, podendo entretanto atingir valores ainda menores. Embora a proporção de sflica ativa no traço do concreto possa atingir a sua eficiência máxima entre 20 a 25% sobre o peso do cimento, consideração econômica mantém essa proporção em torno dos 10% na prática (Serra, 1997).

6. PROPRIEDADES

De acordo com Aïtcin (2000), Sayegh (2002a) e Helene & Hartmann (2003) as principais propriedades dos concretos de alto desempenho são:

- altas resistências à compressão tanto em baixas como em avançadas idades. Um concreto convencional pode atingir 40 % de resistência aos três dias de idade enquanto que o CAD pode apresentar até 70% de sua resistência nos mesmos três dias;
- baixíssima porosidade, sendo portanto, compacto e bastante impermeável;
- alta resistência à corrosão química;

- alta resistência à abrasão e ao ataque de correntes de água;
- retração de secagem menor que a de concretos convencionais;
- pequena deformação (garantida pelo alto módulo de elasticidade);
- ausência de exsudação (migração de água livre para a superfície do concreto);
- segregação muito baixa no lançamento;
- excelente aderência às armaduras e à superfície de concretos antigos;
- alta capacidade de deformação ou alongamento de ruptura;
- excelente comportamento em relação à ductilidade da estrutura;
- parâmetros constantes mesmo em períodos longos.

7. VANTAGENS DO CAD

O concreto de alto desempenho em função de suas excelentes propriedades apresenta muitas vantagens, permitindo se obter (Sayegh, 2002a; Loturco, 2003):

- estruturas com maior vida útil;
- menor custo de manutenção;
- elementos estruturais com menores dimensões (menor volume de concreto e em consequência menor peso-próprio);
- economia nas fundações;
- menor superfícies de formas;
- menores taxas de armaduras;
- redução do número de pilares e de suas seções transversais (maior área livre nos pavimentos);
- maior trabalhabilidade e maior facilidade de compactação;
- prazos mais curtos na desforma;
- menor necessidade de reparos e tratamentos superficiais;
- melhor aspecto para concreto aparente;

8. APLICAÇÕES

Além das notáveis obras construídas (já mencionadas no capítulo 1) com concretos de alto desempenho, segundo Sayegh (2002a) e Loturco (2003) eles são indicados para diversas aplicações, tais como:

- edifícios altos, com grandes vãos livres, com poucos pilares e de dimensões reduzidas;
- estruturas de concreto aparente em meios agressivos;
- pontes, viadutos e túneis de grandes vãos que necessitem de longa vida útil, evitando interrupções de trânsito para manutenções;
- pisos industriais com reduzida abrasão e elevada resistência química, além de permitir construção de pisos sem juntas (*jointless*);
- pavimentos de rodovias e de aeroportos;
- tanques e reservatórios para líquidos diversos (inclusive fertilizantes) devido a grande impermeabilidade;
- vertedouros de barragens que exigem reduzido desgaste por abrasão;
- obras marítimas devido à proteção oferecida às armaduras contra corrosão;
- obras de reforços e reparos estruturais devido à excelente aderência ao concreto já endurecido;
- concreto projetado para revestimento de túneis, canais e galerias;
- estruturas protendidas e pré-fabricadas, onde confere maior durabilidade, permite protensão e desforma precoces e apresenta reduzida deformação.

9. CUIDADOS TÉCNICOS NECESSÁRIOS

As informações técnicas prestadas neste item obedecem às orientações de Rocha (1997), Aïtcin (2000) e Loturco (2003).

Usar CAD requer uma série de cuidados especiais, pois a intenção de se empregar um concreto resistente é criar soluções e não problemas.

A dosagem, o controle e o lançamento do concreto de alto desempenho exigem a assistência de profissionais especializados. É recomendado que o CAD seja produzido em centrais de concreto pela exigência do controle rigoroso das quantidades dos componentes.

Em geral, a mistura já sai da central com todos seus componentes (já com a sílica ativa e retardadores de pega quando especificados), sendo que o superplastificante deve ser adicionado na obra pois tem efeito por tempo limitado (aproximadamente 50 minutos).

O lançamento do CAD não difere do lançamento do concreto convencional. Pode-se fazer o lançamento por jericas ou caçambas, por guas, por correias transportadoras ou por bombeamento. Por suas características o CAD pode ser lançado de alturas maiores sem risco de segregação.

Na etapa de adensamento, devido à alta viscosidade e coesão do CAD, é importante se atentar para evitar o aprisionamento de bolhas de ar na massa. Deve-se proceder a vibração, porém sem excesso, sendo suficiente apenas a consolidação do concreto até sua acomodação. Lembrar que com a adição do superplastificante, o CAD geralmente apresenta “slump” médio de 18 a 20 cm, sendo facilmente adensável.

No processo da cura, a secagem prematura da superfície do concreto pode ter efeito catastrófico sobre a durabilidade do CAD, pois, como no caso da vibração excessiva, uma rede de capilares aparecerá na superfície criando um caminho fácil para penetração de agentes agressivos. Tão logo seja concluída a concretagem é necessário iniciar-se o processo de cura, a qual pode ser feita mantendo-se a superfície sempre úmida, molhando-a constantemente, utilizando-se proteção com sacos úmidos, utilizando-se bomba de irrigação, ou

pela nebulização úmida, etc. Quanto mais tempo durar a cura, melhor, sendo aconselhado um mínimo prazo de 7 dias.

Os cuidados adotados na etapa da cura podem fazer toda a diferença entre uma estrutura de concreto durável e uma estrutura que irá se deteriorar muito rapidamente.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função das suas excelentes propriedades o concreto de alto desempenho, quando comparado aos concretos tradicionais apresenta desempenho vantajoso: é mais trabalhável, mais resistente, menos poroso, mais impermeável, mais resistente aos meios agressivos, apresentando em consequência, maior proteção para as armaduras e maior durabilidade.

Atualmente, o concreto de alto desempenho pode ser especificado para determinada obra não exclusivamente devido sua alta resistência mecânica, mas em alguns casos devido a sua grande impermeabilidade e enorme durabilidade (Aïtcin, 2000).

O CAD inaugura a fase que pode ser chamada de “era da manutenção zero” nas estruturas de concreto armado, e que terá grande impacto nas obras públicas evitando enormes despesas e transtornos na recuperação ou na manutenção das pontes, viadutos, túneis, etc. (Helene, 1997).

Devido suas propriedades o concreto de alto desempenho tem grande potencialidade para aplicações no meio rural. O seu emprego dependerá da disponibilidade de centrais dosadoras de concreto (capacitadas a confeccionar CAD) na região próxima à obra, além da análise de custo-benefício. Suas principais aplicações no meio rural são:

- terreiros para secagem de produtos agrícolas;

- pisos diversos em oficinas, garagens, depósitos, tulhas, estacionamentos, pocilgas, estábulos, currais, etc.;
- tanques, reservatórios, piscinas;
- silos;
- instalações agroindustriais diversas sujeitas a ambientes agressivos (laticínios, matadouros, etc);
- fossas sépticas e unidades de tratamento de esgotos.

Enfim, são muitas as possibilidades de aplicação de CAD no meio rural onde apresentará desempenho superior ao concreto tradicional.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA NORMA NBR 6118

1 RESUMO

Neste capítulo é apresentado um histórico sobre a ABNT e os seus diversos tipos de normas técnicas e são feitas considerações sobre as revisões efetuadas na NBR 6118, principalmente aquelas referentes à análise estrutural e à durabilidade das estruturas. No final, são feitos comentários sobre as implicações imediatas da revisão da norma nas estruturas de concreto. Para facilitar consultas no anexo A, é apresentada uma relação de normas brasileiras referentes ao concreto.

2 ABSTRACT

This chapter introduces a review about the ABNT (Brazilian Standards) and its several types of technical standards. Considerations about changes in the NBR 6118 (Brazilian Standard) were made, mainly about the ones referring to structural analysis and structure durability. At the end, some comments were made about the immediate implications of the revision of the Standard in concrete structures. To facilitate the consultation, a list of standards referring to concrete is presented in appendix A.

3 INTRODUÇÃO

A principal norma brasileira da ABNT referente a estruturas de concreto armado, a NB-1 (NBR 6118), foi recentemente revisada e terá sua aplicação exigida a partir de abril de 2004.

Muitos aspectos técnicos foram revistos, principalmente aqueles referentes à análise estrutural e à durabilidade das estruturas, o que acarretará mudanças na concepção, projeto, detalhamento, execução e manutenção das obras em concreto. A revisão exigirá dos profissionais estudos detalhados e criteriosos para cada tipo de obra.

4 HISTÓRICO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), fundada em 1940, é o órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. É uma entidade privada, independente e sem fins lucrativos.

Em 1973, o Governo Federal, com a criação do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO), subordinado ao Ministério da Indústria e do Comércio, chama para si a responsabilidade pelas atividades normativas. O Sistema é composto por dois órgãos: o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO), órgão normativo, coordenador e supervisor, e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), órgão executivo. Atualmente, a ABNT conta com 56 comitês técnicos e já foram desenvolvidas mais de oito mil normas (cerca de 1.100 apenas na construção civil). Para o ano de 2003, o Comitê Brasileiro Setorial do CB-02 (Comitê Brasileiro de Construção Civil) prevê a elaboração de 122 documentos, incluindo textos em estudo e normas (Nakamura, 2003).

Há diversos tipos de normas técnicas produzidas pela ABNT (Nakamura, 2003):

1. procedimento (NB): estabelece rotinas e/ou condições para execução de projetos, cálculos, obras, serviços e instalações; emprego de materiais e

produtos industriais; rotinas administrativas; elaboração de documentos em geral, inclusive desenhos; segurança na execução ou na utilização de obras; equipamentos, instalações ou processos;

2. especificação (EB): fixa as características de materiais, processos, componentes, equipamentos e elementos de construção, bem como as condições exigíveis para aceitação e/ou rejeição de matérias-primas, produtos semi-acabados ou acabados;
3. método de ensaio (MB): prescreve a maneira de determinar ou verificar as características, condições ou requisitos exigidos de um material ou produto, de acordo com as especificações, ou de uma obra ou instalação de acordo com o respectivo projeto;
4. padronização (PB): restringe a variedade pelo estabelecimento de um conjunto metódico e preciso de condições a serem satisfeitas, com o objetivo de uniformizar as características geométricas e/ou físicas de elementos de fabricação, produtos semi-acabados, desenhos e projetos;
5. classificação (CB): destina-se a ordenar, designar, distribuir e/ou subdividir conceitos, materiais ou objetos, de acordo com uma determinada sistemática;
6. terminologia (TB): define, relaciona e/ou dá equivalência, em diversas línguas, de termos técnicos empregados em um determinado setor de atividade, visando ao estabelecimento de uma linguagem uniforme;
7. simbologia (SB): fixa convenções gráficas, ou seja, símbolos, para conceituar grandezas ou parte de sistemas, com a finalidade de representar esquemas de montagem, circuitos, componentes de circuitos, fluxogramas, entre outros;
8. norma Mercosul (NM): norma aprovada pela Associação Mercosul de Normalização (AMN).

Quando qualquer tipo de norma é registrada no INMETRO, recebe um número colocado após a sigla NBR (Norma Brasileira Registrada). Como exemplo, a NB 1 corresponde a NBR 6118. A correspondência entre as normas da ABNT e as NBR pode ser encontrada no Catálogo de Normas da ABNT ou no Catálogo de Normas Brasileiras Registradas do INMETRO. No Anexo A é apresentada relação de algumas normas referentes ao material concreto.

A norma NB 1 foi publicada em 1940 e sofreu revisões em 1950, 1960 (além de algumas alterações em 1943 e 1967) e em 1978 passou por profundas revisões. Atualmente, a sua última revisão (NBR 6118:2003), que levou quase dez anos para ser concluída, deverá ter sua aplicação exigida a partir de abril de 2004.

5 PRINCIPAIS MUDANÇAS NA NBR 6118

Com a última revisão da NBR 6118, o cálculo, o dimensionamento, o detalhamento e a construção de estruturas de concreto no Brasil deverão ser realizados sob um novo prisma, implicando no emprego de mão-de-obra melhor qualificada, projetos racionalizados e compatibilizados, além de processos executivos claros e bem controlados (Santos et al., 2003).

O novo texto da NBR funde as normas de concreto armado, concreto simples e concreto protendido, retira a norma de execução e traz uma apresentação didática dos conteúdos seguindo as etapas de projeto. Após aprovação, essa norma servirá como diretriz para a revisão de outras normas de concreto que se encontram desatualizadas. Os aspectos relativos à execução serão tratados em outra norma técnica: NBR 14931 (ABNT, 2003) – Execução de estruturas de concreto – Procedimento (Santos et al., 2003).

A seguir, serão feitas algumas considerações sobre as principais modificações introduzidas na NBR 6118.

5.1 Mudanças relacionadas à análise da estrutura

A antiga norma privilegiava mais o cálculo das peças estruturais (lajes, vigas, pilares e fundações) como elementos isolados, do que a análise da estrutura como um todo. Não apresentava critérios de verificação da estabilidade global, e tratava apenas dos efeitos de segunda ordem nos pilares. O conceito de efeitos de segunda ordem está relacionado ao incremento dos esforços nos elementos (peças estruturais), em consequência da deslocabilidade dos nós da estrutura.

Atualmente, a arquitetura está cada vez mais arrojada, concebendo edifícios de múltiplos andares, altos, com poucos pilares e grandes vãos livres (para facilitar implantações de lay-outs e facilitar a circulação, principalmente em garagens e halls livres), com poucas paredes (que contribuem para o enrijecimento da estrutura), fachadas com painéis leves (vidros e outros materiais leves pré-fabricados). Em consequência, as estruturas das edificações estão cada vez mais esbeltas e a análise estrutural por peças ou pavimentos isolados pode ser perigosa. A análise de estabilidade global torna-se imprescindível, com o objetivo de detectar possíveis efeitos de segunda ordem que possam comprometer a segurança da estrutura.

A nova revisão da norma apresenta critérios e exigências para verificação da estabilidade global.

Outra modificação importante é que a versão anterior exigia a consideração da ação do vento em apenas alguns casos e a nova considera obrigatória esta consideração no cálculo de qualquer edificação.

A antiga versão da norma, em seu item 3.1.1.3 explicitava:

Será exigida a consideração da ação do vento nas estruturas em que esta ação possa produzir efeitos estáticos ou dinâmicos importantes e obrigatoriamente no caso de estruturas com nós deslocáveis, nas quais a altura seja maior que 4 vezes a largura menor, ou em que, em uma dada

direção, o número de filas de pilares seja inferior a 4. Deverá ser levada em conta a possível influência desfavorável de construções próximas à estrutura em exame, que por suas dimensões e forma possam tornar esta influência considerável.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 1978).

A nova versão da norma no item 11.4.1.2 explicita:

Os esforços devido à ação do vento devem ser considerados e recomenda-se que sejam determinados de acordo com o prescrito pela NBR 6123, permitindo-se o emprego de regras simplificadas previstas em Normas Brasileiras específicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003).

5.2 Mudanças relacionadas à durabilidade

As revisões feitas contribuirão para a obtenção da qualidade das estruturas de concreto, principalmente no que se refere à sua durabilidade. As principais alterações referentes à durabilidade podem ser relacionadas a seguir:

1ª alteração: foi introduzida uma classificação das estruturas quanto às classes de agressividade do ambiente (CAA), que será fundamental na concepção do projeto. Esta classificação está relacionada às ações físicas e químicas que atuarão sobre as estruturas. Entretanto, não são estabelecidos valores determinísticos para a agressividade. Dessa forma, o enquadramento da estrutura às situações de agressividade apresentadas dependerá de bom senso e do domínio do projetista em relação à norma (Santos et al., 2003).

Será fundamental a exata definição da classe de agressividade ambiental (CAA), para a concepção da estrutura, pois esta influenciará determinantemente nos seguintes parâmetros:

- a) nos valores mínimos de resistências características e das relações água-cimento que deverão ser respeitados;

- b) no valor mínimo do cobrimento de armaduras;
- c) na máxima abertura de fissuras permitida.

Dessa forma, é importante estabelecer bem as características do meio no qual o concreto estará inserido, uma vez que, “a durabilidade sob um conjunto de condições, não significa necessariamente durabilidade sob outro conjunto” (Mehta apud Santos & Savage, 2003a).

A Tabela 7.1 apresenta as formas de avaliar a agressividade de exposição da estrutura ou de suas partes.

TABELA 7.1 - Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ¹⁾²⁾	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ¹⁾²⁾	
IV	Muito forte	Industrial ¹⁾³⁾	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com classe de agressividade um nível mais brando para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade um nível mais brando em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuvas em ambientes predominantemente secos ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003).

2ª alteração: a nova versão da norma prevê critérios de qualidade mínimos para a resistência característica mínima (f_{ck}) e para a relação água-cimento do concreto a ser utilizado, levando-se em conta as condições de exposição dos elementos da estrutura de concreto às intempéries. A Tabela 7.2 apresenta as relações água-cimento máximas admissíveis e o f_{ck} mínimo exigido (classe do concreto) para o concreto a ser utilizado, em função da agressividade do ambiente e do tipo de armadura (armadura passiva – concreto armado; armadura ativa – concreto protendido).

TABELA 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água-cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

NOTAS:

1. O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na NBR 12655:1996.
2. CA – corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
3. CP – corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (ABNT, 2003).

Deve-se destacar que, em função da classe de agressividade, a norma fixa valores mínimos a serem adotados para as resistências características do concreto (f_{ck}) a ser empregado. No caso de concretos para estruturas, na classe de menor agressividade (classe I), a resistência mínima será de 20 MPa, podendo chegar a 40 MPa para a classe de agressividade IV.

CAPÍTULO 8

TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

1 RESUMO

Na procura por obter concretos econômicos, resistentes e duráveis, especial atenção deve ser dada às técnicas construtivas. Neste intuito, o presente capítulo tem como objetivo fornecer sugestões simples e fáceis de serem aplicadas nas etapas de confecção do concreto, observando-se as recomendações da revisão da norma NBR 6118 (ABNT, 2003). Indicações são dadas para a preparação da praça de trabalho e para o armazenamento do cimento. São explicados os processos existentes para a correta dosagem do concreto em função das características da obra. São fornecidas também informações para o manuseio do concreto nas etapas de mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e retirada de fôrmas e do escoramento.

2 ABSTRACT

Searching for the obtainment of economic, resistant and durable concrete, special attention has to be given to the constructive techniques. The present chapter aims to provide simple and easy suggestions to be applied in the making stages of concrete, observing the recommendations of the NBR 6118 (ABNT, 2003) Standard. Cement storage and preparation of the working site indications are presented. The correct dosage of the concrete, according to the characteristics of the construction is explained. Information about the handling of the concrete in the stages of: blending, transportation, launching, thickening, cure and hardening and subsequent removal of molds and supporting aids are furnished.

3 INTRODUÇÃO

Não é somente a perfeita escolha de materiais componentes e nem tampouco a utilização de equipamentos sofisticados nas diversas etapas da confecção de concretos que irão assegurar a qualidade final do produto acabado. Além dos cuidados indispensáveis na criteriosa escolha dos materiais componentes e na adequada utilização de equipamentos para a confecção de concretos, técnicas de construção, geralmente muito simples de serem observadas, devem ser rigorosamente seguidas nas diferentes etapas do manuseio: dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento, cura e retirada de fôrmas e de escoramentos.

No meio rural, muitas vezes distante de laboratórios de tecnologia de concreto e onde geralmente não se dispõe de equipamentos como betoneira e vibrador, especial atenção deve ser dispensada à escolha do traço ideal e às técnicas a serem adotadas no manuseio do concreto. Esta situação será considerada no desenvolver do presente capítulo.

A exposição do tema seguirá a ordem cronológica das etapas de execução de obras em concreto, iniciando-se pelo planejamento da praça de trabalho até a etapa final de retirada das fôrmas e do escoramento. Todas etapas estão intimamente relacionadas entre si e podem existir variações na maneira de se executar cada uma delas. Todavia, o conjunto das etapas deve ser coerente, definindo um processo harmonioso de execução (Hanai, 1992).

