

# Comparativo entre CAA com fíler calcário e **CAA com resíduo de beneficiamento de mármore e granito**

**GABRIEL DE O. MINATTI** - ENG. - <https://orcid.org/0000-0001-7804-7464> (gminatti@gmail.com) | **UNIFEBE**  
**FABIANE FISCH** - DRA. - <https://orcid.org/0000-0002-9011-7020> (fisch@univali.br) | **UNIVALI**

## RESUMO

**A** ADIÇÃO DE FILERS ALTERNATIVOS NO CONCRETO TORNOU-SE CADA VEZ MAIS COMUM, BUSCANDO UMA MELHORA NAS PROPRIEDADES PRINCIPALMENTE NO CONCRETO AUTOADENSÁVEL (CAA). DESSA MANEIRA, O OBJETIVO DESTA PESQUISA FOI ANALISAR E COMPARAR A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO EM VOLUME DE 5% DO RBMG E DO FÍLER CALCÁRIO NAS PROPRIEDADES DO CAA. PARA TANTO, FOI REALIZADA UMA CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E UTILIZADO O MÉTODO DE DOSAGEM DE TUTIKIAN (2007), COM TRÊS FAMÍLIAS DE TRAÇOS DE CONCRETO. EM SEGUIDA, FORAM AVALIADAS AS CARACTERÍSTICAS NO ESTADO FRESCO E AS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTADO ENDURECIDO. OS RESULTADOS INDICAM QUE O CAA COM FÍLER CALCÁRIO APRESENTOU CARACTERÍSTICAS MAIS ELEVADAS QUANDO COMPARADO AO CAA COM RBMG; ENTRETANTO, NAS PROPRIEDADES FÍSICAS, O CONCRETO COM RBMG OBTVEU UMA MENOR ABSORÇÃO E ÍNDICE DE VAZIOS.

**PALAVRAS-CHAVE:** CONCRETO AUTOADENSÁVEL, RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE E GRANITO, FÍLER CALCÁRIO, DIAGRAMA DE DOSAGEM.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto autoadensável (CAA) tem sua origem no Japão em 1988 a partir da necessidade de concretos mais fluidos, que no estado fresco não apresentassem problemas ou defeitos nas idades iniciais, ou perdessem suas características de proteção externa [1].

Segundo Mehta e Monteiro [2], os materiais constituintes do CAA são basicamente os mesmos do concreto convencional (CCV), diferindo na propriedade no estado fresco, e de um maior volume de

pasta no CAA, que normalmente não é utilizado em CCV [3].

As adições utilizadas na produção do CAA agregam um aumento da resistência à segregação/coesão, melhoria na resistência e fissuração térmica, decorrentes da eficiência no empacotamento da mistura [2].

O fíler calcário é considerado uma adição inerte, entretanto ele pode reagir na mistura, aumentando a velocidade de hidratação no cimento, afetando na manutenção e reduzindo o retardo de pega do compósito, além de uma maior resistência à segregação e à viscosidade. A utilização de fíler com altos teores de MgO pode expandir originando manifestações patológicas [4].

Com a possibilidade de uso do fíler calcário em diferentes situações, o setor das rochas ornamentais chamou atenção, pois o beneficiamento de um bloco pode gerar cerca de 30% de seu volume em resíduo [5].

Eles são finos, com maior porcentagem passante na peneira de 0,075 mm [7], podendo ser adicionado no concreto ou substituindo parcialmente o cimento. Xavier *et al.* [6], avaliaram o CAA com incorporações de 20%, 30%, 40% e 50% de resíduo e Rahman *et al.* [7] adicionaram o

### TABELA 1

COMPOSIÇÃO DO CIMENTO

Na <sub>2</sub> O	0,22	3 dias	36
CO <sub>2</sub>	4,4	7 dias	41
Cal L	0,6	28 dias	48

pó de mármore em substituição ao cimento no CAA. Rodrigues, Filho e Santos [8] avaliaram a substituição do cimento por resíduo de mármore e granito (com diâmetros inferiores a 0,075 mm). Kumayama *et al.* [9] verificaram as propriedades no estado fresco e endurecido do CAA com a incorporação do pó de mármore e pérolas de EPS. Schankoski *et al.* [10] ainda descrevem que é possível utilizar fíler alternativos como o caso do resíduo beneficiado de mármore e granito. Santos, Castro e Gonçalves [11] adicionaram resíduo de cerâmica na incorporação do CAA.

