



Características Mecânicas de Concreto Autoadensável Produzido com Pó de Pedra Cariri

Mechanical Characteristics of Self-Compacting Concrete Produced with Cariri Stone Powder

Paulo S. T. MIRANDA¹, Leonardo T. SOUZA², Jailson S. GONÇALVES³, Iaritissa S. CARNEIRO⁴

¹ IFCE-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, Brasil, paulo.filho@ifce.edu.br

² Faculdade Ari de Sá, Fortaleza, Brasil, leonardo.tavares@aridesa.com.br

³ Paulo Filho Engenharia e Consultoria Estrutural, Juazeiro do Norte, Brasil, jailson@paulofilho.eng.br

⁴ Faculdade Ari de Sá, Fortaleza, Brasil, iaritissa04@gmail.com

Resumo: A Pedra Cariri é um calcário laminado explorado no Brasil, mais precisamente na região do Cariri Cearense. As operações de mineração e o beneficiamento deste material têm representado um segmento de grande potencial econômico para o estado do Ceará. Estima-se que o rejeito descartado no meio ambiente pelas áreas de exploração da Pedra Cariri corresponde a mais de 70%. Dessa forma, é de grande importância a inclusão desses rejeitos em um ciclo produtivo com o intuito de diminuir os impactos ambientais causados. Estudos demonstraram que o pó da Pedra Cariri, resultado do processo de serragem da pedra, apresenta uma elevada finura, e por isso, pode contribuir para o aumento da coesão de misturas de argamassas e concretos produzidos. O objetivo deste estudo é a avaliação das propriedades mecânicas, notadamente a resistência à compressão e a resistência à tração de concreto autoadensável produzido com o pó da Pedra Cariri. Serão produzidas amostras variando percentuais, em massa, da quantidade de pó de Pedra Cariri. Os resultados obtidos com as amostras dos concretos produzidos neste trabalho serão comparados com os resultados de amostras de concreto de referência sem a utilização do pó.

Palavras-chave: concreto autoadensável; Pedra Cariri; propriedades mecânicas.

Abstract: Cariri Stone is a laminated limestone exploited in Brazil, more precisely in the Cariri Cearense region. The mining and processing operations of this material have represented a segment of great economic potential for the state of Ceará. It is estimated that the waste discarded in the environment by the exploration areas of Cariri Stone corresponds to more than 70%. In this way, it is very important to include these wastes in a productive cycle in order to reduce the environmental impacts. Studies have shown that the powder of the Cariri Stone, a result of the stone sawing process, has a high fineness and, therefore, can contribute to increase the cohesion of mortars and concretes mixtures produced. The objective of this present study is the evaluation of the mechanical properties, especially the compressive strength and the tensile strength of self-compacting concrete produced with Cariri Stone powder. Samples will be produced varying mass percentages of Cariri Stone powder. The results obtained with the concrete samples produced in this work will be compared with the results of reference concrete samples produced without the powder.

Keywords: self-compacting concrete; Cariri Stone; mechanical properties.



1. Introdução

O setor da construção civil é reconhecido mundialmente por proporcionar grande desenvolvimento social e econômico. No entanto, suas atividades produtivas podem gerar grandes impactos ambientais devido, principalmente, à sua demanda por recursos naturais e a grande geração de resíduos. Santos *et al.* (2011) relatam que cerca de 20 a 50% dos recursos naturais de todo o planeta extraídos do meio ambiente são destinados às atividades de construção civil. Boa parte da destinação destes recursos é a produção de cimento Portland. Brunauer e Copeland (1964) colocam o concreto, cujo principal insumo é o cimento Portland, na condição de segundo material mais consumido pelo homem. Diante disso, o elevado consumo deste aglomerante tem motivado um desafio a ser enfrentado pela indústria do concreto nos dias atuais, o qual consiste em propor inovações alternativas que mitiguem os impactos ao meio ambiente. É nesse contexto que ganha ênfase a possibilidade de utilização de resíduos advindos da mineração como materiais alternativos, dando destaque aos resíduos provenientes da extração e beneficiamento de rochas ornamentais. Dados da SETEC (2007) posicionam o Brasil entre os cinco maiores produtores mundiais de rochas ornamentais, condição gerada pelas características geológicas favoráveis do país. Nesse segmento, insere-se a exploração e beneficiamento da Pedra Cariri. Os processos de extração e beneficiamento estão diretamente associados à grande geração de resíduos.

