

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA DOSAGEM DE CONCRETO

**BENNO ALUISIO MARMITTI^{1*}, ANDERSON BEZ²; JORGE AUGUSTO DIDONE³; THIAGO LOI
PACHECO⁴; CLEDISON ZATTA VALDAMERI⁵**

¹Aluno da graduação de Engenharia Civil, UNIPAR, Francisco Beltrão- PR,

²Aluno da graduação de Engenharia Civil, UNIPAR, Francisco Beltrão- PR,

³Aluno da graduação de Engenharia Civil, UNIPAR, Francisco Beltrão- PR, jadidone@hotmail.com

⁴Aluno da graduação de Engenharia Civil, UNIPAR, Francisco Beltrão- PR, thiago.lp23@hotmail.com

⁵Ms. em Engenharia Civil, Prof. Adjunto, UNIPAR, Francisco Beltrão - PR, cledison@unipar.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016

29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Uma correta proporção de mistura de materiais é tecnicamente adequada na produção de concreto e pode resultar em benefícios financeiros quando se consegue atendimento de especificações com redução no consumo de cimento. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar quatro métodos de dosagem de concreto, sendo eles, CIENTEC, ABCP/ACI, Americano e Britânico, a fim de comparar índices quantitativos de materiais com propriedades no estado fresco e endurecido. Desta forma, fixaram-se como parâmetros determinantes a resistência à compressão axial de 25 MPa e a trabalhabilidade, medida pelo método slump. Como resultados foram determinadas relações envolvendo os materiais constituintes, sendo observadas grandes diferenças nos teores de argamassa e nas relação entre agregado miúdo/agregado graúdo e água/materiais secos. Em relação aos resultados de resistência à compressão, somente o método Americano superou a resistência de dosagem (f_{c28}). Estatisticamente, considerando os resultados de resistência à compressão, verificou-se através de análise de múltiplas médias (teste de Tukey) que o método Americano não difere do CIENTEC, sendo que todos os demais diferem entre si.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto, dosagem, trabalhabilidade, resistência.

ABSTRACT: A correct mixing ratio of materials is technically appropriate in concrete production and may result in financial benefits when you can service specifications with reduced cement consumption. Therefore, this study aimed to evaluate four concrete dosing methods, namely, CIENTEC, ABCP/ACI, American and British, in order to compare quantitative indices of materials with properties in fresh and hardened state of concrete. Thus, as were fixed parameters determining the compressive strength of 25 MPa and workability as measured by slump method. The results were determined relations involving the constituent materials being observed large differences in the mortar content and the relationship between sand coarse aggregate and water/dry materials. With respect to compressive strength results, only the American method overcame the dosage strength (f_{c28}). Statistically, considering the compression strength results, it was found by analysis of multiple averages (Tukey test) the method does not differ from US and CIENTEC, and all other differ.

INTRODUÇÃO

A escolha e o proporcionamento dos materiais constituintes de um concreto é, sem dúvida, uma etapa básica, porém seletiva. Os métodos de dosagem podem ser entendidos como estudos desenvolvidos para seleção e quantificação dos materiais constituintes do concreto, potencializado melhorias nos desempenhos físicos-mecânicos e maior durabilidade das estruturas. Parâmetros financeiros também são levados em consideração, desde que, a segurança seja garantida. Conforme destaca Boggio (2000), existe uma extensa bibliografia nacional que aborda métodos de dosagens, mesmo assim, estudos comparativos são sempre apreciados em virtude da possibilidade direta de comparação de desempenho e de consumo de materiais, possibilitando correlações financeiras.

O estudo proposto correlacionou quatro métodos de dosagem. O primeiro é o CIENTEC, sendo apresentado por Recena (2011). Este método é empírico, tendo seu desvio padrão fixado em 7,0 MPa e incluso na fórmula para determinação da relação água/cimento, que leva em consideração o tipo de cimento empregado. Neste método a trabalhabilidade do concreto não é parâmetro definido, tendo seu resultado dependente das características dos materiais empregados, mesmo que o autor site que o método leve a trabalhabilidades entre 70 ± 20 mm.

O segundo método é definido como ABCP/ACI, amplamente utilizado no Brasil. Pode ser considerado um método mais racional, pois leva em consideração as propriedades físicas e mecânicas do cimento utilizado, assim como, dos agregados. Faixas de trabalhabilidade podem ser escolhidas e o desvio padrão pode ser adotado entre os destacados pela NBR 12655 (2006) para obtenção da resistência de dosagem (f_{c28}).

Os métodos Americano e Britânico, estão apresentados em Neville (2013) e também podem ser considerados métodos racionais, pois os procedimentos levam em conta propriedades de materiais, assim como parâmetros de trabalhabilidade. O desvio padrão é indicado dependendo das conforme condições de produção do concreto.