O objetivo desta pesquisa é comparar a performance da adição de fíler calcário com fíler alternativo proveniente de resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG).

### TABELA 2

CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Material	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de finura
Areia natural fina	2,63	1,67	1,29
Areia artificial	2,78	1,62	2,91
Brita 19 mm	2,63	1,31	6,83
Brita 9,5 mm	2,80	1,42	6,09

**TABELA 3**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ADIÇÕES

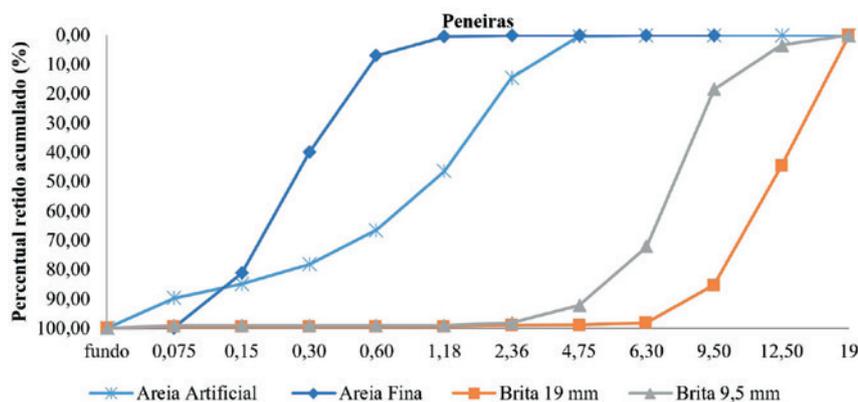
Material (%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF
RBMG	67,66	7,29	4,09	8,07	1,78	3,12	0,09	0,92	1,89	0,62	4,47
Filer calcário	2,23	0,36	0,21	30,67	0,15	0,09	0,01	0,02	19,48	—	45,87

## 2. DESENVOLVIMENTO

Como aglomerante utilizou-se o cimento Portland de alta resistência inicial CP V - ARI, com composição química e mineralógica em conformidade com a NBR 16697 [12] (Tabela 1).

As areias da composição do CAA são de origem natural (Araquari-SC) e artificial (Botuverá-SC). O agregado graúdo (brita granítica de 19 mm) de Gaspar-SC e a brita calcária (9,5 mm) de Botuverá-SC. Os materiais foram avaliados quanto à massa específica através da NBR NM 52 [13], massa unitária pela NBR NM 45 [14] e composição granulométrica por meio da NBR NM 248 [15] (Tabela 2, Figura 1).

As adições foram analisadas quanto à composição química através de ensaio de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX) e a massa específica, conforme a NBR 16605 [16], além da distribuição granulométrica através da difração de raio laser (Tabelas 3 e 4). O resíduo de beneficiamento do mármore e granito foram coletados no estado de lama, secos, destorroados e peneirados, utilizando o material passante em malha 0,150 mm.

**FIGURA 1**

CURVAS GRANULOMÉTRICAS DOS AGREGADOS UTILIZADOS

**TABELA 4**

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DAS ADIÇÕES

Material	Diâmetro das partículas (µm)				Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
	10%	50%	90%	Médio	
RBMG	5,19	27,37	78,56	35,80	2,75
Filer calcário	1,76	12,68	42,68	18,09	2,80

### 2.1 Dosagem

Para a dosagem, foi adaptado o método proposto por Tutikian [17], sendo que, após a caracterização dos materiais, definiu-se o esqueleto granular e determinou-se a relação água/cimento e o teor de aditivo. Fixou-se então o consumo de aditivo para todos os traços (Tabela 5).

As misturas na betoneira foram padronizadas da seguinte maneira: com ela desligada, acrescentaram-se as britas, batidas por aproximadamente 1 minuto. Com ela parada, adicionaram-se os agregados miúdos, o cimento e a adição, misturando por 2 minutos. A betoneira foi ligada e a água foi adicionada até que o abatimen-

to se encontrasse por volta de 30 mm a 60 mm. Novamente desligada, acrescentou-se o aditivo, deixando a mistura batendo por 2 minutos. Após, realizaram-se os ensaios no estado fresco.

As eventuais diferenças entre os valores de massa específica das adições alteraram a dosagem e, conseqüentemente, houve uma pequena variação no consumo de cimento e agregados das adições.