Muitas das graves patologias encontradas nas estruturas de concreto são geradas nesta etapa de execução e poderiam ser evitadas com providências simples e fáceis de serem observadas (Souza & Ripper, 1998).

4 PREPARAÇÃO DA PRAÇA DE TRABALHO

O arranjo de uma praça de trabalho, também chamada algumas vezes de canteiro de obras, é fundamental para o bom desempenho das muitas atividades que ali serão desenvolvidas. Antes de se iniciar a obra é importante que a praça de trabalho já esteja planejada e pronta para receber os operários, equipamentos e materiais.

É óbvio que o planejamento deve levar em conta as condições locais e o tipo de obra a ser executada. Nos grandes centros urbanos, onde as áreas disponíveis para a obra e a sua respectiva praça de trabalho são cada vez menores, o arranjo da praça não é tarefa fácil, influenciando inclusive na adoção de técnicas alternativas de construção, como, por exemplo, eliminando-se os depósitos de materiais brutos na obra, empregando-se na estrutura os concretos já misturados, dosados em centrais concreteiras.

Entretanto, de forma geral, alguns requisitos importantes devem ser observados no planejamento de uma praça de trabalho:

- a) barracão provisório para guarda de materiais diversos, que devam ficar protegidos das intempéries (cimento, cal hidratada, documentos da obra, projetos, etc.), ferramentas e equipamentos. O cimento, por ser um produto perecível, requer cuidados especiais para sua conservação e, nesse sentido, o seu armazenamento terá tratamento destacado no item 8.2. O barracão poderá servir também como local para um escritório provisório que, além de outras funções, zelaria pelo controle de recebimentos e estoque de materiais. Em alguns casos, este barracão poderá ser definitivo, sendo usado posteriormente como edícula ou para outra finalidade (depósito, despensa, lavanderia, etc.);
- b) os locais para depósito de materiais brutos devem ser bem escolhidos para facilitar o descarregamento pelos caminhões (se for o caso) e permitir fácil transporte na área da obra. Materiais mais pesados, como a

- pedra e a brita, se possível, devem ser colocados nos pontos mais elevados do terreno, facilitando o transporte por carrinhos de mão;
- c) o volume de areia deve ser protegido com tábuas colocadas no seu perímetro para evitar carreamento pelas águas pluviais;
 - d) o local de instalação da betoneira para mistura mecânica ou do tablado para a mistura manual de concretos e argamassas deve ser estratégico: próximo dos pontos de lançamento final, visando diminuir o percurso do concreto recém-misturado, evitando-se a segregação. A areia e, principalmente, a brita (por ser pesada e difícil de ser colocada nas padiolas), se possível, devem estar próximas ao local de mistura;
 - e) ao final dos serviços, a betoneira deverá ser limpa interna e externamente, evitando-se deixar incrustações de argamassa ou de concreto nas paletas e nas superfícies internas (Ripper, 1996). A lubrificação da betoneira deve ser feita periodicamente;
 - f) quando o volume da concretagem for elevado e para facilitar a coleta do cimento para a mistura, é comum se prever um depósito para o cimento em pó (já retirado dos sacos), em forma de caixa ou caixote com tampa e protegido das intempéries por uma lona plástica, como indicado na Figura 8.1;
 - g) a praça de trabalho deve ser protegida com cercas ou tapumes, ou simples faixas de sinalização (em alguns locais já mais resguardados). Esta providência visa evitar extravios de materiais ou ferramentas, evita a entrada de pessoas estranhas aos serviços por questão de segurança contra acidentes e evita a entrada de animais;
 - h) o fluxo de materiais brutos ou trabalhados deve ser harmonioso e ajustado às necessidades de cada obra, prevendo-se espaços desimpedidos para descarga e facilitando o transporte interno;

- i) ponto(s) para abastecimento de água sem, entretanto, dispensar um reservatório para armazenamento, que poderá ser um tambor ou uma caixa d'água, que poderá ser utilizada posteriormente na instalação hidráulica (Figura 8.1);
- j) ponto(s) para ligações de energia elétrica (força e iluminação);
- k) bancadas para desenvolvimento das atividades de armador;
- l) bancadas para desenvolvimento das atividades de carpinteiros;
- m) instalações diversas para abrigar sanitários, refeitórios, almoxarifado, vestiários, etc. (a serem definidas em função das características e necessidades de cada obra);
- n) outros requisitos a serem definidos em função de cada obra.

Estes cuidados na implantação da praça de trabalho visam essencialmente permitir que os trabalhos a serem desenvolvidos sejam realizados num ambiente organizado, de forma ágil, segura e econômica. Extravios, perdas e desperdícios de materiais serão evitados. A segurança contra acidentes será resguardada. A limpeza nos locais de trabalhos, com retiradas constantes de entulhos, sempre deverá ser observada.

A Figura 8.1 registra alguns detalhes e cuidados a serem observados numa praça de trabalho: locais de cimento e água próximos do operador da betoneira, tábua para proteção das rodas da betoneira, padiolas para medidas dos materiais componentes, sistema de alimentação elétrica com chaves protetoras, etc.



FIGURA 8.1 - Detalhes de uma praça de trabalho.

5 ARMAZENAMENTO DO CIMENTO

O cimento, sendo um produto perecível, exige cuidados especiais para o seu bom armazenamento visando, principalmente, evitar que a umidade venha a deteriorá-lo.

Se o cimento entrar em contato com a umidade, ele provavelmente irá endurecer, formando certa quantidade de pequenas pedras (grãos), inviabilizando a sua utilização em peças estruturais. Se isto acontecer, o cimento pode ser peneirado em peneira fina com malha de 5 mm (peneira de feijão), retirando-se os grãos já hidratados e utilizando-se o cimento restante em aplicações de menor responsabilidade estrutural (assentamento de tijolos, contrapisos, chapiscos, etc.)

São feitas as seguintes recomendações para o armazenamento dos sacos de cimento:

- o local para estocagem deve ser seco, coberto e fechado para protegê-los da chuva;

- no caso de obra nova, geralmente se constrói um barracão que terá esta finalidade, além de servir também para guarda de ferramentas, equipamentos, projetos e até para proteção de chuva para os operários;
- as pilhas formadas com os sacos de cimento devem ser colocadas sobre um estrado de madeira (afastado 30 cm do piso) e devem ser afastadas 30 cm das paredes para evitar contato dos sacos com superfícies úmidas e permitir ventilação entre elas;
- as pilhas devem ter, no máximo, 10 sacos (as pilhas de 10 sacos facilitam a contagem do estoque), podendo atingir 15 sacos se o cimento for consumido no prazo máximo de 15 dias. Essa recomendação visa evitar grande compressão sobre o cimento, o que iria diminuir o seu módulo de finura, prejudicando suas qualidades;
- não misturar lotes de cimento recebidos em épocas diferentes;
- consumir o cimento obedecendo à ordem cronológica de recebimento, isto é, utilizar primeiro o cimento estocado há mais tempo;
- o prazo máximo para consumo do cimento é de 3 meses a partir da data de fabricação, desde que bem estocado.

6 DOSAGEM DO CONCRETO

O principal objetivo da dosagem consiste em encontrar a mistura mais econômica para a obtenção de um concreto com todas as características capazes de atender às condições de resistência e de durabilidade, às condições de serviço que a obra requer, utilizando-se os materiais e equipamentos disponíveis. O resultado final de um processo de dosagem será a fixação do traço do concreto.

Entende-se por traço do concreto a forma de exprimir as proporções entre os materiais componentes, podendo ser indicado pelas proporções em peso ou em volume. De forma geral, os materiais são medidos em volume, pois torna-

se impraticável a medição em peso nas obras comuns (usuais), sendo o cimento freqüentemente medido em peso. Em qualquer alternativa, toma-se sempre o cimento como unidade e relacionam-se as demais quantidades à quantidade de cimento.

A unidade sempre se refere ao cimento; o segundo número refere-se à quantidade de areia e o terceiro número do traço se refere à quantidade de britas. Apesar de quase sempre ser negligenciada, a relação água-cimento, que é a proporção em massa da quantidade de água pela quantidade de cimento, deve complementar a especificação do traço.

Como exemplo, um concreto no traço (em volume) de 1 : 2,5 : 3; será constituído: de 1 volume de cimento; 2,5 vezes o volume de cimento em areia e 3 vezes o volume de cimento em brita; podendo o volume de cimento ser referente a 1 litro ou a 1 saco (o saco de cimento tem massa de 50 kg e volume de 35,3 litros), ou a qualquer quantidade (volume) escolhida como referência. É fundamental indicar também a relação água-cimento, o que, na prática, muitas vezes não acontece. A relação água-cimento, quase sempre indevidamente negligenciada, é expressa geralmente pela letra "x" e é a relação, em massa, da quantidade de água pela quantidade de cimento. Assim, como exemplo, para uma relação $x = 0,50$, o concreto terá, para 1 saco de cimento (50 kg), 25 kg (ou 25 l) de água.

O responsável pela execução da dosagem deve ser um profissional experiente, que tenha conhecimentos dos materiais e da obra a ser executada.

Vários requisitos devem ser examinados pelo tecnologista para a realização de uma perfeita dosagem, podendo ser listados, entre eles, os seguintes:

- a) exigências do cálculo estrutural: o projetista da estrutura fixa a resistência característica do concreto à compressão " f_{ck} ", que rigorosamente deverá ser atendida pela dosagem. Geralmente, a

resistência característica é especificada para os 28 dias de idade; entretanto, em situações especiais (por exemplo, uma obra em que seja requerida a retirada de fôrmas antes da data normal), esta idade poderá ser alterada;

- b) classe de agressividade do ambiente (CAA), de exposição da obra;
- c) conveniência de utilização de aditivos;
- d) conveniência de adição de outros materiais componentes, como as fibras;
- e) exigências quanto ao tipo de obra: estruturas de edifícios, barragens, reservatórios, pavimentos, fundações, etc.;
- f) trabalhabilidade requerida para as condições da obra;
- g) dimensões das peças a serem concretadas;
- h) disposição e espaçamentos das barras da armadura;
- i) tipos de agregados (diâmetros máximos, forma e textura dos grãos);
- j) capacidade da betoneira;
- k) método de mistura (manual ou mecânica);
- l) método a ser adotado nas etapas de transporte e de lançamento do concreto recém-misturado;
- m) método de adensamento (manual ou mecânico);
- n) processo de cura a ser utilizado;
- o) prazo para retirada de fôrmas e de escoramentos.

Examinadas todas as características da obra, dos materiais componentes e dos processos construtivos a serem empregados, o profissional responsável disporá de dois processos para a realização da dosagem de concreto: dosagem não experimental (antigamente denominada dosagem empírica), e dosagem experimental (antigamente denominada dosagem racional). Estes dois processos serão discutidos nos próximos itens 6.1 e 6.2.

6.1 Dosagem não experimental

A norma NBR 6118 faz algumas restrições ao uso deste tipo de dosagem:

A dosagem não experimental, feita no canteiro da obra, por processo rudimentar, somente será permitida para obras de pequeno vulto, respeitadas as seguintes condições e dispensando o controle da resistência:

- a) a quantidade mínima de cimento por metro cúbico de concreto será de 300 kg;
- b) a proporção de agregado miúdo no volume total do agregado será fixada de maneira a obter-se um concreto de trabalhabilidade adequada a seu emprego, devendo estar entre 30% e 50%;
- c) a quantidade de água será a mínima compatível com a trabalhabilidade necessária (ABNT, 1978).

A dosagem não experimental consiste no proporcionamento do concreto feito em bases arbitrárias, baseando-se na experiência ou tradição do construtor em obras semelhantes. Os materiais constituintes não são ensaiados em laboratório. A dosagem não experimental é aplicada muitas vezes em obras distantes de laboratórios, onde não é possível recorrer a ensaios de materiais.

Conhecida a resistência característica " f_{ck} " fixada pelo projetista estrutural, calcula-se a resistência de dosagem " f_{c28} ". A correlação entre " f_{ck} " e " f_{c28} " depende de uma série de fatores e pode ser encontrada no item 8.3.1.2 da norma NBR 6118:1978.

Utilizando-se as tabelas de dosagem de concretos (como a Tabela 9.1 do capítulo 9), ou outras disponíveis em diversas publicações técnicas (como Silva, 1975), escolhe-se o traço que forneça ao concreto, resistência superior ou igual a " f_{c28} ".

6.2 Dosagem experimental

Por este método, os materiais constituintes (cimento, água, areia, britas e, eventualmente, aditivos) são examinados em laboratório para determinar a

dosagem mais econômica visando a obter o " f_{ck} ", a trabalhabilidade e a durabilidade requerida para a obra. Do concreto obtido são retirados corpos de prova e determinadas suas resistências e trabalhabilidade.

Como se vê, com a dosagem experimental tira-se real proveito das características dos materiais a serem usados na mistura do concreto.

Existem diversos métodos, bastante conhecidos e aplicados para a execução de dosagem experimental. No Brasil, os mais utilizados são:

- a) método do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul (ITERS);
- b) método do Instituto Nacional de Tecnologia (INT);
- c) método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT);
- d) método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que foi desenvolvido com base nos métodos do American Concrete Institute (ACI), adaptando-se às condições brasileiras.

De posse de todos elementos já descritos e utilizando-se um método de dosagem, chegar-se-á ao traço de concreto indicado para aquela obra específica. É impossível levar em consideração todos os parâmetros envolvidos, sendo aconselhável fazer uma mistura experimental e as eventuais correções necessárias para a fixação definitiva do traço a ser utilizado na obra.

Na Figura 8.9 (página 158) são apresentados, de forma esquemática, os elementos a serem considerados numa dosagem de concreto.

7 MISTURA DO CONCRETO

Após a organização da praça de trabalho e do recebimento dos materiais componentes, e tendo o traço já definido, a primeira etapa a ser feita no manuseio do concreto, é a mistura. A mistura será feita obedecendo-se o traço de

concreto previamente estipulado para aquela obra/serviço. A mistura poderá ser feita de forma manual ou mecanizada.

Segundo Petrucci (1982) e Neville (1997), a mistura do concreto deve ter como objetivo fazer com que os materiais componentes entrem em contato íntimo, de modo que a pasta de cimento e água revista a superfície de todos os agregados, juntando todos ingredientes em uma massa uniforme e homogênea.

Alguns cuidados devem ser observados antes do início, sendo muito importante a disponibilização dos utensílios que serão utilizados para medições dos materiais componentes (caso não se utilize concretos dosados em centrais concreteiras).

7.1 Utensílios para medições de materiais

É fundamental que os utensílios que irão medir os materiais estejam preparados, limpos e com sua capacidade (volume) rigorosamente verificada.

O cimento sempre deve ser medido em peso, podendo ser considerado o peso de 50 kg quando a dosagem for para um saco de cimento. Para não carregar em excesso a betoneira (que geralmente tem capacidade de 350 a 400 litros), poderá se fazer a mistura tendo como referência 1/2 saco de cimento (25 kg ou 17,65 l), ou seja, o cimento, neste caso, poderá ser medido em uma lata de obra com volume de 18 litros.

Os agregados (miúdo e graúdo) normalmente são medidos em padiolas de madeira, com volumes calculados levando-se em consideração o traço do concreto. As padiolas deverão ser claramente identificadas: escrevendo-se numa face lateral externa do caixote a indicação de “AREIA” ou “BRITA”.

Quase de uma forma padronizada, os profissionais recomendam fixar as dimensões da boca das padiolas em 35 cm x 45 cm, determinando-se a profundidade em função do volume de cada material (Yazigi, 2002). Entretanto, como a boca das betoneiras tem diâmetro em torno de 50 cm, a dimensão de 45

em na padiola dificulta o lançamento dos agregados, ocasionando certa perda de material no ato do lançamento dentro da betoneira.

Foram experimentadas, nas obras do Campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), padiolas com dimensões de boca de 40 cm x 35 cm. Após diversos serviços de concretagem efetuados, as padiolas obtiveram aprovação dos operários, por ter mais fácil manuseio e, principalmente, por facilitar o lançamento, evitando o vazamento dos agregados fora da boca da betoneira (Souza Junior, 2003).

A água normalmente é medida em latas. Como a sua quantidade é determinante nas qualidades do concreto, cuidados devem ser tomados para garantir a exatidão do volume no utensílio usado para medição da água.

7.2 Mistura manual de concretos

Conforme a norma NBR 6118, o amassamento manual deve ser empregado em obras de pequena importância onde o volume e a responsabilidade do concreto não justifiquem a utilização de equipamentos mecânicos:

O amassamento manual do concreto, a empregar-se excepcionalmente em pequenos volumes ou em obras de pouca importância, deverá ser realizado sobre um estrado ou superfície plana impermeável e resistente. Misturar-se-ão primeiramente a seco os agregados e o cimento de maneira a obter-se cor uniforme; em seguida adicionar-se-á aos poucos a água necessária, prosseguindo-se a mistura até conseguir-se massa de aspecto uniforme. Não será permitido amassar-se, de cada vez, volume de concreto superior ao correspondente a 100 kg de cimento (ABNT, 1978).

No caso de mistura manual, por ser mais difícil conseguir uniformidade, são necessários alguns cuidados especiais:

- a) o local de amassamento deve ser firme, não poroso, limpo, plano e em nível. Pode ser um piso de concreto já existente (porém, a aparência do

local ao final dos serviços ficará diferenciada do restante da área) ou um estrado de madeira construído para esta finalidade, podendo ter ou não bordas inclinadas (para evitar escorrimento de materiais). A área necessária para o desenvolvimento dos serviços, geralmente, é em torno de 3 m x 3 m;

- b) coloca-se primeiramente, sobre o estrado, a areia, em camadas de 10 a 15 cm de espessura;
- c) espalha-se o cimento sobre areia e realiza-se a primeira mistura;
- d) adiciona-se a brita e realiza-se a segunda mistura. Os agregados (miúdos e graúdos) devem ser misturados a seco com o cimento. Se o volume de material for grande, dificultando os serviços de mistura, o volume pode ser dividido em dois montes, que serão misturados independentemente e, depois esses dois montes serão juntados e misturados novamente. É importante obter-se uma massa homogênea de cor uniforme;
- e) faça-se um buraco (cratera) no centro da massa e adiciona-se a água aos poucos, cuidando para que a mesma não escorra da mistura. Continuar a mistura até que toda a massa fique molhada de modo uniforme;
- f) por razões de ordem prática, no amassamento manual não é aconselhado misturar volume de concreto superior ao que se obteria com 1 saco de cimento.

7.3 Mistura mecânica de concretos

A mistura mecânica é feita em máquinas especiais denominadas “betoneiras”. As betoneiras usuais têm volumes entre 350 a 400 litros.

Antes da mistura, o tablado que receberá concreto deve estar preparado e limpo. Providência aconselhável é prever a colocação de um tapume de madeira (ou tábuas justapostas) inclinada para evitar o escorrimento do concreto recém-misturado sob a betoneira (Figura 8.2).

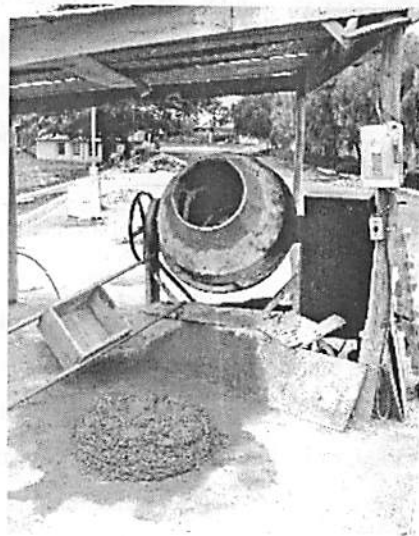


FIGURA 8.2 - Betoneira, tablado de madeira e padiola.

