
ALENCAR, Ricardo dos Santos Arnaldo de. **Dosagem do concreto auto-adensável: produção de pré-fabricados** / R.S.A. de Alencar.--São Paulo, 2008. 176p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

Resumo

Aborda-se, neste trabalho, a tecnologia do concreto auto-adensável CAA aplicada à produção de pré-fabricados. Destaca-se a contribuição feita ao Método IBRACON, largamente utilizado no país para a dosagem do concreto comum, a partir de uma nova metodologia de dosagem proposta para o CAA, que considera duas inovações principais. A primeira foi o conceito de correção da coesão do concreto fresco por substituição de finos pozolânicos ou não pozolânicos correspondentes, de maior área específica, de modo que formulações mais pobres em cimento exigem maior teor de substituição quando comparadas com composições mais ricas, para manter as mesmas características de trabalhabilidade. Com isso, foi possível acrescentar um 4º quadrante de correlação dos parâmetros envolvidos na mistura ao Diagrama de Dosagem do método original. A segunda inovação foi incorporar alguns ensaios de trabalhabilidade específicos. Para tanto, realizou-se uma análise crítica dos principais testes disponíveis, apresentando suas vantagens e limitações, correlacionando com os parâmetros reológicos fundamentais, bem como com uma aplicação prática, validando-os para a qualificação do CAA para a produção. Dessa forma, foram estudados traços com dois níveis de auto-adensabilidade, sem adições e com metacaulim ou filer calcário, para resistências compreendidas entre 50-70MPa, em um amplo programa experimental que totalizou 11 famílias de concretos e mais de 55 traços, no geral. Foram avaliados também os cuidados específicos para a produção do CAA, analisando aspectos de produtividade e viabilidade de implantação, a partir de um estudo voltado a uma empresa especializada. Concluiu-se que o CAA é uma opção vantajosa para o setor, sobretudo com emprego de adições minerais, porém é extremamente necessário haver algumas modificações de equipamentos e procedimentos para sua adequação em fábrica.

ALENCAR, Ricardo S. A. **Self-Compacting Concrete Mix Design: Precast Production**. São Paulo, 2008. 176p. Master of Science Thesis. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Department of Engineering Construction.

Abstract

This work focus the technology of the self-compacting concrete SCC, applied to the precast production. The main innovation was the contribution made to the IBRACON Method, which is widely utilized in Brazil for conventional concrete design, from the new proposed design methodology for SCC, which considers two main innovations. The first one was the concept of correction of the cohesion of the fresh concrete by substitution of pozzolanics or no pozzolanics corresponding mineral additives, with higher specific area, where the poorest formulations in cement requires higher content of substitution when compared with richer compositions, to maintain the desired characteristics of workability. It enables to add a 4th quadrant to the Dosage Diagram of the original method. The second innovation was to incorporate of some workability tests of the fresh concrete, that become important for the qualification of the self-compacting concrete for a practical application. Thus, it carried out a critical analysis of the main available tests, presenting its advantages and limitations, correlating with the parameters of rheology, and with a practical application, validating them for the qualification of SCC for production. Therefore, it was studied mixes of SCC with two levels of self-compactability, without additives and with metacaolín or limestone filler, for mechanical resistances between 50-70MPa, in a wide experimental program with 11 families of concretes and more of 55 mixes. It was also evaluated the specific cares for the production of SCC, analyzing aspects of productivity and feasibility of implementation, based in a case study. It was concluded that SCC is a worthwhile option for the sector, especially using mineral additives, however it is extremely necessary some equipment and procedure modifications in order to adapt the factories to this new technology.

Sumário

Introdução

Justificativa e colocação do problema	2
Centro de pesquisa e pesquisadores principais	7
Objetivos principais e secundários	8
Metodologia de desenvolvimento e organização da dissertação	9

