

CONCRETO RESFRIADO: O Conceito, sua Função e Emprego nas Obras de Construção Civil

Diego Assioli

Graduando em Engenharia Civil,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Luiz Antonio de Souza Cordeiro

Graduando em Engenharia Civil,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Saulo Sirotti

Graduando em Engenharia Civil,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Carlos Roberto Ferreira Junior

Engenheiro Mecânico; Mestre em Engenharia de Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Jaqueline Schiavinato Olivo

Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Romulo Henrique Batista Martins

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP; Especialista;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Concreto gelado ou resfriado é aquele que tem a temperatura de lançamento reduzida, através da adição de gelo à mistura, em substituição total ou parcial da água de dosagem. Neste artigo, três traços de concreto foram preparados substituindo parcialmente a água de amassamento por gelo, na temperatura ambiente. Para a análise do comportamento desses materiais para fins de utilização nas obras, foram realizados ensaios de abatimento e de resistência à compressão.

PALAVRAS-CHAVE: concreto resfriado; calor de hidratação, abatimento; compressão.

INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão que regulamenta tanto a produção quanto os procedimentos para o controle de qualidade do concreto no Brasil (FONSECA, 2010). Na concretagem em temperatura muito fria, segundo a NBR 14931 a temperatura da massa de concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5 °C. Salvo disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico da obra, a

concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para abaixo de 0 °C nas 48 h seguintes (ABNT, 2004).

O concreto gelado é muito utilizado em estruturas de grandes dimensões como barragens e algumas fundações. As usinas hidrelétricas de Jupia e Ilha Solteira, situadas nos municípios de Três Lagoas/MS e Ilha Solteira/SP, respectivamente, são dois exemplos. Foram pioneiros no desenvolvimento de técnicas laboratoriais, conceitos e planejamentos de projetos, principalmente nos aspectos térmicos e resfriamento de concreto (IBRACON, 2012).

O objetivo do trabalho foi apresentar o concreto resfriado como um dos mais variados concretos que são utilizados em obras de construção civil para a comunidade de estudantes de engenharia civil das Faculdades de Integradas de Três Lagoas/AEMS. Descrever o conceito, o funcionamento e o emprego deste produto nas obras, bem como, apresentar um breve relato de pontos positivos com base nos resultados obtidos durante procedimento em laboratório.

2 CONCRETO

O concreto é um dos materiais mais versáteis da engenharia, seu custo é relativamente baixo, portanto, se apresenta como o material de construção mais utilizado no mundo. Com exceção da água, não há outro material mais consumido pelo homem com tamanha quantidade (METHA; MONTEIRO, 2009). Sua composição básica é cimento, areia, brita e água. Pode sofrer algumas mudanças de forma e classificação, variando resistência, consistência, cores, método de produção, etc, dependendo da sua finalidade (MAGALHÃES, 2011).

O cimento apresenta propriedades adesivas capazes de ligar os fragmentos minerais formando um todo compacto (FONSECA, 2010). Esse que usamos, é conhecido como cimento Portland, foi inventado pelo construtor Joseph Aspdin, em 1824, recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland (DUARTE, 2013). O cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de *clinker* constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego (BAUER, 2011). Segundo Fonseca 2010, seus componentes principais, determinados por análise química, são

cal (CaO), sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃), óxido de ferro (Fe₂O₃), magnésia (MgO), álcalis (Na₂O e K₂O) e sulfatos (SO₄). Essas substâncias reagem entre si no forno, dando origem a uma série de produtos mais complexos.

Existe uma diversidade de cimentos Portland comercializados no Brasil. A Tabela 1 apresenta os mais utilizados deles e suas composições.

Tabela 1. Composição dos cimentos Portland comercializados no Brasil.

Cimento Portland (ABNT)	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória siderúrgica (%)	Material pozzolânico (%)	Calcário (%)
CP I	Comum	100	-	-	-
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10
CP II - Z	Composto	76-94	-	6-14	0-10
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5

Fonte: Extraído de HELENE; ANDRADE, 2010.

Agregados, segundo Bauer 2011, é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

A NBR 7211 especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland. Os agregados especificados nesta norma podem ser de origem natural, já encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas (ABNT, 2009).

Para os efeitos desta norma, aplicam-se as definições das ABNT NBR NM 66 e ABNT NBR 9935, como agregados miúdos e graúdos. Os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm. Os agregados graúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm (ABNT, 2009).

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis (ROMANO, 1995). Esse processo gera uma estabilização dos minerais do *clinker*, gerando compostos mineralogicamente distintos (FONSECA, 2010).