1.1 Concreto autoadensável

O emprego do concreto autoadensável apresenta várias vantagens e particularidades em relação ao emprego do concreto convencional. Este tipo de concreto apresenta excelente capacidade de preenchimento possibilitando a concretagem de peças com altas taxas de armadura, eliminando a necessidade de vibração. A execução é mais rápida e o acabamento das peças é significativamente melhor. Para aumentar a coesão da mistura, o uso de adições minerais, material com alta concentração de finos, é bastante indicado na produção de concreto autoadensável. Esta inserção, além de melhorar as propriedades do concreto no estado fresco, permite reduzir a quantidade de cimento Portland para a obtenção das características mecânicas desejadas. A redução do cimento reduz o custo de produção e torna o concreto um material mais sustentável na medida em que reduz a agressão ao meio ambiente gerada no processo de fabricação do mesmo. Estas adições minerais podem ser obtidas a partir de resíduos de atividades minerais. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos abordando a utilização destes rejeitos, sendo com substituição parcial ou total do agregado miúdo. Klein (2008) estudou a influência da substituição da areia natural pela areia de britagem no comportamento do concreto autoadensável. Cavalcanti (2006) utilizou Resíduo de Serragem de Mármore e Granito (RSMG) na produção de concreto autoadensável. Hermann, A. *et al.* (2012) estudaram a influência da escória de aciaria triturada como filler em concretos autoadensáveis. Nesse contexto, o resíduo de calcário também vem sendo utilizado na produção de concretos autoadensáveis como abordado em Melo (2005). Neste trabalho, portanto, propõe-se estudar a aplicação do Resíduo de Serragem de Pedra Cariri (RSPC) em substituição parcial da areia natural para produção de concreto autoadensável avaliando suas propriedades mecânicas: resistência à compressão e resistência à tração.

1.2 Pedra Cariri

A Pedra Cariri é um calcário laminado explorado na região do Cariri Cearense. Conforme exposto por Vidal e Padilha (2003), as principais jazidas minerais de calcário laminado no estado do Ceará localizam-se nos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri. Devido à utilização de tecnologias inadequadas às condições das jazidas durante o processo de lavra e beneficiamento da Pedra Cariri,



verifica-se, em todas suas etapas constituintes, uma grande quantidade de materiais desperdiçados. Soma-se a isso, a falta de acompanhamento técnico especializado que acaba por acarretar grandes desperdícios que, de outra forma, poderiam ser evitados. O processo de lavra é realizado de forma aleatória, utilizando-se de métodos manuais ou semi-mecanizados. Após a lavra, as placas são escolhidas manualmente e destinadas às serrarias para o processo de beneficiamento do material, onde são esquadrejadas de acordo com as dimensões de sua aplicação. É a partir dessa atividade que ocorre a geração de uma grande quantidade de rejeitos prejudiciais ao meio ambiente. Vidal e Padilha (2003) e Silva *et al.* (2008) estimam que em toda a cadeia produtiva, compreendendo as etapas de lavra e beneficiamento, há uma perda total em torno de 70%. De acordo com Queiroz (2017), o RSPC, por conta de sua elevada superfície específica, influencia no aumento de coesão e viscosidade das misturas. Devido a essa característica, o RSPC apresenta grande potencial de uso como adição tipo fíler, na produção de misturas autoadensáveis, que requerem elevada coesão de seus componentes. Essas misturas necessitam de maior resistência à segregação e maior estabilidade, no estado fresco.

