



IBRACON

38^a REIBRAC - IBRACON

19 a 23 de agosto de 1996 - RIBEIRÃO PRETO - SP

SAP
27.08.96

VOLUME II

**PAVIMENTOS
DE CONCRETO**

**REABILITAÇÃO
DE ESTRUTURAS
DE CONCRETO**

**EQUIPAMENTOS E
MÉTODOS PARA
PRODUÇÃO, APLICAÇÃO E
CONTROLE DO CONCRETO**

**INDUSTRIALIZAÇÃO
DA CONSTRUÇÃO
EM CONCRETO**

Patrocinadores:



Anima: Alfinen

DIRETORES REGIONAIS

ÍNDICE

VOLUME I

PAVIMENTOS DE CONCRETO

pg

- Estudo de algumas propriedades do concreto reforçado com fibras de aço e polipropileno destinado a pavimentos.
*Carlos Eduardo Xavier Regattieri, M. G. Silva, Paulo Roberto do Lago Helene e Yahan Agopyan.....*001
- Controle da qualidade de pavimentos de concreto contendo fibras: Um caso real.
*Paulo Fernando A. Silva, Fernando Jardim Mentone, Antonio Carlos Pitta.....*015
- Pavimentos de concreto: Casos reais de patologia.
Paulo Fernando A. Silva, Fernando Jardim Mentone e Oswaldo Enrich Guaracy..... 023
- Influência da microsilica nas propriedades de um concreto com seixos rolados para utilização em pavimentos de concreto.
*Sebastião Batista dos Santos, Cláudio Matias da Silva e Normando Perazzo Barbosa.....*029
- Pisos de argamassa de alta resistência no aproveitamento múltiplo Três Irmãos.
*José Fernando Ferraz Rosa.....*039
- Verificação da punção segundo o texto base da NB 1/93.
*José Luis P. Melges, Libânio M. Pinheiro e Fernando R. Stucchi.....*049
- Pisos industriais construídos com concreto dosado com fibras
*Newton de Oliveira Pinto Junior e Paulo Bina.....*063
- O pavimento rígido em concreto protendido.
*Manfred Theodor Schmid.....*079
- Projeto geométrico do Whitetopping da via Anchieta - SP 150.
*Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....*093
- Memória de cálculo do Whitetopping destinado à via Anchieta - SP 150.
*Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....*103
- Recomendações de execução e de controle do Whitetopping da via Anchieta - SP 150.
*Marcos Dutra de Carvalho, Abdo Hallack, Éber Luciano Santos Silva, James Walter Mack, Silvia Regina Rabaça e Octávio Souza Campos.....*115

REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

- Estudo de peças fletidas de concreto armado com armadura exposta.
*João Luiz Campagnolo, Américo Campos Filho e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....*131
- Recuperação e aumento de capacidade de carga de lajes nervuradas.
*Francisco dos Santos Rocha e José Bento Ferreira.....*145
- Avaliação e reabilitação de estruturas de concreto.
José Dafico Alves..... 153
- Polímeros com fibras no reforço de estruturas de concreto armado.
*Aluizio Fontana Margarido, Hélio Iagher e Pedro Boscov.....*163
- Reforço em treliças mistas empregando tirantes externos.
*Durio Lauro Klein, Francisco P. S. L. Gastal e Fábio Luiz Willrich.....*175
- Análise das causas de deformações excessivas em elementos protendidos de seção V.
*Francisco P. S. L. Gastal, Américo Campos Filho, Durio Lauro Klein e João Luiz Campagnolo.....*189
- Reparos de pilares de concreto armado com remoldagem da seção transversal.
*Elio Vanderlei e João Carlos Teatini de Souza Climaco.....*203
- Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região nordeste.
*Jairo Andrade e Denise C. C. Dal Molin.....*217
- Alçamento e reabilitação de estruturas: Solução para enchentes no córrego Aricanduva.
*Marcos Antonio Pereira de Godoy, Luiz Prado Vieira Junior e Renato M. Zuccolo.....*229

