

AValiação DO DESEMPENHO DE CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Renato Marcon Pinto¹
Poliana Bellei²

RESUMO

O estudo procura analisar as propriedades no estado fresco e endurecido do Concreto Auto Adensável (CAA), com e sem substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de construção e demolição. A metodologia utilizada para a pesquisa foi indutiva para o tipo de métodos científicos, explicativa para os níveis de pesquisa, experimental para o delineamento da pesquisa, desta forma, através de testes foram analisados os instrumentos e medida de coleta de dados. A definição de área e população da pesquisa é para as empresas localizadas em Chapecó-SC, e a técnica de análise e interpretação dos resultados foi de forma qualitativa. Os resultados obtidos nesta pesquisa apresentam dentro da norma brasileira, parâmetros aceitáveis de trabalhabilidade no estado fresco e resistência mecânica no estado endurecido dos traços, com substituição parcial do agregado miúdo, por resíduos de construção e demolição. Porém, com a sua substituição parcial observou-se certa queda de trabalhabilidade, bem como menor resistência mecânica quando comparadas todas as amostras de CAA, em função do material ser mais poroso e absorver maior quantidade de água e aditivo.

Palavras-chave: Concreto auto adensável. Resíduos de construção e demolição. Resistência.

1 INTRODUÇÃO

Essa pesquisa analisa algumas especificidades da construção civil, a qual se destaca a avaliação do desempenho de concreto auto adensável com adição de resíduo de construção de demolição. Além disso, procurou-se caracterizar e comparar as propriedades físicas do agregado natural com o agregado produzido a partir dos resíduos de construção e demolição, para a utilização no CAA. A partir de um traço referência de CAA, foi possível a utilização de resíduos de construção e demolição em substituição parcial pelo agregado miúdo, com isso, desenvolvendo outros traços, bem como observado a influência dos resíduos de construção e demolição nas propriedades do estado fresco do CAA. Ao final, foram comparados os resultados obtidos de resistência à compressão axial no estado endurecido, nas diferentes

¹ Trabalho de conclusão de curso da Engenharia Civil, UCEFF. E-mail: renato@rotesma.com.br.

² Docente do curso de Engenharia Civil da UCEFF. E-mail: polianabellei@gmail.com.

idades para o CAA referência e o produzido com as substituições por resíduo de construção e demolição.

Entre os materiais utilizados para as construções, o CAA se destaca por estar cada vez mais presente na execução de empreendimentos, que necessitam de agilidade na execução e excelente acabamento. Sua fabricação está ligada a um rigoroso controle, pois precisam atender parâmetros específicos de coesão e fluidez.

Entretanto, devido aos constantes avanços tecnológicos, um dos desafios atuais gira em torno da reciclagem de resíduos gerados pela construção civil, como alternativa de substituição por agregados naturais. Existe uma grande carência no estudo do uso desses materiais na fabricação do concreto, ainda mais raros para CAA.

Desta forma, este trabalho se justifica pela importância de apresentar para as empresas do ramo da construção civil, opções na questão do reaproveitamento de resíduos descartados, e assim contribuindo para a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente. Com isso, esse material descartado pode ser aproveitado sendo substituído parcialmente pelo agregado miúdo no CAA?

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o acelerado crescimento demográfico se aumenta a busca por obras cada vez maiores e aproveitáveis a esta demanda, as quais necessitam de estruturas complexas, robustas e duráveis.

Com o intuito de otimizar a construção e reduzir incidência de falhas de concretagem das estruturas, foi que, ao final da década de 1980, no Japão iniciaram-se estudos para o desenvolvimento de concretos fluidos capazes de se acomodar nas fôrmas, sem a necessidade de forças externas para adensamento, incluindo adequada resistência a segregações (NUNES, 2001).

Desde então, essa nova tecnologia em concreto vem sendo estudada e aperfeiçoada, especialmente na Europa e no próprio Japão. No Brasil, os estudos e a utilização do CAA ainda estão aquém do potencial desse material, principalmente pelo desconhecimento dos profissionais a respeito do assunto (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

O CAA é claramente uma das áreas da tecnologia do concreto que tem o maior potencial de desenvolvimento. O CAA não é apenas um novo tipo de concreto, mas uma tecnologia que, quando aplicada corretamente proporciona propriedades diferentes e,

principalmente, novas oportunidades de otimizar a produção (TUTIKIAN; DAL MOLIN, 2008).

Gomes (2003) afirma que o desenvolvimento de um CAA utilizando alta dosagem de resíduos sólidos industriais na forma de finos, é uma contribuição positiva para o desenvolvimento sustentável do concreto. Ao utilizar resíduos de concreto em substituição ao agregado fino, obtém um ganho ecológico significativo, já que estes são resíduos ou subprodutos industriais.

3 MÉTODOS

No Laboratório de Materiais de Construção da empresa foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais (cimento, areia, brita e aditivo), os quais serviram de parâmetro para analisar posteriormente os resultados dos ensaios do concreto. Entre os ensaios realizados para os materiais pode-se citar: massa específica, massa unitária, granulometria e absorção de água.

O agregado miúdo natural utilizado nesta pesquisa provém da jazida do leito do rio Hobi, localizado na cidade de Porto União-SC, a outra parte do agregado é artificial e provém da empresa Planaterra localizada na cidade de Chapecó-SC. A fim de analisar as propriedades deste material, optou-se pela realização de ensaios de caracterização.

A massa específica da areia foi obtida de acordo com a ABNT/NBR 9776 (1987). Conseqüentemente o valor obtido para a massa específica da areia natural foi de $\gamma = 2,63 \text{ g/cm}^3$ e da areia artificial foi de $\gamma = 2,89 \text{ g/cm}^3$.