A água se apresenta de formas distintas na pasta de concreto, segundo a facilidade com que pode ser removida, são elas: (i) água capilar ou água livre (presente nos vazios maiores); (ii) água adsorvida (moléculas de água fisicamente adsorvidas por pontes de hidrogênio na superfície dos sólidos da pasta); (iii) água interlamelar (associada com a estrutura do C-S-H) e (iv) água quimicamente combinada (aquela que faz parte da estrutura de vários produtos hidratados do cimento).

A razão água/cimento é extremamente importante já que está intimamente ligada a resistência final do concreto.

2.1 Concreto gelado

Diferentes propriedades do concreto, tais como: trabalhabilidade e resistência mecânica são consideravelmente influenciadas pela temperatura de produção dos mesmos e esse é um assunto de grande relevância em muitas pesquisas (MOINI et al., 2012). O objetivo em se controlar a temperatura do concreto é que possíveis problemas decorrentes das altas temperaturas, por exemplo, fissuras resultantes das tensões térmicas, possam ser minimizados ou até eliminados, e uma maneira trivial para atingir esse propósito é substituindo a água de amassamento por gelo (NETO, 2015).

2.2 Ensaio de Abatimento

A simplicidade do ensaio de abatimento, também conhecido como *slump-test*, o consagrou como o principal controle de recebimento do concreto na obra (ABESC, 2007). É realizado conforme a norma NBR NM 67. Determina a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra (ABNT, 1998).

2.3 Ensaio de Compressão

A resistência à compressão, se não a mais é uma das mais importantes propriedades do concreto. Está intimamente ligado à qualidade do mesmo e à estrutura da massa de cimento hidratada. Conhecendo seu valor é possível estimar seu desempenho. O ensaio é relativamente fácil de ser realizado (MENDES, 2002). No Brasil o ensaio de compressão é normalizado pela NBR 5739 (ABNT, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Dentre o material utilizado, incluiu-se cimento Portland CP II – Z – 32, brita 0, Brita 1, areia; gelo moído e água potável.

Realizou-se no laboratório, a mistura dos traços 1:5,0 ($A/C=0,6$), 1:3,5 ($A/C=0,43$) e 1:6,5 ($A/C=0,71$), conforme valores obtidos nas aulas práticas no laboratório de engenharia civil. As quantidades adicionadas de cada material (cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e água), consumo de cimento e agregados por batida, foram obtidas de trabalho escrito anteriormente.

A finalidade dos ensaios é a de comparar a resistência à compressão do concreto quando utilizado água natural com a resistência do mesmo concreto quando 70% da água de amassamento é substituída por gelo (concreto resfriado com gelo). Para tanto, se utilizou do mesmo procedimento feito em aula, acrescentando-se em cada batida aproximadamente 30% da água (água + gelo) junto com os agregados e posteriormente acrescentando-se o cimento e o restante de água + gelo como pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1. Agregados + gelo colocados na betoneira.



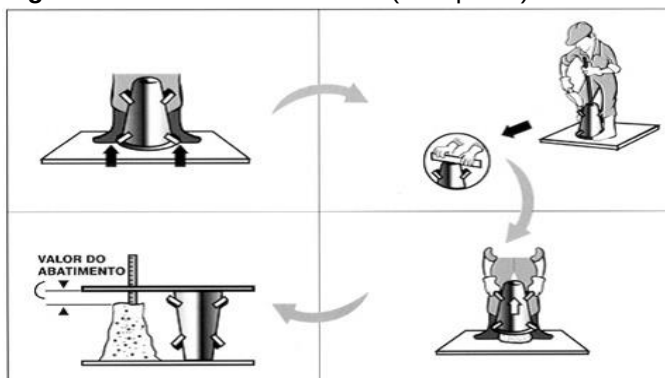
Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

3.2 Ensaio de Abatimento

De acordo com o manual ABESC, a metodologia do ensaio consiste em (i) coletar a amostra de concreto depois de descarregar 0,5 m³ de concreto do caminhão e em volume aproximado de 30 litros; (ii) colocar o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoiar os pés sobre as abas inferiores do cone; (iii) preencher o cone em três camadas iguais e aplicar 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada; (iv) adensar a camada junto à base, de forma que a haste de socamento penetre em toda a espessura; (v) no adensamento das

camadas restantes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente; (vi) após a compactação da última camada, retirar o excesso de concreto e alisar a superfície com uma régua metálica; (vii) retirar o cone içando-o com cuidado na direção vertical e (viii) colocar a haste sobre o cone invertido e meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros. A Figura 2 mostra a sequencia deste ensaio.

Figura 2. Ensaio de Abatimento (slump test)



Fonte: Extraído de BRANCO; PIERETTI, 2012.

3.3 Ensaio de Compressão

Os ensaios de compressão que consistem na aplicação de uma carga compressiva uniaxial em um corpo de prova cilíndrico, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura até sua ruptura, foram realizados em uma máquina universal AMSLER.

