

1993

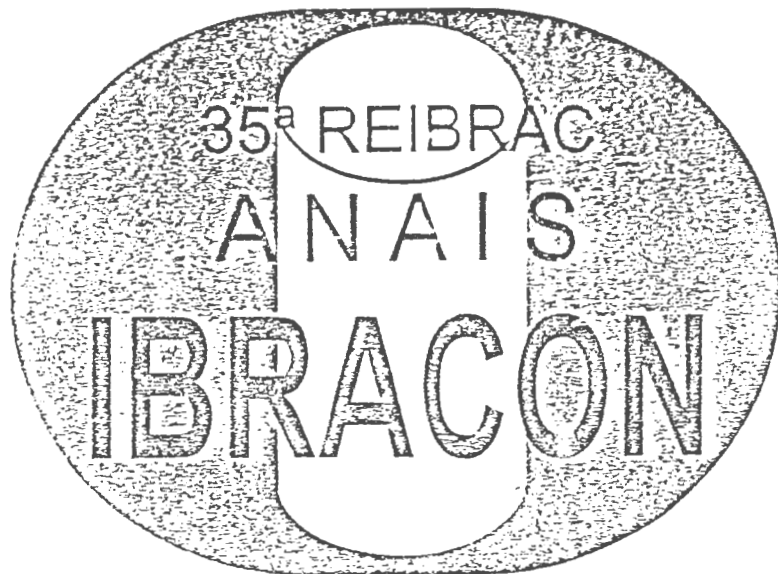
BRASÍLIA - 21 A 25 DE JUNHO

CONTROLE DA QUALIDADE DO CONCRETO

PROCESSOS CONSTRUTIVOS EM OBRAS DE CONCRETO

ÍNDICE

VOLUME I



PATROCINADORES:



CIMENTO TOCANTINS S.A.



COMPANHIA CIMENTO
PORTLAND ITAÚ

Utilização de concreto compactado a rolo na usina hidrelétrica Porto Primavera Antonio René Camargo Aranha de Paula Leite, Isaac Amaral Alves, Jose Renato Arantes Andrade, Julio Cesar Astolpni e Seizo Chapira Kuperman	001
Sistema de Resfriamento da viga do munhão do vertedouro da UHE Xingó Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho, José Carlos Legaspere, Marcelo Fougy e José Edson Furtado de Mendonça	015
Métodos e detalhes construtivos, não convencionais utilizados nas obras em concreto da UHE Tucuruí-consolidação da experiência Paulo Roberto Amaro e Luiz Fernando Rufato	029
Garantia da qualidade na fabricação de produtos químicos para a construção civil Marcos Eggers e Paulo Cezar Souza de Siqueira Pinto	045
Evolução da resistência de concreto com e sem introdução de aditivo iar Minos Troccoli de Azevedo, Antônio Freitas da Silva Filho e Antônio Sergio Ramos da Silva	061
Importância da microscopia para aperfeiçoamento do clínquer na fabricação de cimento Wilma Brandão Metzker, Degmar Peixoto Diniz e Sergio Luiz Centurione	067
Implantação do sistema da qualidade para ensaios de concreto Elcio Antonio Guerra, Márcia Campos dos Santos, Rubens Machado Bittencourt e Walton Pacelli de Andrade	081
Gestão da Qualidade em laboratórios de ensaios Elcio Antonio Guerra, Márcia Campos dos Santos e Walton Pacelli de Andrade	096
Dissipação do calor com base nas leituras dos termômetros instalados nas estruturas de concreto da UHE Tucuruí - Análise expedita Sérgio de Lemos Luna e Gilson Machado da Luz	101
Controle da qualidade de obras de concreto estrutural Minos Troccoli de Azevedo, Vicente Mario Vasco Mattos, Antonio Sérgio Ramos da Silva e Antônio Freitas da Silva Filho	115
Recomendações para a dosagem de gráute de enchimento de alvenaria estrutural Luiz Antonio Pereira de Oliveira	123
Qualidade na indústria da construção civil - padronização de atividade na execução de um conjunto habitacional André Luiz Guerreiro da Cruz, Wanera Guimarães de Oliveira, Erica Alstau Flexa Ribeiro, Carlos Alberto Guerreiro da Cruz e João Vicente Viana Longo	137
Controle do concreto projetado das obras da serra da mesa e Corumbá I Dionésio Werner, Maurice Antoine Traboulsi, Newton Goulart Graça e Rubens Machado Bittencourt	147
Concreto projetado por via seca: o controle do processo Antonio Domingues Figueiredo e Paulo Roberto do Lago Helene	161
Concreto projetado por via seca: controle da qualidade do produto Luiz Roberto Prudêncio Júnior e Paulo Roberto do Lago Helene	175