Capítulo 1

Métodos de avaliação e classificação

1.1 Reologia básica e aplicada	13
1.1.1 Conceituando curva de fluxo, tensão, taxa de cisalhamento e viscosidade	13
1.1.2 Classificação dos modelos reológicos	15
1.1.2.1 Fluidos Newtonianos	15
1.1.2.2 Fluidos Não-Newtonianos	16
1.1.3 Conceituação do concreto auto-adensável sob a ótica da reologia	18
1.1.3.1 Classificação reológica do concreto fresco	18
1.1.3.2 Características reológicas exigidas para o CAA	19
1.2 Equipamentos de avaliação das propriedades do CAA no estado fresco	20
1.2.1 <i>Slump flow (1) & Slump flow T500 (2)</i>	21
1.2.2 <i>J-ring</i>	24
1.2.3 <i>L-box</i>	26
1.2.4 <i>U-box</i>	30
1.2.5 <i>V-funnel (1) & V-funnel 5min (2)</i>	32
1.2.6 <i>U-Shaped pipe</i>	34
1.2.7 <i>Column technique</i>	35
1.2.8 Outros equipamentos	38
1.3 Características requeridas para o CAA no estado fresco: Classificação da consistência	39
1.3.1 Espalhamento (SF <i>slump-flow</i>)	39
1.3.2 Viscosidade (VS <i>viscosity slump</i> & VF <i>viscosity funnel</i>)	41

1.3.3 Habilidade passante (<i>PA passing ability</i>)	42
1.3.4 Resistência à segregação (<i>SR segregation resistance</i>)	44

Capítulo 2

Dosagem

2.1 Alterações na composição do concreto e seus reflexos nos parâmetros reológicos fundamentais	46
2.2 Métodos de dosagem para o CAA	50
2.2.1 Método de Okamura	50
2.2.2 Método Japonês modificado para aplicação na indústria de pré-fabricados da Holanda	56
2.2.3 Outros métodos de dosagem do CAA & Críticas principais	59
2.2.4 Proporções típicas dos materiais	61
2.3 Método de dosagem IBRACON para concreto convencional	61
2.4 Nova metodologia de dosagem desenvolvida	64
2.4.1 Ajuste do traço médio	65
2.4.2 Traços auxiliares	68

Capítulo 3

Planejamento experimental

3.1 Variáveis de estudo	69
3.1.1 Parâmetros fixados	69
3.1.2 Variáveis independentes: Premissas	70
3.1.2.1 Consistência do concreto fresco	70
3.1.2.2 Teor de aditivo	72
3.1.2.3 Famílias de concreto	73
3.1.3 Variáveis dependentes: Resultados	73
3.1.3.1 Resistência à compressão axial	75
3.1.3.2 Teor de substituição de cimento e areia por finos correspondentes (<i>T</i>)	75
3.1.3.3 Ensaio de trabalhabilidade do concreto fresco	75
3.1.4 Variáveis intervenientes	76
3.2 Procedimentos adotados	77
3.2.1 Mistura	77
3.2.1.1 Seqüência de colocação dos materiais	77

3.2.1.2 Tempo de homogeneização	78
3.2.2 Moldagem, armazenamento, cura e preparação dos corpos de prova	78

Capítulo 4

Análise dos resultados

4.1 Ensaio de trabalhabilidade do concreto fresco	79
4.1.1 Concreto com cimento ARI	80
4.1.2 Concreto com cimento Branco	81
4.2 Caracterização das misturas estudadas	82
4.2.1 Concreto com cimento ARI	82
4.2.2 Concreto com cimento branco	91
4.3 Diagramas de dosagem	93
4.3.1 Concreto com cimento ARI	93
4.3.2 Concreto com cimento Branco	110
4.4 Custo unitário do concreto	112
4.4.1 Concreto com cimento ARI	112
4.4.2 Concreto com cimento Branco	121

Capítulo 5

Produção em planta industrial

5.1 Etapas de produção para o concreto comum	125
5.2 Eliminação de sub-etapas de trabalho: Concretagem do CAA	129
5.3 Particularidades da produção industrial	129
5.3.1 Viga calha	129
5.3.2 Pilares e aba-platibanda	130
5.4.3 Painéis arquitetônicos	132
5.4 Modificações de operações e procedimentos em fábrica	133
5.4.1 Controle de qualidade	133
5.4.2 Mistura	133
5.4.3 Moldagem	134
5.4.4 Vibração	135

5.4.5 Cura	135
5.4.6 Transporte	136
5.4.7 Queima e acabamento	136
5.4.8 Cobrimento de armadura	137
5.4.9 Reparo e acabamento final	137
5.5 Aperfeiçoamentos de equipamentos de produção	138
5.5.1 Sensor de umidade	138
5.5.2 Fôrmas	139
5.5.3 Caçamba	141
5.5.4 Bombeamento do CAA	143
5.6 Treinamento de mão de obra	144
5.7 Análise da produtividade e viabilidade de produção no setor de protendidos de concreto	145
5.7.1 Redução do número de homens/hora de trabalho	145
5.7.2 Implantação de concretagem noturna	147
5.7.3 Aumento da capacidade produtiva	147
5.7.4 Indicadores de produtividade e custo de produção	150