Não existem regras gerais para a ordem de carregamento dos materiais na betoneira. Por razões de ordem prática, bons resultados são obtidos com a seguinte seqüência:

- a) coloca-se primeiramente uma parte da água;
- b) os demais materiais serão colocados nessa ordem: brita, cimento, areia e o restante da água. Algumas vezes também pode ser adotada a seguinte seqüência: brita, 1/2 quantidade de água, cimento e, finalmente, o restante da água. Essas seqüências de colocação de materiais são indicadas para as betoneiras de 360 litros (as mais usadas) e quando a dosagem for feita para um volume de 18 litros de cimento (= 25,5 kg).

As razões que podem justificar as seqüências acima consistem basicamente nos seguintes fatos: 1) a brita, por ter maiores dimensões e maior

peso, é o agregado que possui a maior tendência de se separar da mistura (segregação); 2) as seqüências recomendadas conduzem a um processo de lavagem da brita com posterior lançamento de cimento, formando uma “cola” (nata de cimento) em toda a superfície da brita, facilitando a aderência da mesma à massa de concreto.

Segundo a NBR 6118:1978 o tempo de mistura, contado a partir do instante em que todos os materiais foram colocados, varia com o tipo de betoneira. A rigor, não é o tempo de mistura, mas o número de rotações da betoneira que constitui o critério de mistura adequada. Geralmente, 20 rotações após a colocação de todos os componentes são suficientes (Neville, 1997).

7.4 Cuidados na mistura de concretos

Algumas recomendações além daquelas já descritas na organização da praça de trabalho e nos processos de mistura manual ou mecânica podem auxiliar na melhoria da qualidade dos serviços.

Uma primeira indicação consiste em designar um operário para ser o responsável pelo funcionamento da betoneira. Após passar a ele as explicações sobre a importância da realização de uma mistura perfeita para a boa qualidade da obra, indicando a seqüência a ser seguida na colocação dos materiais componentes, ele será a pessoa a coordenar os serviços, sendo também o responsável pela colocação da água e do cimento (componentes com pequeno peso, fáceis de serem colocados na betoneira). Outra informação a ser dada é sobre os testes que podem ser feitos a qualquer momento (item 8) para verificar se a dosagem e os procedimentos para colocação dos componentes estão sendo respeitados. Com esta providência, pretende-se assegurar que a relação água-cimento e a seqüência de colocação dos materiais sejam respeitadas.

Outra função deste operário será a de manutenção e conservação da betoneira, que deverá ser limpa e lubrificada após o término dos trabalhos.

Durante o período de não utilização, a boca da betoneira deve estar virada para baixo e as chaves de comando elétrico desligadas.

8 VERIFICAÇÕES DA MISTURA

Após a primeira mistura (manual ou mecânica), alguns testes práticos podem ser feitos com o concreto recém-misturado para verificação da sua qualidade.

8.1 Testes práticos de verificação da mistura

Existem dois testes bastante simples e fáceis de serem feitos na obra: um primeiro teste consiste nas seguintes etapas (ABCP, 2003):

- a) alisa-se a superfície do concreto com uma colher de pedreiro. Se a superfície ficar úmida, mas não escorrer água, a quantidade de água está certa;
- b) se a superfície escorrer, indica excesso de água na mistura. Para corrigir, coloque mais um pouco de brita e areia na mistura e mexa tudo de novo, até não escorrer mais água;
- c) se a superfície alisada não ficar úmida, aparentando material seco, indica falta de água. Continue no processo de mistura, pois, em geral, com mais algumas mexidas, o concreto tende a ficar mais fluido. Se, mesmo assim, a mistura permanecer seca, adicione cimento e água, obedecendo-se a relação água-cimento fixada no traço. Esta proporção entre cimento e água nunca deve ser alterada. O excesso de água diminui consideravelmente a resistência do concreto.

Um segundo teste para a verificação da consistência do concreto obtido após a mistura consiste nas seguintes etapas (Souza Junior, 2003):

- a) pegue em uma mão uma certa quantidade de concreto e feche lentamente os dedos;
- b) se o volume de concreto não escorrer entre os dedos e nem se partir, esfarelado-se, ficando as marcas dos dedos na massa que foi levemente apertada, significa que a dosagem está correta;
- c) se a água escorrer pelos dedos, há indicação de excesso de água na mistura e a correção deverá ser feita adicionando-se mais brita e areia na mistura, da mesma forma que foi indicado no teste anterior (letra b);
- d) se o volume de concreto na mão se partir ou esfarelar em forma de farofa, indicando massa seca, é necessário acrescentar mais cimento e água, seguindo as mesmas recomendações do teste anterior (letra c).

8.2 Teste do abatimento do tronco de cone (Slump Test)

Após a dosagem e a primeira mistura, é possível fazer um teste para medida da consistência do concreto obtido. Trata-se de um teste muito utilizado em obras, devido à facilidade de operação e simplicidade de equipamento.

O ensaio é descrito pelo método brasileiro MB 256 (antigamente NBR 7223 e hoje já normalizado para o Mercosul com a sigla NBR NM 67), denominado “Consistência do Concreto Pelo Abatimento do Tronco de Cone”, também muito conhecido como “Slump Test”.

A aparelhagem consiste de um molde em chapa de aço com espessura mínima de 1,60 mm, em forma de tronco de cone reto, com 30 cm de altura e ambas as bases abertas, a inferior com 20 cm e a superior com 10 cm de diâmetro (conforme Figura 8.3) e uma haste de socamento reta, em barra de aço de seção circular com 16 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento, com superfície lisa.

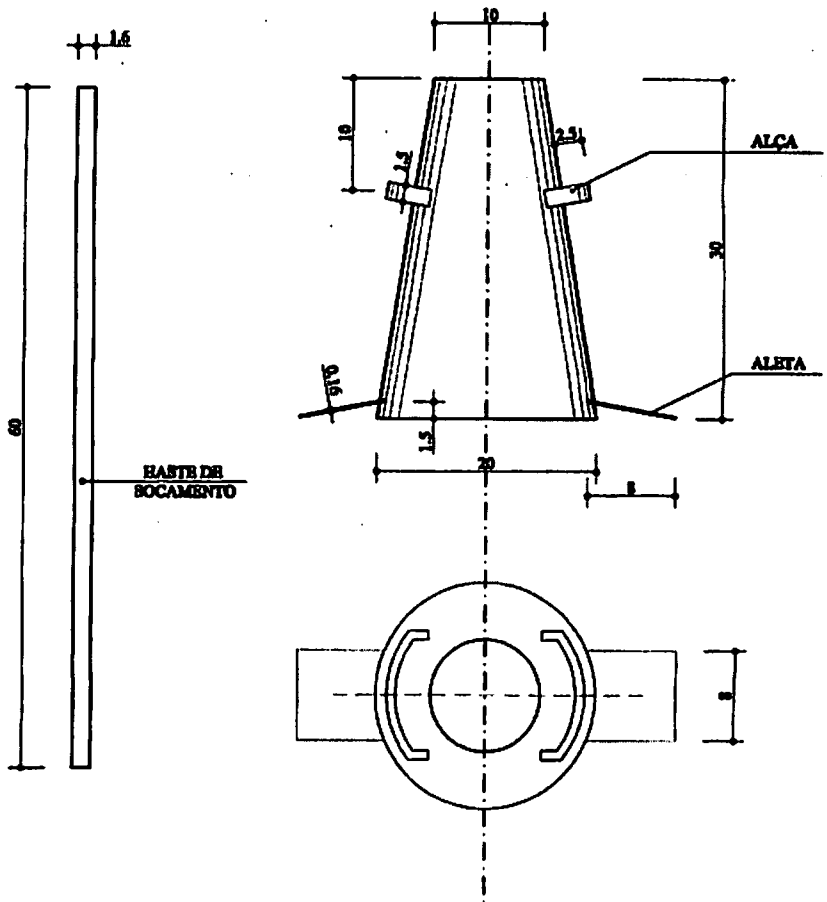


FIGURA 8.3 - Aparelhagem para o Slump Test.

Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998).

O ensaio deve ser feito da seguinte forma: após a aplicação de leve camada de óleo fino, o molde deve ser colocado sobre uma superfície plana, horizontal, em nível, úmida e não absorvente. Durante a moldagem, o molde

deverá ser mantido firme, em posição vertical, devendo o operador fixar o molde com os pés sobre as aletas. Com a amostra do concreto obtido, o molde deverá ser imediatamente cheio em três camadas, de volumes aproximadamente iguais. Cada camada deve ser adensada com 25 golpes de haste de socamento, uniformemente distribuídos. No adensamento das camadas superiores, a haste deve penetrar até a camada inferior subjacente.

Após o adensamento da última camada, o excesso de concreto deve ser removido com o auxílio da própria haste. A desmoldagem deve ser efetuada imediatamente, elevando-se cuidadosamente o molde na direção vertical.

O abatimento do tronco de cone de concreto é a diferença entre a altura do molde e a altura da amostra, conforme mostra a Figura 8.4.

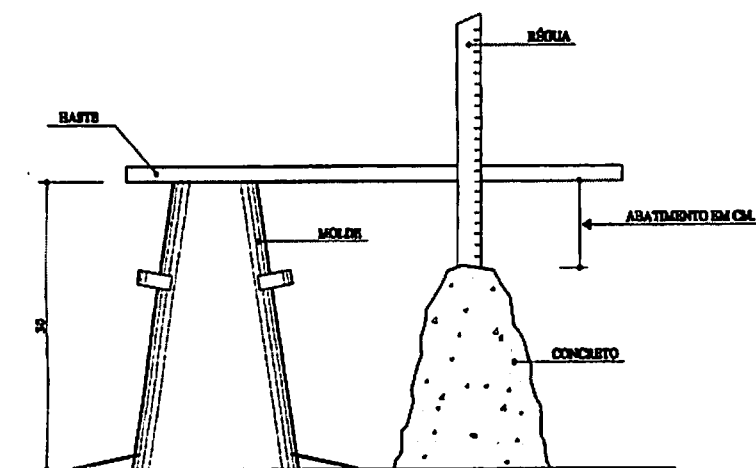


FIGURA 8.4 – Ensaio do abatimento do tronco de cone do concreto.

Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Os procedimentos para realização do ensaio do “slump test” estão mostrados na Figura 8.5:



FIGURA 8.5 – Procedimentos para o ensaio do slump test.

Fonte: Abbate (2003).

Esse ensaio serve para a verificação do controle de qualidade da execução do concreto, pois qualquer variação efetuada quer seja na dosagem ou na forma e seqüência de concretagem o “slump” será alterado.

A Tabela 8.1 fornece limites máximos e mínimos recomendados para o abatimento (Slump):

TABELA 8.1 - Limites máximos e mínimos do abatimento.

Tipo de Estrutura	Adensamento (mm)	
	Manual	Mecânico
1) Seções maciças relativamente espessas, como pavimentos e lastros sobre solo	25 a 75	15 a 35
2) Lages grossas, vigas grandes e paredes	75 a 150	35 a 50
3) Colunas, lages, paredes finas e vigas de dimensões usuais	100 a 150	50 a 75
4) Obras de concreto-massa, como barragens e muros de arrimo	50 a 75	15 a 25
5) Peças horizontais finas em concreto confinado e de difícil acesso	150 a 200	75 a 100
6) Abóbadas em revestimento de túneis	80 a 120	50 a 75
7) Blocos de fundação sem armadura, ou com armadura pouco concentrada, que permita fácil acesso	50 a 75	35 a 50

Fonte: Silva (1985).

8.3 Teste de resistência

Depois da mistura e do ensaio de consistência do concreto, pode-se coletar uma amostra que seja representativa para o ensaio de resistência. Os

corpos de prova devem ser preparados conforme o Método Brasileiro MB 2 – NBR 5738 (ABNT, 2003) e testados conforme o Método Brasileiro MB 3 – NBR 5739 (ABNT, 1996). Os corpos de prova cilíndricos possuem altura de 30 cm e diâmetro de 15 cm.

Basicamente, para a realização deste ensaio, devem ser observados os seguintes procedimentos:

- a) a amostra deve ser colhida do terço médio do volume da betoneira, não sendo permitida amostra, tanto no princípio quanto no final da descarga da betoneira;
- b) a coleta deve ser feita cortando-se o fluxo de descarga do concreto, utilizando-se, para isso, um recipiente ou carrinho-de-mão;
- c) deve-se retirar uma quantidade suficiente, 50% maior que o volume necessário e nunca menor que 30 litros;
- d) as fôrmas metálicas devem apresentar regularidade dimensional e sistema de fechamento que assegure solidarização entre o molde e a base;
- e) após a limpeza e montagem dos moldes, aplica-se desmoldante na superfície interna para que não ocorra adesão com o concreto;
- f) os moldes serão preenchidos em 4 camadas de igual volume. Em cada camada, são aplicados 30 golpes distribuídos uniformemente em toda superfície do concreto, com soquete apropriado (diâmetro de 16 mm e comprimento de 600 mm), não devendo os golpes penetrar nas camadas anteriores;
- g) a última camada conterá um excesso de concreto que deverá ser retirado com auxílio de uma régua metálica;
- h) os corpos de prova devem ser cobertos com um filme plástico ou placa de madeira para que fiquem protegidos da perda de água e das

intempéries. Devem permanecer em superfície plana e isenta de qualquer tipo de vibração, em temperatura ambiente, por 24 horas;

- i) após este período os corpos de prova serão transferidos para o laboratório, onde serão desenhados, identificados e acondicionados em câmara úmida até a data do ensaio de compressão. Ante do ensaio os topos dos corpos de prova devem faceados (regularizados) por meio de retífica ou de capeamento com enxofre. Após esta regularização, os corpos de prova passam por ensaio de resistência à compressão em uma prensa devidamente calibrada para a avaliação da resistência do concreto (Figura 8.6).

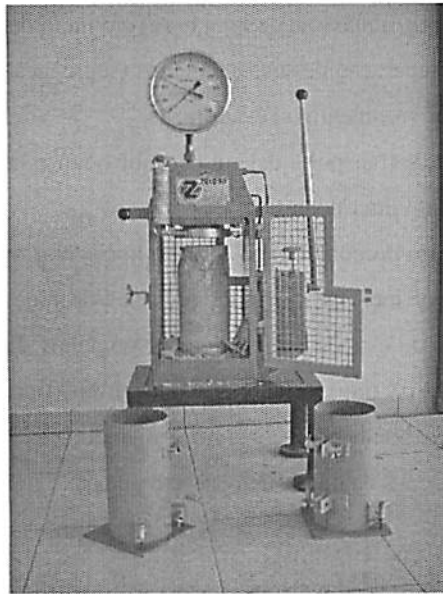


FIGURA 8.6 – Prensa, moldes e corpo de prova de concreto rompido.

9 TRANSPORTE DO CONCRETO

Logo após a mistura do concreto e durante as etapas seguintes (transporte, lançamento e adensamento), há uma grande tendência do agregado graúdo se separar da massa. Esse fenômeno muito importante na tecnologia do concreto e que impede a obtenção de concretos de boas qualidades é chamado “segregação”. As diferenças de tamanho das partículas e da massa específica dos componentes da mistura constituem a causa primária da segregação. Logicamente, para se evitar a segregação, uma série de cuidados deve ser observada nas etapas de produção de concretos.

A norma NBR 6118:1978 recomenda que o concreto deve ser transportado do local do amassamento para o de lançamento tão rapidamente quanto possível (prazo máximo de uma hora) e o meio de transporte deve ser tal que não acarrete separação de seus elementos (segregação) ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

O sistema de transporte deverá permitir o lançamento direto nas formas, evitando-se depósito intermediário.

O transporte do concreto na direção horizontal ou inclinada (através de rampas) é feito por meio de carrinhos providos de rodas de pneus; na direção vertical, por meio de estrados acionados por guinchos. Existem outros métodos de transporte: correias transportadoras, calhas, funis (tipo “tromba de elefante”), roldanas, concreto bombeado, concreto projetado, etc. O importante é cuidar para evitar trepidações na massa de concreto que acarretariam a segregação.

10 LANÇAMENTO DO CONCRETO

Quanto ao lançamento do concreto nas fôrmas, a norma NBR 6118 (ABNT, 1978) recomenda:

- a) o concreto deve ser lançado logo após a mistura, não sendo permitido entre o fim deste e o do lançamento, intervalo superior a uma hora;
- b) cuidados especiais deverão ser tomados quando o lançamento se der em ambiente com temperatura inferior a 10°C ou superior a 40°C;
- c) em nenhuma hipótese se fará lançamento após o início da pega. A norma NBR 5732:1991 da ABNT especifica que o início da pega deve verificar-se, no mínimo, uma hora após a adição da água de amassamento;
- d) o concreto deverá ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das formas e nas armaduras;
- e) a altura de queda livre não poderá ultrapassar a 2 m. Para peças estreitas e altas, o concreto deverá ser lançado por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis ou trombas. Nos pilares, o lançamento do concreto deve ser feito em camadas de, no máximo, 50 cm de altura para que a vibração seja realizada de forma eficiente. A Figura 8.7 mostra defeitos de concretagem em “pé” de pilar.



FIGURA 8.7 - Defeitos de concretagem de pilar.

A reforma, ou recuperação, de estruturas de concreto é extremamente difícil. Assim, antes da concretagem, várias averiguações devem ser feitas para evitar as patologias geradas durante esta etapa. Nesse sentido, os serviços a serem executados devem ser previamente analisados por meio de um “plano de concretagem”, que tem como objetivo racionalizar os procedimentos, sendo necessário examinar os seguintes antecedentes:

1º) Elaboração do plano de concretagem

Deve conter os seguintes elementos:

- volume de concreto a ser consumido;
- especificação correta do concreto, a qual, para ser completa e bem detalhada, necessita da definição de três parâmetros específicos para a

obra: a resistência característica “ f_{ck} ”; a trabalhabilidade (“slump”) e a dimensão máxima do agregado (brita 0, brita 1, brita 2);

- definição do tipo de concreto a ser usado: - concreto fabricado na obra (definir tipo de mistura, manual ou mecânica) ou concreto adquirido em central (concreto convencional ou bombeado);
- verificação do perfeito funcionamento de ferramentas e equipamentos (betoneira, vibrador, guinchos, etc.). Prever a possível necessidade de substituição de equipamentos, principalmente de vibradores que, algumas vezes, apresentam defeitos de funcionamento no decorrer da concretagem;
- formação da equipe de trabalho, definindo: número de operários responsáveis pela mistura (se for o caso), pelas fôrmas e escoramento, pelas armaduras, pelo transporte, pelo adensamento e pela posterior cura;
- verificação das possíveis opções para o sistema de transporte do concreto (elevador de obra e jericas ou carrinhos de mão, guas ou guinchos, rampas, bombas, etc.). O tipo de transporte escolhido é fator determinante na elaboração do plano de concretagem (Souza & Melhado, 1998);
- definição do caminhamento geral da concretagem a partir dos pontos mais distantes com relação ao local de saída dos operários e equipamentos;
- se houver mais de uma frente de concretagem, prever a não interferência entre elas;
- colocação das taliscas ou mestras metálicas para definição do nível superior das lajes, de modo a permitir que se obtenham as espessuras e as elevações (cotas) especificadas no projeto;

- possibilitar o caminhamento adequado das jericas e/ou carrinhos de mão (se foi esta a opção de transporte horizontal escolhida);
- planejar para que o caminhamento da concretagem não obrigue o retorno de operários às áreas já concretadas;
- possibilitar a perfeita descida de pessoal e equipamentos;
- evitar a formação de juntas frias.

2º) Verificações das fôrmas e escoramentos

Quanto às fôrmas e escoramentos, devem ser verificados cuidadosamente os seguintes parâmetros:

- eficácia do escoramento, verificando sua capacidade de suporte (espaçamentos, diâmetros, encunhamentos, apoios, etc.);
- exatidão das dimensões e geometria das peças a serem concretadas;
- posicionamento correto das fôrmas: alinhamento, prumo e nivelamento;
- limpeza das formas (principalmente nos pés de pilares);
- necessidade de aplicação de desmoldantes;
- verificar a estanqueidade. As fôrmas de madeira devem ser molhadas antes da concretagem para evitar a absorção da água de amassamento e, com a molhagem, as fôrmas dilatam fechando as juntas e fendas, melhorando a estanqueidade;
- verificar prazos estabelecidos para retirada das fôrmas e escoramentos;
- remoção correta dos escoramentos (obedecer rigorosamente ao plano de retirada das escoras, principalmente nos balanços).