Diante disso, o trabalho apresenta e discute dos resultados entre os métodos de dosagem estudados a fim de propiciar condições de escolha e reflexão sobre consumo de materiais correlacionados com propriedades do concreto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo foram utilizados materiais comercializados na região sudoeste do Paraná, tendo como aglomerante o cimento CP II Z - 32, com caracterização demonstrada na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química, física e mecânica do cimento

MgO (%)	SO ₃ (%)	# 200 75 μ m	# 325 45 μ m	Blaine cm ² /g	R1 MPa	R3 MPa	R7 MPa	R28 MPa
3,2	2,21	5,33	15,02	3910	11,7	26,3	33,1	38,5

Os agregados foram caracterizados quanto a composição granulométrica, massa específica e massa unitária, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos agregados (areia e brita)

Agregado	Dimensão máxima (mm)	Módulo de finura	Massa unitária no estado solto (g/cm ³)	Massa unitária compactada (g/cm ³)	Massa específica (g/cm ³)
Areia	4,75	2,13	1,56	-	2,62
Brita	19	-	1,64	1,73	2,77

Para cada dosagem estudada foram determinadas quantidades de materiais (cimento:agregados:água) para proporção de mistura em massa, sendo que os agregados foram secos em estufa para não possuírem umidade e, conseqüentemente, não necessitarem de correções.

O concreto foi produzido em betoneira e avaliado no estado fresco, em relação a trabalhabilidade pelo Slump Test e determinado seu teor de ar incorporado pelo método pressométrico, conforme NBR NM 47 (2002). Já no estado endurecido, foram moldados corpos-de-prova de 10x20 cm, conforme NBR 5738 (2003) e curados em solução saturada de hidróxido de cálcio até o momento do ensaio. Aos 28 dias a superfície de contato com a máquina universal foi retificada, garantindo total distribuição dos esforços e rompidos à compressão axial, conforme NBR 5739 (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 apresenta as proporções em massa dos traços obtidos pelos quatro métodos estudados. O consumo de cimento foi determinado conforme segue.

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_{\text{cimento}}} + \frac{a}{\gamma_{\text{areia}}} + \frac{b}{\gamma_{\text{brita}}} + x}$$

As expressões $(1+x)/m$, $(1+x)/(1+m)$ e $(1+x)/(1+m+x)$ são, respectivamente, as quantidades de pasta em relação a quantidade de agregados, em relação a quantidade de materiais secos e em relação a quantidade total de materiais. Os parâmetros α e H são respectivamente a quantidade de argamassa e a relação água/materiais secos.

Tabela 3. Traços obtidos experimentalmente, com parâmetros de caracterização

	CIENTEC	ABCP	Americano	Britânico
água/cimento (dosagem)	0,47	0,48	0,48	0,48
água/cimento real (x)	0,46	0,48	0,46	0,48
cimento (c)	1,00	1,00	1,00	1,00
areia (a)	1,70	1,06	1,75	1,34
brita (b)	2,20	2,97	2,27	2,5
m = a+b	3,90	4,03	4,02	3,84
a/b	0,77	0,36	0,77	0,54
a/m	0,44	0,26	0,44	0,35
a/(1+m)	0,35	0,21	0,35	0,28
$(1+x)/m$ (%)	37,44	36,72	36,32	38,54
$(1+x)/(1+m)$ (%)	29,80	29,42	29,08	30,58
α (%)	55	41	55	48
H (%)	9,4	9,5	9,2	9,9
ar (%)	2,1	0,9	2,7	3,1
consumo C (Kg/m ³)	444,9	433,6	436,2	446,3
água total Q (Kg/m ³)	204,7	208,1	200,7	214,2
abatimento (mm)	140	135	135	140

Pelos dados apresentados na tabela 3 é possível destacar que, os consumos de cimento, não diferiram de forma significativa tendo o maior valor encontrado no método CIENTEC e o menor pelo ABCP. As relações água/cimento também seguem a mesma tendência de aproximação, mas nos métodos CIENTEC e Americano ocorreu sobre de água de amassamento, justificando a relação água cimento real possui resultado inferior aos dois outros métodos estudados, quando comparados seus abatimentos tronco cônicos.

O grande destaque se dá nos teores de argamassa, já que no método ABCP ocorreu grande diferença quando comparado aos demais métodos, porém principalmente para os CIENTEC e Americano, onde a relação areia/brita é muito inferior. Este fato foi determinante para existir dificuldade da execução de slump test, já que com o excesso de brita o abatimento não se processa de forma normal. Mesmo assim o agregado graúdo ficou envolto por pasta, sem deixar falhas de moldagem. O método britânico também pode ser considerado como de baixa quantidade de argamassa, já que produziu um teor inferior a 50%.