2. Metodologia

Foram produzidas amostras de concreto autoadensável variando percentuais, em massa, da quantidade de RSPC em substituição ao agregado miúdo. Os resultados obtidos com as amostras dos concretos produzidos foram comparados com os resultados de amostras de concreto de referência sem a utilização do pó. Foram avaliadas as propriedades mecânicas dos concretos produzidos, notadamente a resistência à compressão e a resistência à tração. Essas propriedades foram determinadas a partir de ensaios específicos. Para o ensaio de resistência à compressão foram moldados e preparados corpos-de-prova segundo a ABNT (2016) NBR 5738 e ensaiados segundo a ABNT (2007) NBR 5739. Foram utilizados corpos-de-prova cilíndricos, com 10cm de diâmetro e 20cm de altura. Por se tratar de uma mistura autoadensável, os corpos de prova foram moldados sem vibração, sendo curados ao ar livre nas primeiras horas e posteriormente submersos em água até atingirem a idade de ensaio. A ABNT (2014) NBR 6118 estabelece que a resistência à tração indireta $f_{ct,sp}$ deve ser obtida em ensaios realizados segundo a ABNT (2011) NBR 7222. O ensaio de compressão diametral é simples de ser executado e fornece resultados mais uniformes do que os de tração direta. Para a sua realização, um corpo-de-prova cilíndrico é colocado com o eixo horizontal entre os pratos da prensa, sendo aplicada uma força até a sua ruptura por tração indireta. O esquema do ensaio é ilustrado na Figura 1 e a realização do ensaio exposta na Figura 2.

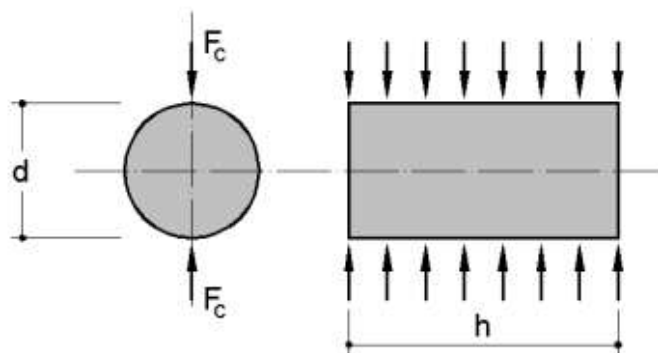


Figura 1 – Esquema do ensaio de tração por compressão diametral (Pinheiro, 2007)



Figura 2 – Ensaio de tração por compressão diametral

A resistência à tração direta f_{ct} pode ser considerada igual a $0,9 f_{ct,sp}$, ou, na falta de ensaios para obtenção de $f_{ct,sp}$, o seu valor médio ou característico pode ser determinado por meio da Equação 1 – para concretos de classes até C50, onde $f_{ct,m}$ e f_{ck} são expressos em megapascal (MPa). De posse dos resultados dos ensaios, foi analisada a relação entre os resultados obtidos e os valores encontrados a partir da solução numérica proposta na ABNT (2014) NBR 6118.

$$f_{ct,m} = 0,3 f_{ck}^{2/3} \quad (1)$$

Ao todo foram moldados 222 corpos-de-prova cilíndricos com 10cm de diâmetro e 20cm de altura, sendo 33 corpos-de-prova para determinação das propriedades mecânicas do concreto de referência e 189 corpos-de-prova para determinação das propriedades mecânicas dos concretos produzidos com RSPC.

3. Materiais utilizados

O programa experimental desenvolvido contempla a utilização dos seguintes materiais:

- Cimento Portland do tipo CP V-ARI;
- Agregado miúdo: areia natural;
- Agregado graúdo: brita granítica 9.5mm;
- Adições minerais: RSPC;
- Aditivos superplastificantes;
- Água.