Capítulo 6

Considerações finais

6.1 Conclusões propriamente ditas	155
6.1.1 Reologia, métodos de avaliação e classificação do CAA	155
6.1.1.1 Reologia aplicada	155
6.1.1.2 Ensaio específicos de trabalhabilidade do concreto fresco	156
6.1.1.3 Classificação da consistência	158
6.1.2 Nova metodologia de dosagem proposta	158
6.1.3 Resultados experimentais obtidos	159
6.1.3.1 CAA com adição	160
6.1.3.2 CAA sem adição	162
6.1.3.3 CAA branco	162
6.1.4 Produção, produtividade e viabilidade de implantação	163
6.2 Publicações realizadas	164
6.2.1 Livros	164
6.2.2 Congressos	164
6.2.3 Revistas	164

6.3 Sugestões para trabalhos futuros	165
Referências bibliográficas	166
Anexo I	
A.I Caracterização dos materiais	173
A.I.1 Cimento	173
A.I.1.1 Cimento ARI	173
A.I.1.2 Cimento branco	173
A.I.2 Aditivo	173
A.I.3 Agregados	173
A.I.3.1 Para concreto com cimento ARI	174
A.I.3.2 Para concreto com cimento branco	174
A.I.4 Adições minerais	174
A.I.4.1 Metacaulim	174
A.I.4.2 Filer calcário	174
Anexo II	
A. II Custos	179
A.I I.1 Materiais	179
A.II.2 Mão de obra	179

Lista de figuras

Figura 1.1 Curva de fluxo de um líquido Newtoniano.	15
Figura 1.2 Vários tipos de comportamentos de fluxo possíveis para diferentes materiais.	17
Figura 1.3 Curvas de fluxos comparativas do CC e CAA.	20
Figura 1.4 Ensaio do Slump flow, etapa de determinação da média dos diâmetros perpendiculares do círculo formado pelo CAA branco.	21
Figura 1.5 Análise do aspecto visual do espalhamento.	23
Figura 1.6 CAA colorido lançado em painel de pequena extensão, não armados e de topo livre.	24
Figura 1.7 Vista do <i>J-ring</i> .	25
Figura 1.8 Ensaio do <i>J-ring</i> .	25
Figura 1.9 Concretagem de painel de pequena extensão, pouco armados e de topo livre.	26
Figura 1.10 Corte esquemático do <i>L-box</i> .	28
Figura 1.11 Realização do ensaio do <i>L-box</i> .	28
Figura 1.12 Viga protendida perfil tipo I.	29
Figura 1.13 Corte esquemático do <i>U-box</i> .	30
Figura 1.14 Ensaio do <i>U-box</i> .	31
Figura 1.15 Viga-calha.	32
Figura 1.16 Corte esquemático do <i>V-funnel</i> .	33
Figura 1.17 Ensaio do <i>V-Funnel</i> .	34
Figura 1.18 Posição de extração das amostras no <i>U-shaped pipe</i> .	35
Figura 1.19 Ensaio do <i>U-shaped pipe</i> .	36
Figura 1.20 Desenho esquemático do <i>Column technique</i> .	37
Figura 1.21 Ensaio do <i>Column Technique</i> .	38
Figura 1.22 Peça a esquerda – concretada com CC. Peça a direita – concretada com CAA nível SF2, mas poderia ter sido feita com CAA nível SF1.	40
Figura 1.23 Pré-laje – exemplo onde se aplicado o CAA, deve ser no nível SF3.	41
Figura 1.24 Nível elevado de acabamento obtido na moldagem de viga-vaso com o CAA.	43