3º) Verificações das armaduras

As armaduras, antes da concretagem, devem ser verificadas quanto aos seguintes parâmetros:

- conferência da exatidão das quantidades e bitolas (diâmetros);
- posicionamento e espaçamento corretos das barras conforme projeto;

- verificar as amarrações dos ferros para garantia do correto posicionamento;
- verificar afastamento da armadura em relação às faces das fôrmas para possibilitar o correto cobrimento das barras pelo concreto (o que deverá ser garantido pela utilização de pastilhas, espaçadores, caranguejos);
- verificar pontos de concentração de armaduras que dificultam a concretagem;
- verificar o posicionamento correto dos ferros negativos que tendem a se deslocar devido ao trânsito de operários e carrinhos de mão, por cima deles, durante as operações de concretagem.

4º) Verificações quanto a instalações ou peças embutidas

As instalações que ficarão embutidas no concreto, devem ser cuidadosamente conferidas, atentando-se para os seguintes parâmetros:

- exatidão do posicionamento, caminhamento, diâmetros, dimensões, conexões;
- verificar a vedação para evitar a penetração de concreto;
- zelar pela proteção quanto a obstruções por concreto ou estrangulamento de tubos flexíveis.

11 ADENSAMENTO DO CONCRETO

O adensamento, ou vibração, tem como objetivo obrigar o concreto a preencher os vazios formados durante a operação de lançamento, eliminando as locas e retirando o ar aprisionado.

Os processos de adensamento podem ser manuais e mecânicos.

O adensamento manual é o modo mais simples e antigo e consiste em facilitar a colocação do concreto na forma mediante golpes na massa com uma

haste (vergalhão) no caso de pilares e vigas, ou por apiloamento da superfície com soquetes no caso de lajes.

O adensamento mecânico usualmente é feito com vibradores de imersão e apresenta várias vantagens sobre o adensamento manual: aumento da compacidade, aumento da resistência, maior homogeneidade, economia de cimento e mão-de-obra, diminuição da retração, redução da permeabilidade e aumento da durabilidade.

Apesar de todas estas vantagens, o excesso de vibração (uma das causas da segregação) ou a consistência não adequada da mistura podem levar a concretos de péssima qualidade. Para a utilização de vibradores, a consistência do concreto deve ser, logicamente, menos plástica do que a consistência para vibração manual.

Para se evitar o excesso de vibração, ela deve ser paralisada quando o operador observar na superfície do concreto o surgimento de uma película de água e o término da formação de bolhas de ar. A formação dessas bolhas era intensa no início da vibração, mas decresce progressivamente até quase se anular. Durante o adensamento deve-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, prejudicando a aderência da armadura ao concreto.

É melhor vibrar por períodos curtos em pontos próximos que vibrar por muito tempo em pontos distantes.

Uma boa técnica consiste no treinamento de um operário para a execução desta tarefa.

A Figura 8.8 mostra operário executando o adensamento do concreto por intermédio de vibrador.



FIGURA 8.8 - Adensamento do concreto por meio de vibrador.

A norma NBR 6118 faz as seguintes recomendações quanto ao adensamento de concreto:

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado ou socado contínua e energeticamente com equipamento adequado a trabalhabilidade do concreto. O adensamento deverá ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da forma. Durante o adensamento deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; dever-se-á evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios a seu redor, com prejuízo da aderência. No adensamento manual as camadas de concreto não deverão exceder 20 cm. Quando se utilizarem vibradores de imersão a espessura da camada deverá ser aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha; se não se puder atender a esta exigência não deverá ser empregado vibrador de imersão (ABNT, 1978).

12 CURA DO CONCRETO

Logo após a concretagem, procedimentos devem ser adotados, com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. A este conjunto de procedimentos dá-se o nome de “cura” do concreto.

A cura, além de promover e proteger a perfeita hidratação do cimento, evita também o aparecimento de fissuras devido à retração.

Na obra, a cura do concreto pode ser feita pelos seguintes métodos:

- a) manutenção das superfícies do concreto constantemente úmidas, por meio de irrigação periódica (ou até mesmo por inundação do concreto), após a pega;
- b) recobrimento das superfícies com sacos de aniagem, areia, palha, sacos de cimento mantidos constantemente úmidos;
- c) aplicação de aditivos (agente de cura).

A norma NBR 6118 faz as seguintes recomendações quanto à cura do concreto:

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deverá ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agente químico, bem como contra choques e vibrações de intensidade tal que possa produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à armadura. A proteção contra a secagem prematura, pelo menos durante os 7 primeiros dias após o lançamento do concreto, aumentado este mínimo quando a natureza do cimento o exigir, poderá ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-se com uma película impermeável. O endurecimento do concreto poderá ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem (ABNT, 1978).

Todo processo de cura deve ser contínuo, evitando-se processos intermitentes.

Quanto mais perfeita e demorada for a cura do concreto, tão melhores serão suas características de resistência, de impermeabilidade de durabilidade e outras mais (Tango, 2003). Para uma boa garantia contra o aparecimento de fissuras na estrutura, recomenda-se a realização da cura até os 14 dias após o lançamento do concreto.

Neste contexto, Tango (2003) recomenda períodos mínimos de cura de uma semana para concretos com cimentos CP-I, CP-II, CP-V ARI e CPB, e de dez dias para cimentos CP-III e CP-IV. Estes períodos mínimos devem ser aumentados de uns 50% quando o ambiente apresentar condições severas de secagem (baixa umidade relativa, vento ou insolação direta).

Os cuidados adotados na etapa da cura podem fazer toda a diferença entre uma estrutura de concreto durável e uma estrutura que irá se deteriorar muito rapidamente.

13 RETIRADA DAS FÔRMAS E DO ESCORAMENTO

Quanto à retirada das fôrmas e do escoramento, a norma NBR 6118 faz as seguintes recomendações:

A retirada das formas e do escoramento só poderá ser feita quando o concreto se achar suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o valor baixo de E_c e a maior probabilidade de grande deformação lenta quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Se não for demonstrado o atendimento das condições acima e não se tendo usado cimento de alta resistência inicial ou processo que acelere o endurecimento, a retirada das formas e do escoramento não deverá dar-se antes dos seguintes prazos:

- faces laterais: 3 dias;

- faces inferiores, deixando-se pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados: 14 dias;
- faces inferiores, sem pontaletes: 21 dias.

Precauções:

A retirada do escoramento e das formas deverá ser efetuada sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo da estrutura (ABNT, 1978).

Os prazos estabelecidos pela norma estão sendo reduzidos em função da utilização de aditivos na mistura dos concretos.

Segundo Souza & Ripper (1998), o programa para a retirada do escoramento e das fôrmas deve levar em consideração o comportamento estático da estrutura. Assim, no caso de balanços, as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste. Nos grandes vãos, as escoras devem ser retiradas do centro para os apoios. Ou seja, a estrutura deve ser colocada em trabalho gradativamente, nas condições de estabilidade propostas na concepção do projeto estrutural.

14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de estruturas de concreto com qualidade exige, além de criteriosos cuidados na fase de concepção (projeto) e na escolha dos materiais componentes, especial atenção em todas as etapas de execução.

A recuperação de estruturas de concreto mal construídas exige serviços meticulosos, demorados e caros.

Ao se estudar as causas das patologias originárias da fase executiva verifica-se que, geralmente, elas surgiram por negligência e descuidos nas etapas do manuseio do concreto. Nesta fase, as patologias têm origem ligada à pouca capacitação dos profissionais envolvidos, baixa qualidade dos materiais e

componentes empregados, deficiências na confecção de fôrmas e escoramento e no posicionamento de armaduras. O concreto, por ser tão conhecido pelos operários menos qualificados, às vezes tem seu controle relegado, por suposição errônea de que aqueles que o produzem também o conhecem.

Muitas vezes, apenas com a aplicação de técnicas construtivas bastante simples, esta situação geradora de patologias no concreto poderia ser evitada. Nesse contexto, procedimentos da correta técnica de construção devem ser observados, iniciando por uma boa organização da praça de trabalho, executando eficazmente todas etapas executivas até a retirada de fôrmas e escoramentos.

Dessa forma, empregando-se eficientemente as boas técnicas construtivas nas obras, as possibilidades de patologias futuras serão minimizadas.

Para complementar o tema dosagem de concretos, na Figura 8.9 são apresentados, de forma esquemática, os elementos que devem ser considerados nos procedimentos de dosagem.

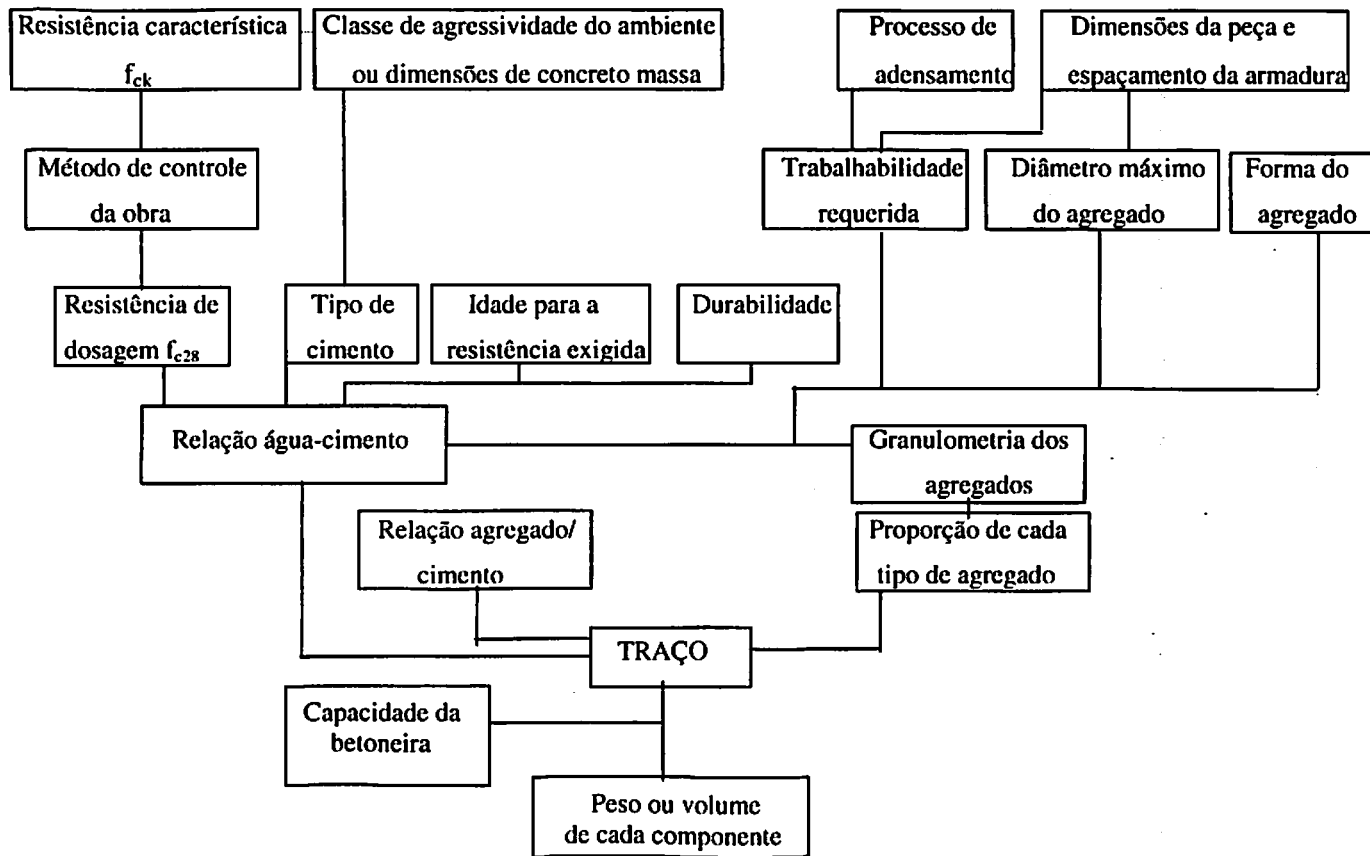


FIGURA 8.9 - Principais elementos a serem considerados na dosagem de concretos – Fonte: Neville, 1982.

CAPÍTULO 9

O CONCRETO EM CONSTRUÇÕES AGROINDUSTRIAIS

1 RESUMO

O presente capítulo trata do material concreto para aplicações no meio rural. Para atender às demandas verificadas nos levantamentos realizados no desenvolver da pesquisa são apresentados: alguns traços de concretos para aplicações diversas, técnicas construtivas para execução de pisos de concreto e recomendações para obtenção de concretos impermeáveis.

2 ABSTRACT

This chapter is about concrete and its application in the rural area. To fulfill the demands verified in the surveys some concrete blends for different applications; constructive techniques for the execution of concrete floors; recommendations on obtainment of impermeable concrete are presented.

3 INTRODUÇÃO

Uma vez, tendo sido apresentado o material concreto, os seus componentes, as tendências atuais impostas pelas revisões de normas e as técnicas construtivas disponíveis, procurar-se-á mostrar as suas aplicações no meio rural, onde cada vez mais vem sendo muito empregado, devido às suas excelentes qualidades.

Sempre é importante lembrar que é fundamental estabelecer as características do meio no qual o concreto estará inserido, para se obter a otimização da aplicação do material (Santos & Savage, 2003a).

4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

É indiscutível que o concreto é um excelente material de construção. Utilizado desde épocas antiguíssimas, continua, décadas após décadas, a incorporar novas tecnologias. Suas propriedades são exploradas em toda a potencialidade e sua utilização é cada vez mais ampliada nas mais variadas aplicações.

É um material de fácil execução, não exigindo ferramentas ou equipamentos sofisticados e nem mão-de-obra muito qualificada. Aliada a esta qualidade ainda tem a vantagem de possuir como componentes materiais freqüentemente disponíveis no local da obra, principalmente no meio rural.

É caracterizado como um material de excelentes propriedades, como altas resistências mecânicas, grande durabilidade, baixas conservação e manutenção, agradável efeito estético, boa resistência a agentes agressivos, resistência a impactos e a ações dinâmicas e, por ter característica de monoliticidade, apresenta boas condições de assepsia e higiene, além de várias outras excelentes qualidades.

Quando comparado com outros materiais, como a madeira e o aço, grandes vantagens na utilização do concreto são evidenciadas. Devido à escassez da madeira, sua utilização está sofrendo sérias restrições. Além dessas restrições, a construção em madeira exige mão-de-obra mais qualificada, exige maiores cuidados na manutenção e conservação para garantir a durabilidade e pode ser mais frágil que o concreto à ação de determinados agentes agressivos.

Da mesma forma, as construções em estruturas metálicas exigem mão-de-obra mais especializada, ferramentas e equipamentos muitas vezes não disponíveis no meio rural, exigem maiores cuidados na manutenção e conservação e são grandemente frágeis à ação de incêndios e de corrosão.

Em função dessas considerações, o "concreto" é o material indicado, por excelência, para as construções agroindustriais, nas quais vem, cada vez mais,

sendo empregado em inúmeras aplicações: fundações, cintas, pilares, vigas, lajes, reservatórios, pisos diversos (estábulo, terreiros para secagem de produtos agrícolas, pocilgas, aviários, etc.), pavimentações, canais, bueiros, represas, cochos (Figura 9.1), bebedouros (Figura 9.2), tronco de contenção para bovinos (Figura 9.3), mata-burro (Figura 9.4), pontes, currais (Figuras 9.5 e 9.6), elementos estruturais em galpões (Figuras 9.7, 9.8 e 9.9), base para silos (Figura 9.10), silos, mourões de cercas, instalações diversas como laticínios, matadouros, frigoríficos, usinas de beneficiamento de grãos, etc. Enfim, as possibilidades de aplicações são inúmeras fazendo do concreto um material de uso consagrado nas construções agroindustriais.



FIGURA 9.1 - Cocho pré-fabricado em concreto para confinamento de bovinos.

Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.



FIGURA 9.2 - Bebedouro em concreto (1200 litros).

Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.

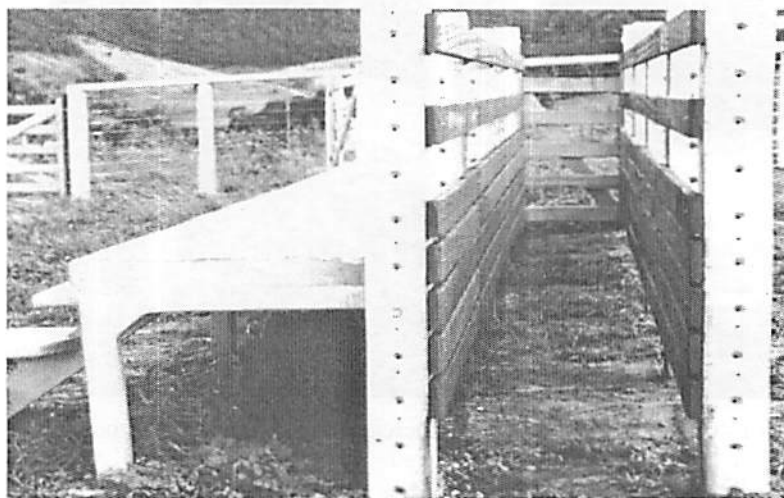


FIGURA 9.3 - Tronco de contenção para bovinos e plataforma em concreto.

Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.

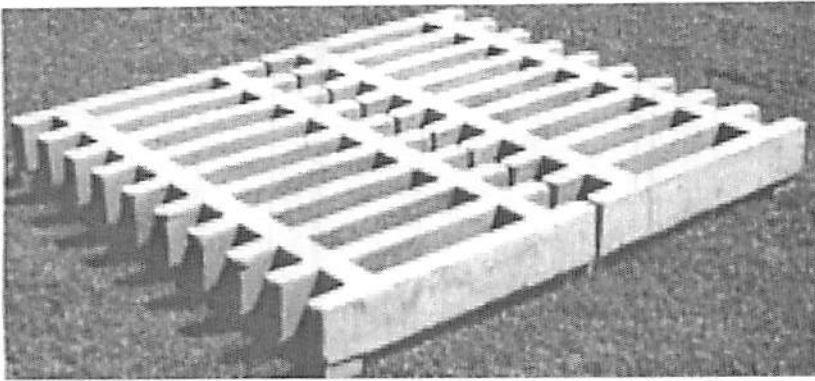


FIGURA 9.4 - Mata-burro em concreto.

Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.

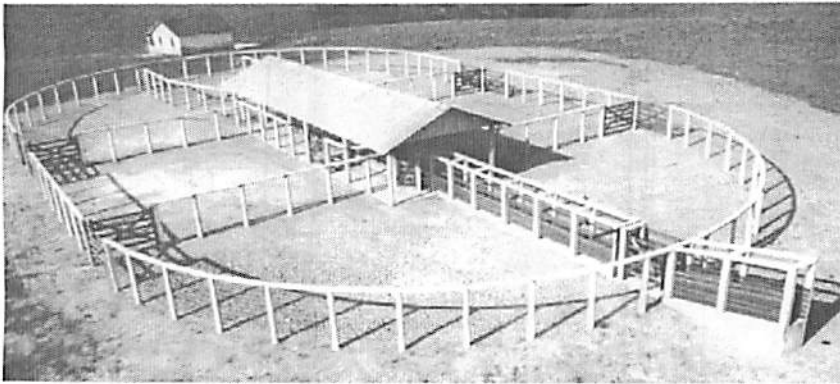


FIGURA 9.5 - Curral para manejo para bovinos com utilização de elementos pré-fabricados em concreto.

Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.



FIGURA 9.6 - Curral para manejo de bovinos com utilização de elementos pré-fabricados em concreto. Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.



FIGURA 9.7 - Galpão para confinamento: piso, cochos e pilares em concreto. Fonte: Cochos e Currais Itabira, 2004.