Na tabela 4, estão apresentados os resultados de resistência mecânica correlacionados com relação água/cimento, consumo de cimento, Abatimento e a resistência de dosagem esperada.

Tabela 3. Traços obtidos experimentalmente, com parâmetros de caracterização

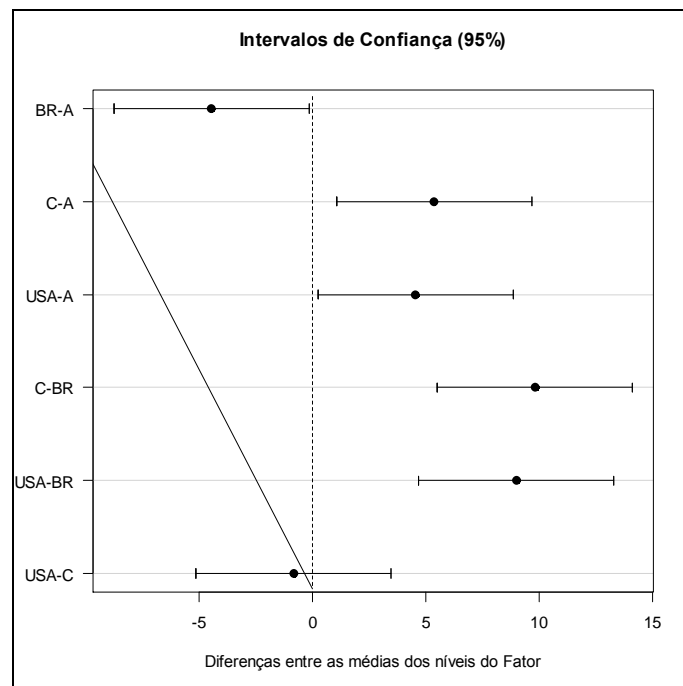
método	água/cimento (x) consumo C (Kg/m³)	abatimento (mm)	fc28 (MPa)	fcm 28 dias (MPa) Sd CV
CIENTEC	0,46			36,19
	444,9	140	36,55	2,44
				6,74
ABCP	0,48			30,81
	433,6	135	31,6	4,10
				13,31
Americano	0,46			35,36
	436,2	135	31,6	2,44
				6,90
Britânico	0,48			26,36
	446,3	140	31,6	3,32
				12,59

O método Britânico teve resultado de resistência média muito inferior ao esperado aos 28 dias, podendo ser explicado pelo valor encontrado no teor de ar incorporado, que superou aos outros métodos. Os métodos ABCP e CIENTEC se aproximaram da resistência de dosagem, ressaltando que o método CIENTEC possui desvio padrão 7,0 MPa, enquanto os demais métodos foram produzidos com desvio de 4,0 MPa. Diante disso é possível ressaltar a aplicabilidade dos métodos, porém com menor consumo de cimento para o ABCP.

Já o método Americano, apresentou melhor resultado de resistência à compressão, superando a resistência esperada de dosagem, Ressalta-se que seu consumo de cimento teve o segundo melhor desempenho, sendo superado somente pelo método ABCP. Indicando para um método adequando tecnicamente e com potencial de redução de custos.

Na figura 1 é demonstrada a comparação estatística de múltiplas médias (teste de Tukey), sendo que, os métodos CIENTEC e Americano possuem igualdade em relação as suas médias, com nível de confiabilidade de 95%. As comparações entre os demais métodos mostraram diferença significativa, destacando que os métodos produzem concretos diferentes significativamente em relação as suas resistências médias.

Figura 1. Resultado de comparação de múltiplas médias de resistência à compressão entre os métodos estudados



Sendo: C (CIENTEC), A (ABCP), USA (Americano) e BR (Britânico).

CONCLUSÃO

O estudo produziu parâmetros comparativos para novas propostas de dosagens de concreto. Demonstrando que dos quatro métodos estudados, três trouxeram resultados positivos, pois superaram ou se aproximaram das resistências esperadas.

Comparativamente o método americano produz concreto com melhores resultados de resistência à compressão, como também possui propriedades adequadas no estado fresco e potência de redução de custos de produção, considerando os dados obtidos pela pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR12655: Concreto de cimento portland — Preparo, controle e recebimento — Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT NBR5738: Concreto — Moldagem e cura de corpos-de-prova — Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT NBR5738: Concreto — Moldagem e cura de corpos-de-prova — Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT NBR5739: Concreto — Ensaio de compressão de corpos-de-provas cilíndricos — Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT NBR NM 47: Concreto — Determinação do teor de ar em concreto fresco — Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
- Boggio, A. J. Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento portland. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
- Neville, A. M; Brooks, J. J. Tecnologia do concreto. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman 2013. 448 p.
- Recena, F. A. P. Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento portland. 3ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011. 119 p.