### 2.2 Ensaios

Para caracterização no estado fresco, realizaram-se os ensaios de espalhamento (t500), anel J, caixa L e funil V de acordo com as normas da NBR 15823 [1]. No estado endurecido, analisaram-se as propriedades mecânicas: resistência à compressão prescrita (NBR 5739) [18] aos 7 e 28 dias; módulo de elasticidade (NBR 8522) [20] aos 28 dias.

Os índices físicos de absorção, índice de vazios e massa específica real seguem a NBR 9778 [21], também aos 28 dias. Desenhou-se um diagrama de dosagem relacionando a resistência à compressão, a relação água/cimento, a proporção dos materiais (traço 1:m) e o consumo de cimento. E um diagrama de desempenho entre os concretos produzidos com RBMG e filer calcário.

## 3. RESULTADOS

Os concretos produzidos se enquadraram nas exigências da NBR 15823

**TABELA 5**COMPOSIÇÕES DOS CONCRETOS DOSADOS (KG/M<sup>3</sup>)

Família	Massa específica	Cimento	RBMG	Filer Calc.
3	2451	562	84	—
3	2477	572	—	86
5	2371	364	91	—
5	2468	382	—	96
7	2366	274	96	—
7	2429	281	—	99

Areia		Brita 9,5 mm	Brita 19 mm	Água	Aditivo	
Fina	Artificial				l/m <sup>3</sup>	%
320	641	191	450	201	4,10	0,73
326	652	195	458	190	4,18	0,73
345	691	207	484	190	2,65	0,73
363	726	218	508	174	2,79	0,73
364	728	219	510	175	2,00	0,73
374	749	225	524	178	2,05	0,73

(Tabela 6). Entretanto, o CAA produzido com RBMG apresentou grande variação no espalhamento: a família 3 classificou-se como SF 3, o traço correspondente à família 5 se encaixou na classe SF 2 e, por último, a família 7 se enquadraram na classe SF 1. Já, no CAA confeccionado com filer calcário a variação foi menor: o traço da família 3 foi classificado como SF 3 e os dois outros traços se enquadraram na classe SF2. O uso de filer com partículas mais finas implica o consumo maior de aditivo para atender às exigências do CAA, porém, é observado um aumento na resistência à compressão com a utilização de filer mais finos, devido ao melhor empacotamento, independentemente de sua mineralogia, como demonstra a pesquisa de Schankoski, *et al.* [10].

Todos os traços produzidos se enquadraram na classe VS 2 conforme NBR 15823 [1], ou seja, o tempo de escoamento foi maior que 2 segundos; além disso, todos os traços se mostraram altamente estáveis de acordo com do ensaio de estabilidade visual (Tabela 7). A variação ocorreu nos traços contento a adição de resíduo, e com o aumento do consumo de agregado, obteve-se naturalmente o aumento do tempo de escoamento. Porém, no concreto com filer calcário, o traço da família 7 apresentou o menor tempo de escoamento de todos os traços analisado (Tabela 7).

O traço da família 7 de ambas adições e o da família 5 com filer calcário apresentaram as características acima dos valores exigidos pela norma. Porém, todos os outros traços apresentaram valores de acordo com NBR 15823 [19], sendo classificados na classe de habilidade passante PJ 2. Nos resultados no ensaio da caixa L, ape-

nas os traços da família 3 ficaram em conformidade com a NBR 15823 [19]. Os outros traços não apresentaram valores mínimos impostos pela norma, devido ao consumo de aditivo, porque mesmo que fixado o percentual de aditivo para cada traço, as misturas com um consumo mais alto de cimento proporcionalmente apresentam uma quantidade maior de aditivo, o que se refletiu nos resultados (Tabela 8).

A mesmas divergências entre os ensaios de habilidade passante também foram observados no trabalho de Mendes, Bauer e Silva [22], onde o concreto foi aprovado em relação à habilidade passante pelo método do anel J e reprovado pelo ensaio da caixa L. O que denota a importância de ser exigido o resultado positivo em ambos ensaios para considerar a capacidade passante do CAA. Assim como a sua classificação quanto à viscosidade plástica aparente pelo método do funil V (Tabela 9) e das propriedades mecânicas como resistência à compressão aos 7 e 28 dias e módulo de elasticidade (Figura 2).