FIGURA 9.8 - Galpão com estrutura de pré-fabricados em concreto.

Fonte: Teixeira, V. H., 2003.

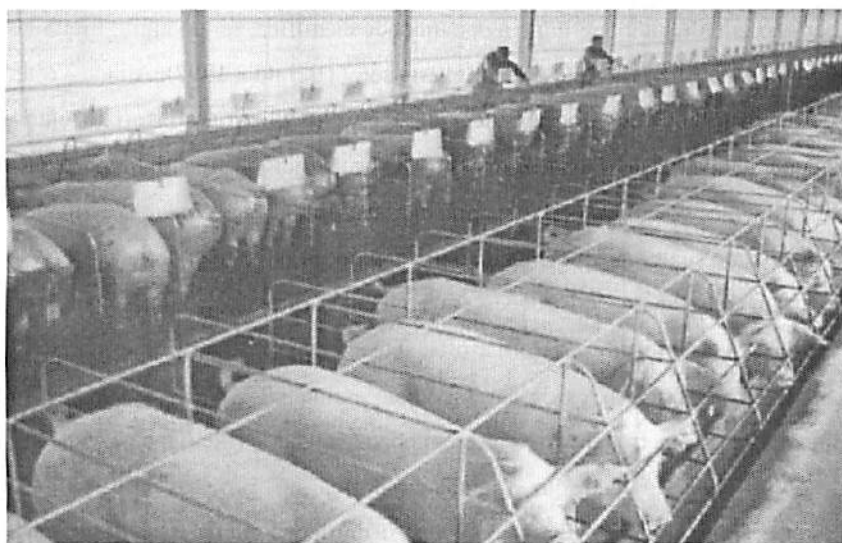


FIGURA 9.9 - Suinocultura (piso, cocho e pilares em concreto).

Fonte: Teixeira, V. H., 2003.



FIGURA 9.10 - Base em concreto para silo graneleiro.
Fonte: Teixeira, V. H., 2003.

Apesar das tantas utilizações do material concreto no meio rural, o tema “construções rurais” é um setor da engenharia que infelizmente não tem despertado grande interesse junto à comunidade científica, sendo muito limitada a quantidade de pesquisas que priorizam este setor (Beraldo, 1997). Aliada a este fato, a maioria das normas técnicas e das bibliografias existentes sistematicamente trata o concreto como um material destinado quase que exclusivamente a aplicações em grandes estruturas de concreto armado, negligenciando sua grande potencialidade no meio rural.

Ao se tratar de construções em ambientes rurais, as obras devem ser previamente classificadas, conforme o estabelecido na revisão da norma NBR 6618 da ABNT, em classes de agressividade ambiental (CCA) para posterior definições de parâmetros diversos a serem obedecidos no projeto e na execução.

Verifica-se também que a tendência normal dos projetos de estruturas, até agora, era a obtenção da “segurança” e da “economia”. Este tradicional conceito de estabilidade das Estruturas vem sendo revisado ultimamente. Está

sendo cada vez mais incorporado ao conceito de estabilidade o critério da durabilidade (Souza & Ripper, 1998). Diante deste contexto, nota-se um sensível aprimoramento das normas relacionadas às estruturas de concreto, nacionais e estrangeiras (Santos & Savage, 2003a), entre elas a revisão da norma brasileira NBR 6118 (tema tratado no capítulo 6).

Outra situação preocupante é que, em função de todas as boas características que o concreto possui, geralmente são verificadas várias negligências na aplicação deste material. É surpreendente que concretos obtidos com os mesmos componentes, em qualidade e quantidade, podem apresentar características tão distintas. Pode-se obter, com os mesmos componentes “bons” e “maus” concretos, sendo apenas o conhecimento da tecnologia o responsável pela diferença. Com as inovações tecnológicas atuais, é indispensável que as antigas técnicas de manuseio de concretos, passadas de geração a geração, sejam revistas.

5 APLICAÇÕES DO CONCRETO NO MEIO RURAL: DADOS LEVANTADOS

Visando direcionar o tema, providências foram tomadas no sentido de se obter com os usuários do material concreto, informações sobre a utilização no meio rural. Para tal foram preparados e distribuídos questionários sobre o emprego do concreto e realizadas visitas técnicas a agroindústrias e propriedades rurais para levantamento de dados diversos, por meio de entrevistas e registros em fotografias.

O formulário (Tabela 9.1) foi elaborado visando se obter dos proprietários, informações sobre as principais aplicações do material concreto, sobre as dificuldades encontradas no seu emprego, sobre os materiais componentes utilizados e sobre os tipos de patologias verificadas.

TABELA 9.1 - Questionário elaborado para levantamento de dados.

QUESTIONÁRIO:

“Tecnologia e Qualidade do Material Concreto em Construções Agroindustriais”

1. Identificação:
Local: Município:
Responsável pelo preenchimento:
Telefone para contato: (...)-.....

2. Utilizações do material “CONCRETO”:

a. Indique os locais em suas instalações onde normalmente é utilizado o material “concreto”:
.....

b. Nestes locais são verificados problemas com o “concreto”?
Sim: Não:

c. Quais são os maiores problemas encontrados? Desgaste: | Quebra de piso |
Deterioração | Umidade | Vazamentos | Brocas | Trincas |
Outros (especifique os problemas que mais trazem transtornos):
.....

d. Com que materiais é feito o concreto utilizado em suas instalações?
Cimento | Areia | Britas | Cascalho ciclópico | Muafa |
Outros materiais da região:
.....

e. Você sabe os traços (dosagens) utilizados nos locais citados? Sim | Não |
Traços:
.....

f. Você tem conhecimento da utilização de algum “aditivo” na mistura do concreto?
Sim | Não | Qual aditivo?

g. Quais as indicações técnicas que você gostaria de receber para a utilização do material concreto em suas instalações?
.....

3. Devolução do formulário:
O correto preenchimento do formulário é de grande importância para o desenvolvimento de um Manual Técnico sobre a utilização do material “concreto” em instalações agroindustriais. Após o preenchimento favor informar-nos pelos telefones e/ou endereços abaixo que encarregaremos de pegar as informações prestadas.

Prof. Eng. Civil Tarley Ferreira de Souza Junior
Departamento de Engenharia – Universidade Federal de Lavras
Fones: UFLA (35)3829-1481, 3829-1484 Fax 3829-1482
(35)3821-3058 (residência) Fax: (35)3821-3926
MUITO OBRIGADO!

Observação: Se necessário utilize o verso da folha.

Este tipo de pesquisa realizada pode ser classificada como não probabilística, ou seja, que confia no julgamento pessoal do pesquisador e não na chance de selecionar os elementos amostrais, que quer dizer que as estimativas obtidas não são estatisticamente projetáveis sobre a população, não utilizando seleção aleatória.

6 SITUAÇÕES VERIFICADAS NA APLICAÇÃO DO CONCRETO

Após a coleta e a análise das informações obtidas, são evidenciados os seguintes aspectos:

1. o concreto realmente é empregado nos mais diversos tipos de obras no meio rural;
2. maiores problemas e patologias mais frequentes verificadas no emprego do concreto estão relacionadas com quebras de pisos, umidades e vazamentos;
3. os materiais componentes (agregados) mais utilizados na confecção de concretos são as britas e areias;
4. caracteriza-se de forma intensa o não conhecimento sobre alternativas de utilização de aditivos no concreto;
5. as solicitações de indicações técnicas para o correto emprego do concreto se referem a: tipos de aditivos disponíveis, traços de concreto para distintas aplicações, construção de pisos diversos, prevenção de vazamentos e umidades, correta maneira de aplicação do concreto.

Mediante as constatações evidenciadas, propõe-se:

1. quanto à utilização de aditivos em concretos, o item 7 do capítulo 2, trata do assunto e mais alguns detalhes serão acrescentados a seguir (concretos impermeáveis);

2. quanto à correta maneira de aplicação do concreto, os capítulos anteriores, especialmente o capítulo 8 (onde são apresentadas as técnicas de construção), atendem a esta necessidade;
3. as indicações técnicas solicitadas e ainda não atendidas serão tratadas nos próximos itens: traços de concretos, execução de pisos em concreto, concretos impermeáveis. Dessa forma, acredita-se que completa-se a contribuição do presente trabalho à tecnologia e qualidade do material concreto em construções agroindustriais.

7 TRAÇOS DE CONCRETOS

Reportando-se ao item 6 do capítulo 8 (dosagem do concreto), verifica-se que o principal objetivo da dosagem consiste em encontrar a mistura mais econômica para a obtenção de um concreto com todas características capazes de atender às condições de resistência e de durabilidade, às condições de serviço que a obra requer, utilizando-se os materiais e equipamentos disponíveis. O resultado final de um processo de dosagem será a fixação do traço do concreto.

Entende-se por traço do concreto, a forma de exprimir as proporções entre os materiais componentes, podendo ser indicado pelas proporções em peso ou em volume. De forma geral, os materiais são medidos em volume, pois se torna impraticável a medição em peso nas obras comuns (usuais), sendo o cimento frequentemente medido em peso. Em qualquer alternativa, toma-se sempre o cimento como unidade e relacionam-se as demais quantidades à quantidade de cimento.

A unidade sempre se refere ao cimento, o segundo número se refere à quantidade de areia e o terceiro número do traço se refere à quantidade de britas. Apesar de quase sempre ser negligenciada, a relação água-cimento, que é a

proporção em peso da quantidade de água pela quantidade de cimento deve complementar a especificação do traço.

A correta especificação de um traço de concreto deverá ser feita da seguinte forma:

Traço do concreto (em volume) \longrightarrow 1 : 2 : 3, relação água-cimento: $x = 0,48$.

Para uma mistura deste concreto utilizando-se 1 saco de cimento (que tem 50 kg ou 35,3 litros), ter-se-ia:

- volume de cimento = 1 saco = 35,3 litros;

- volume de areia = $2 \times 35,3 \text{ l} = 70,6$ litros;

- volume de britas = $3 \times 35,3 \text{ l} = 105,9$ litros;

- volume de água \longrightarrow $x = 0,48 = \text{massa de água} / \text{massa de cimento}$

$$0,48 = \text{massa de água} / 50 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{massa de água} = 0,48 \times 50 = 24 \text{ kg ou } 24 \text{ litros de água.}$$

Ainda reportando ao item 6 do capítulo 8 (dosagem do concreto), a determinação do traço de um concreto depende da análise de muitos fatores e, para ser definido, pode ser utilizado o método da dosagem não experimental ou o método da dosagem experimental. Tecnicamente é mais correto a fixação do traço do concreto pelos métodos existentes para a dosagem experimental. Entretanto, como acontece no meio rural, muitas obras são executadas em locais distantes de laboratórios de tecnologia de concreto, inviabilizando a dosagem experimental. Dessa forma, é muito comum a utilização das tabelas de traços de concretos.

Apresenta-se, a seguir, a Tabela 9.2 de traços de concretos e a Tabela 9.3 com indicações de utilizações dos concretos. Os dados constantes na Tabela 9.2 foram obtidos experimentalmente, em laboratório, por Caldas Branco (1967). As dimensões das padiolas foram revisadas para facilitar o manuseio nas obras.

TABELA 9.2 - Traços de concretos

Traços em volume	Resistência à compressão prováveis (MPa)			Fator água-cimento		Consumo por m ³ de concreto							ÁGUA (litro)	Alturas das padiolas (cm)			Número de padiolas			Rendimento por saco de cimento (litro)
	3 dias	7 dias	28 dias	litro/quilo	litro/saco	kg	saco	litro	seca	úmida	n° 1	n° 2		Areia úmida	Brita 1	Brita 2	Areia	Brita 1	Brita 2	
									litro	litro	litro	litro								
1: 1: 2	22,8	30,0	40,0	0,44	22	514	10,3	363	363	465	363	363	226	32,2	25,2	25,2	1	1	1	97,2
1: 1,5: 3	18,8	25,4	35,0	0,49	24,5	387	7,7	273	409	524	409	409	189	24,2	37,8	37,8	2	1	1	129,2
1: 2: 2,5	14,8	20,8	29,8	0,55	27,5	374	7,5	264	528	676	330	330	206	32,2	31,6	31,6	2	1	1	133,2
1: 2: 3	11,7	17,2	25,4	0,61	30,5	344	6,9	243	486	622	364	364	210	32,2	37,8	37,8	2	1	1	145,5
1: 2,5: 3	10,0	15,0	22,8	0,65	32,5	319	6,4	225	562	719	337	337	207	26,9	37,8	37,8	3	1	1	157,9
1: 2: 4	9,0	13,7	21,0	0,68	34,0	297	5,9	210	420	538	420	420	202	32,2	25,2	25,2	2	2	2	168,3
1:2,5: 3,5	8,0	12,3	19,5	0,71	35,5	293	5,9	207	517	662	362	362	208	26,9	22,1	22,1	3	2	2	170,6
1: 2,5: 4	7,4	11,4	18,5	0,73	36,5	276	5,5	195	487	623	390	390	201	26,9	25,2	25,2	3	2	2	181,2
1: 2,5: 5	5,8	9,4	15,7	0,79	39,5	246	4,9	174	435	557	435	435	195	26,9	31,5	31,5	3	2	2	203,3
1: 3: 5	4,0	7,0	12,4	0,88	44,0	229	4,6	162	486	622	405	405	202	32,2	31,5	31,5	3	2	2	218,1
1: 3: 6	3,0	5,4	10,0	0,95	47,5	208	4,2	147	441	564	441	441	198	32,2	37,8	37,8	3	2	2	240,9
1: 4: 8	-	-	-	1,20	60,0	161	3,2	114	456	584	456	456	194	32,2	33,6	33,6	4	3	3	312,5

Fonte: Caldas Branco, 1967. (Tabela adaptada - dimensões da boca das padiolas: Souza Junior, 2003).

Observações quanto à Tabela 9.2:

1. as padiolas têm boca com dimensões de 35 cm x 40 cm;
2. considerou-se areia com umidade de 3% e inchamento de 28%;
3. considerou-se a utilização de 50% de brita 1 e 50% de brita 2 para facilitar o manuseio na obra, entretanto esta proporção pode ser alterada em função das características das peças a serem concretadas.

TABELA 9.3 - Traços de concretos e indicações de aplicações

Traços de concretos (em volume)	Aplicações
1: 1: 2 1: 1,5: 3 1: 2: 2,5	Concretos com boa impermeabilidade, pouca trabalhabilidade, indicado para obras submersas.
1: 2: 3	
1: 2,5: 3	
1: 2: 4	Concretos impermeáveis (reservatórios), sujeitos à ação do tempo e ao desgaste, trabalhabilidade média.
1: 2,5: 3,5	Concretos impermeáveis (reservatórios), sujeitos à ação do tempo e ao desgaste, boa trabalhabilidade, estruturas de um modo geral.
1: 2,5: 4 1: 2,5: 1: 3: 5* 1: 3: 6	Concretos com teor mínimo de cimento especificado pela NB 1 para dosagem não experimental (300 kg/m ³).
1: 4: 8	Concretos com ótima trabalhabilidade, liso, bom aspecto, indicado para concreto aparente.
1: 4: 8	Obras de concreto simples (não armado): muro de arrimo, fundações em blocos, alicerces.
1: 4: 8	Concreto magro, bases preparatórias, enchimento.

Fonte: Silva, 1975; Botelho, 1986; Souza Junior, 2003.

* O concreto 1: 3: 5 com adição de 30% a 40% de pedra de mão é muito utilizado em substituição à alvenaria de pedra argamassada, sendo indicado para alicerces, baldrame, muros de arrimo de gravidade, etc.

8 PISOS DE CONCRETOS

Pisos e pavimentações de concreto são utilizados para as mais diversas finalidades: estacionamentos, armazéns, postos de gasolina, aeroportos, quadras esportivas, indústrias, pátios de carga e descarga, portos, rodovias e, no meio rural, são utilizados em terreiros, pisos de oficinas, depósitos, tulhas, garagens, pocilgas, aviários, estábulos, e outras instalações diversas.

Em todas as aplicações, o construtor deve preocupar-se com desempenho, custo e durabilidade. A grande durabilidade e a pequena necessidade de manutenção são fundamentais (Rodrigues & Pitta, [200-?]).

Dessa forma, os pisos devem ser projetados e construídos com tecnologia e materiais adequados para que tenham resistência suficiente para suportar os esforços físicos e químicos a que estarão expostos.

Para o projeto e dimensionamento de pisos de concreto, o profissional dispõe de vários métodos de cálculo (Rodrigues & Cassaro, 2002) existindo também softwares baseados no Método dos Elementos Finitos que possibilitam a computação rápida e precisa de tensões e deformações e a análise de diferentes alternativas de projeto (Pitta, 1999).

De forma geral, os pisos de concreto são constituídos dos elementos constituintes mostrados na Figura 9.11 e são sequencialmente abordados neste capítulo.

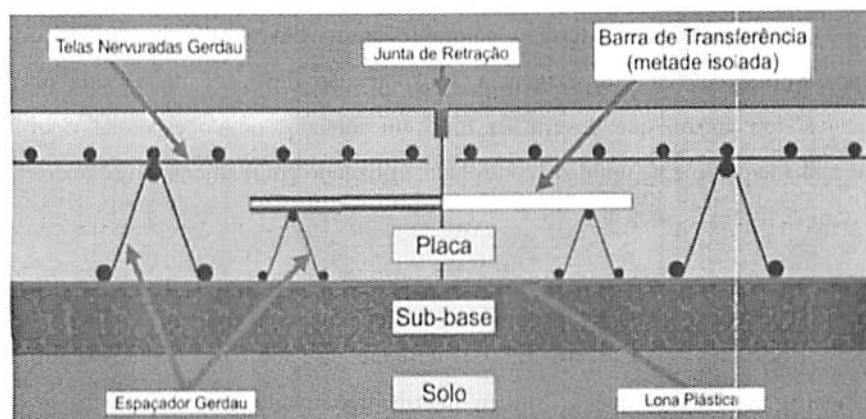


FIGURA 9.11 – Seção típica de um piso de concreto armado com tela soldada e barra de transferência

Fonte: Gerdau, 2004.

Os elementos que constituem o conjunto: solo (ou subleito), sub-base, lona plástica, placa (ou piso), tela soldada e barra de transferência, serão tratados a seguir.

8.1 Análise do solo

A análise do solo é fundamental para definições a serem tomadas no projeto do piso. Solos com boa resistência mecânica reduzem os custos de execução do piso e evitam recalques no futuro.

Terrenos muito deformáveis podem ser reforçados com solo compactado e o piso deverá, neste caso, possuir um número maior de placas e juntas para permitir as movimentações (Sayegh, 2002b).

Devem ser também verificadas a existência e a profundidade do lençol freático, que terá influência direta no projeto da sub-base (Rodrigues & Cassaro, 2002).

A transição entre terreno natural e aterro deve ser evitada. Sendo impossível atender a esta exigência, toda atenção deve ser dispensada na execução do aterro, que deverá ser feito em camadas pouco espessas, com material adequado e na umidade controlada, utilizando equipamentos mecânicos de compactação.

8.2 Sub-base

Rodrigues & Cassaro (2002) definem as sub-bases como sendo elementos estruturais, que se situam intermediariamente entre as placas de concreto e o subleito, formado pelo terreno natural ou por solo trocado, devidamente compactado e são de importância primordial para o desempenho do piso.

A sub-base somente será dispensada nos casos em que ocorra a concomitância entre: baixas solicitações de cargas, subleito homogêneo, com boa capacidade de suporte e com ausência de material fino plástico, e clima seco (Rodrigues & Cassaro, 2002).

Rodrigues & Cassaro (2002) descrevem vários pavimentos construídos sem sub-base, cujo comportamento, mesmo após 30 anos de serviço, apresentava-se excelente e no qual o subleito apresentava um único horizonte de solo, sendo naturalmente uniforme. Quando surgiam defeitos, estes se limitavam aos trechos de transição entre corte e aterro ou, quando o solo não apresentava comportamento mecânico uniforme.