Qualificando o desempenho de equipes de concreto projetado e seus equipamentos	
Carlos Eduardo de Siqueira Tango.....	189
Controle da qualidade de peças pré-moldadas de concreto: inspeção	
Minos Trocoli de Azevedo, Antônio Sergio Ramos da Silva e Antônio Freitas da Silva Filho.....	203
O uso de ferramentas estatísticas para o controle de qualidade do concreto celular	
André Luiz Guerreiro da Cruz.....	211
Controle tecnológico de fissuras em habitação em concreto celular com espuma pré-formada	
André Luiz Guerreiro da Cruz, Carlos Alberto Guerreiro da Cruz e João Vicente Viana Longo.....	219
Gestão concreto - sistema computadorizado de gestão de instrumentação de barragens de concreto	
Gilson Machado da Luz e Sérgio Lemos de Luna.....	231
Controle da qualidade do ccr usado na usina hidrelétrica Porto Primavera	
Edvaldo Fábio Carneiro, João Tarallo Junior, Waldomiro Almeida Junior, Luiz Prado Vieira Junior e Nelson Takashi Onuma.....	245
Ensaio triaxiais em testemunhos de concreto compactado a rolo	
Eduardo de Aquino Gambale, João Luiz Armelin, José Tomaz França Fontoura e Walton Pacelli de Andrade.....	257
Controle pontual de consumo de cimento	
André Luiz Guerreiro da Cruz.....	269
Evolução do controle de qualidade do concreto	
José Daíco Alves.....	277
Estatística aplicada as centrais de concreto	
Jorge Luiz Christofolli.....	289
Aplicação de concreto compactado a rolo com adições	
João Bosco Moreira do Carmo, José Francisco Farage Nascimento, José Tomas França Fontoura, Márcia Campos dos Santos, Maurice Antoine Traboulsi.....	309
Importância do controle da densificação das camadas de pavimentos rodoviários de concreto compactado a rolo, na qualidade final do produto	
Glicério Trichês.....	327
Proposição de procedimento de ensaio para determinação do teor de material cimentício em misturas de concreto compactado a rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira de Carvalho, José Edson Furtado de Mendonça, Francisco Souza e Ivaneide Angelo S. Moreira.....	343
Controle da qualidade em obras de argamassa armada	
Marcos Vinício Costa Agnesini, Laercio Ferreira e Silva e Jefferson B. L. Libório.....	359
Qualidade do concreto - sugestões para melhoria	
Geraldo Moritz Piccoli.....	373
Controle de concreto a estimativa da resistência característica	
Salvador Eugenio Giammusso.....	383

VOLUME II

Dosagem e controle de concreto de elevado desempenho com pozolanas, pelo critério da resistência à penetração de cloretos	
Geraldo Cecchella Isaia e Paulo Roberto do Lago Heiene.....	397
Avaliação da qualidade dos concretos de alta resistência através da esclerometria e do ultra-som	
Ivan Ramalho de Almeida.....	411
Uma experiência real do controle de qualidade para concreto de alta resistência, considerações e limitações	
Marcel Olivier Ferreira de Oliveira e Antonio Aguado de Oca.....	423
Influência da retração plástica	
Minos Trocoli de Azevedo, Antônio Freitas da Silva Filho e Antonio Sergio Ramos da Silva.....	435
Correlação entre as resistências à compressão e a tração na flexão do concreto	
Minos Trocoli de Azevedo, Vicente Mario Visco Mattos, Antonio Freitas da Silva Filho e Antônio Sergio Ramos da Silva.....	451
Controle da qualidade de aduelas pré-moldadas	
Paulo Fernando A. da Silva e Antonio Carlos Pitta.....	457
Resistência do concreto comprimido	
Péricles Brasiliense Fusco.....	467
Aeroporto internacional de Brasília reforma do tps - setor 1	
Alyrio Umede.....	483
Aeroporto internacional de Brasília projeto estrutural e processos construtivos decorrentes	
Bernardo Bomchakier.....	493
Alternativa construtiva para galerias de grande porte com emprego de elementos pré-moldados	
Mounir Khalil El Debs.....	513
Métodos construtivos empregados na construção do túnel do metrô/DF	
Guilherme de Moura Paula Pinto.....	527
Controle de qualidade de produção de dormentes pré-moldados com cabos pré-tensionados para o metrô - DF	
Francisco Gladston Holanda e José James Zanetti.....	543
Concreto compactado a rolo - uso de maciços experimentais para otimização da metodologia construtiva	
Julio Cesar Astolpho, Paulo José Ribeiro de Oliveira, Selmo Chapira Kuperman, Nelson Takashi Onuma e Luiz Prado Vieira Junior.....	561
Diretrizes para procedimento de dosagem de concreto compactado à rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho e José Edson Furtado de Mendonça.....	573
Proteção do maciço galgável da barragem de enrocamento da UHE Xingó com concreto compactado à rolo (ccr)	
Francisco Gladston Holanda, Jorge Luiz Vieira Carvalho, Alberto Jorge C. T. Cavalcanti, José Edson Furtado de Mendonça e Lucas Suassuna Filho.....	583