Para o ensaio de massa unitária seguiu-se o procedimento indicado pela ABNT/NBR NM 45 (2006). Obteve-se um valor de massa unitária equivalente a ρ_{ap} natural = $1,48 \text{ g/cm}^3$ e ρ_{ap} artificial = $1,88 \text{ g/cm}^3$.

A determinação da granulometria do agregado miúdo desta pesquisa procedeu de acordo com as especificações da norma brasileira regulamentadora ABNT/NBR NM 248 (2003). Os ensaios de granulometria realizados com as peneiras da série normal, apresentam na Tabela 1, os valores para a areia natural.

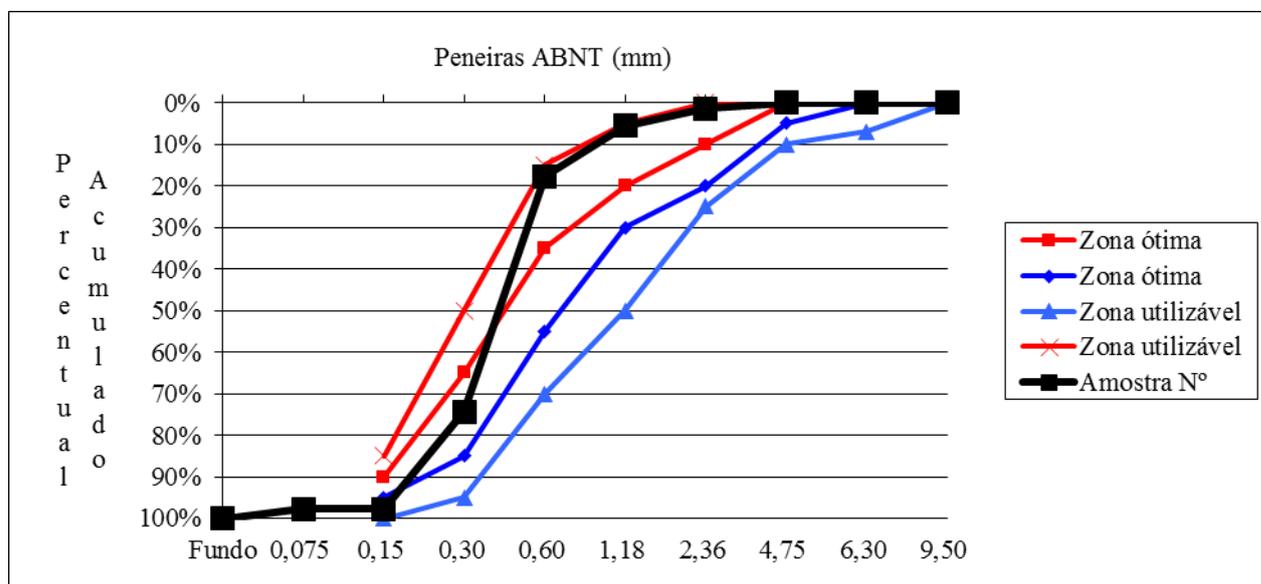
Tabela 1 - Granulometria da areia natural

Peneiras ABNT (mm)	Amostra Areia Natural		Peso (g) 499 Acumulado	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Peso (g) Retido	Retido		Limites inferiores		Limites superiores	
			Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável	
9,50		0,00%	0,00%	0%	0%	0%	0%
6,30	-	0,00%	0,00%	0%	0%	0%	7%
4,75	-	0,00%	0,00%	0%	0%	5%	10%
2,36	7	1,40%	1,40%	0%	10%	20%	25%
1,18	21	4,21%	5,61%	5%	20%	30%	50%
0,60	60	12,02%	17,64%	15%	35%	55%	70%
0,30	283	56,71%	74,35%	50%	65%	85%	95%
0,15	117	23,45%	97,80%	85%	90%	95%	100%
0,075		0,00%	97,80%				
Fundo	11	2,20%	100,00%				
Total	499	100,00%					

ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 1 e obter o módulo de finura de 1,97.

Gráfico 1 - Curva granulométrica da areia natural**Fonte:** Elaborado pelo autor (2015)

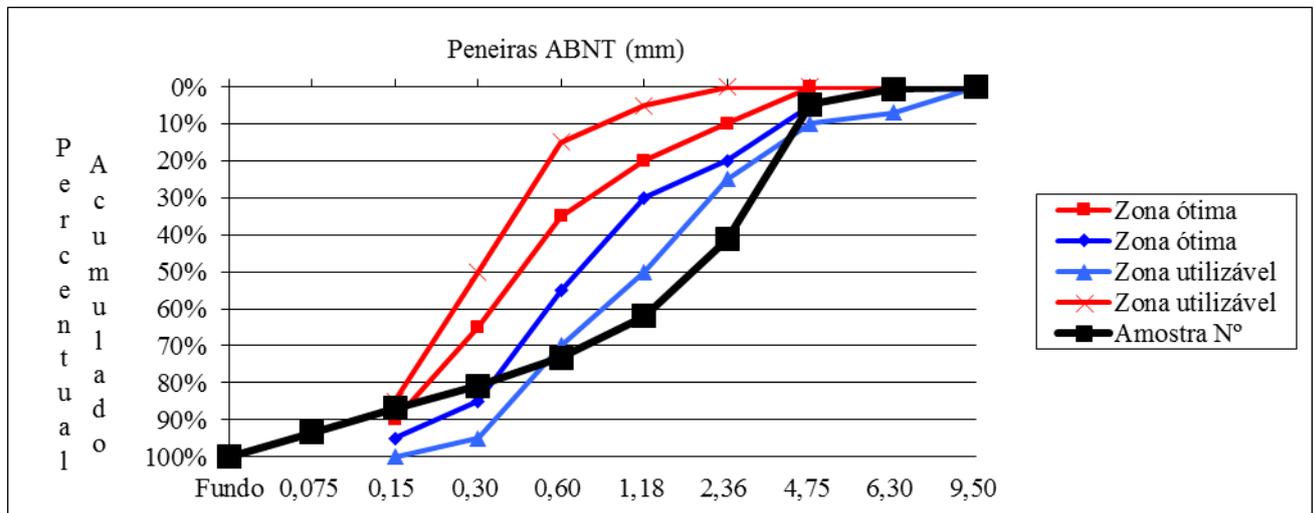
No gráfico pode-se analisar que a curva granulométrica fica dentro dos parâmetros estabelecidos por norma, ficando bem próximo da zona ótima. A granulometria realizada para a areia artificial encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Granulometria da areia artificial