Figura 1.25 Viga-retangular com isopor incorporado. A – Fôrma. B – CAA endurecido.	44
Figura 1.26 A – Concreto lançado na caçamba. B – Concreto transportado por caminhão.	45
Figura 2.1 Esquema de repulsão estérica em aditivos policarboxilatos.	47
Figura 2.2 Efeito sobre os parâmetros reológicos do incremento no conteúdo de água, superplastificante e ar intencionalmente incorporado	48
Figura 2.3 Comparação da proporção dos materiais entre o concreto convencional (abaixo) e auto-adensável (acima) (OKAMURA & OUCHI, 2003).	51
Figura 2.4 Esquema do procedimento de dosagem do CAA (OKAMURA & OZAWA, 1995).	51
Figura 2.5 Desenvolvimento do concreto via pasta e argamassa (BENNENK, 2007b).	52
Figura 2.6 Diagrama de dosagem dos concretos de cimento Portland.	64
Figura 2.7 Seqüência geral de tomada de decisão para o proporcionamento dos materiais do traço médio para o CAA com adição, segundo o método proposto	67
Figura 4.1 Diagramas de dosagem de resistência aos 28 dias do REF 1 e REF 2, para o cimento ARI.	94
Figura 4.2 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 e SF3 sem adição, para o cimento ARI.	95
Figura 4.3 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 e SF3 com adição de metacaulim, para o cimento ARI.	97
Figura 4.4 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 e SF3 com adição de filer calcário, para o cimento ARI.	98
Figura 4.5 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 com e sem adição mineral, para o cimento ARI.	99
Figura 4.6 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF3 com e sem adição mineral, para o cimento ARI.	100
Figura 4.7 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos concretos REF 1 e 2 em comparação com os CAA SF2 e SF3 sem adição, para o cimento ARI.	102
Figura 4.8 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 e SF3 com adição de metacaulim, para o cimento ARI.	103
Figura 4.9 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 e SF3 com adição de filer calcário, para o cimento ARI.	104
Figura 4.10 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF2 com e sem adição mineral, para o cimento ARI.	105
Figura 4.11 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias dos CAA SF3 com e sem adição mineral, para o cimento ARI.	106

Figura 4.12 Diagramas de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias de todos os traços estudados, para o cimento ARI.	107
Figura 4.13 Relação a/ag dos concretos estudados para as resistências de 55MPa, 65MPa e 75MPa.	108
Figura 4.14 Diagrama de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias do concreto referência em comparação com o CAA SF2 sem adição, para o cimento Branco.	110
Figura 4.15 Diagrama de dosagem para resistência à compressão aos 28 dias do concreto referência em comparação com o CAA SF2 sem adição, para o cimento Branco.	111
Figura 4.16 Custo global dos materiais (R\$/m ³) dos traços selecionados de CAA, em relação aos de REF, para o cimento ARI.	118
Figura 4.17 Custo relativo dos materiais dos traços selecionados de CAA, em relação aos de REF, para o cimento ARI.	119
Figura 4.18 Custo global dos materiais para cada MPa (R\$/m ³) dos traços selecionados de CAA, em relação aos de REF, para o cimento ARI.	120
Figura 4.19 Custo global (R\$/m ³) do traço selecionado de CAA, e REF, para o cimento Branco.	123
Figura 4.20 Custo relativo do traço selecionado de CAA, e REF, para o cimento Branco.	123
Figura 4.21 Custo para cada MPa (R\$/m ³) do traço de CAA e REF, para o cimento Branco.	124
Figura 5.1 Etapas de produção de elementos pré-fabricados	125
Figura 5.2 Sub-etapas da concretagem do concreto vibrado	126
Figura 5.3 Execução de tarefas para concretagem de pilar armado de CC.	127
Figura 5.4 Execução da concretagem de painel arquitetônico com CC.	128
Figura 5.5 Sub-etapas de concretagem para o CAA.	129
Figura 5.6 Concretagem da viga-calha “I”.	130
Figura 5.7 Armação de viga com aba-platibanda incorporada.	131
Figura 5.8 Execução da concretagem de painel arquitetônico com CAA.	132
Figura 5.9 Bolhas na superfície de peça pré-fabricada.	134
Figura 5.10 Acomodação do CAA com marcação dos estribos.	137
Figura 5.11 Exsudação do CAA. A – Exsudação leve. B – Exsudação acentuada.	139
Figura 5.12 Vazamento da argamassa do CAA pelas frestas das fôrmas.	141
Figura 5.13 Caçamba.	142
Figura 5.14 Caçamba incorporada à ponte rolante.	143
Figura 5.15 Detalhe da fôrma para concretagem bombeada a partir da base.	144

Figura 5.16 Concretagem com CAA noturna.	147
Figura 5.17 Volume em m ³ e número de peças produzidas com CAA no setor de protendido pesado no período estudado.	149
Figura 5.18 Crescimento do volume de concreto (m ³) e número de peças produzidas em valores relativos no período de estudo.	149
Figura 5.19 Comparação do custo total de produção em valores relativos.	152