BELÉM / PA	Paulo Márcio da Silva Aranha Al. Paulo Maranhão, 45 66040-330 - Belém - PA
BELO HORIZONTE / MG	José Celso da Cunha R. Piauí, 153 30150-320 - Belo Horizonte - MG
BRASÍLIA / DF	Laércio Trentini SDS-BI.D NR.69-SI.516-Ed Eldorado 70300-000 - Brasília - DF
FORTALEZA / CE	Afrodísio Durval Gondim Pamplona R. Jornalista Nertan Macedo, 370 60190-730 - Fortaleza - CE
GOIÂNIA / GO	José Tomaz França Fontoura BR 153 Km 1290 - Cx. Postal 457 74001-970 - Goiânia - GO
MEDIANEIRA / PR	César Augusto Romano Av. Brasil, 4232 85884-000 - Medianeira - PR
PORTO ALEGRE / RS	Fernando Antonio Piazza Recena R. Washington Luiz, 675 90010-460 - Porto Alegre - RS
RIO DE JANEIRO / RJ	Walmor José Prudêncio R. Fonseca Telles, 40 20940-060 - Rio de Janeiro - RJ
SALVADOR / BA	Minos Trócoli de Azevedo Lot. Centro Executivo, Rua C nº 291 41745-000 - Salvador - BA
SÃO PAULO INTERIOR	Jefferson Benedicto Libardi Libório Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 13560-250 - São Carlos - SP

- Reparos em estruturas de concreto: Estudo de caso envolvendo materiais e processos de aplicação.	
<i>Francisco de Assis Souza Dantas, Ivanisio de Lima Oliveira, Ernan Silva e Carlos Teruo Yanagihara</i>	245
- A Importância de ensaios laboratoriais na reabilitação de estruturas de concreto.	
<i>Francisco de Assis Souza Dantas e Ernan Silva</i>	257
- Reabilitação de estruturas: Apresentação de um caso.	
<i>José Roberto Braguim</i>	271
- Referência técnica de grautes para reabilitação estrutural - Critérios e Exemplos.	
<i>Carlos Eduardo de Siqueira Tango</i>	287
- Emprego de microsilica em obras de reabilitação de estruturas de concreto armado.	
<i>Antonio Freitas da Silva Filho, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Minos Trócoli de Azevedo</i>	297
- Reforço de estruturas de concreto armado com chapa metálica colada com epóxi.	
<i>Minos Trócoli de Azevedo, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Luciene Vilalva Garcia</i>	303
- Manutenção e recuperação de usinas hidroelétricas a política de Furnas Centrais Elétricas S/A.	
<i>Agenor Antonio Bailão Galletti, Nelson Caproni Junior, Paulo Coreixas Junior e Walton Pacelli de Andrade</i>	321
- Recuperação da bacia de dissipação da UHE de Porto Colombia.	
<i>Rogério Sales Gó, Afonso de Andrade Goulart Neto, Agenor Antonio Bailão Galletti</i>	329
- Algumas aplicações da resina poliuretana derivada do óleo de mamona para proteção de estruturas de concreto.	
<i>Osny Pellegrino Ferreira, Jefferson Benedicto Libardi Libório e Isac José da Silva</i>	343
- Reabilitação de estruturas de concreto armado: Uma análise anterior à sua ocorrência.	
<i>Sandra Carla Lima Dorea e Jefferson Benedicto Libardi Libório</i>	357
- Reabilitação de estruturas de concreto sujeitas a vazamentos e infiltrações, com injeção de poliuretano hidroativado.	
<i>Joaquim Rodrigues</i>	369
- Reabilitação de soleira de vertedouro da UHE Porto Primavera.	
<i>Waldomiro Almeida Junior, José Renato Arantes Andrade, Edvaldo Fábio Carneiro, Rubens Eid Silva, Edison Kataoka e Luiz Prado Vieira Junior</i>	383
- Avaliação do desempenho dos reparos executados na soleira do vertedouro da UHE Porto Primavera.	
<i>Edvaldo Fábio Carneiro, José Renato Arantes Andrade e Waldomiro Almeida Junior</i>	393
- Avaliação da capacidade protetora da resina de óleo de mamona contra os efeitos da carbonatação sobre as armaduras de concreto armado.	
<i>Elvio A. Guimarães e Antonio A. Nepomuceno</i>	399
- Parâmetros e grandezas de importância no estudo da evolução da corrosão das armaduras no concreto.	
<i>Elton Bauer</i>	413