"CONTROLE DE QUALIDADE EM OBRAS DE ARGAMASSA ARMADA"

AUTORES: Prof. Dr. Marcos Vinício Costa Agnesini
Prof. Dr. Laércio Ferreira e Silva
Prof. Dr. Jefferson B. L. Libório

LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP

RESUMO

São abordados, neste trabalho, as principais questões relacionadas à qualidade na produção da argamassa armada, no que tange aos aspectos normativos e às experiências acumuladas desta tecnologia, conforme a itemização abaixo:

Especificações para os materiais componentes da argamassa armada: cimento Portland - tipos utilizáveis; agregado miúdo - condições de utilização; água de amassamento; aditivos e adições; propriedades da argamassa - consistência/trabalhabilidade, resistência mecânica, massa específica, absorção de água e permeabilidade; armaduras - difusa e discreta.

Especificações para o sistema produtivo: fôrmas; armaduras; argamassagem - dosagem, preparo, transporte, lançamento, adensamento, cura e desforma; manuseio, armazenamento e transporte das peças pre-moldadas; proteção, barreiras e terapias.

Controle de qualidade e inspeção: materiais e dosagem; produção; produto acabado. Controle de aceitação: principais prescrições de projeto, execução e controle de qualidade. Normas aplicáveis no controle - procedimentos, especificações, classificações e métodos de ensaio da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT; principais normas estrangeiras.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia da argamassa armada atualmente empregada no Brasil, encontra-se plenamente desenvolvida, tanto cientificamente como tecnologicamente. Verifica-se que a Engenharia Nacional já dispõe no mercado de trabalhos de centenas de profissionais que se utilizam dessa tecnologia, com o apoio inclusivo de Universidades e Entidades de Pesquisa e

SYSNO 856547
PROD 000023

Desenvolvimento, que estudam este material e esta tecnologia.

Em obras de argamassa armada, é fundamental a execução com controle rigoroso de qualidade, considerando-se a esbeltez de seus componentes e as características projetuais e elas inerentes. Em sua grande maioria, os problemas verificados nessas obras devem-se a um controle inadequado de produção, ao invés de um mal congênito da tecnologia em si. As principais falhas no emprego da tecnologia e do material são: inadequação de projeto, especificação incorreta de materiais e equipamentos e erros de execução. Avaliações feitas em obras consolidadas indicaram serem poucos os problemas de concepção e oáculo estrutural. Todavia, há que se tomar cuidados especiais quanto à garantia de uma vida útil compatível.

2. ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

2.1 MATERIAIS COMPONENTES DA ARGAMASSA

Conceitua-se argamassa para peças de argamassa armada, segundo a ABNT NB-1259, como sendo: mistura homogênea de cimento Portland, agregado miúdo e água, podendo ainda conter adições e aditivos que melhorem suas propriedades.

2.1.1 Cimento Portland: os tipos de cimento utilizáveis em argamassa armada são: cimento Portland comum - CP I e CP I-S, cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V-ARI, cimento Portland de Alto Forno - CP III e cimento Portland Pozolânico - CP IV. Eventualmente poder-se-á empregar os cimentos Portland compostos - CP II. As características destes cimentos deverão satisfazer, respectivamente às seguintes especificações da ABNT: EB-1, EB-2, EB-208, EB-758 e EB-2138. Em obras localizadas em ambientes ou micro-regiões agressivas à argamassa, é fundamental empregar-se cimentos que, além da resistência mecânica adequada, apresentem resistência química compatível. Com este objetivo recomenda-se o emprego de cimento Portland do tipo "RS" - Resistentes a Sulfatos. Segundo a EB 903, são cimentos: a) que possuem teores de C3A do clínquer e de adições carbonáticas iguais ou inferiores a 8% e 5%, em massa do aglomerante total, respectivamente; b) devem, ainda, ter antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou em obras que