Peneiras ABNT (mm)	Amostra		Peso (g) 499	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Areia Artificial			Limites inferiores		Limites superiores	
	Peso (g) Retido	Retido	Acumulado	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,50		0,00%	0,00%	0%	0%	0%	0%
6,30	3	0,60%	0,60%	0%	0%	0%	7%
4,75	21	4,21%	4,81%	0%	0%	5%	10%
2,36	182	36,47%	41,28%	0%	10%	20%	25%
1,18	103	20,64%	61,92%	5%	20%	30%	50%
0,60	56	11,22%	73,15%	15%	35%	55%	70%
0,30	38	7,62%	80,76%	50%	65%	85%	95%
0,15	31	6,21%	86,97%	85%	90%	95%	100%
0,075	32	6,41%	93,39%				
Fundo	33	6,61%	100,00%	ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5			
Total	499	100,00%					

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 2 e obter o módulo de finura de 3,49.

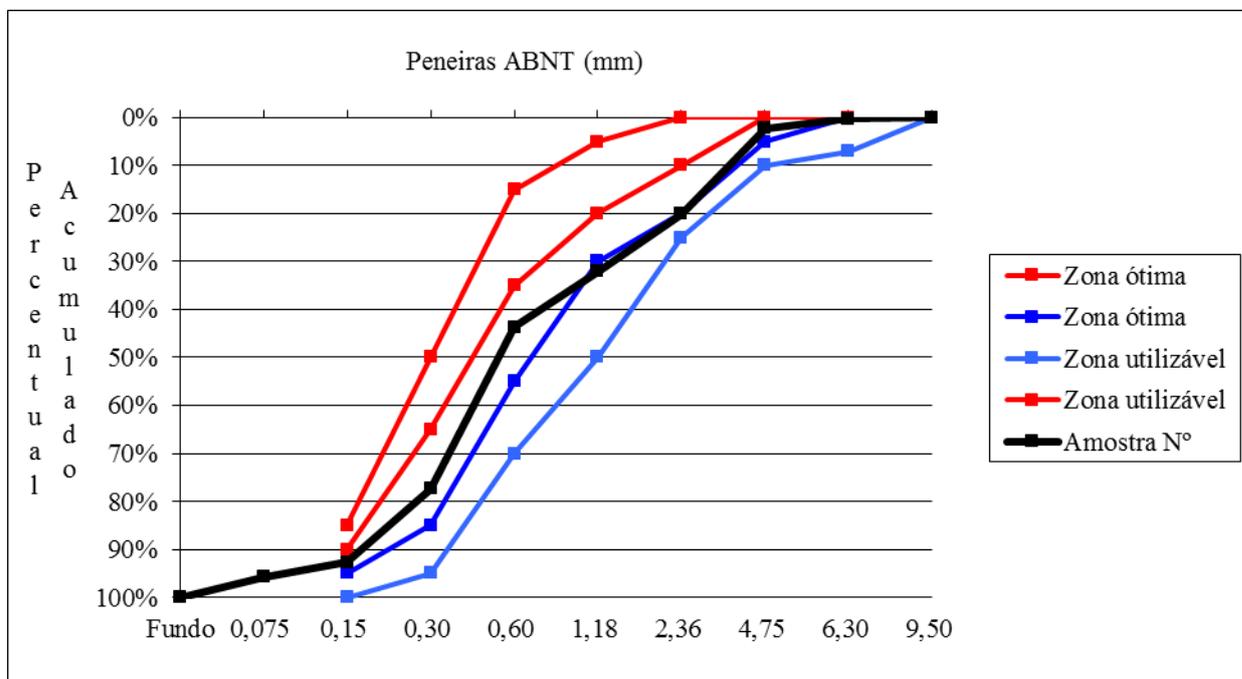
Gráfico 2 - Curva granulométrica da areia artificial

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

No gráfico pode-se analisar que a curva granulométrica fica bem próximo da zona utilizável. Ficando até mesmo fora dos parâmetros da norma em alguns pontos.

A união destes dois tipos de areia quase que em porcentagens iguais, resulta em uma curva granulométrica bem próxima da zona ótima estabelecida por norma (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Curva granulométrica com 53% de areia natural e 47% de areia artificial



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

O agregado graúdo utilizado nos ensaios deste trabalho é proveniente da empresa Planaterra situada na cidade de Chapecó-SC. A fim de analisar as propriedades deste material, optou-se pela realização de ensaios de caracterização.

Para cálculos de massa específica do agregado graúdo, seguiu-se o procedimento descrito através da ABNT/NBR NM 53 (2009). Para este procedimento obteve-se um valor de massa específica de $\gamma = 2,92 \text{ g/cm}^3$.