8.2.1 Funções da sub-base

Pitta (1999) define as três funções fundamentais das sub-bases:

1ª) Eliminar a possibilidade da ocorrência do bombeamento de solos finos plásticos.

O processo do bombeamento, ou “*pumping*”, consiste na expulsão dos finos plásticos de um solo através das juntas, bordas ou trincas de um piso (Rodrigues & Cassaro, 2002). Este fenômeno diminui intensamente a capacidade de suporte do subleito, levando, muitas vezes, à ruptura da placa por efeito de tensões de tração na flexão do piso.

2ª) Evitar variações excessivas do material do subleito.

O subleito formado por solos expansivos pode, em presença ou na ausência de água, sofrer fenômenos de expansão ou retração. Estas variações volumétricas acarretam a desuniformidade da capacidade suporte do subleito provocando deformações na placa, podendo levar à ruptura do piso.

3ª) Uniformizar o comportamento mecânico do subleito.

A sub-base, além de uniformizar o comportamento mecânico do subleito, aumenta a resistência do conjunto.

8.2.2 Tipos de sub-base

As sub-bases para pavimentos ou pisos de concreto são classificadas em duas categorias: *sub-bases granuladas* e *sub-bases estabilizadas*.

Para serem econômicas, as sub-bases granulares devem ser compostas com, no máximo, três materiais: pedregulho ou pedra britada; areia; e silte e areia. O ideal seria obter a granulometria adequada com apenas dois materiais (Rodrigues & Cassaro, 2002).

As sub-bases estabilizadas, tratadas com cimento, podem ser dos tipos solo-cimento, brita graduada com cimento e concreto compactado com rolo (CCR).

A sub-base com brita tratada com cimento pode ser feita com 10 cm de espessura e ser composta de 40% de brita 1, 40% de brita 2, 20% de areia fina e 6% em peso de cimento, sendo posteriormente umedecido e compactado (Gerdau, 2004).

O CCR pode ser definido como um concreto de consistência seca, com consumo de cimento geralmente inferior a 150 kgf/m^3 e que, no estado fresco, permite ser misturado, transportado, lançado e adensado com rolos compactadores vibratórios. É um material também muito utilizado na construção de barragens.

É importante que tanto o subleito como a sub-base já contemplem as declividades porventura necessárias do piso acabado, gerando economia na espessura das placas, que são mais caras.

8.2.3 Isolamento da placa e da sub-base

Segundo Rodrigues & Cassaro (2002), existem vários inconvenientes no lançamento do concreto diretamente sobre a sub-base:

- a) perda de material fino e água do concreto para a sub-base, gerando fissuras de retração plástica na face inferior da placa;
- b) colmatação da sub-base, diminuindo sua eficiência como dreno;
- c) acréscimo no coeficiente de atrito entre a sub-base e a placa, ocasionando um incremento nas tensões devido à restrição dos movimentos.

Por estas razões, é necessário o isolamento entre os dois elementos, o que pode ser conseguido com uma imprimação asfáltica ou com a colocação de um filme plástico, como as lonas pretas, sendo estas mais indicadas pela sua praticidade e eficiência.

8.3 Tipos de pisos em concreto

Os pisos podem ser executados com concreto simples, concreto armado, concreto com fibras, concreto de alto desempenho (CAD) e concreto protendido.

A escolha do piso adequado para determinada finalidade envolve uma série de fatores determinantes. É fundamental conhecer as atividades que serão

desenvolvidas sobre a área do piso, as condições de tráfego, a armazenagem e o transporte de produtos, as condições de exposição em relação à agressividade do ambiente, a perfeita determinação de cargas atuantes e as condições de capacidade suporte do subleito. Enfim, não é tarefa fácil levantar todos os elementos para a correta escolha do tipo e para o início do projeto.

Os pisos de concreto mais comumente usados são (Pitta, 1999; Sayegh, 2002b):

- 1) **Piso de concreto simples:** piso executado com concreto sem qualquer tipo de adições ou armadura. Em geral, deve ser executado sobre solos de excelente capacidade de reação. É dividido em placas relativamente curtas, de até 5 m de comprimento, tendo grande número de juntas. A espessura varia entre 10 a 20 cm. A Terceira Perimetral, de Porto Alegre, foi executada com pavimento de concreto simples, com espessura entre 18 a 22 cm, com barras de transferência, e em alguns trechos, foram usadas fibras de polipropileno (para reduzir fissuras) em dosagem de 0,6 kg/m³ de concreto (Antunes, 2003). Uma norma da ABNT que trata de pavimento de concreto é a NBR 7583:1986 – Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico.
- 2) **Piso de concreto armado.** Neste caso, o piso pode possuir dois tipos de armadura: a) *armadura estrutural* – quando esta resiste aos esforços solicitantes oriundos de cargas móveis ou estáticas e são colocadas na parte inferior da placa para combater as tensões de tração na flexão; b) *armadura de distribuição* – quando sua função é combater fissuras de retração do concreto (auxiliando também na flexão) e são colocadas na parte superior da placa. São muito utilizadas as telas soldadas para esta finalidade. Em algumas situações (cargas elevadas, solo pouco resistente) o piso pode ter as duas armaduras. É possível conseguir placas de até 30 m de comprimento.

- 3) **Piso de concreto reforçado com fibras:** o concreto recebe adição de fibras (fibras sintéticas ou de aço) que conferem maior ductilidade ao sistema e, em alguns casos, podem substituir as armaduras de retração ou ser utilizadas em conjunto com as telas soldadas ou até com as armaduras estruturais. Como já foi citado, o concreto da pavimentação da Terceira Perimetral, de Porto Alegre, recebeu reforço de fibras de polipropileno em alguns de seus trechos.
- 4) **Piso de concreto de alto desempenho (CAD):** permite a execução do *jointless floor*, com pouquíssimas juntas e placas de até 50 m x 50 m. Pode ser de concreto simples ou armado.
- 5) **Piso de concreto protendido:** reforçado com cordoalhas engraxadas de protensão que garantem maior resistência à tração na flexão e permitem a execução de grandes panos sem juntas (até 150 m). Empregado principalmente em pavimentos de aeroportos e pisos industriais pesados. Exemplo marcante de utilização no Brasil é a pista 09-27 do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Tom Jobim), com 18 cm de espessura e placas de até 123 m de comprimento, com mais de 20 anos de serviço (Pitta, 1999).

8.4 Tipos de juntas

Os pisos de concreto são basicamente formados por placas retangulares ou quadradas, com dimensões limitadas, separadas pelas juntas. Recomenda-se juntas com espaçamento regular nas duas direções ou que a relação entre a largura e o comprimento seja de 1: 1,5, existindo organismos internacionais que sugerem placas menores com a relação de 1: 1,25 no máximo (Rodrigues & Gasparetto, 1999).

Os pisos em concreto estão sujeitos a tensões, devido a diversas causas, como a retração do concreto, retrações e dilatações causadas por variações

térmicas ou higrotérmicas, empenamento das placas e carregamento (Rodrigues & Gasparetto, 1999).

A função básica das juntas é permitir as movimentações de contração e expansão do concreto, sem que ocorram danos ao piso. Noventa por cento dos problemas em pisos de concreto começam pelas juntas (Rocha, 1996). Cuidados especiais devem ser tomados na definição dos locais e tipos de juntas (projeto geométrico), pois são elas potencialmente pontos de vulnerabilidade, estando sujeitas a ocorrências de defeitos, tanto no desempenho como na execução.

As juntas são classificadas em quatro tipos:

- 1) Juntas de construção (JC): são as juntas construtivas de um pavimento, cujos espaçamentos estão limitados pelo tipo de equipamento utilizado, geometria da área e índices de planicidade requeridos. As juntas de construção podem possuir encaixes do tipo macho-fêmea (menos utilizadas) ou possuir barras de transferência (Figura 9.12).

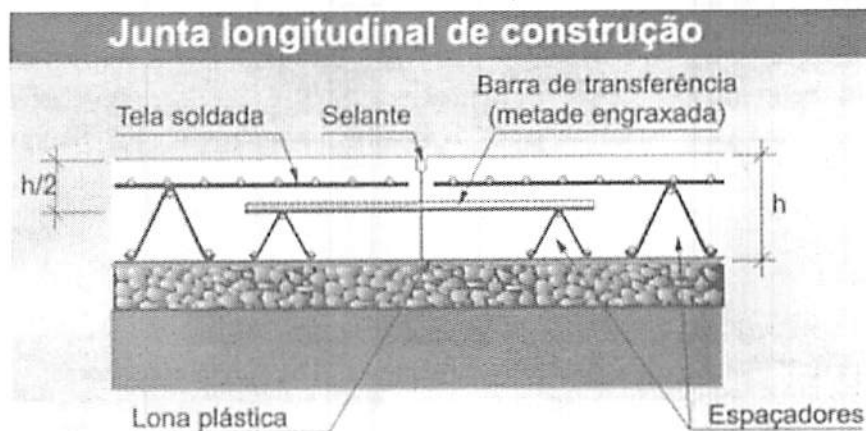


FIGURA 9.12 – Junta de construção

Fonte: Rodrigues & Gasparetto, 1999.

- 2) Juntas serradas (JS): as juntas serradas funcionam como juntas de retração. Atualmente o processo de concretagem prevê faixas limitadas em sua largura pelas juntas longitudinais de construção. A largura da faixa é definida em projeto e depende dos equipamentos disponíveis para a concretagem. Logo após o processo de acabamento do concreto, deve-se iniciar o corte das juntas transversais de retração, também conhecidas como juntas serradas. Em geral, o tempo para se executar estas juntas é de 10 horas após o lançamento do concreto, por meio da execução de um corte de profundidade da ordem de $1/3$ da espessura da placa, recomendando-se um mínimo de 40 mm (o corte é feito com disco diamantado). Neste tipo de junta é necessária a interrupção da tela soldada e aplicação do selante sobre o corte (Figura 9.13).

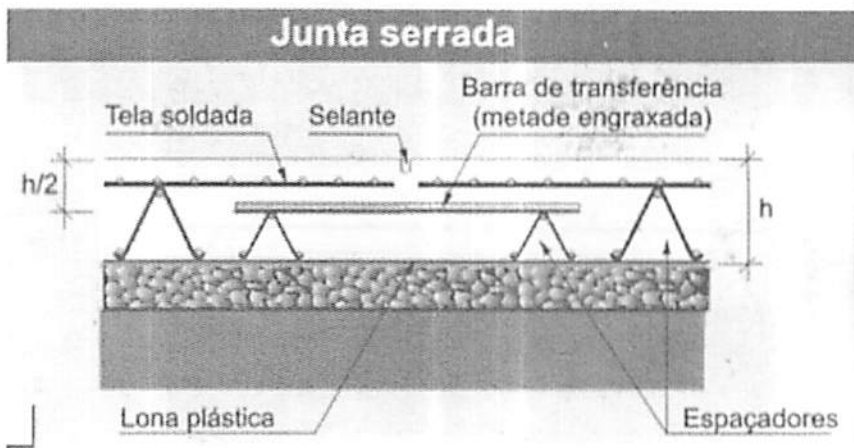


FIGURA 9.13 – Junta serrada

Fonte: Rodrigues & Gasparetto, 1999.

- 3) Juntas de expansão (JE): as juntas de expansão têm como função isolar o piso das outras estruturas, como vigas baldrame, blocos de fundação, bases de máquinas, pilares ou outras. Essas juntas permitem que o piso trabalhe independentemente das outras estruturas existentes, podendo ser obtidas com a inserção de placas de poliestireno expandido (EPS), ou isopor, ao lado do obstáculo no momento da concretagem (Figura 9.14).

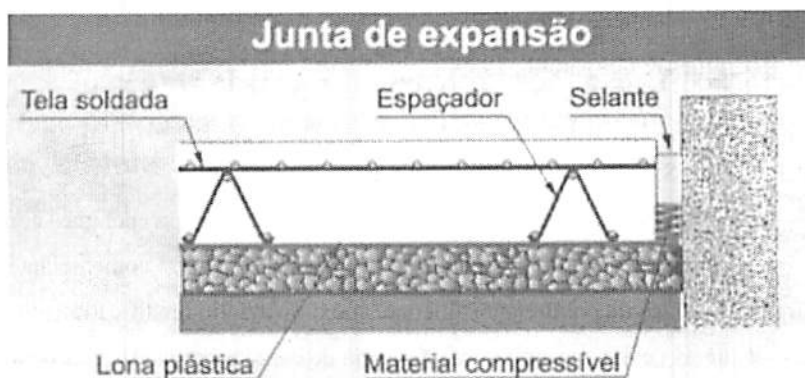


FIGURA 9.14 – Junta de expansão

Fonte: Rodrigues & Gasparetto, 1999.

4. Juntas de dilatação: em alguns casos de piso de grande extensão torna-se necessário a colocação de junta de dilatação entre placas, conhecida também como junta de expansão entre placas. Não é usual em pisos industriais. Para permitir a dilatação da placa, é necessário prever um capuz no final da barra de transferência com folga de 20 mm (Figura 9.15).

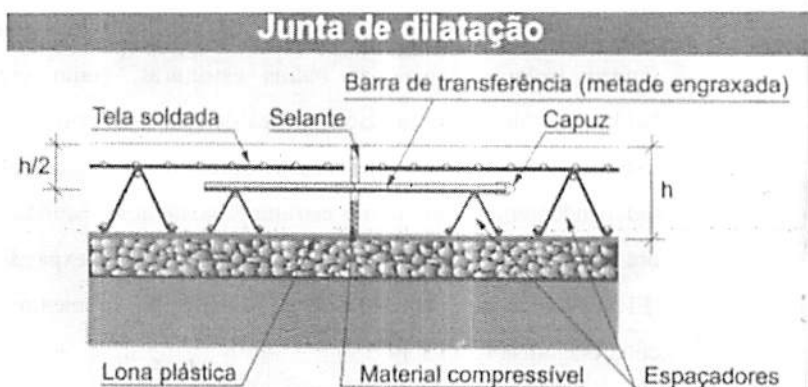


FIGURA 9.15 – Junta de dilatação

Fonte: Rodrigues & Gasparetto, 1999.

OBSERVAÇÕES:

- 1- todas as juntas descritas anteriormente devem ser preenchidas com materiais de natureza plástica, preferencialmente, com selantes constituídos de poliuretano, silicone, epóxi ou asfalto modificado;
- 2- as juntas devem permitir a transferência de carga entre placas contíguas, o que pode ser conseguido com a utilização de barras de transferência.

8.5 Barras de transferência e telas soldadas

1- Barras de transferência: as barras de transferência têm como função a transferência de carga entre placas contíguas, propiciando a distribuição da carga sobre o piso de forma mais uniforme e evitam a deformação vertical (recalque) na ligação das placas (evitando desníveis), o que aumenta a eficiência do sistema e a durabilidade do piso. São elementos indispensáveis na construção de pisos e pavimentos de concreto.

Geralmente, são barras com 50 cm de comprimento encontradas prontas para uso, em aço CA25, lisas e retilíneas, com diâmetros de 12,5; 16,0; 20,0; 25,0 e 32,0 milímetros.

Devem ser colocadas na metade da espessura da placa e devem ter a metade do comprimento não aderido ao concreto, sendo isolado este trecho com aplicação de graxa ou desmoldante, para permitir a livre movimentação horizontal da placa, devido à retração e à dilatação do concreto (Figura 9.16).



FIGURA 9.16 – Barras de transferência

Fonte: GERDAU, 2004.

O desempenho das barras de transferência será definido por dois parâmetros principais: o espaçamento e o diâmetro.

É prática comum adotar um espaçamento fixo, geralmente 30 cm e fixar os diâmetros das barras em função da espessura do piso. A Tabela 9.4 faz esta correlação.

TABELA 9.4 - Correlação entre a espessura do piso e os diâmetros das barras de transferência

Espessura do piso (cm)	Diâmetro da barra de transferência (mm)
até 10,0	12,5
de 10,1 até 12,5	16,0
de 12,6 até 15,0	20,0
de 15,1 até até 22,5	25,0
maior que 22,5	32,0

Fonte: Gerdau, 2004.

2- *Telas soldadas*: as telas soldadas (Figura 9.17), muito utilizadas em diversos tipos de obras, são especialmente indicadas para atuar como armadura de combate às tensões de retração do concreto, cujas intensidades são diretamente proporcionais ao comprimento da placa.

Necessariamente devem ser posicionadas a $1/3$ da espessura da placa (medida a partir da face superior), respeitando-se um máximo de 5 cm de recobrimento.

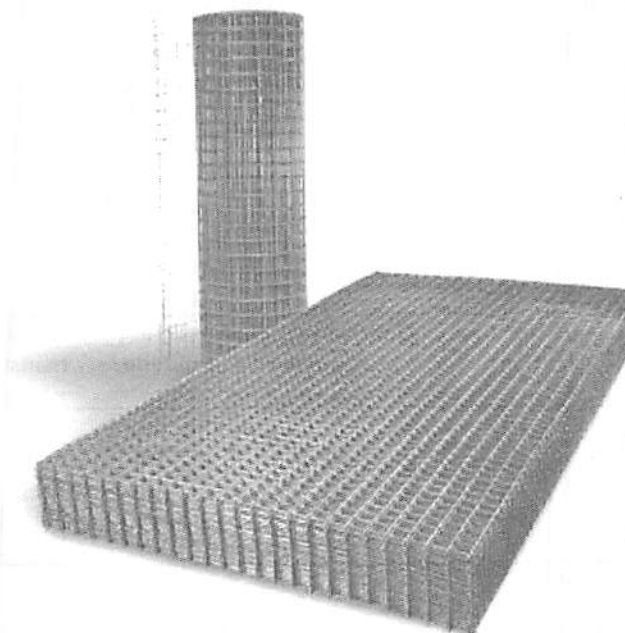


FIGURA 9.17 – Telas soldadas: rolo e painéis

Fonte: Belgo, 2003.

Para a escolha da tela soldada e da espessura do piso, a Gerdau (2004), por meio do boletim técnico Pisos em concreto armado, elaborou uma prática tabela que indica soluções para diferentes tipos de carregamento e espessura de placas (Tabela 9.5).

Na tabela são adotados dois tipos de cargas:

- peso por eixo: carga móvel (empilhadeira, caminhão, trator, etc.)
- peso por área: carga estática (material estocado, grãos, etc.)

TABELA 9.5 - Indicações para escolha da tela soldada e da espessura do piso.

Carga (t/eixo)	Espessura (cm)	Comprimento máximo da placa (m)	Tela soldada (tipo)*	Barra de transferência (mm)
4	12	15	Q 138	16
6	14	15	Q 159	20
8	15	15	Q 196	20
10	18	15	Q 196	25
12	20	20	Q 283	25
14	22	20	Q 283	25

Carga (t/m ²)	Espessura (cm)	Comprimento máximo da placa (m)	Tela soldada (tipo)*	Barra de transferência (mm)
2	10	15	Q 92	12,5
4	10	15	Q 138	12,5
6	12	15	Q 138	16
8	14	20	Q 196	20
10	16	20	Q 283	25

Fonte: Gerdau, 2004.

*As especificações das telas citadas podem ser encontradas no item 9 do Capítulo 3.

Deve ser assegurado o perfeito posicionamento das barras de transferência e das telas soldadas. São bastante utilizados nas obras espaçadores denominados *caranguejos*, com bitolas de 8,0 ou 10,0 mm ou espaçadores em forma de *treliça soldada*.

Os *caranguejos* devem ser utilizados em grande quantidade, à razão de umas 5 unidades por metro quadrado de tela, para suportar eficientemente as cargas geradas no processo de concretagem.

As *treliças soldadas*, normalmente empregadas na fabricação de lajes treliçadas, podem ser facilmente encontradas nas alturas de 8, 12, 16, 20 e 25 cm e devem ser posicionadas em linhas paralelas distanciadas de cerca de 1,20 m, podendo servir como apoio das telas ou das barras de transferência (dependendo da espessura do piso)

8.6 Concretos para pisos

A concretagem do piso é de fundamental importância estando diretamente ligada ao desempenho final e à durabilidade do pavimento. Nesta fase muitos defeitos de execução podem acontecer, acarretando futuras patologias de difíceis ou onerosas soluções. Dentre elas, podem ocorrer: pisos com baixa resistência ao desgaste, fissuras, escamamento, rugosidade excessiva, porosidade e outras mais. A qualidade do material concreto está diretamente ligada à qualidade do piso resultante.

