REDUÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO EM CONCRETO BOMBEÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS E REDUÇÃO DO TEOR DE ARGAMASSA

Reduction of consumption of cement in a pumpable concrete with the use of additives and reduction of mortar content

REZENDE, Alessandro Andreola
Centro Universitário de Maringá

PESSOA, Giovanna Carolina de Souza
Centro Universitário de Maringá

DOMINGOS, Janaína de Melo Franco
Centro Universitário UNIMAX

RESUMO: A redução de emissão de CO_2 na atmosfera é um tema que está em pauta atualmente. Para a produção do cimento, a emissão de CO_2 é bastante elevada já que é utilizada na composição do concreto. Para esse propósito, o presente trabalho tem como objetivo mostrar uma nova metodologia que possibilita a obtenção de concretos bombeáveis com a mesmas características da metodologia utilizada nos dias atuais, mas que tem o diferencial de uma redução significativa do cimento utilizado em sua produção, se tornando assim um concreto econômico e ambientalmente correto, diminuindo a emissão de CO_2. Para atingir os resultados desejados, foram estabelecidos métodos de dosagem, onde na “dosagem I”, (dosagem piloto), é a mesma composição utilizada pelas concreteiras selecionadas, na “dosagem II” realizamos a redução do teor de argamassa, e na “dosagem III” alteramos o aditivo utilizado por outro com propriedades diferenciadas. Os resultados apresentados na “dosagem II” onde se realizou redução do teor de argamassa foram negativos, pois não houve redução do consumo de cimento, já a “dosagem III” onde se alterou o aditivo das dosagens, se obteve uma redução considerável de cimento, de acordo com os ensaios pertinentes para realização das dosagens e avaliação dos resultados.

Palavras-chave: Redução do consumo de cimento, redução do teor de argamassa, alteração do aditivo.

Abstract: The reduction of CO_2 emissions in the atmosphere is a topic that is currently on the agenda. For the production of cement, the CO_2 emission is quite high since it is used in the concrete composition. For this purpose, the present work aims to show a new methodology that allows the obtaining of pumpable concretes with the same characteristics of the methodology used today, but which has the differential of a significant reduction of the cement used in its production, becoming thus an economically and environmentally correct concrete, reducing the emission of CO_2. In order to achieve the desired results, dosage methods were established, where the "dosage I" (pilot dosage) is the same composition used by the selected concrete, in "dosage II" the mortar content was reduced and the "dosage III "we alter the additive used by another with differentiated properties. The results presented in the "dosage II" where reduction of the mortar content were negative, since there was no reduction of the cement consumption, already the "dosage III" where the additive of the dosages was altered, a

considerable reduction of cement was obtained, according to the relevant assays for dosing and evaluation of results.
Key-words: Reduced consumption of cement, reduction of mortar content, change the additive.

INTRODUÇÃO

As elevadas emissões gasosas do processo de produção do cimento têm chamado a atenção do setor produtivo, uma vez que a indústria cimenteira sozinha é responsável por cerca de 5 a 7% das emissões globais de CO_2 (FELIX e POSSAN 2018).

Segundo Rebmann (2011), o cimento é o material que mais o encarece e mais causa a emissão de CO_2 na atmosfera, cerca de 1.000 Kg de CO_2 emitidos por tonelada de cimento produzido, sendo uma das soluções para um concreto mais ecologicamente correto, a redução do consumo de cimento. Vários estudos desenvolvidos pelo Laboratório de Materiais Avançados à Base de Cimento (LMABC), tem verificado a viabilidade mecânica de produzir concretos com baixo consumo de cimento. Concretos com resistência mecânica acima de 60 MPa foram obtidos com consumos de cimento abaixo de 300 kg/m3.

Ainda segundo o autor, os resultados obtidos mostram que é possível elaborar concretos com baixo consumo de cimento e adequada durabilidade, comparável ou até mesmo superior às maiores exigências normativas, mesmo com consumos de cimentos inferiores às mínimas especificadas por estas mesmas normas.

A busca por um concreto que seja realmente utilizável nas obras, que possa ser produzido por centrais dosadoras e que seja ambientalmente correto, podendo reduzir significativamente o consumo de cimento e consequentemente a emissão de CO_2, nos leva a buscar por uma composição de dosagem, bem como, por novos materiais para a composição do mesmo.