Lista de tabelas

Tabela 2.1 Proporções típicas dos constituintes em peso e em volume para o m ³ do CAA (EPG, 2005).	61
Tabela 3.1 Traços de previsão inicial para as famílias de concreto com cimento ARI.	74
Tabela 3.2 Traços de previsão inicial para as famílias de concreto com cimento branco.	75
Tabela 4.1 Ensaio de trabalhabilidade do CAA, para o cimento ARI.	80
Tabela 4.2 Ensaio de trabalhabilidade CAA, para o cimento Branco.	82
Tabela 4.3 Caracterização geral dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	83
Tabela 4.4 Consumo de materiais em kg/m ³ dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	85
Tabela 4.5 Volume dos componentes em l para cada m ³ dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	87
Tabela 4.6 Caracterização geral dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento branco.	92
Tabela 4.7 Consumo de materiais em kg/m ³ dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento branco.	93
Tabela 4.8 Volume dos componentes em l para cada m ³ dos traços de CAA, em comparação aos do REF, para o cimento branco.	93
Tabela 4.9 Equações e coeficientes de correlação das curvas de dosagem do CAA, em comparação ao REF, para o cimento ARI.	109
Tabela 4.10 Equações e coeficientes de correlação das curvas de dosagem do CAA, em comparação ao REF, para o cimento Branco.	111
Tabela 4.11 Caracterização geral dos traços de selecionados do CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	113
Tabela 4.12 Consumo de materiais em kg/m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	115
Tabela 4.13 Volume dos componentes em l para cada m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	116
Tabela 4.14 Custo (R\$) dos componentes individuais por m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação aos do REF, para o cimento ARI.	117
Tabela 4.15 Caracterização geral dos traços selecionados do CAA, em comparação ao REF, para o cimento Branco.	121

Tabela 4.16 Consumo de materiais em kg/m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação ao REF, para o cimento Branco.	122
Tabela 4.17 Volume de materiais em l para cada m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação ao REF, para o cimento Branco.	122
Tabela 4.18 Custo (R\$) dos componentes individuais por m ³ dos traços selecionados do CAA, em comparação ao REF, para o cimento Branco.	122
Tabela 5.1 Critérios de conformidade para as propriedades do CAA	133
Tabela 5.2 Número de funcionários atuando no setor de protendidos, antes (esquerda) e depois (direita) da implantação do CAA.	146
Tabela 5.3 Volume em m ³ de concreto e número de peças produzidas no período de estudo.	148
Tabela 5.4 Estatísticas do volume em m ³ e número de peças produzidas mensalmente no período de estudo.	148
Tabela 5.5 Indicadores de produtividade.	151
Tabela 5.6 Estatística dos indicadores de produtividade.	152
Tabela A.I.1 Caracterização físico-químico do cimento CP V ARI PLUS.	175
Tabela A.I.2 Caracterização físico-químico do cimento branco CPB 40.	175
Tabela A.I.3 Caracterização do aditivo superplastificante de 3 ^o geração VISCOCRETE 3535 CB e VISCOCRETE 20HE.	175
Tabela A.I.4 Caracterização do agregado usado com cimento ARI.	176
Tabela A.I.5 Caracterização dos agregados usados com cimento branco.	177
Tabela A.I.6 Massa Específica e Bleine das adições minerais utilizadas.	178
Tabela A.I.7 Caracterização química do Metacaulim HP Branco.	178
Tabela A.I.8 Ensaio de Distribuição Granulométrica por Difração de Laser de filer calcário.	178
Tabela A.II.1 Custos (R\$) dos materiais utilizados.	179
Tabela A.II.2 Custos (R\$) da mão de obra.	179

Lista de abreviaturas e símbolos

a	relação de agregado miúdo seco / cimento, em kg/kg
a/ag	relação água/aglomerante, em kg/kg
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
a/c	relação água/cimento, em kg/kg
ACBM	<i>Center for Advanced Cement-Based Materials</i>
a/f	água/finos, em kg/kg
arg.	argamassa
ar	teor de ar aprisionado no concreto fresco (método pressométrico), em %
ar./agr.	teor de areia seca/ agregados totais secos, em kg/m ³
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
b ₁	relação agregado graúdo seco tipo Brita 1 /cimento, em kg/kg
b _{1/2}	relação agregado graúdo seco tipo Brita 1/2 / cimento, em kg/kg
CAA	concreto auto-adensável
CC	concreto convencional
C _{cim}	consumo de cimento por m ³ , em kg/m ³
C _{met}	consumo de metacaulim por m ³ , em kg/m ³
C _{filer}	consumo de filer por m ³ , em kg/m ³
C _{finos}	consumo de finos por m ³ , em kg/m ³
cim.	cimento
cm	centímetros
CP	corpo de prova
EFNARC	<i>European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems</i>
EPG	<i>European Project Group</i>
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
f _{c28}	resistência à compressão axial aos 28 dias, em MPa
f _{cK28}	resistência à compressão característica aos 28 dias, em MPa
F _{c0}	200mm, diâmetro da parte inferior do tronco de cone