O CAA com RBMG apresentou um maior percentual de crescimento dos 7 dias de idades para os 28 dias

**TABELA 6**

RESULTADOS DO ENSAIO DE ESPALHAMENTO

Família	Espalhamento (mm)		Classe de espalhamento ABNT NBR 15823-1:2017
	RBMG	Filer calcário	
3	815	800	SF 1 - 550 a 650 mm
5	665	750	SF 2 - 660 a 750 mm
7	642,5	735	SF 3 - 760 a 850 mm

**TABELA 7**

RESULTADOS DO ENSAIO DE T500 E IEV

Família	Tempo de escoamento t500 (s)		Classe de viscosidade plástica aparente t500 ABNT NBR 15823-1:2017	Material
	RBMG	Filer calcário		
3	3,15	3,16	VS 1 ≤ 2 s VS 2 > 2 s	Sem evidência de segregação ou exsudação
5	3,21	3,83		Sem evidência de segregação ou exsudação
7	3,77	2,44	2,63	Sem evidência de segregação ou exsudação

na resistência à compressão: as famílias 3,5 e 7 apresentaram os respectivos crescimentos -12%, -13% e -15%. O CAA produzido com filer calcário exibiu nas famílias 3,5 e 7 um aumento de -8%, -13,5% e -12,5%, respectivamente. Sendo que o CAA com adição de filer calcário apresentou as maiores variações, o que se reflete no desvio padrão e coeficiente de variação que chegou a 4%. Comparando a resistência à compressão do CAA com RBMG e filer calcário nas famílias 3,5 e 7, ocorreu uma variação de -6%, -23% e -12% respectivamente, maior para o concreto produzido com filer calcário, e a relação água/cimento não foi mantida igual, o que justifica parte da variação.

Rodrigues, Filho e Santos [8] substituíram o cimento por resíduos de mármore e granito (com diâmetros inferiores a 0,075 mm), o que foi positivo para percentuais de 20% a 30% dependendo do tipo de aditivo utilizado. A incorporação de até 15% do resíduo não implica perda considerável de resistência à compressão (Hameed) [23]

Analisando o módulo de elasticidade de cada família, observou-se um acréscimo de -8%, -15% e -9% no CAA produzido com filer calcário quando comparado ao RBMG. Ao contrário dos resultados obtidos na resistência à compressão, o RBMG apresentou maior coeficiente de variação e desvio padrão no módulo de elasticidade. Isso se dá pelo processo de beneficiamento manual, já o filer calcário é beneficiado industrialmente, assim as partículas são mais padronizadas (Ta-

**TABELA 8**

RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS ANEL J E CAIXA L

Família	Anel J (mm)		Classe de habilidade passante pelo anel J ABNT NBR 15823-1:2017
	RBMG	Filer calcário	
3	40	30	PJ 1 - 0 a 25 mm PJ 2 - 25 a 50 mm
5	50	115	
7	142,5	65	

Família	Caixa L (H2/H1)		Classe de habilidade passante pelo caixa L ABNT NBR 15823-1:2017
	RBMG	Filer calcário	
3	1,00	0,84	≥ 0,80, com três barras de aço
5	0,72	0,71	
7	0,30	0,70	

**TABELA 9**

RESULTADO DO ENSAIO FUNIL V

Família	Funil V (s)		Classe de viscosidade plástica aparente pelo funil V ABNT NBR 15823-1:2017
	RBMG	Filer calcário	
3	14,21	22,53	VF 1 < 9 s VF 2 - 9 a 25 s
5	8,06	16,39	
7	17,50	14,21	

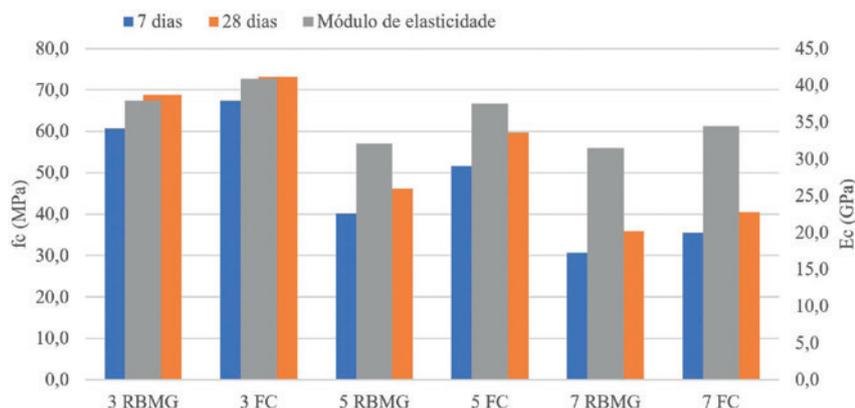
bela 10). Cabral, Monteiro e Helene [24] analisaram o módulo de elasticidade, produzindo o mesmo concreto com consistências diferentes, o concreto plástico apresentou maior módulo de elasticidade do que o concreto autoadensável.