Consumo de Cimento

A redução do cimento pode resultar em muitas propriedades melhoradas conforme Pereira, (2010):

> *A redução criteriosa do consumo de cimento pode resultar em maior estabilidade volumétrica, ou seja, menos retração química e menos desenvolvimento do calor de hidratação, o que pode ser traduzido em menos fissuração do concreto. Com uma cura adequada, até que o sistema de poros se refine, após certo grau de hidratação do cimento, a retração hidráulica também será diminuída.* (Pereira, 2010)

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC, 2018), foi produzido no ano de 2017 no Brasil mais de 49,7 milhões de toneladas de cimento, e uma porcentagem muito alta dessa produção é utilizada para a produção de concreto.

Concreto Bombeável

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil (ABESC, 2014), para o concreto bombeável são utilizadas bombas de concreto, as mesmas, transportam o concreto por uma tubulação metálica, até que este alcance a peça que será concretada. Com o sistema, podem-se vencer grandes alturas ou grandes distâncias horizontais, com produção média entre 35 e 45 metros cúbicos a cada hora. Atualmente têm-se no mercado equipamentos capazes de bombear um volume de até 100 metros cúbicos a cada hora.

Segundo Pileggi e Pandolfelli (2002), o processo de bombeamento subdivide-se em três etapas distintas, a mistura, o transporte e a moldagem. Através da mistura do concreto com a água determina-se o grau de homogeneidade, dispersão, e cisalhamento, no transporte após a mistura, o material é forçado a escoar turbulentamente dentro da tubulação, sendo ele submetido a esforços, já na moldagem, de acordo com a composição e o teor de água dos concretos, podem ser moldados através de técnicas de vibração de alta energia ou se comportarem iguais a fluidos auto escoantes.

Cimento

Cimento Portland é o nome dado ao cimento obtido pela mistura intima de calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que contenham óxido de ferro. Essa mistura é queimada à temperatura de

clinquerização, sendo o material resultante desta queima, o clinquer, moído (NEVILLE, 2013).

Segundo Neville (2013), os silicatos C_3S e C_2S são os compostos mais importantes, por serem responsáveis pela resistência que ocorre na pasta de cimento hidratada, já a presença de C_3A no cimento é indesejável, pois contribui pouco para a resistência do cimento.

Na tabela, tem-se o calor de hidratação gerado por cada composto do cimento.

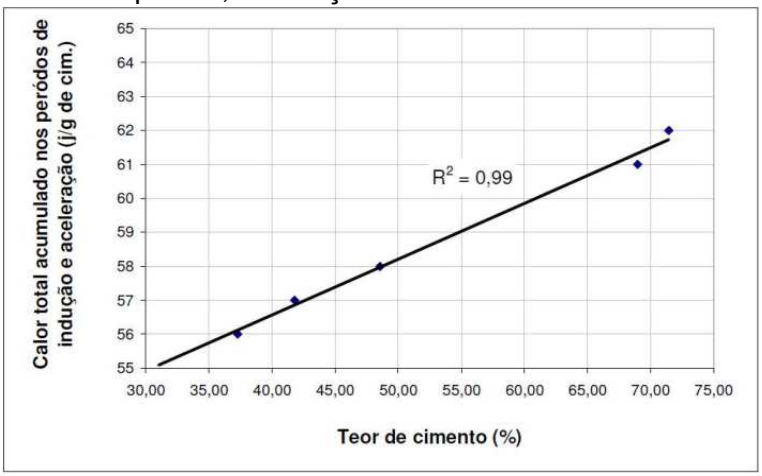
Tabela 1 - Calor de hidratação dos compostos puros

Composto	Calor de hidratação	
	J/g	Cal/g
C_3S	502	120
C_2S	260	62
C_3A	867	207
C_4AF	419	100

Fonte: (NEVILLE, 2013).

De acordo com Quarcione (2008), quanto maior o consumo de cimento, maior será o calor de hidratação gerado, conforme podemos observar na tabela.

Figura 1 - Calor de hidratação acumulado nos períodos de indução e aceleração das pastas, em função do teor de cimento



Fonte: (QUARCIONI, 2008).

Agregados

Agregado é o material granular, que não contêm forma e também volume definidos, geralmente são inertes, com dimensões e as propriedades adequadas para a sua utilização em obras (PETRUCCI, 1998).