comproven resistência a sulfatos; c) os Portland de alto-forno que contiverem entre 60% e 70% de escória granulada e os Pozolânicos com 25% a 40% de material pozolânico. Nos dois primeiros casos, o cimento tipo RS deve atender ainda a uma das normas: EB-1 (NBR 5732), EB-2 (NBR 5733), EB-208 (NBR 5735), EB-758 (NBR 5738) e EB-239 (NBR 11.578). No caso de cimento Portland de Alta Resistência Inicial (EB-2), admite-se a adição de escória granulada de alto forno ou de materiais pozolânicos, para os fins específicos da EB-903 (NBR 5737). Quando do emprego de cimentos com pozolanas ou escórias de alto forno, a diminuição da resistência inicial poderá ser compensada através da utilização de aditivos adequados, cura térmica ou aumentando-se o teor de aglomerante na dosagem da argamassa.

2.1.2 Agregado miúdo: admite-se o emprego de areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas. É de fundamental importância, em quaisquer das situações, que este agregado seja submetido inicialmente a uma Avaliação Petrográfica (NB-47). Os agregados devem satisfazer às condições específicas fixadas pela EB-4 (NBR 7211). Todavia, quanto à granulometria (NB-7), recomenda-se o emprego de areia média (zona 3 da EB-4), com teor adequado de finos (peneiras 0,15mm e 0,30mm) da ordem de 50%. Admite-se, como 2.ª opção a utilização de areia de granulometria fina (zona 2). Quando do emprego de areias artificiais, deve-se avaliar adequadamente a forma e textura dos grãos. Para tanto recomenda-se que o agregado seja submetido aos ensaios prescritos na norma inglesa BS-812. Admite-se, ainda, a utilização de agregado graúdo de Dimensão Máxima Característica - $D_{max} = 9,5$ mm, com teor máximo de 40%, em massa, em relação ao agregado total, ressaltando-se em ambas as situações as seguintes considerações: dimensões de fôrmas, processos produtivos, taxa e distribuição de armadura, bem como, aberturas projetadas e seu distanciamento da fôrma.

2.1.3 Água de amassamento: deverão ser satisfeitas as exigências de potabilidade e seguidas as recomendações da NB-1, no que se refere à limitação de elementos agressivos. Outras normas deverão ser consultadas para avaliação do pH (segundo-

ASTM C494-88; NBR-10908 e NB-949. A aceitação e o armazenamento deverão respeitar a NB-1259.

4.1.5 Telas, barras e fios de aço: para barras e fios de aço, o controle e as condições de aceitação estão prescritos na EB-3; para as telas de aço soldadas emprega-se a EB-585. Para os demais tipos de telas de aço, a aceitação deverá ser feita de acordo com a NB-1259. Quanto ao armazenamento deve-se consultar também a NB-1259.

4.2 PRODUÇÃO

Deverão ser obedecidas as prescrições da NB-1259 para o controle de qualidade e inspeção da produção da argamassa armada.

4.2.1 Fôrmas: as fôrmas deverão passar por controles que garantam: estanquidade, travamento, reprodução dos elementos projetados (dimensões e tolerâncias), rigidez, ortogonalidade, desmoldagem suave, resistência a ações de vibrações e sollicitações na execução, e posição dos furos, insertos, alças de içamento, recortes e saliências.

4.2.2 Armaduras: os materiais que compõem a armadura deverão estar em locais protegidos, e manter-se inalterados, de conformidade com sua aceitação e recebimento. Serão adotados gabaritos para sua confecção. Na verificação das armaduras serão considerados: limpeza e oxidação; dimensão de corte e dobramento; tolerância de acordo com as especificações; tipos, quantidade, dimensões e locações das barras, conforme o projeto; deformações e torções no armazenamento das armaduras prontas e na posição final nas fôrmas.

4.2.3 Argamassas e dosagem experimental: a verificação da dosagem experimental tem por finalidade comprovar se os constituintes estão sendo utilizados nas quantidades especificadas no traço da argamassa. Deverá ser feita frequentemente, pelo menos 1 vez ao dia, e sempre que houver alteração de traço ou modificações das características dos constituintes. No controle da trabalhabilidade e da resistência mecânica aplica-se a NB-1259.

4.3 PRODUTO ACABADO

Para o controle e aceitação do produto acabado, deve-se remeter às seguintes normas: NB-1259 e NB-949. Durante a inspeção devem ser observados os seguintes aspectos: identificação dos elementos; condições de armazenamento; dimensões dos elementos, recortes ou saliências e respectivas tolerâncias; existência de falhas ou defeitos de lançamento ou adensamento da argamassa; presença de fissuras; aparência do produto quanto a rebarbas, cantos quebrados, homogeneidade da cor e textura da superfície, porosidade da argamassa; tolerâncias em relação a distorções, não linearidade, flechas e contra-flechas.

