

Estudo comparativo do concreto auto adensável CAA com adições de resíduo de concreto

Comparative study of self- compacting concrete SCC with concrete residue additions

DOI:10.34117/bjdv8n11-074

Recebimento dos originais: 10/10/2022

Aceitação para publicação: 08/11/2022

Ludimilla da Silveira Ferreira

Doutorando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Rua XV de Novembro, n. 1299, Centro, CEP: 80060-000, Curitiba – PR, Brasil

E-mail: ludimilladsf@gmail.com

Franklin Mota dos Santos

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Faculdade Vale do Aço (FAVALE)

Endereço: BR-222, Km 02, n. 01, Jardim de Alah, CEP: 65930-000, Açailândia – MA, Brasil

E-mail: frank_motta@outlook.com

Lucas Pablo Silva Penteado

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Faculdade Vale do Aço (FAVALE)

Endereço: BR-222, Km 02, n. 01, Jardim de Alah, CEP: 65930-000, Açailândia – MA, Brasil

E-mail: penteadolp@gmail.com

Randal Silva Gomes

Especialização Infraestrutura de Transporte e Rodovias

Instituição: Faculdade Vale do Aço (FAVALE)

Endereço: BR-222, Km 02, n. 01, Jardim de Alah, CEP: 65930-000, Açailândia – MA, Brasil

E-mail: randalgome@gmail.com

Lucas Manoel da Silva

Mestrado Profissional em Engenharia de Barragens e Meio Ambiente

Instituição: Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)

Endereço: Rua Topázio, 100, Vila São Francisco, Açailândia - MA, Brasil

E-mail: lucas.silva@uemasul.edu.br

José Marques Filho

Doutorado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Endereço: Rua XV de Novembro, n. 1299, Centro, CEP: 80060-000, Curitiba – PR,
Brasil

E-mail: jmarquesfilho@gmail.com

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é a busca e a pesquisa de soluções que viabilizem melhorias às características do concreto auto adensável (CAA) e que também possibilite o reaproveitamento de resíduos provenientes de peças pré-moldadas. O cujo trabalho consiste em produzir esse CAA com adição de material fino que é constituído pelos resíduos de pré-moldados em adição ao agregado miúdo, objetivando obter uma mistura sem segregação, cujo o resultado seja benéfico para as propriedades físicas e mecânicas do concreto. Para isso, foram realizados ensaios e testes visando avaliar as propriedades do concreto no seu estado fresco, segundo o método de Tutikian, para dosagem de concreto auto adensável, a fim de melhorar sua resistência no seu estado endurecido com o menor custo possível. E ainda examinar faixas granulométricas procurando condições adequadas de trabalhabilidade e a sua resistência mecânica. Os ensaios ocorreram no Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço em Açailândia - MA e no Laboratório de Engenharia da Franco Engenharia em Imperatriz - MA. Os concretos confeccionados se mostraram viáveis com o resíduo utilizado, por apresentar resultados próximos ou acima do concreto usado como referência, com isso o resíduo pode se tornar uma opção ótima para utilização como material reciclável.

Palavras-chave: concreto auto adensável, pré-moldado, propriedade mecânica, viabilidade técnica.

ABSTRACT

The main objective of this work is the search and search for solutions that enable improvements to the characteristics of self-compacting concrete (SCC) and which also allows the reuse of waste from precast parts. The work of which is to produce this SCC with the addition of fine material consisting of the residues of precast in addition to the fine aggregate, aiming to obtain a mixture without segregation, the result of which is beneficial to the physical properties and concrete mechanics. For this, tests and tests were carried out in order to evaluate the properties of concrete in its fresh state, according to the method of Tutikian, for self-compacting concrete dosing, in order to improve its resistance in its hardened state at the lowest possible cost. And yet examine particle size ranges looking for appropriate conditions of workability and its mechanical strength. The tests took place in the Civil Engineering Laboratory of Faculdade Vale do Aço in Açailândia - MA and at the Franco Engenharia Laboratory in Imperatriz - MA. The concretes made proved to be viable with the waste used, because it presents results close to or above the concrete used as a reference, with this the residue can become a great option for use as a material recyclable.