3.1 Cimento

Utilizou-se o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - CP V ARI. O cimento Portland do tipo CP V ARI oferece boa praticidade ao permitir a desforma rápida, tanto de corpos-de-prova em laboratório, como de elementos estruturais em canteiros de obra. O Quadro 1 apresenta características do cimento.

Quadro 1 – Composição química do Cimento Portland CP V ARI (adaptado de ABNT, 1991)

Cimento	Gesso + Clínquer	Calcário
CP V ARI	95 a 100%	0 a 5%

3.2 Agregados

Os agregados utilizados foram extraídos de jazidas da região do Cariri Cearense. O agregado graúdo tem formação granítica e diâmetro máximo de 9.5mm. O agregado miúdo é areia natural lavada de rio. A areia natural comumente utilizada em concretos na região do Cariri Cearense vem se tornando cada vez mais escassa devido ao esgotamento das jazidas e às restrições impostas pelos órgãos de fiscalização ambiental. O resultado dos ensaios de granulometria do agregado miúdo está exposto no Quadro 2 e na Figura 3.

Quadro 2 – Composição granulométrica do agregado miúdo

Peneira	% média retida em cada peneira	% média retida acumulada em cada peneira
9.5	0,000	0,000
6.3	0,000	0,000
4.8	0,322	0,322
2.4	1,116	1,438
1.2	2,112	3,550
0.6	9,494	13,045
0.3	42,924	55,338
0.15	40,558	95,896
-	3,931	99,826

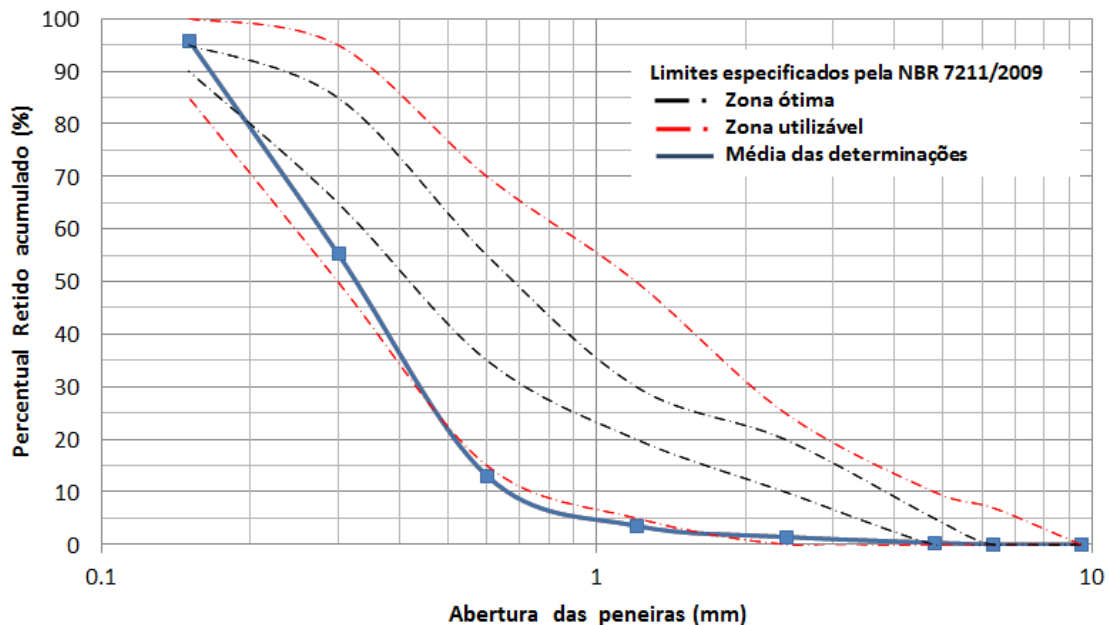


Figura 3 – Curva granulométrica do agregado miúdo

As areias da região do Cariri Cearense destinadas à construção civil, em geral, são extremamente finas. A utilizada neste trabalho possui módulo de finura 1,70 e sua granulometria praticamente atende à zona utilizável inferior especificada na ABNT (2009) NBR 7211.