Para a determinação da massa unitária do agregado graúdo seguiu-se o mesmo procedimento do agregado miúdo descrito a areia. Desta forma encontrou-se um valor de massa específica de $\rho_{ap} = 1,59 \text{ g/cm}^3$.

Para a determinação da granulometria da agregado graúdo, utilizou-se a mesma norma que no ensaio do agregado miúdo, ou seja, a ABNT/NBR NM 248 (2003). Obteve-se os resultados apresentados na Tabela 3.

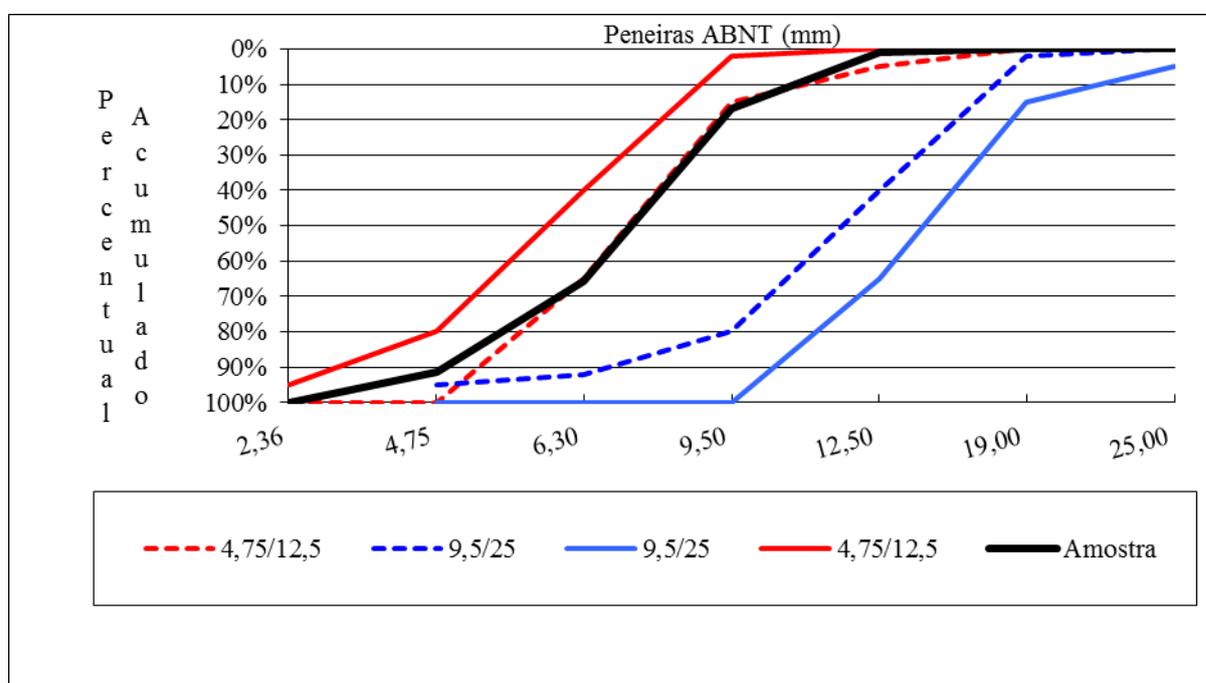
Tabela 3 - Granulometria da brita

Peneiras ABNT (mm)	Amostra		Peso (g)	Limites da composição granulométrica do agregado graúdo			
	Brita 0		2.000	Zona Granulométrica			
	Peso (g) Retido	Retido	Acumulado	4,75/12,5		9,5/25	
25,00		0,00%	0,00%	0%	0%	0%	5%
19,00		0,00%	0,00%	0%	0%	2%	15%
12,50	16	0,80%	0,80%	0%	5%	40%	65%
9,50	318	15,90%	16,70%	2%	15%	80%	100%
6,30	978	48,90%	65,60%	40%	65%	92%	100%
4,75	516	25,80%	91,40%	80%	100%	95%	100%
2,36		0,00%	91,40%	95%	100%		
Fundo	172	8,60%	100,00%				
Total	2.000	100,00%					

ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Curva granulométrica da brita**Fonte:** Elaborado pelo autor (2015)

No gráfico pode-se analisar que a curva granulométrica fica dentro dos parâmetros estabelecidos por norma.

O cimento utilizado nos ensaios deste trabalho foi o CPV - ARI proveniente da empresa Itambé situada na cidade de Curitiba (PR). Este cimento apresenta adição de fíler calcário. O procedimento seguiu a indicação da ABNT/NBR NM 23 (2001), gerando uma massa específica equivalente a $\gamma = 3,12 \text{ g/cm}^3$. Para de determinação da massa específica do material britado seguiu-se o mesmo procedimento do agregado miúdo. Conseqüentemente o valor obtido para a massa específica foi de $\gamma = 2,70 \text{ g/cm}^3$.

Para de determinação da massa unitária do material britado seguiu-se o mesmo procedimento do agregado miúdo, obtendo-se um valor de massa unitária equivalente a $\rho_{ap} = 2,17 \text{ g/cm}^3$. Para a determinação da granulometria do material britado seguiu-se o mesmo procedimento do agregado miúdo, apresentam os valores que estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Granulometria do material britado