Fig.	figura
F_c	média das medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>Slump flow</i> para o concreto
F_m	média das medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>slump flow</i> para argamassa
F_p	média das medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>Slump flow</i> em pasta
F_o	100mm, diâmetro da base do mini-slump
h	horas
H	relação água/materiais secos no concreto fresco, em porcentagem (%)
Hh	total de homens X horas de trabalho
Hh/h	total de homens X horas de trabalho / total de homens
Hh/m ³	total de homens X horas de trabalho / m ³ de concreto
Hh/p	total de homens X horas de trabalho / peça
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
IITM	Instituto de Tecnologia de Madras
IPT	Instituto Tecnológico do Estado de São Paulo
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
m	relação de agregado seco/cimento, em kg/kg
m	metros
m ³	metros cúbicos
metac.	metacaulim
MPa	Mega Pascal
MO	mão de obra
mm	milímetros
m ³ /p	volume em m ³ de concreto / peça
PA1-PA2	classe de habilidade passante expressa pelo L-box
PC1	aditivo superplastificante base policarboxilato de última geração - Sika Viscocrete 3535CB
PC2	aditivo superplastificante base policarboxilato de última geração - Sika Viscocrete 20HE
PCI	<i>Precast/Prestressed Concrete Institute</i>
k_n	são constantes particulares de cada conjunto de materiais
kg	kilogramas
k_p	coeficiente de correção

REF	concreto de referência
R_c	viscosidade do concreto
R_m	viscosidade da argamassa
R\$	Reais
R\$ MO	R\$ MO
R\$ Mat.	custo do concreto, em reais (R\$)
R\$ Total	custo da mão de obra mais concreto, em reais (R\$)
R\$ Total/m ³	custo da mão de obra mais concreto para cada m ³ de concreto, em reais (R\$)
R\$ Total/p	custo da mão de obra mais concreto para cada peça, em reais (R\$)
s	segundos
SCC	<i>self-compacting concrete</i>
s_d	desvio padrão
SF_c_i	são medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>Slump flow</i> para concretos
SF_m_i	medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>Slump flow</i> para argamassa
SF_p_i	medidas dos diâmetros perpendiculares do <i>Slump flow</i> em pasta
SF1-SF3	classe de consistência classificada pelo <i>slump flow</i>
SR1-SR2	classe de segregação expressa pelo teste de segregação por peneiramento
T	teor de substituição em massa de cimento ou areia seca por finos correspondentes, em kg/kg
Tab.	Tabela
t_c	tempo que o concreto escoa pelo <i>V-funnel</i>
t_m	tempo que a argamassa escoa pelo <i>V-funnel</i>
TUD	<i>Delft University of Technology</i>
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UM	<i>University of Minho</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UPC	<i>Universidad Politécnica de Catalunya</i>
UPV	<i>Universidad Politécnica de Valencia</i>
USP	Universidade de São Paulo

V_a	volume de água, em l
Var. /Varg.	volume de areia / Volume de argamassa, em m ³ /m ³
Vb	volume de brita, em m ³ / 1m ³ do concreto
Vb/Vagr. comp.	volume de brita compactada seca/ Volume de agregados totais
V_f	volume de finos, em l
VF1-VF2	classe de viscosidade expressa pelo <i>V-funnel</i>
V_{pasta}	volume de pasta, em m ³
VS1-VS2	classe de viscosidade expressa pelo T500
α	teor de argamassa seca, em porcentagem (%)
β_{mix}	relação de água retida na mistura, em l
β_{p_i}	água retida para umedecer 1 l de finos, em l
γ	densidade de massa específica do concreto fresco, em kg
%	porcentagem
σ	tensão de cisalhamento, em Pa
σ_0	tensão de escoamento
$\dot{\gamma}$	gradiente de velocidade de deformação ou taxa de deformação, em 1/s
η	viscosidade plástica, em Pa.s
Γ_c	deformabilidade do concreto
Γ_m	deformabilidade da argamassa
Γ_p	deformabilidade da pasta
δ	finos
$\gamma_{concreto}$	massa específica do concreto, em kg/m ³