3.3 Resíduo da Serragem da Pedra Cariri (RSPC)

O RSPC utilizado no estudo foi coletado a poucos quilômetros da sede do município de Nova Olinda (520 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará). O resultado dos ensaios de granulometria está exposto no Quadro 3 e na Figura 4.

Quadro 3 – Composição granulométrica do RSPC

Peneira	% média retida em cada peneira	% média retida acumulada em cada peneira
9.5	0,000	0,000
6.3	0,000	0,000
4.8	0,000	0,000
2.4	7,759	7,759
1.2	14,402	22,161
0.6	10,861	33,022
0.3	10,663	43,685
0.15	55,225	98,910
-	0,903	99,813

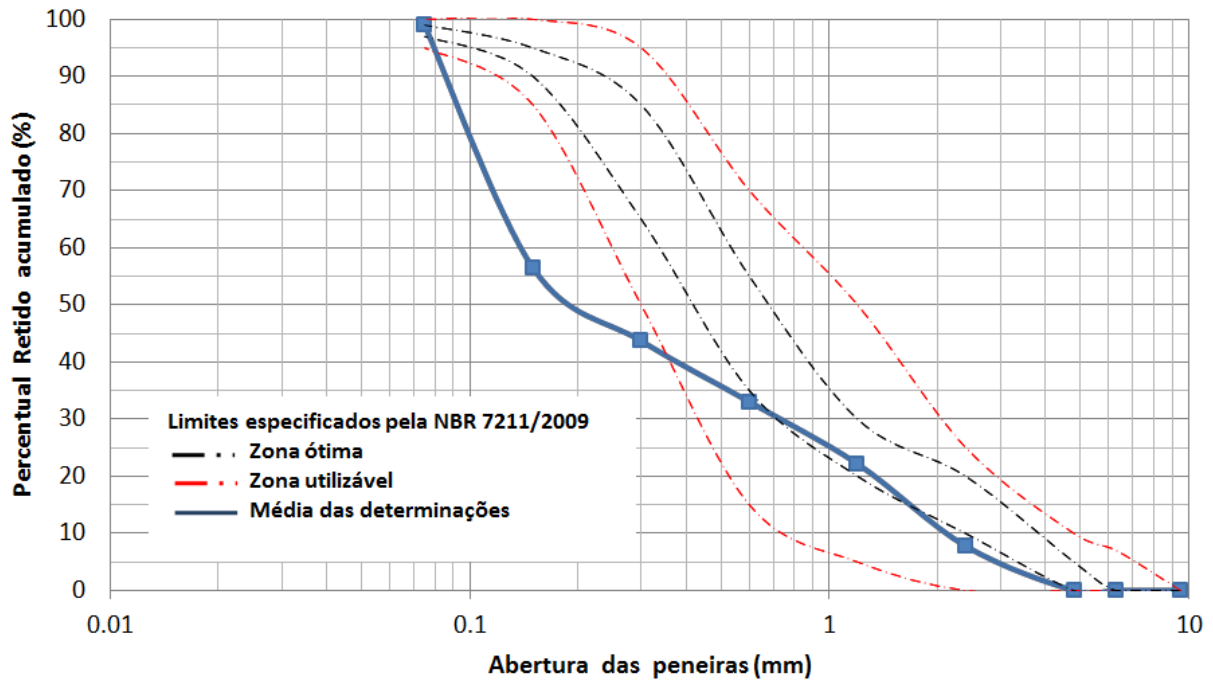


Figura 4 – Curva granulométrica do RSPC

O módulo de finura do RSPC é 1,63. A Figura 5 apresenta as porções dos grãos separados do RSPC indicando visualmente a grande quantidade de finos (aproximadamente 45% do material passante na peneira 0.15).