> *Os agregados desempenham um importante papel nas argamassas e concretos, tanto na visão econômica, quanto na visão técnica, e exercem influência benéfica sobre alguns característicos importantes, como: retração, aumento da resistência ao desgaste, etc., sem prejudicar a resistência aos esforços mecânicos, pois os agregados com qualidade conseguem uma resistência mecânica mais elevada que a pasta de aglomerante* (PETRUCCI, 1998).

Aditivos

Para o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2014), aditivos são componentes químicos aplicados à massa do concreto e/ou argamassa antes ou durante o preparo do concreto buscando melhorar as propriedades no estado fresco ou endurecido do concreto.

Redução do teor da argamassa

Conforme estudos realizados por Manuel (2005), ele confirmou que o consumo de cimento pode aumentar, mais não muito, com o aumento considerável do teor de argamassa, mas que o aumento considerável do consumo de cimento acontece quando se altera a classe de resistência do concreto, e como pode se observar nos testes, a argamassa é composta de agregado miúdo e cimento que envolvem o agregado graúdo.

Coleta dos componentes do concreto e sua composição

Foram escolhidas duas empresas que tinham como principal produto de venda o concreto bombeável na região de Maringá-PR, e cuja essas chamaram-se “Empresa A” e “Empresa B” respectivamente. Após contato com os gerentes das respectivas empresas, foram coletados os traços com a composição dos concretos escolhidos para realização dos testes, e os componentes para a produção do concreto, bem como, suas quantidades em cada empresa, sendo cimento (50,0 Kg), areia grossa e areia fina (120,0 Kg cada), britas (120,0 Kg cada) e aditivos (1,0 Litro), diretamente nas centrais dosadoras de cada uma das empresas localizadas na cidade de Maringá-PR.

Ensaios dos materiais utilizados

Cimento

A finura do cimento, está ligada também com a quantidade de água a ser adicionada no concreto, pois quanto mais fino for o material, mais água será necessário para chegar numa trabalhabilidade específica. As empresas utilizam cimentos diferentes, sendo o Cimento Portland Pozolânico (CP IV 32 RS) coletado na “empresa A”, e o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI) coletado na “empresa B”. Através tabela 2, pode-se observar os resultados.

Tabela 2 - Resultado do ensaio de finura

Tipo de cimento	Características e propriedades	Unidade	Resultado
CP IV 32 RS	Resíduos na peneira 75 µm	%	7,2
CP V ARI	Resíduos na peneira 75 µm	%	5,6

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Agregados

Granulometria

Para as dosagens foram utilizadas para as duas empresas a areia grossa e fina. A granulometria está inteiramente ligada a quantidade de água adicionada no concreto, pois quanto mais fino o agregado, maior será a quantidade de água necessária para se chegar numa trabalhabilidade especificada, além de também estar ligada ao acabamento do concreto, ou seja, quanto mais fino for o acabamento, maior será a necessidade de quantidade de areia presente no traço, sendo portanto, uma maior quantidade de areia mais fina, respeitando os limites presentes na norma.

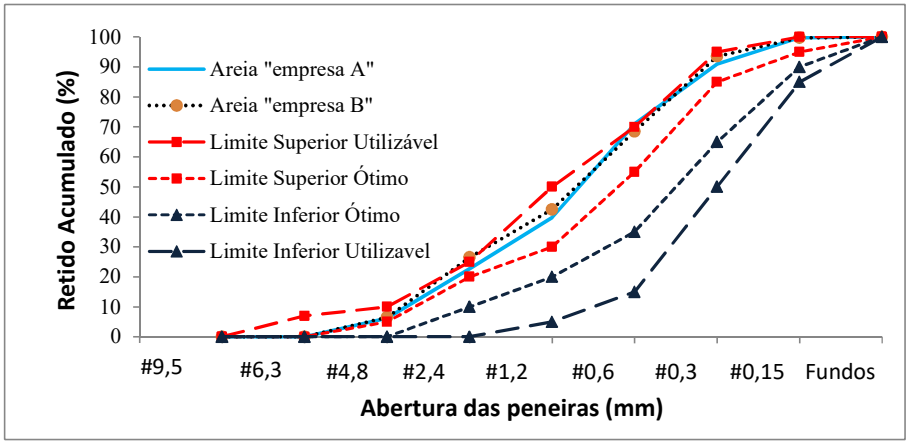
Tabela 3 - Distribuição granulométrica do agregado miúdo “empresa A”