VOLUME II

EQUIPAMENTOS E MÉTODOS PARA PRODUÇÃO, APLICAÇÃO E CONTROLE DO CONCRETO

- Recobrimento articulado do concreto.	
<i>Maurício Fernandes da Costa</i>	427
- Processo otimizado de execução de estrutura: Uma medida de qualidade e durabilidade.	
<i>Victor Guimarães Vieira</i>	439
- Novos materiais para construção civil: A necessidade do controle nas obras.	
<i>José Gilberto Braud Sanches e Paulo Bina</i>	453
- Concreto reforçado com fibras de aço CRFA.	
<i>Newton de Oliveira Pinto Junior e Antonio Alexandre de Moraes</i>	471
- Concreto de agregado leve reforçado com fibra de poliéster.	
<i>Antonio Joaquim Pires Albuquerque, Nestaly Batista de Almeida Filho e Nelson Ruy Amado Souto Barreto</i>	481
- Tratamento e disposição de concreto residual em centrais dosadoras.	
<i>Levy Rezende, Salomoni M. Levy e João Gaspar Djanikian</i>	499

- Considerações sobre o método construtivo e a durabilidade da estrutura em concreto do vertedouro da UHE Capivara, da CESP.	
<i>Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite, Antonio Ricardo Abud</i>	507
- Construção descendente-ascendente racionalizada sequência executiva.	
<i>Adriano Etcheverry</i>	515
- O Emprego de concreto compactado com "Sapo" para proteção de alas de pontilhães.	
<i>Zózimo Pereira, Paulo Melfi, Marcelo Cardoso Gontijo e Nelson Takashi Onuma</i>	527
- Gerenciamento ambiental: Alternativa de estabilização de resíduos industriais e urbanos com cimento e concreto.	
<i>Everaldo Marciano Junior, Vagner Muringolo e Antonia Jadranka Suto</i>	535
- Proposta metodológica para dosagem das "Argamassas Estruturais" utilizando cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica.	
<i>Jefferson Benedicto Libardi Libório e Aluizio Brás de Melo</i>	551
- Avaliação do comportamento frente a meios agressivos de algumas "Argamassas Estruturais" submetidas a cura térmica.	
<i>Aluizio Brás de Melo e Jefferson Benedicto Libardi Libório</i>	565
- Aplicação da microsilica "Fluida" no concreto.	
<i>Robson Luis Gaiofatto, Jorge Luiz Cardoso e Paulo de Tarso</i>	581
- Análise reológica da fluência dos concretos	
<i>Eduardo M. R. Fairbairn e Robson Luis Gaiofatto</i>	595
- Medindo a produtividade da mão-de-obra na execução das formas para estruturas de concreto armado.	
<i>Ubiraci Espinelli Lemes de Souza</i>	609
- Concreto de alta resistência com inibidor de corrosão à base de nitrato de cálcio - Algumas características.	
<i>Paulo Martins Pereira Neto, Renato Luiz Macedo Fonseca e João Gaspar Djanikian</i>	623
- Avaliação da resistência do concreto através de corpos de prova moldados e testemunhos extraídos: Um estudo experimental.	
<i>Carlos Armando Gutschow e Denise C. C. Dal Molin</i>	635

INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM CONCRETO

- Um levantamento de pesquisas sobre concreto pré-moldado nos Estados Unidos da América.	
<i>Mounir Khalil El Debs</i>	649
- Técnicas empregadas na produção de estacas pré-moldadas no porto de Vila do Conde.	
<i>Geraldo Moritz Piccoli e Wilson Lourenço da Cunha</i>	663
- Estudo do comportamento de lajes pretendidas do tipo alveolar.	
<i>Francisco P. S. L. Gastal, Américo Campos Filho e Carla Suzana Brito e Silva</i>	679
- Concreto de elevado desempenho com pozolanas para estruturas pré-moldadas com cura normal.	
<i>Geraldo Cechela Isaia</i>	693
- Os princípios da industrialização da construção pesada aplicados à execução de pontes empurradas da CESP.	
<i>Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite</i>	707
- A importância da protensão na pré-fabricação em elementos de concreto.	
<i>Roberto Chust Carvalho, Sydney Furlan Junior e Jasson Rodrigues Figueiredo Filho</i>	715
- Ligações semi-rígidas entre elementos de estruturas pré-moldadas de concreto.	
<i>Marcelo de Araújo Ferreira e Mounir Khalil El Debs</i>	725
- Elementos pré-fabricados de pequena espessura - Estudo de dosagem de micro-concretos de alto desempenho.	
<i>Marcos Vinício Costa Agnesini e Laércio Ferreira e Silva</i>	739
- Estudo do comportamento de elementos pré-fabricados de argamassa armada com ênfase na durabilidade.	
<i>José Luiz Rangel Paes e Regina Helena Ferreira de Souza</i>	751
- Influência das condições iniciais da cura térmica na resistência do concreto.	
<i>Gladis Camarini e Muria Alha Cincotto</i>	765

- Execução de pré-fabricados nas obras da bacia e usinas de Porto Primavera/Rosana. <i>João Turallo Junior, Rosana Borçato Cestari e Luis Antonio Batista.....</i>	779
- Protensão com cordoalhas engraxadas e plastificadas. <i>Eugênio Luiz Cauduro</i>	785
- Lâminas pré-estruturais. <i>Alceu Alves da Paixão.</i>	799

**ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE PEQUENA ESPESSURA -
ESTUDO DE DOSAGEM DE MICROCONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO**

1298117

Agnesini, Marcos Vinício Costa

Silva, Laércio Ferreira e 139556

Universidade de São Paulo -Escola de Engenharia de São Carlos

São Carlos - São Paulo - Brasil

RESUMO

São apresentados resultados de dosagem experimental de microconcretos ($D_{max} = 9,5$ mm) de alto desempenho ($f_{ck} \geq 50$ MPa), visando sua aplicação em indústrias da construção em concretos da região centro-norte do estado de São Paulo.

As características do concreto em estudo são as seguintes: relações água-cimento máximas de 0,40; os materiais são os usualmente utilizados na região de São Carlos - Estado de São Paulo, a saber, areia natural quartzosa e agregado graúdo britado basáltico, cimentos de alta resistência inicial (CPV-ARI e CPV-ARI-RS), aditivo superplastificante acelerador (SPA) e adição de microssilica.

Foram obtidas resistências à compressão próximas de 100 MPa, aos 28 dias de idade (para o CPV-ARI), utilizando-se corpos-de-prova cilíndricos de 75 x 150 mm, com aditivo superplastificante acelerador e microssilica e resistências de até 30 MPa para microconcretos com 12 horas de idade, caracterizando, portanto, a possibilidade de desformas rápidas, sem necessidade de emprego de qualquer processo de cura térmica.

O microconcreto assim dosado é destinado a produção de pré-fabricados, que são caracterizados pela esbeltez e leveza dos componentes, atingindo altas resistências mecânicas iniciais e finais, bem como grande durabilidade, considerando-se os parâmetros adotados na dosagem.