4 RESULTADOS

O quadro 1 mostra os resultados dos ensaios de resistência à compressão.

Quadro 1. Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

Traço		Com Adição de Gelo	Sem Adição de Gelo
1:50	CP1	16,65 Mpa	11,96 Mpa
	CP2	14,22 Mpa	14,01 Mpa
	CP3	17,40 Mpa	13,60 Mpa
	ST	24 cm	6,0±1,0 cm
1:3,5	CP1	20040,11 kgf	15690,00 kgf
	CP2	23419,53 kgf	14330,00 kgf
	CP3	19442,10 kgf	14910,00 kgf
	ST	16,5 cm	6,0±1,0 cm
1:6,5	CP1	8789,28 kgf	7640,00 kgf
	CP2	8997,88 kgf	6740,00 kgf
	CP3	8983,98 kgf	6920,00 kgf
	ST	7,0 cm	6,0±1,0 cm

CP – Compressão; ST – Slump-Test.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Todos os corpos-de prova foram rompidos aos 7 dias de idade.

5 CONCLUSÕES

Após realizar o procedimento, foi possível comparar os resultados obtidos para o concreto com e sem adição de gelo, e, notar que houve um ganho significativo de resistência quando da substituição de parte da água de amassamento por gelo, o que apenas corrobora com o que diz a literatura e os estudos a respeito do assunto sobre a melhora na evolução da resistência do concreto e consequente ganho de resistência das peças, devido principalmente à redução do calor de hidratação devido à adição do gelo e diminuição da temperatura do concreto nas primeiras horas.

Outro fato que devemos salientar é o grande aumento que houve nos valores do abatimento do tronco de cone (slump-test) quando adicionamos gelo à mistura. Isso pode ser explicado em parte pela propriedade do gelo de manter por mais tempo e melhorar a condição de trabalhabilidade do concreto. Devemos também considerar a condição climática no dia da concretagem, que estava com uma umidade elevada.

REFERÊNCIAS

ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil. Manual do concreto dosado em central. <http://abesc.org.br/wp-content/uploads/2015/12/manual-cdc.pdf>.

ABNT (1983). Agregado para concreto. NBR 7211. Rio de Janeiro, 5 p.

ABNT (2003). Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR NM 248, Rio de Janeiro, 6p.

ABNT (2004) Execução de estruturas de concreto – Procedimento NBR 14931, Rio de Janeiro, 53 p.

ABNT (2009). Agregado gráudo – Determinação da densidade, massa específica aparente e absorção de água NM 53, Rio de Janeiro, 8p.

ABNT (2009). Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. NM 52. Rio de Janeiro, 6 p.

ANDRADE, T; HELENE, P. Concreto de Cimento Portland. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Cap. 29. IBRACON, 2010, São Paulo.

BAUER, L. A Falcão. Materiais de Construção. Vol. 2. 5° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BRAGA, José Augusto. Inovações Tecnológicas e construtivas adotadas pela Camargo Corrêa: Projetos Hidroelétricos. IBRACON, 2012.

BRANCO, C. P.; PIERETTI, R. A. Avaliação da resistência do concreto curado entre -5 °C e 0 °C. 2012. 40 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em tecnólogo de concreto) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

DUARTE, João Batista. Estudos da substituição de agregados miúdos naturais por pó de pedra em concreto de cimento Portland. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em ciência e engenharia dos materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

FONSECA, Celso da Fonseca. Adições Minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: Uma abordagem epistêmica. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil na área de materiais de construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Instituto Brasileiro de Concreto. “Concreto: Ensino Pesquisa e Realizações”. Editor Geraldo Cechella Isaia, v1 e v2, IBRACON; (2005).

MAGALHÃES, Fábio Costa. Concreto de cimento Portland: Especificações e ensaios. 2011. 48 f. Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios – Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do Rio Grande do Sul, Rio Grande.

MENDES, Sandro Eduardo da Silveira. Estudo experimental de concreto de alto desempenho utilizando agregados graúdos disponíveis na região metropolitana de Curitiba. 2002. 146 f. Dissertação (Mestrado em construção civil na área de tecnologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MIONI, MR; LAKIZADEH, A; MORAQEIQI, M. Effect of mixture temperature on slump flow prediction of conventional concretes using artificial neural networks. Australian Journal of Civil Engineering. v. 10, p 87 – 98, 2011.

NETO, Tiago Ferreira Campos. Efeitos da temperatura do concreto fresco na sua trabalhabilidade. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil na área de materiais de construção) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

TARTUCE, R. Dosagem experimental do concreto, 1ª ed. São Paulo, PINI: IBRACON, 1989.