Peneira (mm)	Areia grossa		Areia fina	
	% Retido	% Retido acumulado	% Retido	% Retido acumulado
9,5	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0
4,8	6,2	6,2	0	0
2,4	16,5	22,7	0	0
1,2	17,1	39,8	6,7	6,7
0,6	31,2	71,0	10,3	17
0,3	20	91,0	56,6	73,6
0,15	8,9	99,8	24,3	97,9
Fundos	0,2	100	2,1	100
Dimensão Máxima Característica (DMC)		4,8		1,2
Módulo de finura		3,304		1,952

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

É necessário a comparação das duas areias (grossa e fina) utilizadas pelas duas empresas, pois a granulometria dos agregados interfere na resistência, devido ao fato de que quanto mais fino é o material, maior quantidade de água será necessário para atingir a trabalhabilidade esperada. A figura abaixo apresenta a comparação granulométrica da areia grossa das duas empresas.

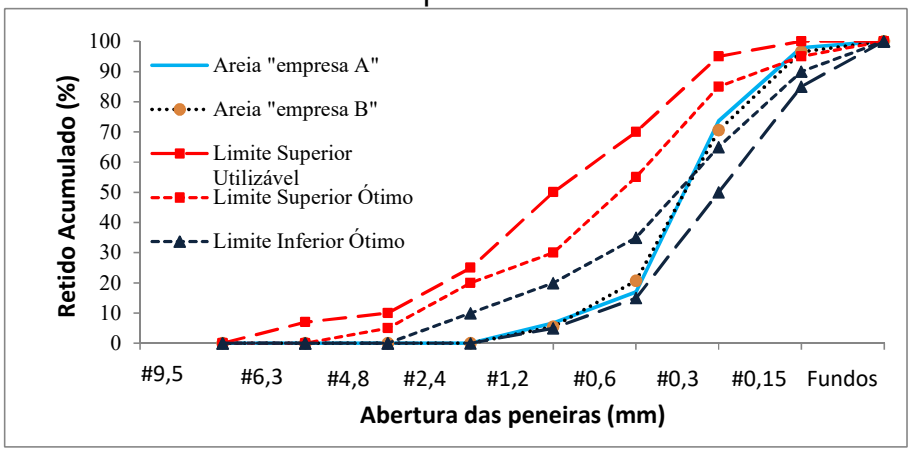
Figura 2 - Curva granulométrica do agregado miúdo (areia grossa) “empresa A” e “empresa B”



Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Como observado, a areia grossa das duas empresas segue a mesma granulometria, havendo apenas uma pequena diferença no módulo de finura que pode se dizer que é desconsiderável. A da granulometria de areia fina das duas empresas (Figura 3) também segue a mesma granulometria, havendo uma pequena diferença no módulo de finura que pode se dizer que também é desconsiderável.

Figura 3 – Curva granulométrica do agregado miúdo (areia fina) “empresa A” e “empresa B”



Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Também foi analisado e comparado a granulometria das britas utilizadas nas duas empresas, das quais, podemos observar nas tabelas a seguir.

Tabela 4 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo “empresa A”

Peneira (mm)	Brita 1		Brita 0	
	% Retido	% Retido acumulado	% Retido	% Retido acumulado
25	3,2	3,2	0	0
19	50,2	53,3	0	0
9,5	45,1	98,4	1,8	1,8
4,8	0,7	99,1	80,2	82
2,4	0	99,2	15	96,9
1,2	0	99,2	0,8	97,7
0,6	0	99,2	0,3	97,9
0,3	0,1	99,3	0,2	98,1
0,15	0,1	99,4	0,2	98,3
Fundos	0,7	100	1,8	100
Dimensão Máxima Característica (DMC)		25		9,5
Módulo de finura		7,502		5,725

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

E para compararmos os resultados das britas utilizadas pelas duas empresas, segue abaixo a distribuição granulométrica do agregado miúdo da “empresa B”.