INTRODUÇÃO

O Concreto de Alto Desempenho segundo Amaral Filho (1992), é caracterizado em função do valor da resistência característica mínima à compressão de 50 MPa e constitui-se, atualmente, em tema extremamente importante para a Engenharia de Estruturas, visto que, a

SYSNO 904619
PROD 000027

ACERVO EESC

sua aplicação resulta em obras com grandes vantagens quanto ao custo, concepção arquitetônica e durabilidade.

No Brasil, o interesse pela aplicação do CAD, principalmente na faixa de resistência de 50 a 90 MPa, tem sido cada vez maior, na execução de grandes estruturas, edifícios, componentes pré-fabricados e pisos industriais. Na região abrangida pelo presente estudo (Centro-Norte do Estado de São Paulo), o interesse por esta tecnologia é crescente, tendo em vista, a demanda por obras de maior porte, considerando-se as vantagens técnico-econômicas oferecidas pelo CAD. Anteriormente ao seu advento, as usinas de concreto desta região (e por extensão em todo o país), praticamente, só forneciam os produtos com f_{ck} de no máximo 20 MPa. Hoje, há uma tomada de consciência para a adaptação de dosagem e produção de concreto às novas necessidades do mercado consumidor.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo a apresentação de um estudo de dosagem de microconcretos ($D_{max}=9,5mm$), com materiais disponíveis na região de São Carlos - SP e é direcionado para a indústria de pré-moldados de pequena espessura (entende-se por pequena espessura, seções da ordem de 40 a 60 mm). Exemplos regionais de estruturas deste tipo podem ser encontrados em coberturas industriais, galerias, pontilhões rodoviários e reservatórios, com perspectiva de utilização também em painéis portantes, lajes e vigas de edifícios.

Evidentemente, este estudo poderá ser estendido, com as devidas adaptações, a qualquer região, com o emprego de materiais diferentes daqueles utilizados na presente pesquisa.

A faixa de resistência abrangida na dosagem, refere-se a concretos com f_{ck} variando de 50 a 90 MPa, produzidos com cimentos Portland dos tipos: CPV-ARI e CPV-ARI-RS, agregado miúdo natural de origem fluvial e quartzosa, agregado graúdo resultante de britamento de rochas basálticas, aditivo superplastificante do tipo SPA (segundo nomenclatura da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e adição de microsilica. O aditivo do tipo SPA foi utilizado para aplicação no CAD em indústrias de componentes pré-fabricados de pequena espessura, objetivando-se, com isso, desformas rápidas, sem o emprego de processos envolvendo cura térmica.

As resistências à compressão foram obtidas em corpos-de-prova cilíndricos de

dimensões 75 x 150 mm ($D_{max}=9,5mm$), com base em pesquisa anterior desenvolvida pelos autores deste - Agnesini & Silva (1994 e 1996).

CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Cimento Portland

Na produção dos concretos foram empregados dois tipos de cimento: cimento Portland de alta resistência inicial, CPV- ARI e cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos - CPV-ARI-RS. As características físicas e mecânicas destes cimentos, respectivamente prescritas pelas NBR-11.578, NBR-5733 e NBR-5737, estão representadas na Tabela 1 (Ciminas S.A. - 1995).

Tabela 1: Características dos Cimentos

Características e Propriedades		Un.	CPV-ARI		CPV - RS	
			s/aditivo	c/SPA	s/aditivo	c/SPA
Finura	Resíduo # 200 (NBR-11579)	%	0,3		0,1	
	Sup. Esp. Blaine (NBR-7224)	m ² /kg	451		475	
Tempo de Pega	Início (NBR-11581)	min	128	110	185	115
	Fim (")	min	190	170	264	300
Expansibilidade a quente (NBR-11582)		mm	-		0,4	
Resistência à Compressão (NBR-7215)	1 dia	MPa	28,4		20,3	
	3 dias	MPa	42,3		33,2	
	7 dias	MPa	46,7		40,0	
	28 dias	MPa	55,1		52,0	

Agregado Miúdo

Na dosagem do CAD foi utilizada uma areia natural quartzosa, proveniente do Rio Mogi-Guaçu- Município de São Carlos - SP, a qual apresentou as seguintes características:

-Composição granulométrica (NBR 7217) - areia fina- zona 2 (NBR-7211), com Dimensão Máxima Característica, $D_{max}= 2,4mm$ e Módulo de Finura, $MF= 2,42$ (Tabela 2).