Figura 5 – Porções dos grãos separados do RSPC



3.4 Aditivos

Na produção do concreto foram utilizados dois aditivos superplastificantes combinados. O primeiro aditivo, neste trabalho chamado de Aditivo 1, é um dispersor das partículas de cimento, evitando sua aglomeração e reduzindo a tensão superficial da água da mistura, proporcionando melhora na coesão e trabalhabilidade do concreto. O outro aditivo, neste trabalho chamado de Aditivo 2, é um superplastificante sintético baseado na nova tecnologia de polímeros policarboxilatos. A combinação de diversos agentes permite a produção de concretos homogêneos e sem segregação. Por isso optou-se pela utilização conjunta dos dois superplastificantes. Propriedades e recomendações de uso do fabricante estão expostas no Quadro 4.

Quadro 4 – Informações sobre os aditivos (MC-Bauchemie, 2015)

Aditivo	Dosagem	Densidade específica
Aditivo 1	0,2 a 1,0%, sobre a massa do cimento	1,20g/m ³
Aditivo 2	0,2 a 5,0%, sobre a massa do cimento	1,07g/m ³

4. Produção do Concreto Autoadensável

4.1 Concreto de referência

O concreto de referência, sem o uso de RSPC, possui a composição exposta no Quadro 5. Foi utilizado 0,41% do Aditivo 1 e 1,57% do Aditivo 2 em relação à massa de cimento. O slump-flow do concreto de referência foi 670mm ± 20mm e o teor de argamassa 60,8%.

Quadro 5 – Traço do concreto de referência utilizado

Cimento	Agregado miúdo	Agregado graúdo	Água
1	2,04	1,96	0,48
425,00 kg	865,44 kg	831,74 kg	205,74 kg

4.2 Concreto com uso de RSPC

No presente estudo, foram produzidas amostras variando percentuais, em massa, da quantidade de RSPC em relação à quantidade de agregado miúdo. A Combinação 1 foi formada por 75% de areia e 25% de RSPC, a Combinação 2 foi formada por 80% de areia e 20% de RSPC e a Combinação 3 foi formada por 85% de areia e 15% de RSPC. Em todas as combinações, foi mantido o fator a/c de 0,48, sendo realizados pequenos ajustes nas quantidades dos aditivos de forma a atingir slump-flow também de 670mm ± 20mm. A granulometria das Combinações está exposta no Quadro 6 a seguir:



Quadro 6 – Composição granulométrica das Combinações (areia + RSPC)

Peneira	% média retida	Combinação		
		Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
4.8	em cada peneira	0,240	0,260	0,270
	acumulada em cada peneira	0,240	0,260	0,270
2.4	em cada peneira	2,780	2,440	2,120
	acumulada em cada peneira	3,020	2,700	2,390
1.2	em cada peneira	5,180	4,570	3,950
	acumulada em cada peneira	8,200	7,270	6,340
0.6	em cada peneira	9,840	9,770	9,700
	acumulada em cada peneira	18,040	17,040	16,040
0.3	em cada peneira	34,380	35,970	37,550
	acumulada em cada peneira	52,420	53,010	53,590
0.15	em cada peneira	33,620	35,000	36,390
	acumulada em cada peneira	96,650	96,500	96,350
-	em cada peneira	3,170	3,320	3,470
	acumulada em cada peneira	99,820	99,820	99,820

Os concretos produzidos com as três combinações atenderam às recomendações das normas da ABNT referentes aos concretos autoadensáveis. Foram realizados os seguintes ensaios: Espalhamento (slump-flow) ABNT (2017) NBR 15823-2, Viscosidade plástica aparente T_{500} (sob fluxo livre) ABNT (2017) NBR 15823-2, Habilidade passante pelo anel J (sob fluxo livre) ABNT (2017) NBR 15823-3, Habilidade passante caixa L (sob fluxo confinado) ABNT (2017) NBR 15823-4, Viscosidade plástica aparente pelo funil V (sob fluxo confinado) ABNT (2017) NBR 15823-5 e Viscosidade plástica aparente pelo funil V (sob fluxo confinado T_{5min}) ABNT (2017) NBR 15823-5. A Figura 6 a seguir mostra o ensaio Habilidade passante pelo anel J (sob fluxo livre) para o concreto produzido com a Combinação 1.