Em ambas adições, as massas específicas apresentaram valores próximos entre as diferentes famílias. Nos traços

da família 3, os índices são melhores em relação à família 5 e, conseqüentemente, a família 7 apresentou os piores resultados com relação à absorção e índice de vazios, provavelmente por possuírem mais agregados do que cimento, o que se reflete também na resistência à compressão

Tutikian, Isaia e Helene [25] abordaram a diferença entre concretos de alta resistência (CAR) e concretos de alto desempenho (CAD), no que se refere a alguns princípios para a classificação do concreto como CAD: diminuição da relação água/cimento, potencialização da granulometria, além da melhoria das ligações químicas com adições minerais. Sendo possível assim classificar os traços da família 3 de ambas adições como concreto autoadensável de alto desempenho.

Com relação às equações do comportamento de ambos concretos (Tabela 11), juntamente com suas curvas de dosagem (Figuras 3 e 4) e o diagrama de desempenho (Figura 5), decorrentes dos diagramas de dosagem que relacionam a resistência



**FIGURA 2**

RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE

**TABELA 10**

RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS DE ÍNDICES FÍSICOS (28 DIAS DE IDADE)

Material	RBMG			Fíler calcário		
	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	Absorção (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )
3	1,54	3,69	2,49	2,83	6,81	2,58
5	2,14	5,11	2,52	3,16	7,51	2,57
7	5,05	11,26	2,51	3,94	9,18	2,56

à compressão, relação água-cimento, consumo de agregado e consumo de cimen-

to, verificou-se que as adições proporcionaram consumos diferentes de cimento e

agregados, conseqüentemente refletindo na relação água-cimento e na resistência à compressão.

Com a construção dos diagramas de dosagem, é possível determinar o traço para qualquer combinação, partindo de um item inicial, como, por exemplo, a resistência à compressão, relação água/cimento. Dessa maneira, a dosagem é mais rápida otimizando o tempo, além de analisar as propriedades das famílias dos traços relacionados (Figura 5).

**TABELA 11**

EQUAÇÕES DE COMPORTAMENTO DOS CONCRETOS COM ADIÇÕES

Propriedade	Dias	Equação de comportamento		R2
		RBMG	Fíler calcário	
Resistência à compressão (Lei de Abrams)	7	$f_{c_i,7\text{dias}} = \frac{145,23}{11,51^a}$	$f_{c_i,7\text{dias}} = \frac{137,25}{8,51^{a/c}}$	1,0
	28	$f_{c_i,28\text{dias}} = \frac{157,23}{10,25^{a/c}}$	$f_{c_i,28\text{dias}} = \frac{143,55}{7,27^{a/c}}$	1,0
Traço unitário 1:m (Lei de Lyse)		$m = -2,19 + 14,19 * a/c$	$m = -1,27 + 13,25 * a/c$	—
Consumo de cimento por m <sup>3</sup> (Lei de Molinari)		$c = \frac{1000}{0,3876 + 0,4676 * m}$	$c = \frac{1000}{0,3785 + 0,4526 * m}$	1,0

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que a adição de fíler calcário apresentou as melhores propriedades quando comparado ao