-Substâncias nocivas - o agregado miúdo preencheu todos os requisitos da norma NBR-7211, quanto à presença de substâncias nocivas ao concreto.

-Índices Físicos- massa específica (NBR-9776) = 2,63 kg/dm³, massa específica no estado solto - areia seca (NBR-7251) = 1,52 kg/dm³.

-Forma dos Grãos- número de angulosidade médio (British Standard - BS 812) = 6,5 e índice de esfericidade médio = 0,60.

cimento. O teor de argamassa determinado experimentalmente corresponde a 50%, função do valor mínimo do índice de vazios (43%) da matriz formada pelo agregado graúdo, conduzindo, assim, a concretos otimizados quanto à trabalhabilidade e compacidade. Nestas condições, obteve-se a Tabela 5, contendo os traços em massa dos concretos.

Tabela 5- Traços em massa dos microconcretos ($D_{max} = 9,5 \text{ mm}$)

Consumo	l : a : p	a/c	a/c+ms	Cons. cimento (kg/m^3)
CPV-ARI	1 : 0,75 : 1,75	0,31	0,27	627
	1 : 1,20 : 2,20	0,37	0,32	504
	1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	427
CPV-ARI-RS	1 : 0,75 : 1,75	0,33	0,29	619
	1 : 1,20 : 2,20	0,39	0,34	498
	1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	427

PRODUÇÃO DOS MICROCONCRETOS

Para cada cimento e para cada traço, foram moldados 5 corpos-de-prova cilíndricos de $75 \times 150 \text{ mm}$, cujas resistências permitiram o traçado das funções específicas $f_{cj} = F(a/c)$, a partir das quais, pode-se promover as dosagens de concretos, conforme a proposta inicial deste trabalho.

Os microconcretos foram preparados em misturadores planetários, sendo os materiais secos colocados inicialmente na cuba, com parte da água e posteriormente adicionada uma lama previamente misturada, formada pela microsilica, o restante da água mais o aditivo. O adensamento foi promovido através de mesa vibratória, com colocação de duas camadas.

Os corpos-de-prova, assim preparados, após a desforma, foram colocados em câmara úmida até as respectivas datas de ruptura: 8 e 12 horas e 1, 3 e 28 dias.

RESULTADOS

As Tabelas 6 e 7 e as Figuras de 1 a 4 contêm os resultados das resistências à compressão dos microconcretos, determinadas em corpos-de-prova de $75 \times 150 \text{ mm}$.

Tabela 6 - Resistências à compressão de microconcretos com CPV-ARI e aditivo superplastificante acelerador de pega SPA

Traço em massa			Resistência à compressão (MPa)				
l : a : p	a/c	a/c + ms	8 horas	12 horas	1 dia	3 dias	28 dias
1 : 0,75 : 1,75	0,31	0,27	8,8	30,8	47,3	66,1	103,0
1 : 1,20 : 2,20	0,37	0,32	4,3	27,6	40,5	58,1	93,7
1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	3,0	20,8	30,5	50,5	84,2

Tabela 7 - Resistências à compressão de microconcretos com CPV-ARI-RS e aditivo superplastificante acelerador de pega SPA