Figura 6 – Ensaio de habilidade passante pelo anel J



5. Resultados e Discussões

Confirmando os resultados de Melo (2005) observou-se que o filler de calcário não exerceu grande influência nas propriedades mecânicas do concreto, tornando possível o estabelecimento da relação água/cimento em função da resistência à compressão desejada. Os demais parâmetros de dosagem foram ajustados de forma racional, resultando em misturas bem ajustadas e econômicas. Os resultados dos ensaios de resistências à compressão e tração do concreto de referência estão expostos no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Resultados das resistências mecânicas do concreto de referência

Resistência mecânica	Valores médios de resistências (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Compressão	38,9	42,9	48,9
Tração	3,8	4,1	4,7

Os resultados dos ensaios de resistências à compressão e tração dos concretos produzidos com RSPC estão expostos no Quadro 8 e Quadro 9 a seguir:

Quadro 8 – Resultados das resistências à compressão das Combinações

Dosagem	Valores médios de resistências (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Combinação 1	41,2	44,0	50,8
Combinação 2	39,5	43,7	49,9
Combinação 3	40,0	43,4	49,8

Quadro 9 – Resultados das resistências à tração por compressão diametral das Combinações

Dosagem	Valores médios de resistências (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Combinação 1	4,1	4,5	5,2
Combinação 2	3,8	4,1	5,0
Combinação 3	3,9	4,3	4,9

Das três combinações, a Combinação 1, a mistura com maior concentração de adições dentre as estudadas neste trabalho, foi a que apresentou resultados de resistências mais elevados em relação ao concreto de referência, como resumido no Quadro 10. O traço final em massa corresponde a 1:1,53:1,96,048 (cimento, areia, brita, água) com 25% de RSPC e 1,98% de aditivos superplastificantes.

Quadro 10 – Resistências médias aos 28 dias das Combinações

Concreto	Referência	Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
Resistência à compressão	48,9 MPa	50,8 MPa	49,9 MPa	49,8 MPa
Relação à referência	100%	103,9%	102,0%	101,8%
Resistência à tração	4,7 MPa	5,2 MPa	5,0 MPa	4,9 MPa
Relação à referência	100%	110,6%	106,4%	104,3%



Klein (2008) encontrou viabilidade técnica para substituição da areia por adição na proporção de até 30% em relação ao agregado miúdo total. Hermann, A. *et al.* (2012) determinaram como traço final de seus estudos 1:1,54:1,54:1,92:0,61 (cimento, areia fina, areia grossa, brita, água) com 20% de adição e 1,48% de aditivo superplastificante. Analisando os resultados da resistência média à tração dos concretos com uso de RSPC e considerando o f_{ck} como sendo o resultado da resistência média à compressão, o valor do $f_{ct,k}$ aplicando a Equação 1 indicada na ABNT (2014) NBR 6118, seria 4,01 MPa (8,20% da resistência à compressão). Experimentalmente, o resultado de f_{ct} é 0,9 de $f_{ct,sp}$, o que corresponde a 4,23 MPa (8,65% da resistência à compressão). As relações entre a resistência à compressão e resistência à tração também são válidas para concretos autoadensáveis com adição de RSPC como também comprovado por Cavalcanti (2006). Além das características mecânicas, foram levantadas as massas específicas dos concretos produzidos. O Quadro 11 a seguir apresenta resumo dos resultados.

Quadro 11 – Massas específicas dos concretos produzidos

Concreto	Referência	Combinação 1	Combinação 2	Combinação 3
Massa específica	2321 kg/m ³	2330 kg/m ³	2328 kg/m ³	2322 kg/m ³

As três combinações também apresentaram massas específicas maiores que as do concreto de referência, sendo as maiores massas específicas a Combinação 1, Combinação 2 e Combinação 3 em ordem decrescente.