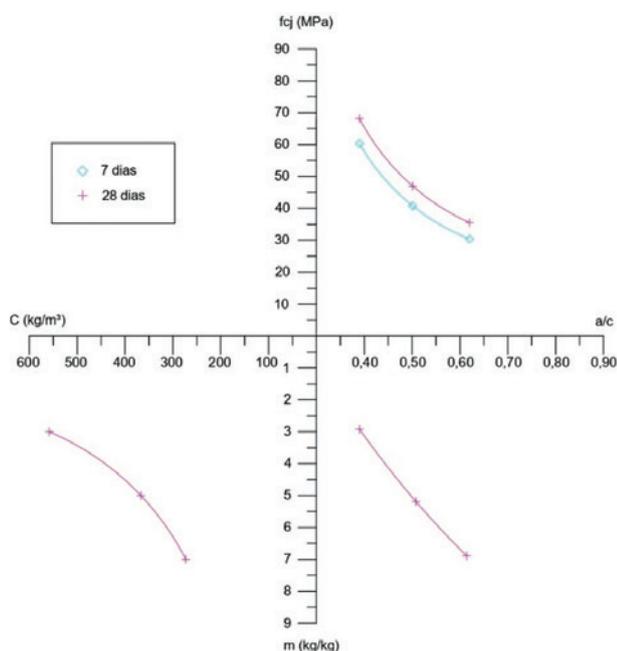
**FIGURA 3**

DIAGRAMA DE DOSAGEM DO CONCRETO COM RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO

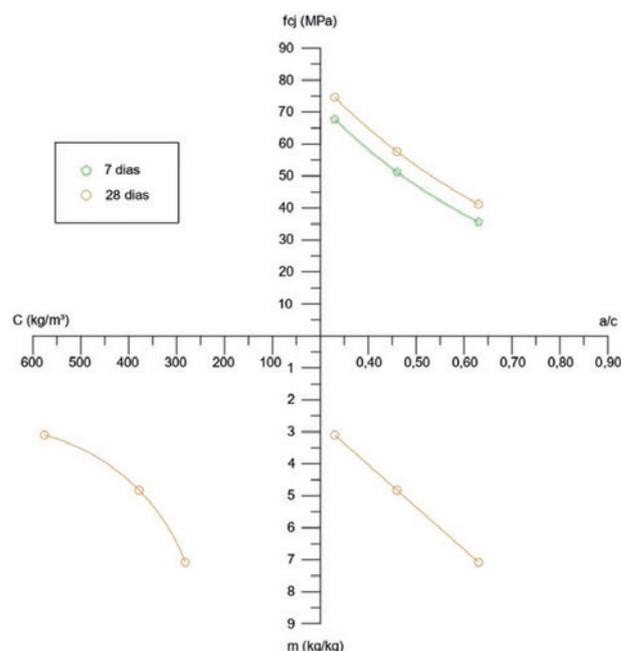
**FIGURA 4**

DIAGRAMA DE DOSAGEM DO CONCRETO COM FÍLER CALCÁRIO

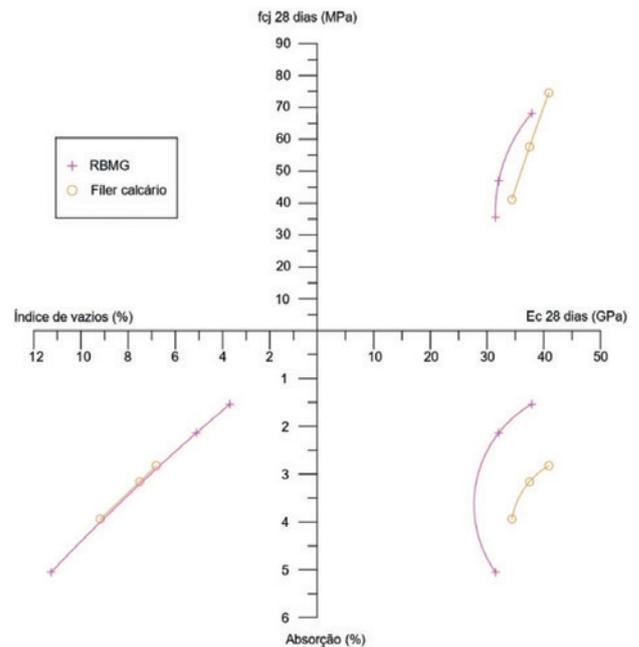
resíduo de beneficiamento de mármore e granito. A dosagem possibilitou um menor índice de vazios e, conseqüentemente, uma melhora tanto nas características reológicas quanto nas propriedades físicas e mecânicas. Ainda que as adições apresentaram o mesmo percentual nos traços.

A caracterização no estado fresco dos CAA foi satisfatória de acordo com a NBR 15823 [1], com exceção dos ensaios da caixa L que apresentaram valores abaixo do exigido, em especial o traço da família 7 com RBMG, que apresentou valor equivalente 0,30, muito abaixo do 0,80 determinado pela norma regulamentadora.