Os materiais a serem utilizados para confecção do concreto devem ser cuidadosamente selecionados, obedecendo às especificações já vistas em capítulos anteriores.

Algumas considerações podem ser feitas sobre os materiais:

1ª) **Quanto ao cimento:** a princípio não há nenhuma restrição quanto ao tipo de cimento, sendo que o cimento tipo CP V ARI (de alta resistência inicial) leva a uma maior retração hidráulica porque perde água com facilidade e, se não for bem administrada a concretagem, existe a tendência do surgimento de fissuras na superfície e também tem tempo de pega mais curto, exigindo especial atenção dos operários na obra, embora o tempo de pega mais curto pode facilitar as operações de acabamento superficial do piso. Já os cimentos com adições têm elevados tempos de pega e como a resistência nos primeiros dias é mais baixa e a permeabilidade é mais alta, há necessidade de procedimentos de cura mais esmerados e prolongados.

Os cimentos com adições, principalmente os de escória de alto forno (CP III), apresentam melhor desempenho em face de ataques químicos e, geralmente, apresentam maior resistência à tração na flexão para um mesmo nível de resistência à compressão (Rodrigues & Cassaro, 2002).

2ª) Quanto aos agregados: para os agregados miúdos pode-se empregar areia natural de origem quartzosa, de granulometria média à grossa.

Os agregados graúdos irão afetar mais as propriedades do concreto endurecido, visto que o fator de forma, textura superficial e mesmo a presença de material pulverulento, irão atuar de maneira marcante na resistência à tração na flexão. Os agregados naturais, como os seixos rolados que podem resultar em concretos com resistência maior que o concretos com brita, dependendo do traço têm módulo de elasticidade menor e as deformações elásticas são maiores para mesmas resistências (Bocchile, 2003). Dessa forma, os seixos rolados são particularmente prejudiciais neste aspecto (Rodrigues & Cassaro, 2002).

3ª) Quanto aos aditivos: para os casos usuais não há necessidade de emprego de algum tipo de aditivo. Um aditivo, particularmente interessante para pisos, são os pigmentos. Pigmentos são materiais geralmente sob a forma de pó que, adicionados na fase da mistura, permitem obter uma vasta gama de coloração do concreto, permitindo diferenciar áreas para fins específicos nos grandes pátios.

No meio rural, os pigmentos podem ser utilizados no concreto de terreiros, por exemplo, para diferenciar áreas de estocagem de áreas de circulação de equipamentos (que devem ser mais reforçadas e resistentes ao trânsito).

Quanto ao concreto, preferencialmente deverá ser utilizado concreto usinado (misturado em centrais dosadoras), com $f_{ck} = 20,0$ MPa e composto de 50% de brita 1 e 50% de brita 2. A qualidade do concreto está diretamente ligada ao desempenho e durabilidade do piso.

Para concreto misturado na obra, de forma bastante prática a Gerdau (2004) em seu boletim técnico (Pisos de concreto armado) recomenda o seguinte traço (Tabela 9.6):

TABELA 9.6 - Concreto para execução de pisos (traço)

Cimento	Areia grossa	Brita 1	Brita 2	Água
1 saco	3 latas	3 latas	2 ½ latas	28 litros

Nota: a) a lata considerada é de 18 litros;

b) esta especificação corresponde a produção de 165 litros de concreto;

c) o traço especificado em volume correspondente é 1: 1,5: 2,8 com relação água-cimento $x = 0,56$ (para areia seca).

Fonte: Gerdau, 2004.

8.7 Técnicas construtivas (pisos de concreto)

Ao se pretender construir pisos, pavimentos ou terreiros (caso de meio rural) em concreto, é fundamental o conhecimento prévio de todas atividades que lá serão desenvolvidas: produtos armazenados, tipos de equipamentos que transitarão, determinação de cargas estáticas e dinâmicas, condições de suporte do solo (subleito), localização preferencial em relação à orientação do caminhamento do sol, condições de agressividade ambiental e de produtos manuseados, enfim, uma série de parâmetros devem ser inicialmente estudados.

Alguns outros aspectos a serem observados na construção de pisos:

1) **Local** - a escolha do local tem também muita importância, devendo ser observadas além das exigências de *lay outs* operacionais, as condições de suporte do terreno. Preferencialmente, devem ser evitados áreas que necessitem aterros. As inclinações porventura necessárias ao piso acabado já devem ser previstas na regularização do terreno para receber a sub-base. Se numa especial situação a sub-base não for necessária, a superfície do terreno deverá ser energeticamente compactada, visando melhorar as condições de uniformidade de transferência de cargas e de regularização da superfície.

2) **Sub-base** - a sub-base, em função das suas importantes atuações na estabilidade do conjunto que forma o piso deve merecer também especial atenção e sempre que possível deve ser executada. Verificar o tipo de sub-base

mais adequado e econômico em razão da disponibilidade de materiais e equipamentos e executá-la criteriosamente.

Já foi utilizado com sucesso, na região do município de Lavras, terreiro de café utilizando-se como sub-base uma camada com aproximadamente 6 cm de espessura de cascalho ciclópico (disponível no local), compactado com rolo mecânico liso.

3) Isolamento da sub-base e do piso – se a sub-base for executada é tecnicamente recomendado o isolamento dela em relação ao piso, o que é conseguido com a colocação das conhecidas lonas plásticas pretas, de custo acessível e de fácil colocação. As funções deste isolamento estão especificadas no item 9.6.2.3.

4) Posicionamento das armaduras e das barras de transferência - se existirem, as armaduras (estrutural e de distribuição) e as barras de transferências devem ser exatamente posicionadas de forma que não ocorram deslocamentos das mesmas durante a etapa de concretagem. As finalidades de cada uma delas já foram especificadas anteriormente.

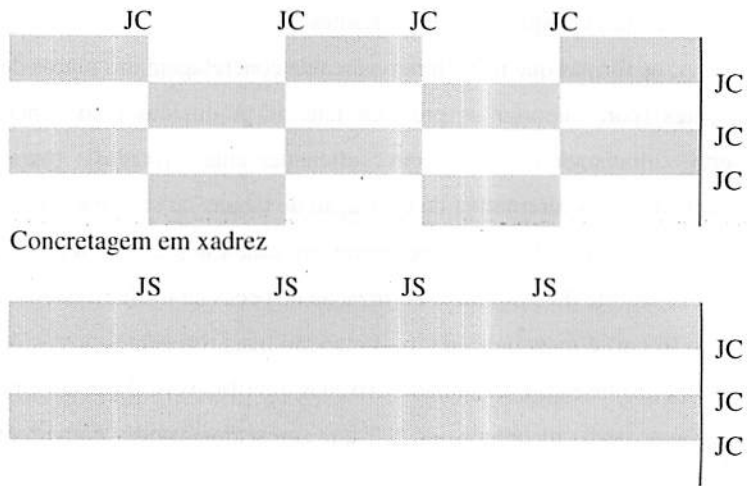
Importante é lembrar que as armaduras de distribuição (geralmente telas soldadas) devem ser posicionadas a 1/3 da espessura da face superior da placa (máximo cobrimento de concreto de 5 cm) e as barras de transferência devem ser colocadas na metade da espessura das placas (Figura 9.16). A armadura estrutural, utilizada somente em condições especiais (elevadas cargas, fraca resistência suporte do subleito), são colocadas na face inferior da placa, com cobrimento obedecendo às prescrições do projeto.

5) Concretagem do piso - antes de iniciar a etapa de concretagem, verificar a perfeita execução das etapas anteriores. Apesar de se tratar de pisos, é conveniente verificar as recomendações já feitas anteriormente no item 8.7, onde é especificada uma série de cuidados a serem observados antes do início da concretagem.

Algumas considerações importantes:

- Fôrmas: as fôrmas que irão limitar a área de concretagem das placas devem ser resistentes (para suportar as pressões laterais produzidas pelo concreto), ter perfeito alinhamento e serem eficientemente fixadas (para evitar deslocamentos). A alternativa de utilização de tábuas ou sarrafos presos ao solo por meio de pontas de vergalhões pode ser usada desde que seja garantida a eficiência suporte do conjunto. A utilização de peças de madeira (6 cm x 12 cm), (6 cm x 16 cm) é mais indicada, pois elas são mais resistentes aos esforços, são facilmente manuseadas, trabalhadas, fixadas e retificáveis. Também é possível a utilização de perfis metálicos tipo “U” que apresentam rigidez com leveza.

- Processos de concretagem: a concretagem do piso pode ser executada de duas maneiras distintas: em xadrez ou em faixas (Figura 9.18).



Concretagem em xadrez

Observações:

■ 1ª concretagem

| 2ª concretagem

JC = Junta de construção

JS = Junta serrada

- Para o comprimento máximo das placas ver Tabela 9.4
- Utilizar as placas já concretadas como fôrmas para as demais.
- Antes da 2ª etapa de concretagem, isolar uma placa da outra, aplicando uma pintura de cal ou desmoldante na lateral da placa já pronta e engraxar as barras de transferência.
- As fôrmas de madeira não devem ficar no piso e serão reaproveitadas.

FIGURA 9. 18 - Possíveis planos de concretagem para pisos.

A concretagem em xadrez, antigamente muito utilizada, já não é mais aconselhada, a não ser apenas em trabalhos simples e sem muita importância estrutural (Rodrigues & Cassaro, 2002). Esta premissa é justificada pelo fato de que antigamente todas as juntas transversais eram projetadas como juntas de expansão, pois se acreditava que o principal fato causador de fissuras era a

dilatação do concreto já endurecido, o que provocaria tensões de compressão nas juntas. Com os conhecimentos atuais, sabe-se que as trincas transversais são oriundas da retração do concreto quando plástico e também devido ao empenamento restringido sob a ação das diferenças térmicas e higotérmicas (Pitta, 1999).

Quando foi concebido o processo de concretagem em xadrez, imaginava-se também que a retração da parte concretada ocorreria rapidamente antes da 2ª concretagem, o que de fato não acontece, pois a retração só ocorrerá quando cessar a cura, que deve perdurar, no mínimo, sete dias. Mesmo assim, a retração continuará a se processar lentamente. A solução para este tipo de concretagem seria esperar um longo prazo para efetuar a concretagem dos painéis da 2ª concretagem. Também, esta solução implica em um número exagerado de juntas que são pontos vulneráveis a defeitos. Outra limitação deste sistema de concretagem refere-se à dificuldade de execução.

Neste contexto, o melhor e mais seguro método para execução dos pisos de concreto é o processo de concretagem em faixas com posterior corte das placas (juntas serradas) adequadamente espaçadas. Este método de concretagem também facilita os trabalhos de execução.

- Adensamento: Devido às grandes áreas de piso aliadas a suas pequenas espessuras, sugere-se que o concreto deva ser mais plástico, com *slump* em torno de 8 a 10 cm, para facilitar o lançamento e o adensamento. Pode ser utilizada uma ferramenta semelhante ao ancinho de jardinagem, que deve ser cravado no concreto aplicando-se movimentos vibratórios.

- Acabamento superficial: o acabamento da superfície do piso é a principal fonte de medida do seu desempenho, pois é ela que estará em contato com todas as ações solicitantes. Os pisos de concreto, quanto ao tipo de acabamento

superficial, podem ser divididos em dois grandes grupos: os pisos de camada única (o próprio concreto da placa funciona como revestimento) e os pisos com revestimentos que podem ser executados por dois procedimentos distintos, denominados *úmido-sobre-úmido* e *úmido-sobre-seco* (Rodrigues & Cassaro, 2002).

A operação de regularização, embora aparentemente simples, deve ser executada com esmero e habilidade. Não dispondo de equipamentos mais sofisticados como régua vibratória, a ferramenta quase sempre empregada é uma régua de alumínio ou magnésio (com comprimento de até 3 m). Pode ser fixada a um cabo com dispositivo que permita a sua mudança de ângulo, fazendo com que o “rodo” possa cortar o concreto quando vai e volta, ou apenas alisá-lo, quando a régua está plana.

- *Cura do concreto*: A cura ganha importância fundamental na execução de pisos. Além de estar relacionada diretamente à resistência do concreto, está intimamente ligada aos problemas de superfície. Ela deve ser iniciada imediatamente após as operações de acabamento. A superfície deve ser mantida constantemente úmida, evitando as ações perniciosas da ação do vento e da insolação. Deve-se evitar processo de cura intermitente. É aconselhável ver as recomendações feitas no item 12 do capítulo 8 sobre os procedimentos para a realização de uma cura perfeita, que deverá perdurar por um período mínimo de sete dias (quanto mais tempo, melhor).

9 CONCRETOS IMPERMEÁVEIS

Em muitas aplicações é necessário procurar se obter concretos impermeáveis, principalmente no caso de obras como reservatórios de água, piscinas, fossas sépticas, tanques, represas e outras.

Primeiramente é necessário determinar as características do meio no qual o concreto estará exposto (Santos & Savage, 2003b), estabelecendo-se, segundo a NBR 6118:2003, a Classe de Agressividade do Ambiente (CAA). Como já foi discutido no capítulo 7, que trata da última revisão da NBR 6118, a definição desta classe é fundamental na concepção do projeto estrutural, pois influenciará nos valores mínimos de resistências características que devem ser respeitados, no valor mínimo do cobrimento da armadura e na máxima abertura das fissuras permitida. Para esta definição de classe é, portanto, necessário conhecer as características do ambiente de exposição e, logicamente, as propriedades do líquido que estará em contato com o concreto.

De forma geral, sempre se deveria obter concretos impermeáveis em qualquer situação. Quando o concreto é submetido a ataque químico externo, existe apenas um modo de reduzir a intensidade desta agressão: reduzir a porosidade e a permeabilidade do concreto para diminuir a velocidade, tanto quanto possível, da penetração dos agentes agressivos (Aïtcin, 2000). É necessário, portanto, que os concretos, de forma generalizada, sejam tão compactos e impermeáveis quanto possível. Neste contexto, Neville (1997) afirma: “. . . para ser durável, um concreto tem que ser impermeável.”

Para se conseguir concretos impermeáveis é necessário, primeiramente, que o mesmo tenha uma baixa relação água-cimento (Aïtcin, 2000), mas é muito importante também a elaboração de projetos com claros detalhamentos construtivos e execução cuidadosa da estrutura em todas suas etapas, com destaque para as etapas de lançamento e cura do concreto (ver capítulo 8 – Técnicas de construção).

Reportando-se ao item 7 (Traços de concreto), indica-se a seguir um traço de concreto que apresenta boas condições de impermeabilidade. Entretanto, é importante atentar que esta é uma indicação genérica, para casos usuais de obras comuns que requerem a utilização de um concreto impermeável.

É aconselhável que ao executar qualquer tipo de reservatório, a construção seja precedida de um projeto estrutural bem elaborado e detalhado, com especificação do tipo de concreto a ser utilizado (resistência, slump, dimensão máxima do agregado, etc.), pois a correção e recuperação de estruturas de concreto, principalmente no caso de vazamentos é difícil e onerosa.

Em casos especiais de grandes reservatórios ou piscinas é aconselhável também a elaboração de um projeto de impermeabilização. O fato é que os projetos de estrutura e de impermeabilização são complementares – o êxito de um depende do desempenho do outro. Neste sentido apresentam-se, como informação adicional, as Tabelas 9.7 e 9.8, com relação de normas da ABNT referentes às piscinas e impermeabilização, respectivamente.

É prudente salientar que os sistemas de impermeabilização não corrigem defeitos estruturais.

Indicação de um traço de concreto com boas características de impermeabilidade: concreto no traço (em volume) de 1: 2: 3 com fator água-cimento $x = 0,61$ o qual deve ser reduzido com adição de aditivos, para se tornar mais impermeável. Como agregado graúdo recomenda-se a brita nº 1. Resistências prováveis, consumo de materiais componentes, dimensões de padiolas para as medições e rendimento podem ser vistos na Tabela 9.2.

Para possibilitar a redução do fator água-cimento é aconselhável a utilização de um aditivo plastificante redutor de água. Como exemplo, pode ser indicado o aditivo CEMIX, na dosagem de 0,2% sobre o peso de cimento. O produto tem o aspecto de líquido marrom-escuro, encontrado em baldes de 20 kg e tambor de 230 kg e deve ser adicionado à água de amassamento. Acrescentar também o aditivo impermeabilizante VEDACIT, que se apresenta sob a forma de uma emulsão pastosa branca, e que deve ser dissolvido na água de amassamento na proporção de 1% sobre o peso do cimento. É encontrado em

saco e pote de 1 litro, galão de 3,6 litros, balde de 18 litros e tambor de 200 litros.

TABELA 9.7 - Relação de algumas normas da ABNT referentes a projeto, execução e manutenção de piscinas.

Norma	Título
NBR 9816	Piscina – terminologia
NBR 9818	Projeto e execução de piscina (tanque e área circundante)
NBR 9819	Piscina – classificação
NBR 10339	Projeto e execução de piscina (sistema de recirculação e tratamento)
NBR 10818	Qualidade de água de piscina
NBR 10819	Projeto e execução de piscina (casa de máquinas, vestiários e banheiros)
NBR 11238	Segurança e higiene em piscinas
NBR 11239	Projeto e execução de piscinas (equipamentos para a borda do tanque)
NBR 5410	Instalações elétricas de baixa tensão

Fonte: Carvalho, 2002.

TABELA 9.8 - Relação de algumas normas da ABNT referentes a projeto, execução e materiais para impermeabilização.

Norma	Título
NBR 9575 ¹⁾	Impermeabilização – seleção e projeto
NBR 8083 ²⁾	Materiais e sistemas utilizados em impermeabilização
NBR 9574	Execução de impermeabilização
NBR 9952	Manta asfáltica com armadura para impermeabilização – (requisitos e métodos)
NBR 9956	Mantas asfálticas (estanqueidade à água)
NBR 11905	Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros
NBR 12190 ²⁾	Seleção da impermeabilização
NBR 13724	Membrana asfáltica para impermeabilização, moldada no local, com estruturantes

¹⁾ norma recentemente revisada (out./2003)

²⁾ normas canceladas e substituídas com a revisão da NBR 9575.


Fonte: Instituto Brasileiro de Impermeabilização – IBI (2002).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao que foi exposto, é grande a potencialidade de aplicação do material concreto nas mais diversas obras no meio rural. Entretanto, ficou evidenciado que existe pouco interesse da comunidade científica em pesquisas sobre construções rurais, existindo aí grande demanda de informações técnicas sobre o concreto e suas técnicas construtivas.

As principais necessidades constatadas que, se atendidas, viabilizariam maior e melhor utilização do concreto nas construções rurais se referem à:

- desconhecimento da possibilidade de utilização de aditivos na mistura;
- indicações de traços de concretos para distintas aplicações;
- técnicas a serem utilizadas para construção de pisos diversos;
- indicações para obtenção de concretos impermeáveis;
- informações sobre técnicas construtivas a serem adotadas no manuseio e aplicação do concreto nas obras em geral.



CAPÍTULO 10

CONCLUSÕES

De todo o exposto e com base nos dados obtidos e nas análises efetuadas, destacam-se as seguintes conclusões:

- 1) A evolução histórica do concreto está diretamente ligada à procura do aglomerante ideal.
- 2) A engenharia estrutural brasileira, por suas obras arrojadas e criativas, é conhecida e respeitada internacionalmente.
- 3) Devido às muitas patologias verificadas nas obras de concreto, normas e estudos estão sendo revisados no intuito da obtenção de estruturas resistentes, porém duráveis. Anteriormente, as normas priorizavam a resistência.
- 4) A correta escolha dos materiais componentes é indispensável para a obtenção de concretos de qualidade. Com a utilização de aditivos, determinadas características do concreto podem ser realçadas.
- 5) Para resistir aos esforços de tração são utilizadas barras de aço juntamente com o concreto, constituindo, dessa forma, o notável material "concreto armado". Em alguns tipos de obra, as telas soldadas podem substituir com vantagens as barras de aço.
- 6) A disponibilidade de diferentes tipos de componentes (cimentos, agregados), a possibilidade de incorporação de aditivos e as várias técnicas construtivas empregadas permitem a oferta de concretos com diferentes características.
- 7) A melhoria de determinadas propriedades do concreto, principalmente para evitar fissuras devido à retração, é conseguida com a incorporação de determinadas fibras vegetais, fibras sintéticas ou fibras de aço; cada

uma delas com suas vantagens e desvantagens quando comparadas entre si.