Tabela 5 - Distribuição granulométrica do agregado graúdo “empresa B”

Peneira (mm)	Brita 1	
	% Retido	% Retido acumulado
25	1,8	1,8
19	51,2	53
9,5	45,4	98,3
4,8	0,9	99,2
2,4	0,1	99,3
1,2	0,1	99,3
0,6	0,1	99,4
0,3	0,1	99,4
0,15	0,1	99,5
Fundos	0,5	100
Dimensão Máxima Característica (DMC)		25
Módulo de finura		7,490

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Como observado, a brita 1 das duas empresas segue a mesma granulometria, havendo apenas uma pequena diferença no módulo de finura que pode se dizer que é desconsiderável, entretanto, a “empresa A” utiliza brita 0, o que na verdade não é bom para questão de resistência do concreto, pois ela diminui a resistência, necessitando de um consumo maior de cimento para aumentar a mesma.

Massa específica unitária

A determinação da massa especifica é a relação entre massa e volume, o que auxilia na transformação dos agregados de massa para volume, no caso de se utilizar dosagens que serão medidos em volume, e também para definir a densidade do concreto.

Tabela 6 - Massa especifica e unitária dos agregados miúdos

Ensaios (Kg/dm³)	Empresa A		Empresa B	
	Areia Grossa	Areia fina	Areia Grossa	Areia fina
Massa especifica	2,649	2,586	2,628	2,575
Massa unitária solta	1,531	1,497	1,515	1,469

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Absorção de água

A absorção de água dos agregados está ligada a sua porosidade, pois quanto mais poroso o agregado, maior será sua absorção de água. Os agregados utilizados para a dosagem dos concretos foram agregados de baixa porosidade, devido a sua alta densidade e consequentemente sua baixa absorção de água.

Tabela 7 - Absorção de água dos agregados miúdos

Ensaios (%)	Empresa A		Empresa B	
	Areia Grossa	Areia fina	Areia Grossa	Areia fina
Absorção de água	0,6	0,55	0,65	0,6

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Teor de material pulverulento

O teor de material pulverulento aumenta algumas propriedades que não são desejáveis em um concreto, como é o caso do desgaste superficial, por isso é dado por norma os limites máximos de teor de material pulverulento presente no concreto. Além disso o mesmo aumenta consideravelmente a quantidade de água a ser adicionada ao concreto, aumentando assim o fator água/cimento que consequentemente diminui a resistência.

Tabela 8 - Teor de material pulverulento nos agregados miúdos

Ensaios (%)	Empresa A		Empresa B	
	Areia Grossa	Areia fina	Areia Grossa	Areia fina
Teor de material pulverulento	0,3	0,45	0,35	0,4

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Forma dos grãos

O índice de forma dos grãos do agregado não deve ser superior a 3, quando determinado de acordo com o ensaio realizado seguindo a NBR 7809/2006. O ensaio foi realizado retirando duas medidas dimensionais que foram comprimento “c” e espessura “e”, cuja fórmula para determinar a forma do grão se dá por “c/e”, e sabe-se que quando esses valores se distanciam consideravelmente, os agregados alongados ou lamelares e tais formas de agregados não são boas para a produção do concreto, sendo que os melhores valores dão-se pelos resultados que estão próximos de 1,0.

Tabela 9 - Forma dos grãos dos agregados graúdos

Ensaios (c/e)	Empresa A		Empresa B
	Brita 1	Brita 0	Brita 1
Forma dos grãos	2,1	2,5	1,9

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Ensaios dos concretos dosados

Trabalhabilidade do concreto fresco

O ensaio para medir a trabalhabilidade ou abatimento. Foi realizado em todas as dosagens, sendo que foram mantidas as trabalhabilidades dos traços para cada dosagem conforme pode se observar na tabela 10.

Tabela 10 - Medidas dos abatimentos das dosagens

Ensaios (cm)	Dosagem I		Dosagem II		Dosagem III	
	Traço I	Traço II	Traço III	Traço IV	Traço V	Traço VI
Abatimento	8,5	9,5	10,0	10,5	15,0	14,0

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

Os traços I, III e V são dosagens da “empresa A”, e os traços II, IV e VI são da “empresa B”. De acordo com a tabela 10, comparando os traços de acordo com as dosagens, observa-se que houve uma uniformidade nos abatimentos.

Densidade e consumo de cimento

A densidade do concreto é primordial para saber qual é a quantidade real dos componentes do concreto para a produção exata de 1,0 m³, e para

sabermos qual é essa quantidade, precisamos primeiramente realizar o cálculo do consumo de cimento, e assim multiplicar este valor pelo traço unitário.