Traço em massa			Resistência à compressão (MPa)				
l : a : p	a/c	a/c + ms	8 horas	12 horas	1 dia	3 dias	28 dias
1 : 0,75 : 1,75	0,33	0,29	2,7	8,5	21,1	34,2	60,3
1 : 1,20 : 2,20	0,39	0,34	0,9	4,2	16,5	31,0	54,5
1 : 1,65 : 2,60	0,42	0,36	0,7	2,9	15,0	28,6	52,1

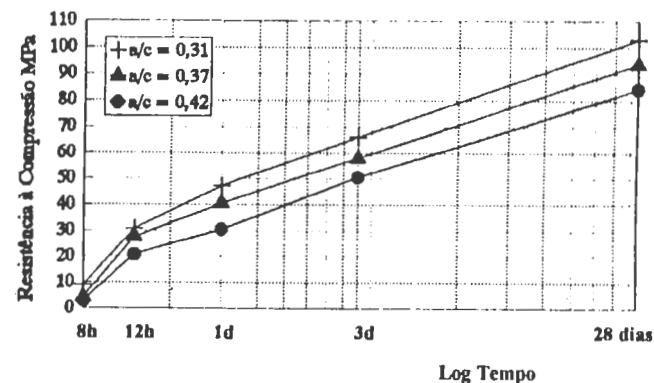


Figura 1 - Resistência do Microconcreto x Tempo
Cimento CPV-ARI (c/ aditivo SPA)

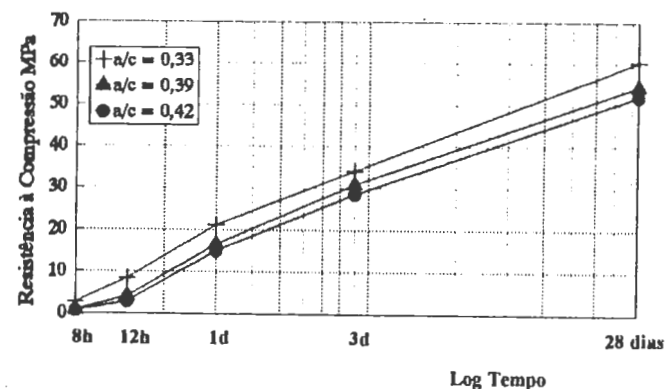


Figura 2 - Resistência do Microconcreto x Tempo
Cimento CPV-ARI-RS (c/ aditivo SPA)

- Para as dosagens mais pobres deste tipo de cimento, a desforma rápida exige o emprego de cura térmica, a qual é sempre vantajosa para cimentos com adições de escória de alto forno (o cimento em questão possui 30% desta adição em sua composição química).

- A resistência máxima obtida, aos 28 dias de idade, supera 60 MPa para a dosagem mais rica ($a/c = 0,33$). Cumpre-se observar, que as resistências aos 28 dias de idade com CPV-ARI-RS são equivalentes às verificadas aos 3 dias para o CPV-ARI. Portanto, conforme era de se esperar, do ponto de vista de resistência e sem utilização de cura térmica, é sempre vantajoso o emprego do CPV-ARI.

- Do ponto de vista de durabilidade, compensada a diminuição da resistência inicial, o emprego do CPV-ARI-RS permite a utilização dos pré-moldados em condições extremamente agressivas, considerando-se a ação conjunta da escória presente no cimento e a adição de microssilica.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE DOSAGEM DO CAD

Com base nas funções $f_{cj} = F(a/c)$, indicadas nas Figuras 3 e 4, apresenta-se a seguir alguns casos práticos ilustrativos de dosagem do CAD, para os materiais em estudo, levando-se em conta o critério da resistência, visto que está garantida a boa durabilidade, face às baixas relações a/c ($\leq 0,40$).

Exemplo 1

Dados: microconcreto para pré-moldados, $f_{ck} = 80$ MPa, $D_{\max} = 9,5$ mm, espalhamento (flow table) = 160 ± 10 mm, cimento CPV-ARI, aditivo superplastificante SPA e adição de microssilica.