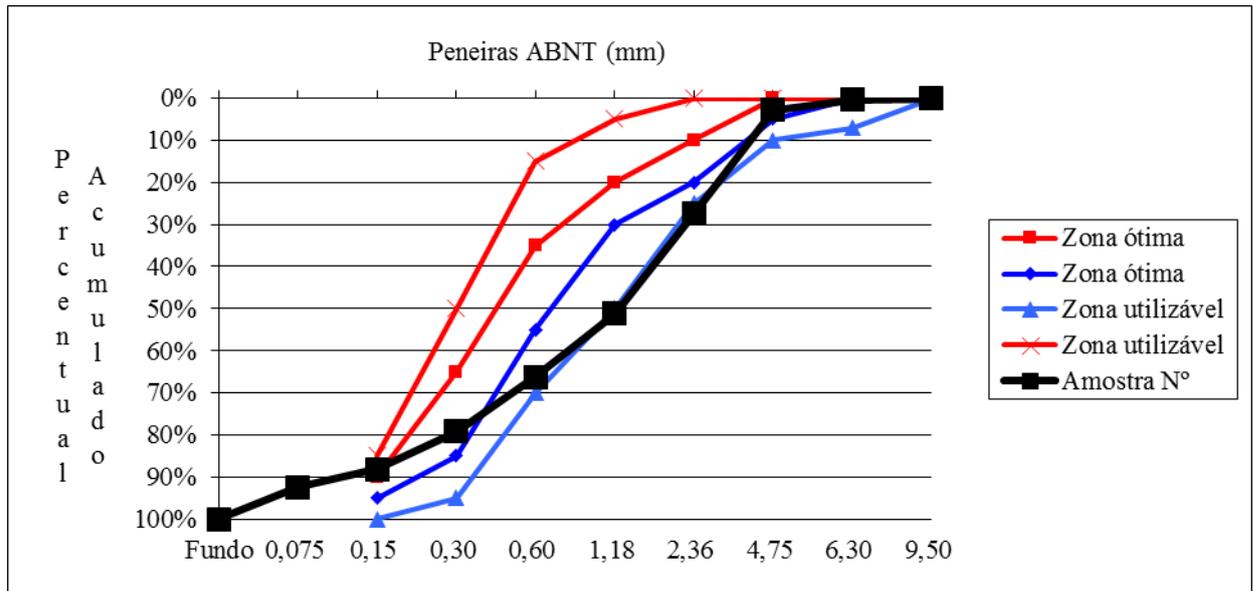
Peneiras ABNT (mm)	Amostra		Peso (g) 506	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Material Britado			Limites inferiores		Limites superiores	
	Peso (g) Retido	Retido	Acumulado	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,50		0,00%	0,00%	0%	0%	0%	0%
6,30	2	0,40%	0,40%	0%	0%	0%	7%
4,75	12	2,37%	2,77%	0%	0%	5%	10%
2,36	125	24,70%	27,47%	0%	10%	20%	25%
1,18	120	23,72%	51,19%	5%	20%	30%	50%
0,60	76	15,02%	66,21%	15%	35%	55%	70%
0,30	66	13,04%	79,25%	50%	65%	85%	95%
0,15	45	8,89%	88,14%	85%	90%	95%	100%
0,075	22	4,35%	92,49%				
Fundo	38	7,51%	100,00%				
Total	506	100,00%					

ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 5 e obter o módulo de finura de 3,15.

Gráfico 5 - Curva granulométrica do material britado



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

No gráfico pode-se analisar que a curva granulométrica fica dentro dos parâmetros estabelecidos por norma, ficando bem próximo da zona utilizável.

Na Tabela 5 é analisada a substituição total da areia artificial. As devidas proporções são de 53% areia natural e 47% material britado. Nesta comparação, são analisados diferentes traços do concreto com substituição parcial do agregado miúdo.

Tabela 5 - Granulometria da areia natural com o material britado

Peneiras ABNT (mm)	Amostra		Peso (g) 502	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Natural e Britado			Limites inferiores		Limites superiores	
	Peso (g) Retido	Retido	Acumulado	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,50	-	0,00%	0,00%	0%	0%	0%	0%
6,30	1	0,19%	0,19%	0%	0%	0%	7%
4,75	6	1,12%	1,31%	0%	0%	5%	10%
2,36	64	12,66%	13,97%	0%	10%	20%	25%
1,18	66	13,25%	27,22%	5%	20%	30%	50%
0,60	69	13,77%	40,99%	15%	35%	55%	70%
0,30	180	35,86%	76,86%	50%	65%	85%	95%
0,15	83	16,47%	93,32%	85%	90%	95%	100%
0,075	10	2,06%	95,38%				
Fundo	23	4,62%	100,00%				

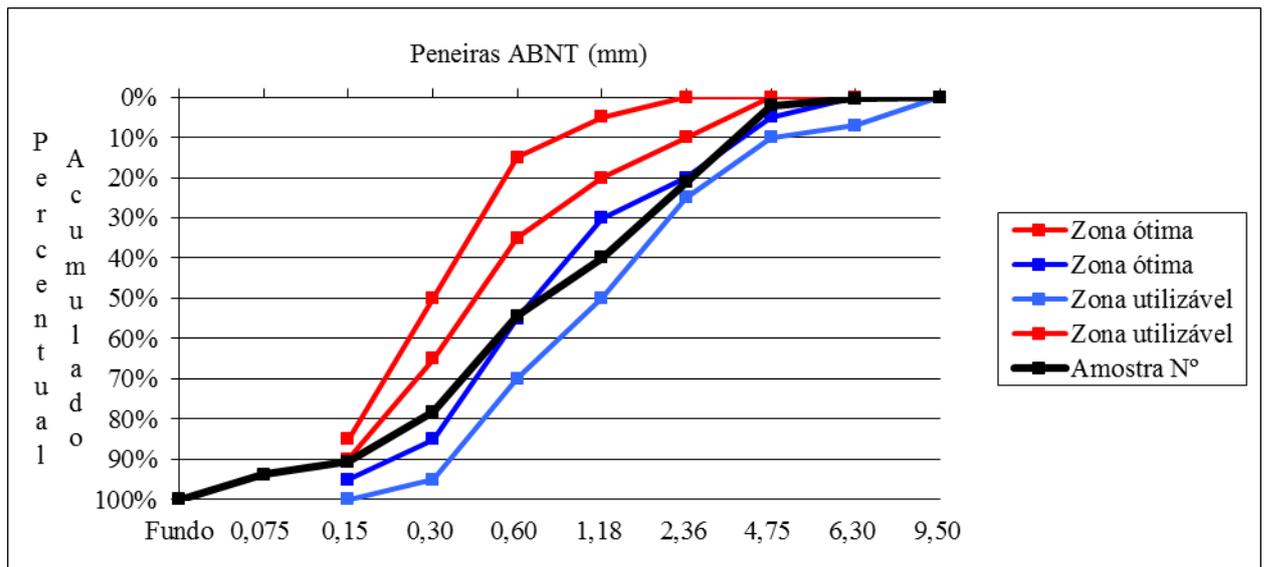
ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5