Tabela 11 - Densidade do concreto das dosagens

Ensaios (Kg/m³)	Dosagem I		Dosagem II		Dosagem III	
	Traço I	Traço II	Traço III	Traço IV	Traço V	Traço VI
Densidade	2.492	2.518	2.458	2.455	2.501	2.450
Consumo de cimento	343,8	318,7	335,3	309,4	344,8	311,6

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

De acordo com a Tabela 11, comparando os traços de acordo com as dosagens, observa-se que houve uma uniformidade nos abatimentos.

Ensaios do concreto endurecido

Resistência a compressão e rendimento do cimento

A resistência a compressão do concreto é uns dos fatores mais importantes do concreto, pois é através desta que será possível descobrir se o concreto está conforme o solicitado ou não, bem como, saber dizer qual é o rendimento do cimento. Os resultados das resistências seguem nas tabelas abaixo de acordo com sua dosagem e idade.

Tabela 12 - Médias de resistência a compressão das dosagens

Ensaios (MPa)	Dosagem I		Dosagem II		Dosagem III	
	Traço I	Traço II	Traço III	Traço IV	Traço V	Traço VI
3 dias	23,0	27,0	19,2	29,9	21,4	32,9
7 dias	27,6	36,2	26,7	33,2	32,2	39,9
28 dias	37,4	44,4	34,9	40,8	44,4	49,5

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

De acordo com as resistências obtidas aos 28 dias, calculamos o rendimento do cimento para saber qual realmente pode nos gerar uma resistência elevada com um baixo consumo de cimento.

Tabela 13 - Rendimento do cimento nas dosagens

Ensaio (Kg/MPa.m^{-3})	Dosagens	Empresa A	Empresa B
Rendimento	Dosagem I	9,19	7,24
	Dosagem II	9,6	7,58
	Dosagem III	7,76	6,29

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

De acordo com a Tabela 13, tomando como base a “dosagem I” que é a dosagem piloto, podemos se observou que a “dosagem II” onde reduzimos o teor de argamassa em 1,9%, aumentou o consumo de cimento para a “empresa A” em 0,41 Kg/MPa.m^{-3}, e para a “empresa B” este aumento foi de 0,34 Kg/MPa.m^{-3}. Já para a “dosagem III” onde mantemos a redução do teor de argamassa em 1,9% da “dosagem I”, e utilizamos o “aditivo C”, houve uma redução do consumo de cimento para a “empresa A” de 1,43 Kg/MPa.m^{-3}, e para a “empresa B” reduziu 0,95 Kg/MPa.m^{-3}.

Resumo dos ensaios

A Tabela 14 mostra o resumo dos ensaios realizados nas dosagens de concreto.

Tabela 14 - Médias de resistência à compressão das dosagens

Dados	Dosagem I		Dosagem II		Dosagem III	
	Traço I	Traço II	Traço III	Traço IV	Traço V	Traço VI
Fator a/c	0,522	0,554	0,575	0,555	0,496	0,482
A%	7,76	7,54	8,51	7,52	7,34	6,53
K	53,38	54,35	51,50	52,45	51,5	52,45
Trabalhabilidade (cm)	8,5	9,5	10,0	10,5	15,0	14,0
Resistência aos 28 dias (MPa)	37,4	44,4	34,9	40,8	44,4	49,5
Consumo (Kg/m³)	343,8	318,7	335,3	309,4	344,8	311,6
Rendimento (Kg/MPa.m^{-3})	9,19	7,24	9,6	7,58	7,76	6,29

Fonte: Dados obtidos e organizados pelo autor

O componente do concreto que tem como função principal de dar resistência ao concreto, é o cimento, no qual foi realizado o ensaio de finura, e

avaliou-se que os cimentos utilizados pelas duas empresas atenderam as especificações da norma, mas não foi possível sua avaliação quanto ao seu envolvimento com a resistência do concreto ou aumento de água devido aos seus módulos de finura serem diferentes.

Quanto aos agregados utilizados na produção dos concretos, se notou que houve grande semelhança entre os agregados miúdos e graúdos, mas a "empresa A" utilizou brita 0 na composição de seu concreto, e pode-se notar que este agregado devido ao seu diâmetro ser menor, causou um aumento do consumo de cimento por MPa para a produção de 1,0 m³ de concreto, também observou-se que todos os traços da "empresa A" mesmo com um consumo de cimento mais alto, suas resistências foram menores.