Calculando-se inicialmente o valor de f_{c28} , através da expressão $f_{c28} = f_{ck} + 1,65 s_d$, e adotando-se $s_d = 4$ MPa (condição A - ABNT), obtém-se $f_{c28} = 87$ MPa.

Pela Figura 3, determina-se o valor de $a/c = 0,40$.

Admitindo-se o teor de água/materiais secos = 8% (Tabela 4) e teor de argamassa seca de 50%, chega-se ao traço final procurado, cujo consumo de cimento é de : $C = 460$ kg/m³.

1 : 1,42 : 2,43 : $a/c=0,40$: 15% ms : 1,5% aditivo SPA.

Observa-se, pela Tabela 6 e Figura 1, que a resistência prevista para este microconcreto será da ordem de 4,0 MPa com 8 horas, e de 25 MPa com 12 horas. Consequentemente, pode-se determinar, através de novos ensaios, o tempo mínimo de desforma, neste intervalo (estimado em cerca de 10 horas).

Pode-se estimar, ainda, a idade recomendável para cura úmida por submersão dos pré-moldados, até a obtenção de resistência mínima de 70% de f_{ck} . Portanto, para a resistência de 56 MPa ($0,70 \times 80$ MPa), determina-se pela Figura 1, a idade de 3 dias.

Exemplo 2

Dados: microconcreto para pré-moldados, $f_{ck} = 50$ MPa, $D_{\max} = 9,5$ mm, espalhamento (flow table) = 160 ± 10 mm, cimento CPV-ARI-RS, aditivo superplastificante SPA e adição de microssilica.

Calculando-se inicialmente o valor de f_{c28} , através da expressão $f_{c28} = f_{ck} + 1,65 s_d$, e adotando-se $s_d = 4$ MPa (condição A - ABNT), obtém-se $f_{c28} = 57$ MPa.

Pela Figura 4, determina-se o valor de $a/c = 0,36$.

Admitindo-se o teor de água/materiais secos = 8,5% (Tabela 4) e teor de argamassa seca de 50%, chega-se ao traço final procurado, cujo consumo de cimento é de : $C = 540$ kg/m³.

1 : 1,04 : 2,04 : $a/c=0,36$: 15% ms : 1,5% aditivo SPA.

Observa-se, pela Tabela 7 e Figura 2, que este microconcreto poderá ser desformado, sem cura térmica, somente com tempo situado entre 12 e 24 horas (faz-se necessário realizarem-se ensaios neste intervalo para uma determinação precisa).

A idade recomendável para cura úmida por submersão dos pré-moldados, adotando-se como resistência mínima a de 70% de f_{ck} (35 MPa), para este cimento, será da ordem de 5 dias, conforme pode-se observar na Figura 2.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as Empresas do Grupo Holderbank, Ciminias S.A. e H^c Holderchem pela cessão dos cimentos, microssilica e aditivos, o que permitiu a realização da presente pesquisa de forma plenamente satisfatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- . Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Normas, Especificações e Métodos de Ensaio para Cimento, Concreto e Agregados.
- . Amaral Filho, E. M. - Concreto de alta resistência. Revista IBRACON, n. 4, Ano 2, Abril/Maio/Junho/1992, pp. 40-49.
- . Agnesini, M. V. C. - Argamassas e microconcretos para elementos estruturais de pequena espessura. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 11. Águas de São Pedro, 1994. ANAIS. São Paulo, IPT/POLI/IFUSP, 1994. p.1317-20.
- . Agnesini, M. V. C. ; Silva, L. F. e - Controle da resistência à compressão do concreto: estudo de utilização de corpos-de-prova cilíndricos de dimensões reduzidas. In: Reunião Anual do IBRACON, 36. Porto Alegre, 1994. ANAIS: São Paulo, 1994, vol.2, pp.897-910.
- . Ciminias S.A.- Relatório Semanal de ensaios de cimento. Emissão 14/09/95
- . H^c Holderchem - Boletim técnico sobre aditivos - 1995