Total 502 100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 6, e obter o módulo de finura de 2,54.

Gráfico 6 - Curva granulométrica da areia natural com o material britado



Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Foi optado pela substituição total da areia artificial em função da areia natural dar melhor acabamento as peças. Pode-se analisar que a curva granulométrica fica dentro dos parâmetros estabelecidos por norma, situada próxima da zona ótima. Na Tabela 6 analisa-se a substituição total da areia artificial e parcial da areia natural. As devidas proporções são de 25% areia natural e 75% material britado.

Tabela 6 - Granulometria da areia natural com o material britado

Peneiras ABNT (mm)	Amostra Natural e Britado		Peso (g) 504 Acumulado	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Peso (g) Retido	Retido		Limites inferiores		Limites superiores	
				Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,50	-	0,00%	0,00%	0%	0%	0%	0%
6,30	2	0,30%	0,30%	0%	0%	0%	7%
4,75	9	1,79%	2,08%	0%	0%	5%	10%
2,36	96	19,05%	21,13%	0%	10%	20%	25%
1,18	95	18,80%	39,93%	5%	20%	30%	50%
0,60	73	14,43%	54,37%	15%	35%	55%	70%
0,30	120	23,76%	78,13%	50%	65%	85%	95%

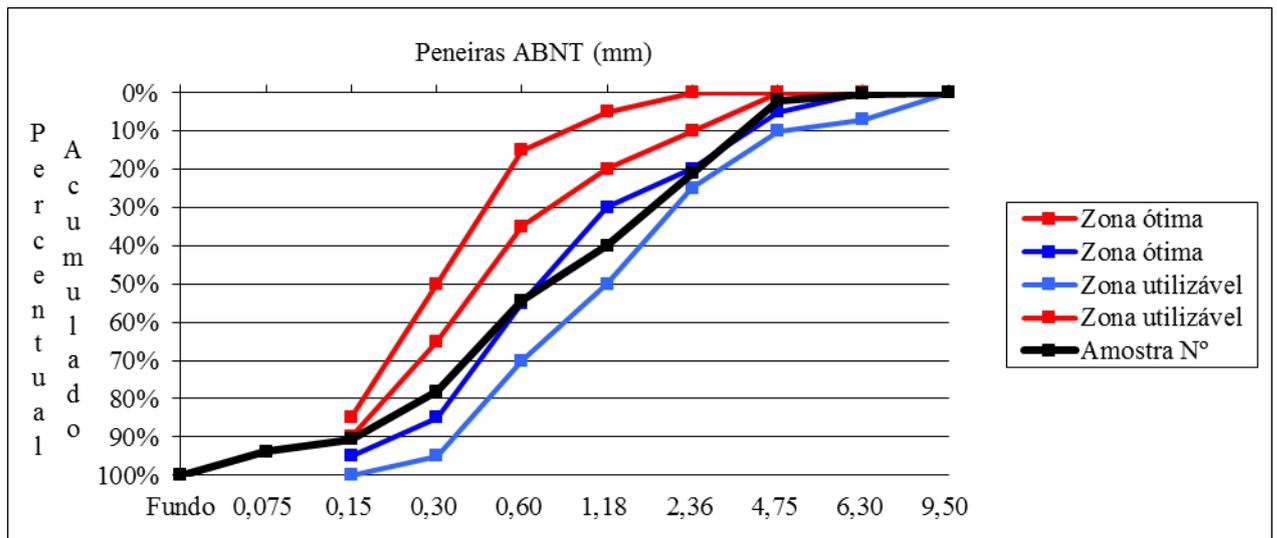
0,15	63	12,45%	90,58%	85%	90%	95%	100%
0,075	17	3,27%	93,85%				
Fundo	31	6,15%	100,00%				
Total	504	100,00%					

ABNT NBR 7211:2009 - Pg. 5

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A partir destes, pôde-se definir a curva granulométrica deste agregado mostrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Curva granulométrica da areia natural com o material britado



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Os dois gráficos com substituição parcial ficaram bem parecidos. A principal diferença está no módulo de finura das análises. A segunda substituição obteve um módulo de finura de 2,86, isto determina que, suas partículas são maiores do que a primeira substituição.

O ensaio para determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm foi obtido de acordo com a NBR NM 46 (ABNT, 2003), o valor obtido corresponde a $m = 11,2\%$.

4 DESENVOLVIMENTO

O ensaio de Slump Flow Test é utilizado para a medição da fluidez ideal do CAA. Este ensaio segue as especificações da ABNT/NBR 15823-2 (2010). A Tabela 7 apresenta os respectivos resultados de espalhamento Slump Flow Test, comparando os diferentes traços de concreto utilizados na pesquisa.