As características no estado endurecido se mostraram muito positivas, com ambas adições. Na resistência à compressão, o CAA com filer calcário teve um

aumento considerável quando comparado ao concreto com RBMG e apresentou os melhores resultados nos ensaios de módulo de elasticidade.

Nas propriedades físicas, os traços da família 3 e 5 do CAA produzidos com RBMG tiveram uma menor absorção, menor índice de vazios e apenas a massa específica real foi superior no concreto com filer calcário. ☹



**FIGURA 5**  
DIAGRAMA DE DESEMPENHOS DOS CONCRETOS COM ADIÇÕES

## ▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OKAMURA, H., OUCHI, M. "Self-compacting concrete", Journal of advanced concrete technology, v. 1, n. 1, pp. 5-15, apr. 2003.
- [2] MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais, 2. ed., São Paulo, Ibracon, 2014.
- [3] TUTIKIAN, B. F., DAL MOLIN, D. C. Concreto autoadensável, 2. ed., São Paulo, Pini, 2015.
- [4] REPETTE, W. L. "Concreto autoadensável", In: ISAIA, G. C. (org). Concreto: ciência e tecnologia, 1 ed., capítulo 48, São Paulo. Ibracon, 2011.
- [5] QUEIRÓZ, F. C., CASTRO, N. F. "Concreto celular com ecofíler de resíduos de mármore e granito", In: Jornada do programa de capacitação institucional - PCI/CETEM, pp. 38-45, out. 2019.
- [6] XAVIER, B. C. *et al.* "Fresh and hardened of distinctive self-compacting concrete with marble and phyllite powder aggregate contents", Journal of materials in civil engineering, 2020. v.32(5): 04020065
- [7] RAHMAN, S. *et al.* Partial Substitution of Sand and Cement with Waste Marble Powder and Limestone Dust in Self Compacting Concrete. In: International Conference on Sustainable Waste Management through Design, pp. 170-177, 2018.
- [8] RODRIGUES, M. A. R., FILHO, J. A. M., SANTOS, W. F. "Utilização dos Resíduos de Cortes de Placas de Mármore e Granitos como Adição na Fabricação de Concreto Autoadensável", Engenharia Estudo e Pesquisa - ABPE, v. 15, n. 1, p. 24-41, jan./jun. 2015.
- [9] KUMAYAMA, R. *et al.* "Estudo da viabilidade do emprego de pó de mármore para produção de concreto auto-adensável e substituição parcial dos agregados por pérolas de poliestireno expandido (EPS)", REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 10, n. 2, pp. 56-71, 2015.
- [10] SCHANKOSKI, R. A. *et al.* Avaliação da reologia de concretos autoadensáveis contendo filers de britagem, Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, pp. 1-16, jun. 2017.
- [11] SANTOS, R. F. C., CASTRO, A. L., GONÇALVES, K. M. Produção de concreto autoadensável incorporado com resíduo da indústria de cerâmica vermelha, Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, 2018.
- [12] ABNT NBR 16697, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 16697: Cimento Portland. Rio de Janeiro, 2018.
- [13] ABNT NBR NM 52, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- [14] ABNT NBR NM 45, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
- [15] ABNT NBR NM 248, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [16] ABNT NBR 16605, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
- [17] TUTIKIAN, B. F. Proposição de um método de dosagem experimental para concretos autoadensáveis, Tese de D. Sc., UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil 2007.
- [18] ABNT NBR 5739, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- [19] ABNT NBR 15823, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15823: Concreto autodensável 1-6, Rio de Janeiro, 2012.
- [20] ABNT NBR 8522, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8522: Concreto - Determinação
- [21] ABNT NBR 9778, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- [22] MENDES, M., BAUER, E., SILVA, F. Avaliação dos parâmetros de autoadensabilidade e de reologia do concreto autoadensável, Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, 2017.
- [23] HAMEED, A. *et al.* Self compacting concrete: use of waste marble powder as filler material. Pakistan Journal of Engineering and Applied Sciences, v. 18, pp. 1-10, jan. 2016.
- [24] CABRAL, L., MONTEIRO, E., HELENE, P. Análise comparativa do Módulo de elasticidade calculado segundo diferentes Normas, Revista ALCONPAT, v. 4, n. 2, pp. 144-160, mai./ago. 2014.
- [25] TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. Concreto de alto e ultra-alto desempenho. In: ISAIA, G. C. (org). Concreto: ciência e tecnologia, 1 ed., capítulo 36, São Paulo. Ibracon, 2011.