5. CONTROLE DE ACEITAÇÃO

As peças ou obras de argamassa armada são consideradas aceitas se forem atendidas as prescrições de projeto, execução e controle de qualidade dispostos na NB-1259. Em caso de dúvidas de qualquer natureza sobre uma ou mais partes da obra, a aceitação deve ser baseada em experiências anteriores ou ensaios que comprovem a sua eficiência em relação à finalidade de uso. Devem, ainda, ser aplicados os dispositivos das normas NB-1 e NB-949, respectivamente para estruturas e pré-moldados, bem como, quando for pertinente, as normas ISO/NB-9001 e ISO/NB-9004.

6. NORMAS APLICADAS

6.1 PROCEDIMENTOS DA ABNT

NB-1 (NB-6118): Projeto e execução de obras de concreto armado; NB-47 (NBR-7389): Avaliação petrográfica de agregados; NB-949 (NBR-9062): Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado; NB-1259 (NBR-11173): Projeto e execução de argamassa armada; ISO/NB-9001: Sistemas de qualidade - modelo para garantia de qualidade em projetos/desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica; ISO/NB-9004: Gestão da qualidade e elementos no sistema da qualidade - diretrizes; NBR-12655: Preparo, controle e recebimento do concreto; NBR-12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto.

8.2 ESPECIFICAÇÕES DA ABNT

EB-1 (NBR-5732): Cimento Portland comum; EB-2 (NBR-5733): Cimento Portland de alta resistência inicial; EB-3 (NBR-7480): Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado; EB-4 (NBR-7211): Agregados para concreto; EB-208 (NBR-5735): Cimento Portland de alto forno; EB-585 (NBR-7481): Telas de aço soldadas para armadura de concreto; EB-758 (NBR-5738): Cimento Portland pozolânico; EB-1783: Aditivos plastificantes (reduzores de água) e modificadores de pega para concreto de Cimento Portland; EB-1842: Aditivos superplastificantes para concreto de Cimento Portland; EB-2138 (NBR-11579): Cimento Portland composto.

6.3 MÉTODOS DE ENSAIO DA ABNT

MB-1 (NBR-7215): Cimento Portland - determinação da resistência à compressão; MB-6 (NBR-7216): Amostragem de agregados; MB-7 (NBR-7217): Agregado: determinação da composição granulométrica; MB-508 (NBR-5741): Cimento Portland - extração e preparação de amostras; MB-776 (NBR-5916): Juntas de tela soldada para armadura de concreto - ensaio de resistência ao ensalamento; MB-2237 (NBR-9251): Água - determinação do p.H. - Método Eletrométrico; MB-2240 (NBR-9254): Água - determinação do ácido-carbônico agressivo; MB-2611 (NBR-9778): Argamassas e concreto endurecido - determinação da absorção de água e massa específica; MB-2642 (NBR-9775): Agregado - determinação da umidade superficial em agregado miúdo com o frasco de Chapman; MB-3057 (NBR-10786): Concreto endurecido - determinação do coeficiente de permeabilidade à água; NBR-10908: Aditivos para argamassas e concreto - ensaios de uniformidade.

6.4 CLASSIFICAÇÃO DA ABNT

CB-130 (NBR-8953): Concreto - classificação da resistência à compressão para fins estruturais.

6.5 NORMAS ESTRANGEIRAS

BS-812: Sampling, shape, size and classification - British Standard Institute; ASTM C-494-86 - standard

specification for chemical admixtures for concrete - American Society for Testing and Materials.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 AGNESINI, M.V.C. Argamassas Hidráulicas Simples de CP-32 e areia natural quartzosa destinadas a execução de peças pré-fabricadas de argamassa armada. São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1985. 114 p.

7.2 LIBÓRIO, J.B.L. Estudo patológico das Construções de Argamassa Armada existentes no Brasil. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989 (tese de doutoramento)

7.3 Cimento Portland - Atuais Especificações e suas Aplicações. REVISTA IBRACON, (6): 81-82, Out/nov/dez - 1992

7.4 SILVA, L.F. Argamassas com microsilica: estudo de consistência e resistência. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 30, Rio de Janeiro, 1988. ANAIS. Rio de Janeiro, IBRACON, 1988. P. 165-176.

7.5 AGNESINI, M.V.C. & LIBÓRIO, J.B.L. A Importância de Análise Histórica na Evolução da Tecnologia de Argamassa Armada. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 34, Curitiba, 1991. ANAIS. São Paulo, IBRACON, 1992. v.1. p. 179-191.