Tabela 7 - Comparativo de espalhamento Slump Flow Test

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	MEDIDA (cm)
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	77
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado	72
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado	73

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Na Tabela de comparativos pode-se analisar que o traço 1 apresentou o maior diâmetro, conseqüentemente a melhor capacidade de preenchimento.

No ensaio de Slump Flow T50 Test, assim como no ensaio de Slump Flow Test convencional, é possível medir o espalhamento do CAA sobre uma chapa. Porém neste procedimento é medido o tempo que o concreto leva para fluir até a marca de D = 500 mm na placa, sendo possível avaliar se este está muito ou pouco fluído.

Na Tabela 8 estão os respectivos resultados de espalhamento Slump Flow T50 Test, comparando os diferentes traços de concreto utilizados na pesquisa.

Tabela 8 - Comparativo de espalhamento Slump Flow T50 Test

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	TEMPO (s)
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	2,44
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado	2,85
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado	2,33

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Com isso, pode-se analisar que o traço 3 apresentou o melhor tempo, conseqüentemente a melhor fluidez do concreto.

Na Tabela 9 encontram-se os respectivos resultados da habilidade passante na Caixa L, comparando os diferentes traços de concreto utilizados na pesquisa. Para a realização do procedimento, seguiu-se a descrições conforme ABNT/NBR 15823-4 (2010).

Tabela 9 - Comparativo da habilidade passante Caixa L

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	TEMPO (s)	H1 inicial (cm)	H2 final (cm)	H2/H1
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	3,96	9,00	8,60	0,96
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado (corpos-de-prova-móidos)	4,71	9,00	8,20	0,91
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado (corpos-de-prova-móidos)	4,56	8,90	8,60	0,97

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Pode-se analisar que o traço 1 apresentou os melhores resultados, consequentemente a melhor capacidade de passar por obstáculos e se permanecer coeso.

O procedimento do Funil V5 Minutos, permite avaliar a resistência a segregação do CAA introduzindo concreto dentro do funil e deixando este escoar, medindo-se o tempo de escoamento. Repete-se então o ensaio, porém deixa o concreto dentro do funil por 5 minutos e após este tempo abre-se a porta para o CAA escoar. Se na repetição do ensaio houver uma diferença muito grande do tempo que o CAA levou para escoar pelo funil se comparado com a primeira medição, indica-se então segregação dos materiais, uma vez que o agregado graúdo obstrui a passagem na parte inferior do funil. Para a execução deste ensaio seguiu-se os procedimentos descritos na ABNT/NBR 15823-5 (2010).

A Tabela 10 expõe os respectivos resultados de segregação do Funil V5, comparando os diferentes traços de concreto utilizados na pesquisa.

Tabela 10 - Comparativo da resistência a segregação do Funil V5

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	TEMPO (s)
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	4,72
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado	4,95
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado	4,84

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Sendo assim, o traço 1 apresentou o melhor tempo, conseqüentemente o melhor escoamento passando por pequenas seções.

O procedimento para a realização do ensaio de resistência à compressão axial, seguiu de acordo com o que está proposto pela ABNT/NBR 5738 (2008). Com isso, foram moldados 8 corpos-de-prova para cada análise da pesquisa, de molde com $D = 100$ mm. Estes foram rompidos nas idades de 1, 7, 14 e 28 dias.

As moldagens foram realizadas no mês de outubro e novembro de 2015. A Tabela 11 mostra os valores de resistência encontrados nos devidos ensaios.

Tabela 11 - Resultados de resistência mecânica

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	COMPRESSÃO AXIAL (MPa)			
		1 dia	7 dias	14 dias	28 dias
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	17,00	30,71	32,41	35,30
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado	16,14	27,60	29,93	32,45
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado	12,54	20,50	22,18	25,34

Fonte: Elaborado pelo autor (2015)

Com isso, analisa-se que o traço 1 apresentou a maior resistência mecânica aos 28 dias. Com relação aos diferentes traços, observou-se os seguintes percentuais de ganho de resistência do 1 para os 28 dias à compressão axial, expostos na Tabela 12.