6. Conclusões

Em todos os concretos produzidos com RSPC, as recomendações das normas da ABNT referentes aos concretos autoadensáveis foram atendidas e comprovadas através de ensaios. Os resultados das resistências das três combinações foram superiores aos valores alcançados no concreto de referência. Para obtenção da mesma resistência aos 28 dias do concreto de referência, mantidas as propriedades de trabalhabilidade, o uso de RSPC pode levar à produção de concreto com redução no consumo de cimento, produzindo um concreto de menor custo. Os trabalhos usados como referência apresentam como resultados ideais e satisfatórios, a inclusão de adições que variam de 15% a 30% em relação à massa do agregado miúdo. Esta variação depende da natureza da adição e das propriedades dos demais insumos constituintes do concreto. Os resíduos gerados em decorrência do corte de rochas ornamentais, como a Pedra Cariri, quando usados na produção de concreto, agem como alternativa à redução dos impactos ambientais. Estes resíduos, independente de apresentarem alguma atividade pozolânica, proporcionam aumento da massa específica do concreto na medida em que preenchem os poros levando ao aumento das resistências mecânicas.

Referências Bibliográficas

- ABNT (1991). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5733:1991 Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2007). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5739:2007 Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2009). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7211:2009 Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT.



- ABNT (2011). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7222:2011 Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2014). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2016). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5738:2016 Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2017). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15823-4:2017 Concreto autoadensável Parte 4: Determinação da habilidade passante – Métodos da caixa L e da caixa U. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2017). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15823-2:2017 Concreto autoadensável Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual – Método do cone de Abrams. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2017). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15823-3:2017 Concreto autoadensável Parte 3: Determinação da habilidade passante – Método do anel J. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT (2017). Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15823-5:2017 – Concreto autoadensável Parte 5: Determinação da viscosidade – Método do funil V. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brunauer, S. e Copeland, L. (1964). *The chemistry of concrete. Scientific American*, v. 210, n. 4.
- Cavalcanti, D. J. H. (2006). Contribuição ao estudo de propriedades do concreto autoadensável visando sua aplicação em elementos estruturais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Maceió-AL.
- Hermann, A. (2012). Estudo da escória de aciaria como material fino em concreto autoadensável. SISITE XVII – Seminário de Iniciação Científica e Tecnologia da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco-PR.
- Klein, N. S. (2008). Influência da substituição da areia natural pela areia de britagem no comportamento do concreto autoadensável. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina. Londrina-PR.
- MC-Bauchemie (2015). Manual técnico. [Online] Available at: <http://www.mc-bauchemie.com.br/> [Acesso em 06 04 2018].
- Melo, K. A. (2005). Contribuição à dosagem de concreto autoadensável com adição de filler de calcário. Dissertação de Mestrado. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis-SC.
- Pinheiro, L. M. (2007). Estruturas de Concreto – Capítulo 1. Curso de concreto. USP - EESC Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Carlos-SP.
- Queiroz, B. T. *et al.* (2017). Avaliação do uso de resíduo de serragem da pedra Cariri como agregado miúdo sobre o comportamento do CAA. Anais Seminário de Iniciação Científica. Feira de Santana-BA.
- Santos, R. A. G. *et al.* (2011). Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas. N.2 p.57. ISSN 1984.2430.
- SETEC (2007). Cartilhas temáticas. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Brasília-DF.
- Silva, A. D. A. *et al.* (2008). Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri cearense na formulação de argamassa. Centro de Tecnologia e Geociências - Escola de Engenharia de Pernambuco, Pernambuco.
- Vidal, F. W. H. e Padilha, M. W. M. (2003). A indústria extrativa da Pedra Cariri no estado do Ceará: problemas x soluções. Fortaleza: CETEM/MCT, p. 199-210.