A massa específica foi um fator que não interferiu nos resultados finais, pois a densidade auxilia somente, para que através de cálculos, pudesse saber qual o consumo de cimento e de todos os demais componentes para a produção dos volumes de concreto.

Para todas as dosagens foram mantidas a trabalhabilidade para que se pudesse ter um padrão, pois em ambas as empresas obtemos os dados do concreto de Fck 30 MPa e abatimento de 10±2 e, portanto, concluiu-se que na "dosagem II", onde reduzimos o teor de argamassa, houve uma redução da resistência a compressão, bem como, um aumento do rendimento do cimento para a produção do concreto.

Já com respeito à alteração do aditivo na "dosagem III", houve um aumento na resistência, e consequentemente uma redução no rendimento do cimento, podendo ligar estes dados à diminuição do fator a/c das dosagens.

Conclui-se assim, que a redução do teor de argamassa reduz a resistência e aumenta o consumo de cimento por MPa para cada m³ (metro cúbico) de concreto produzido, tanto pelo fato de aumentar o fator a/c, diminuindo a resistência, quanto pela utilização de um aditivo que consiga reduzir significativamente a quantidade de água para a produção do concreto. Com isso, pode-se ter grandes economias no consumo de cimento, aumentando a resistência com o mesmo consumo, ou mantendo a mesma com um menor consumo, devido ao fato de que a redução de cimento com a utilização do aditivo

na “dosagem III” foi de 1,43 Kg/MPa.m^{-3} para a “empresa A”, e de 0,95 Kg/MPa.m^{-3} para a “empresa B”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELIX, E. F.; POSSAN, E. Balance emissions and CO2 uptake in concrete structures: simulation based on the cement content and type. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.135-162, fev. 2018. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952018000100008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/riem/v11n1/pt_1983-4195-riem-11-01-00135.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2018.

FUSCO, P. B.; **Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados**. Editora PINI Ltda, 1ª ed., São Paulo-SP, junho de 2008.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Tradução: Ruy Alberto Cremonini, 2ª ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.

PEDROSO, F. L.; Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Revista Concreto & Construção;** Concreto: material construtivo mais consumido no mundo; IBRACON; Ano XXXVII; nº 53, pag. 14 – 19, Jan./Mar. 2009.

PEREIRA, T. A. C.; **Concreto auto-adensável, de alta resistência, com baixo consumode cimento Portland e com adições de fibras de lã de rocha ou poliamida**; 2010, 281f; Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

PETRUCCI, E. G. R.; **Concreto de cimento Portland**. Editora Globo S.A., 13ª ed., rev. Por Vladmir Antônio Paulon, São Paulo-SP, 1998.

REBMANN, M. S.; **Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento Portland e alta resistência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de estruturas); Escola de Engenharia de São Carlos; Departamento de Engenharia de estruturas; Laboratório de materiais avançados à base de cimento, Universidade de São Paulo; São Carlos-SP, 2011.

SOBRE OS AUTORES:

Alessandro Andreola Rezende alessandro.a.rezende@hotmail.com
Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Maringá (UniCesumar), com Especialização em Administração e Finanças (Faculdade São Braz). Profissional com experiência na área laboratorial de concreto, argamassa e solos. Atualmente ministrante de curso de dosagem de concreto pelo método IBRACON e sócio proprietário da empresa Andreola & Vaciliev Engenharia e Arquitetura atuando nas áreas de pericias em edificações, projetos e execução de obras, cursos e palestras.

Giovanna Carolina de Souza Pessoa giovanna.spessoa@gmail.com
Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Maringá (UniCesumar), com Especialização em Gerenciamento de Projetos (UniCesumar). Atualmente é

responsável técnica na empresa Gasini Engenharia, onde atua nas áreas de Engenharia de Tráfego e Engenharia Urbana.

Janaina de Melo Franco Domingos janaina.mfdomingos@gmail.com
Graduada em Tecnologia em Gerenciamento Ambiental pela UTFPR campus Campo Mourão, Especialista em Gestão Ambiental em Municípios pela UTFPR campus Medianeira, Mestre em Engenharia Urbana pela UEM Maringá-PR. Atualmente é professora nas áreas de Hidrologia e Drenagem, Engenharia Ambiental e Projeto de Produto I no Centro Universitário UNIMAX em Indaiatuba-SP.