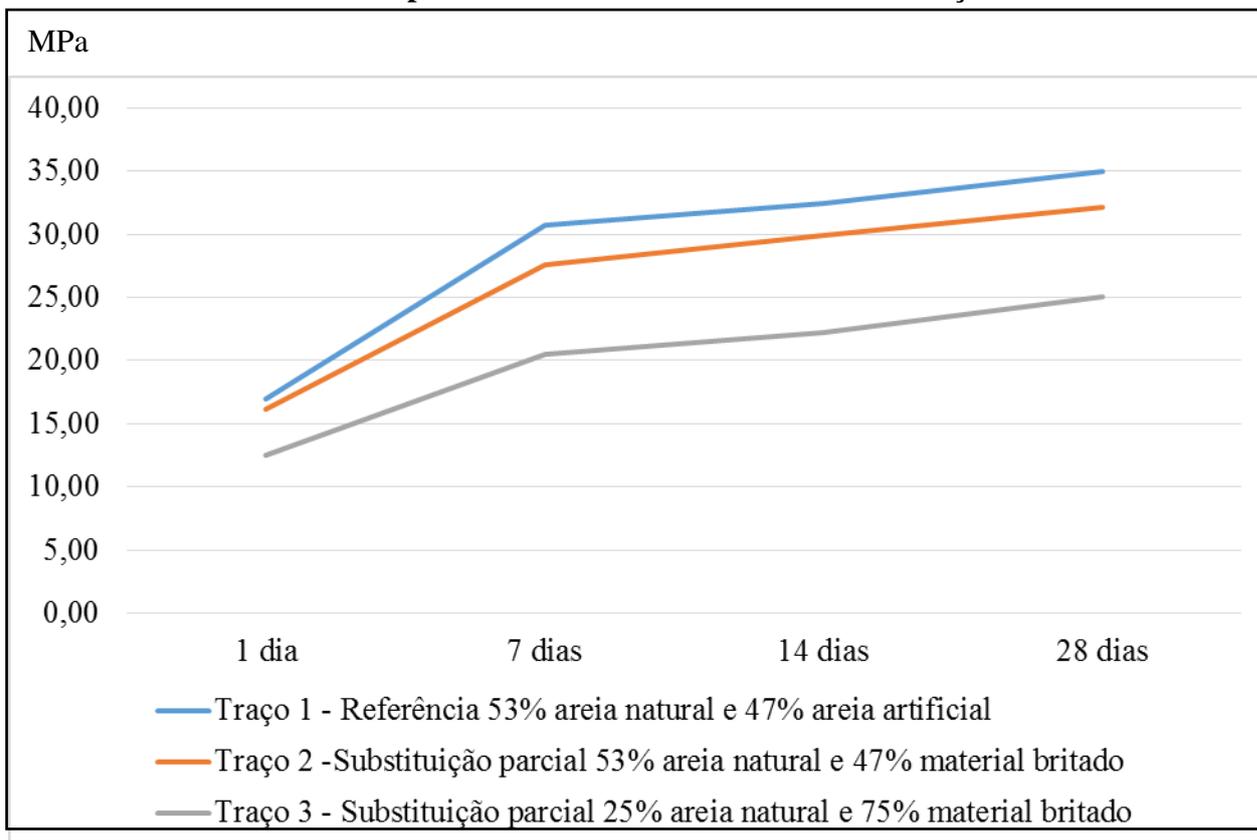
Tabela 12 - Percentual de ganho de resistência

TRAÇOS	PORCENTAGEM DE CADA MATERIAL	% GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
Traço 1 - Referência	53% areia natural e 47% areia artificial	51,36%
Traço 2 - Substituição parcial	53% areia natural e 47% material britado	49,77%
Traço 3 - Substituição parcial	25% areia natural e 75% material britado	50,02%

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Sendo assim, pode-se analisar que o traço 1 apresentou a maior evolução de resistência mecânica, e o traço 3 apesar de apresentar a menor resistência nos 28 dias, apresentou uma evolução maior que o traço 2. No Gráfico 8 é mostrado a resistência dos diferentes ensaios.

Gráfico 8 - Resistência à compressão axial do CAA nos diferentes traços



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Comparando os resultados dos três traços entre si, observa-se que o CAA com as substituições parciais, apresentam menor resistência em todas as idades de rompimento do concreto. Quanto maior é a porcentagem substituída menor é a sua resistência.

Analisando a resistência mecânica em cada dia de ruptura, verifica-se que entre o 1 dia e aos 7 dias acontece a maior evolução na resistência dos ensaios analisados. O traço 1 é o que apresenta o maior de ganho de resistência (13,71 MPa), comparado ao traço 2 (11,46 MPa) e o traço 3 (7,96 MPa). Nos demais dias de ruptura o ganho de resistência ao longo do tempo diminui, aumentando para no máximo 3 MPa para cada traço.

Apesar do traço 3 apresentar menor resistência nos ensaios de compressão axial, seu ganho de resistência do 1 dia aos 28 dias foi maior (50,02%) em relação ao traço 2 (49,77%). Contudo o traço referência apresentou os maiores valores de resistência à compressão.

Apesar dos concretos com substituição apresentarem menor resistência que o traço referência, ainda assim eles estão dentro dos padrões exigidos pelas normas brasileiras.

5 CONCLUSÕES

O objetivo geral da pesquisa foi analisar as propriedades no estado fresco e endurecido do CAA com e sem substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de construção e demolição. E também buscou-se contribuir para a preservação do meio ambiente, promovendo uma destinação apropriada destes materiais descartados.

No estado fresco do concreto resultou em piores condições de trabalhabilidade, devido o material britado ser mais poroso e conter em sua composição argamassa. Todavia, os traços analisados com substituição parcial apresentaram parâmetros aceitáveis de trabalhabilidade no estado fresco segundo as normas brasileiras.

No que se refere à resistência no estado endurecido, os traços com substituição parcial apresentaram menor resistência em todas as idades comparando com o traço de referência. A análise mostrou que quanto maior a substituição menor é a sua resistência mecânica. Essa queda na resistência deve-se a composição do material britado não ser 100% areia, e da necessidade deste material absorver mais água que o traço referência.

Os resultados finais apresentados estão dentro dos padrões exigidos pelas normas brasileiras. O desenvolvimento de um CAA usando um subproduto reutilizado da construção civil pode ser uma alternativa de destinação destes materiais descartados. Desta forma torna-se uma contribuição para a redução dos impactos causados ao meio ambiente por este material descartado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: Cimento Portland – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: Agregados –

Amostragem. Rio de janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776 NM 52: Agregados – Determinação da massa específica frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-2: Concreto autoadensável – Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento – Método de cone Abrams. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-4: Concreto autoadensável – Determinação da habilidade passante – Método da Caixa L. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15823-5: Concreto autoadensável – Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de janeiro, 2015.

GOMES, C.C, P. Uma Nova Metodologia para Obtenção de Concreto Auto-Adensável de Alta Resistência com Aditivos Minerais. 2003. Dissertação (Simpósio Engenharia Civil). Simpósio EPUSO sobre Estruturas de Concreto 2003.

NUNES, S. C. Concreto Auto-Compactável: Tecnologia e Propriedades. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Portugal, 2001.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D. C. Concreto Auto-Adensável. São Paulo: PINI, 2008.