- 8) O concreto de alto desempenho (CAD) apresenta qualidades superiores às dos concretos convencionais. Devido às suas excelentes características, está sendo empregado com sucesso nos mais diferentes tipos de obras, sendo um material com grande potencial para aplicações em obras agroindustriais.
- 9) A revisão da norma NBR 6118 da ABNT exige mudanças significativas nos procedimentos adotados até agora, principalmente no que se refere à análise estrutural e à durabilidade das obras. Tais mudanças exigirão atualização dos processos de cálculo, além de afetar as etapas de projeto e detalhamento e implicarão em exigências de maior controle e qualidade de execução e manutenção das obras.
- 10) A revisão da norma NBR 6118 abre a possibilidade de que determinados limites estabelecidos possam ser flexibilizados mediante comprovação experimental. Isto permitirá ao meio técnico uma maior motivação para a pesquisa na área de durabilidade das construções, envolvendo diversos segmentos da Engenharia Civil e dos materiais, o que contribuirá para o desenvolvimento tecnológico da engenharia no Brasil.
- 11) Uma grande parcela das patologias verificadas em obras é originária da fase de execução e podem ser evitadas com a adoção de técnicas construtivas bastante simples a serem aplicadas. Todas as etapas de construção requerem cuidados especiais.
- 12) O material concreto encontra no meio rural uma grande potencialidade de aplicação. As principais necessidades constatadas, se atendidas, viabilizariam, com maior eficiência e amplitude, a utilização do concreto nas construções rurais.

Em suma, o concreto devido às suas excelentes características apresenta enorme potencialidade de utilização em obras rurais. Espera-se que o presente trabalho constitua uma contribuição técnica para a divulgação e a correta aplicação deste material em construções agroindustriais.

ANEXO A

Relação de algumas normas brasileiras relativas ao concreto com a correspondência entre as normas ABNT e INMETRO.

ABNT	INMETRO	TÍTULO
NB 1	NBR 6118 ¹⁾	Projeto e execução de obras de concreto armado
NB 2	NBR 7187 ²⁾	Cálculo e execução de pontes de concreto armado
NB 4	NBR 6119 ²⁾	Cálculo e execução de lajes mistas
NB 5	NBR 6120	Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
NB 51	NBR 6122	Projeto e execução de fundações
NB 599	NBR 6123	Forças devidas ao vento em edificações
NB 6	NBR 7188	Cargas móveis em pontes rodoviárias
NB 7	NBR 7189	Cargas móveis em pontes ferroviárias
NB 8	NBR 5984	Norma geral do desenho técnico
NB 16	NBR 7191	Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado
NB 49 ²⁾		Projeto e execução de obras de concreto simples
NB 116	NBR 7197 ²⁾	Cálculo e execução de obras de concreto protendido
EB 1	NBR 5732	Cimento Portland comum
	<i>Outras normas para cimentos ver Capítulo 2 (item 4.3)</i>	
EB 3	NBR 7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado
EB 4	NBR 7211	Agregados para concreto
EB 136	NBR 7212	Execução de concreto dosado em central
EB 230	NBR 7213 (NM 35) ³⁾	Agregados leves para concreto estrutural
EB 1133	NBR 7214	Areia normal para ensaio de cimento
EB 565	NBR 7481	Telas de aço soldadas para armaduras de concreto
EB 780	NBR 7482	Fios de aço para concreto protendido
EB 781	NBR 7483	Cordoalhas de aço para concreto protendido
MB 1	NBR 7215	Cimento Portland – determinação da resistência à compressão

¹⁾ A última revisão da NBR 6118, realizada em 2003, terá sua aplicação exigida a partir de abril de 2004.

²⁾ Normas que ou serão revisadas, ou canceladas ou substituídas pela NBR 6118/2003.

³⁾ NM significa Norma Mercosul.

(...continua...)

ANEXO A, Cont.

ABNT	INMETRO	TÍTULO
MB 2	NBR 5738	Concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova
MB 3	NBR 5739 (NM 101)	Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
MB 4	NBR 6152	Determinação das propriedades mecânicas à tração de materiais metálicos
MB 7	NBR 7217 (NM 248)	Agregados – determinação da composição granulométrica
MB 8	NBR 7218 (NM 44)	Agregados – determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis
MB 212	NBR 7222	Argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos
MB 215	NBR 6467	Agregados – determinação do inchamento de agregado miúdos
-	NBR NM 33	Concreto – amostragem de concreto fresco
MB 256	NBR 7223 (NM 67)	Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
-	NM 137	Argamassa e concreto – água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland
-	NBR 7807	Símbolo gráfico para projeto de estruturas
-	NBR 8681	Ações e segurança nas estruturas
CB 130	NBR 8953	Concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência
NB 949	NBR 9062	Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
MB 2700	NBR 9939	Agregados – determinação do teor de umidade total, por secagem. Em agregado graúdo
NB 1223	NBR 10839	Execução de obras de arte especiais em concreto armado e concreto protendido
MB 2645	NBR 10908 (NM 34)	Aditivos para argamassas e concretos – ensaios de uniformidade
-	NBR 11173	Projeto e execução de argamassas armadas
EB 1763	NBR 11768	Aditivos para concreto de cimento Portland
NB 1401	NBR 12317	Verificação de desempenho de aditivos para concreto

(...continua...)

ANEXO A, Cont.

ABNT	INMETRO	TÍTULO
-	NBR 12654	Controle tecnológico dos materiais componentes do concreto
-	NBR 12655	Concreto – preparo, controle e recebimento
-	NBR 12821 (NM 79)	Concreto – preparo de concreto em laboratório
NBR 14859 e 14860		Lajes pré-fabricadas
-	NBR 14862	Armaduras treliçadas eletrosoldadas
-	NBR 14931	Execução de estruturas de concreto – Procedimento

Fonte: ABNT. Disponível em: <www.abntdigital.com.br>. Acesso em: 27 jan. 2004.

OBSERVAÇÕES:

1. Com a revisão da NB 1 (NBR 6118), várias normas deverão ser revisadas, ou substituídas ou canceladas. É aconselhável consultas à ABNT sobre as recentes revisões e aprovações de normas.
2. A correspondência completa entre as normas da ABNT e as NBR pode ser encontrada no Catálogo de Normas da ABNT ou no Catálogo de Normas Brasileiras Registradas do INMETRO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBATE, V. Coleta de corpos-de-prova exige roteiro. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 70. p. 50-52, jan. 2003.
- AGOPYAN, V.; SAVASTANO JUNIOR, H. A experiência brasileira com as fibras vegetais. *Téchne*, São Paulo, v. 6, n. 32, p. 38-43, jan./fev. 1998.
- AITICIN, P.-C. **Concreto de alto desempenho**. Tradução Geraldo G. Serra. São Paulo: Pini, 2000.
- ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 6. ed. Goiânia: UFG, 1987.
- AMARAL, N. A. **Construções de Concreto**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1969.
- ANTUNES, B. Porto Alegre põe à prova pavimento de concreto. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 78, p. 48-53, set. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM – ABESC. **Apresenta informações técnicas sobre concretos e suas aplicações**. Disponível em: <<http://www.abesc.org.br>>. Acesso em: 25 nov. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM – ABESC. **Concreto de alto desempenho**. *Téchne*, São Paulo, v. 63, p. 29, jun. 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Apresenta informações sobre os cimentos brasileiros**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 25 nov. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Especificações brasileiras para cimentos Portland**. Disponível em <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 16 dez. 2002a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo: ABCP, 2002b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11768. Aditivos para concreto de cimento Portland**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7480. Barras e fios destinados a armaduras para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5732. Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5738. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de copos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8953. Concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14931. Execução de estrutura de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118. Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118. Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7223 (NBR NM 67). Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

BELGO, BEKAERT ARAMES. Apresenta informações sobre diversos produtos para construção civil. Disponível em: <<http://www.belgo@belgo.com.br>>. Acesso em: 16 dez. 2003.

BENTES, R. F.; VASCONCELLOS, L. A. E. de. O reforço das fibras. Técnica, São Paulo, v. 1, n. 3, 28-30, mar./abr. 1993.

BERALDO, A. L. Compósitos biomassa vegetal-cimento: materiais não convencionais para construções rurais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 1-48.

BINA, P. Concretos e argamassas com fibras. **Téchne**, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 47-48, jul./ago. 1997.

BOCCHILE, C. A medida do concreto. **Téchne**, São Paulo, v. v. 11, n. 81, p. 52-56, dez. 2003.

BOTELHO, M. H. C. **Relatório para uma concretagem bem dosada**. São Paulo: Programações Técnicas e Culturais, 1986. 30 p. Apostila.

CALDAS BRANCO, A. A. **Calculador Caldas Branco**: para resolução de traços de concreto. Rio de Janeiro, 1967. 2 p.

CAMARGOS, U. A. concreto auto-adensável e auto-nivelante. **Téchne**, São Paulo, v. 10 n. 67, p. 12-13, out. 2002.

CAMPOS, P. E. F. de; TANGO, C. E. de S. Da argamassa armada ao microconcreto de alto desempenho. **Téchne**, São Paulo, v. 9, n. 54, p. 78-83, set. 2001.

CARVALHO, R. Vai entrar água. **Téchne**, São Paulo, v. 10, n. 59, p. 32-38, fev. 2002.

CIMENTO HOJE. Concreto para barrar as águas. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 47, dez. 2003a.

CIMENTO HOJE. O maior vão livre do Brasil. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 42, out. 2002a.

CIMENTO HOJE. Olho de concreto. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 43, dez. 2002b.

CIMENTO HOJE. Sustentação da forma. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 44, fev. 2003b.

CIMENTO HOJE. Tecnum ganha Prêmio Master. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 43, dez. 2002c.

CIMENTO HOJE. Uma ponte e poucos pilares. **Informativo da ABCP**, São Paulo, v. 45, jun. 2003c.

CIOCCHI, L. Edifícios altos: as soluções (e problemas) das grandes estruturas. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 71, p. 26-36, fev. 2003a.

CIOCCHI, L. A Engenharia está vencendo os grandes vãos. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 72, p. 40-46, mar. 2003b.

COCHOS E CURRAIS ITABIRA. Apresenta informações sobre os produtos fabricados. Disponível em: <www.cochositabira.com.br>. Acesso em: 22 jan. 2004.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Apresenta informações sobre tecnologias e materiais de construção. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br>>. Acesso em: 12 jan. 2004.

CORBIOLI, N. A ponte do rio Maranhão. *Téchne*, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 24-29, jul./ago. 1997.

DINIZ, J. Z. Poderosa alquimia. *Téchne*, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 16, jul./ago. 1997.

ENCICLOPÉDIA DIGITAL MASTER – GLLG Internacional. Versão 5. 06, 1999. 1 CD.

EVANGELISTA, A. C. J.; ALMEIDA, I. R. de; SHEHATA, L. C. D. Tipos de agregados leves. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 61, p. 33, abr. 2002.

FIGUEIREDO, A. D.; TANESI, J.; NINCE, A. A. Concreto com fibras de polipropileno (CFP). *Téchne*, São Paulo, v. 10 n. 66, p. 48-51, set. 2002.

FITESA FIBRAS E FILAMENTOS. Apresenta informações sobre fibras e outros materiais. Disponível em: <<http://www.fitesa.com.br>>. Acesso em: 15 dez. 2003.

FRANÇA, J. L. Manual para normalização de publicações técnico-científicas. Colaboradores: Ana Cristina de Vasconcelos, Maria Helena de Andrade Magalhães, Stella Maris Borges. 6. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003.

FUSCO, P. B. Estruturas de concreto: fundamentos do projeto estrutural. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

GERDAU, AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. Apresenta informações sobre os produtos por ela fabricados. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br>>. Acesso em: 12 jan. 2004.

GIAMMUSSO, S. E. Cimento aluminoso: conversão sob controle. *Téchne*, São Paulo, v. 3, n. 14, p. 23-26, jan./fev. 1995.

HANAI, J. B. de. **Construções de argamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução.** São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P. R. L. **Concreto de elevado desempenho: o material para construção das obras nos anos 2000.** São Paulo: ABCP – NUTAU/USP, 1997. 1 CD-ROM.

HELENE, P. R. L. Origem e aplicações do concreto auto-adensável. *Téchne*, São Paulo, v. 6, n. 33, p. 30-31, mar./abr. 1998.

HELENE, P. R. L. Pilares de 125 MPa. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 63, p. 39, jun. 2002.

HELENE, P. R. L.; HARTMANN, C. T. Concretos de alta resistência. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 81, p. 70-73, dez. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO – IBI. Impermeabilização de piscinas. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 65, p. 24-25, ago. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE TELAS SOLDADAS – IBTS. **Apresenta informações técnicas diversas sobre telas eletrosoldadas.** Disponível em: <<http://www.ibts.org.br>>. Acesso em: 15 jan. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. **Apresenta informações técnicas diversas sobre concreto.** Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br>>. Acesso em: 05 jan. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO – IBRACON. **Concreto de alto desempenho.** São Paulo: NUTAU/USP, 1997. 1 CD-ROM.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Apresenta informações técnicas diversas sobre pesquisas e materiais.** Disponível em: <<http://ipt.org.br>>. Acesso em: 25 nov. 2003.

ISAIA, G. C. **Controle de qualidade das estruturas de concreto armado**. Santa Maria: Edições UFSM, 1988.

LANGENDONCK, T. van. **Cálculo de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: ABCP, 1954. 2 v.

LEAL, U. Assim se especifica o cimento. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 70, p. 36-37, jan. 2003a.

LEAL, U. Química aplicada. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 81, p. 42-45, dez. 2003b.

LEAL, U. Vazamento controlado. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 66, p. 38-40, set. 2002.

LOTURCO, B. Super-resistências. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 81, p. 36-41, dez. 2003.

MEHTA, P. K. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MELLO, N. de. **Estruturas de concreto e revestimentos de argamassa: toda resistência do concreto, pela primeira vez em Curitiba**. Disponível em: <comunidadeaconstrucao.com.br>. Acesso em: 31 jan. 2003.

NAKAMURA, J. Normas técnicas em construção. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 78, p. 30-36, set. 2003.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução de Salvador E. Giammusso. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. Título original: *Properties of concrete*.

OTTO BAUMGART INDÚSTRIA E COMÉRCIO S. A. Apresenta informações e especificações sobre aditivos. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em: 25 jun. 2003.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 9. ed. atualizada e revisada por Vladimir Antônio Paulon. Porto Alegre: Globo, 1982.

PIANCA, J. B. **Manual do construtor**. 11. ed. Porto Alegre: Globo, 1977. 5 v.

PINHEIRO, L. M.; GIONGO, J. S. **Concreto armado: propriedades dos materiais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1992.

PITTA, M. R. Pavimento de concreto. *Téchne*, São Paulo, v. 7, n. 43, p. 61-64, nov./dez. 1999.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. São Paulo: Pini, 1996.

ROCHA, S. Desempenho medido na prática. *Téchne*, São Paulo, v. 5, n. 29, p. 14-22, jul./ago. 1997.

ROCHA, S. Pés no chão. *Téchne*, São Paulo, v. 4, n. 24, p. 26-29, set./out. 1996.

RODRIGUES, P. P. F.; CASSARO, C. F. **Pisos industriais de concreto armado**. São Paulo: IBTS, 2002.

RODRIGUES, P. P. F.; GASPARETTO, W. E. Juntas em pisos industriais de concreto. *Téchne*, São Paulo, v. 7, n. 42, p. 68-72, set./out. 1999.

RODRIGUES, P. P. F.; PITTA, M. R. **Dimensionamento de pavimentos de concreto estruturalmente armados**. São Paulo: IBRACON/ABCP/IBTS, [200-?]. 30 p.

SANTIAGO, J. R. Estruturas, o estado da arte. *Téchne*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 16-21, jan./fev. 1993.

SANTOS, L. M. dos. **Cálculo de concreto armado: segundo a nova NB-1 e o CEB**. 2. ed. São Paulo: Editora LMS, 1983. 2 v.

SANTOS, S.; SAVAGE, A. M. **Concreto e durabilidade**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <www.altoqi.com.br>. Acesso em: 03 nov. 2003a.

SANTOS, S.; SAVAGE, A. M. **A deterioração das estruturas**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <www.altoqi.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2003b.

SANTOS, S.; SAVAGE, A. M. **Vida útil das estruturas de concreto**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <www.altoqi.com.br>. Acesso em: 03 nov. 2003c.

SANTOS, S.; SAVAGE, A. M.; DUARTE FILHO, L. A. **A nova NBR 6118 e a durabilidade das estruturas**. Florianópolis, 2003. Disponível em: <www.altoqi.com.br>. Acesso em: 05 dez. 2003.

SAVASTANO JÚNIOR, H.; DANTAS, F. DE A. S.; AGOPYAN, V. **Zona de transição**. *Téchne*, São Paulo, v. 2, n. 7, p. 24-27, nov./dez. 1993.

SAYEGH, S. **A tecnologia de estais na ponte JK, em Brasília**. *Téchne*, São Paulo, v. 11, n. 70, p. 42-46, jan. 2003.

SAYEGH, S. **Desempenho a toda prova**. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 63, p. 36-43, jun. 2002a.

SAYEGH, S. **Opcional de fábrica**. *Téchne*, São Paulo, v. 10, n. 67, p. 44-50, out. 2002b.

SERRA, G. G. **O concreto de alto desempenho e a nova arquitetura**. São Paulo: ABCP/NUTAU/USP, 1997. 1 CD-ROM.

SILVA, G. R. da. **Manual de traços de Concreto**. 3. ed. aum. e rev. São Paulo: Nobel, 1975.

SILVA, M. R. **Materiais de construção**. São Paulo: Pini, 1985.

SILVA, P. F. A. **Concreto projetado para túneis**. São Paulo: Pini, 1997.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO – SNIC. **Apresenta informações sobre os cimentos brasileiros**. Disponível em: <<http://www.snic.org.br>>. Acesso em: 07 ago. 2003.

SOUZA, A. L. R. de; MELHADO, S. B. **O “projeto para produção” como ferramenta de gestão da qualidade**. *Téchne*, São Paulo, v. 6, n. 36, p. 53-56, set./out. 1998.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA JUNIOR, T. F. de. **Estruturas de concreto armado**. Lavras: UFLA, 2003. 54 p. Notas de aula.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de concreto**. 3 ed. Porto Alegre – Rio de Janeiro: Globo, 1983. 2 v.

TANGO, C. E. de S.; ALVIM, J. C. Estruturas de concreto (parte 1). *Téchne*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 43-46, jan./fev. 1993.

THOMAZ, E. Seixo rolado X pedra britada. *Téchne*, São Paulo, v. 9, n. 53, p. 22, ago. 2001.

THOMAZ, E. *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Pini, 1989.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Central. *Manual de orientação em referência bibliográfica (NBR 6023-ABNT): revisão e atualização*. [Comissão Responsável: Maria Helena de Castro (Presidente), Antônio Máximo de Carvalho, Luiz Carlos de Miranda]. Lavras: UFLA-BC, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Pró-Reitoria de Pós-Graduação. *Normas para redação de dissertações e teses*. [Comissão Responsável: Luiz Antônio Lima, Elias Tadeu Fialho, José Roberto Soares Scolforo]. Lavras: UFLA-PRPG, 1998.

YAZIGI, W. *A técnica de edificar*. 4. ed. São Paulo: Pini-SindusCon-SP, 2002.