Keywords: self-compacting concrete, precast, mechanical property, technical feasibility.

1 INTRODUÇÃO

Os impactos causados pelo homem ao meio ambiente são preocupações constantes. Por isso pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de lançar novos materiais no mercado e para que isso aconteça deve-se procurar avançar em técnicas de reaproveitamento de materiais alternativos, como forma de atenuar os impactos ambientais causados mesmos.

A reciclagem de resíduos é uma das maneiras de diversificar a oferta de matéria-prima para a utilização de materiais de construção, viabilizando reduções de preço. Assim, a reciclagem de resíduos como entulho, resíduos agrícolas, resíduos industriais, resíduos de mineração, entre outros, contribuem para a preservação ambiental (LIMA, 2005).

O concreto, segundo material mais consumido pelo homem (METHA, 1994), tem como constituinte principal o cimento Portland, responsável por grande emissão de CO₂. Entretanto, tem sido constatado que para garantir a vida útil de projeto as estruturas de concreto, devido a vários processos de deterioração, tem sido vantajoso a incorporação de subprodutos agroindustriais, cinza de casca de arroz, cinza volante, ou mesmo sílica ativa, conjugando à melhoria técnica, (ARAUJO, 2007), (DAL RI, 2002), (GOMES, 2003), a conservação de recursos naturais, a destinação nobre de resíduos poluidores ambientais, contribuindo também para o que pode ser denominado de engenharia sustentável.

Os resíduos provenientes de atividades no campo da construção civil, podendo ser possivelmente aplicados como agregados reciclados, podendo ser definidos necessariamente como materiais que apresenta características granulares que ao passar por um tratamento prévio, pode ser apresentar viável para um uso, devido as suas propriedades mecânicas se mostrarem peculiares, e se tornado viável sua implementação em obras de engenharia (SILVA, 2019).

Mesmo possuindo benefícios e vantagens evidentes, a Reciclagem de resíduos de construção e demolição (RCD) e o uso de agregados reciclados (AR), necessitam ser analisados de maneira mais específica. Até mesmo em países onde a pratica do uso do RCD é disseminada, o material apenas possui destinação para a utilização em segmentos da engenharia como camadas de aterros e sub-base em pavimentações rodoviárias. É escasso a utilização deste produto já acondicionado, para a utilização de agregado para concreto em obras em outros campos da engenharia (VIANA NETO, *et al.*, 2018).

Porém, mesmo apresentando características vantajosas quando se é comparado ao concreto convencional, sua utilização ainda é bastante limitada, sendo que sua produção necessita de um rigor maior no controle das etapas. Tal exigência se dá pelas propriedades que o concreto tem quando se está no estado fresco: coesão, habilidade passante e fluidez (TUTIKIAN, 2007).

Quanto à dosagem do CAA, GOMES (2002), afirma que a otimização do concreto é complexa, considerando as propriedades exigidas serem diferentes do material e as características dos seus componentes, as quais são significativamente distintas se comparado com os concretos convencionais. Porém, as propriedades no seu estado endurecido não se diferenciam daqueles de um concreto convencional (CCV) desde que seja adensado de forma adequada.

Levando-se em conta em outras linhas de estudo, vem cada vez mais sendo abordado e aprimorado as implantações de reciclagem no setor da construção civil, conhecido pelo seu grande impacto ambiental, de acordo com o Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis (CBCS, 2009). Desta forma, novos métodos são desenvolvidos para a aplicação de materiais reciclados, sendo que entre estes, está o emprego dos resíduos sólidos provenientes de construção civil na forma de agregados, classificados pela resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) como classe A.

De acordo com OLIVEIRA (2005), cerca de 70% do resíduo da construção e demolição é composto por materiais do tipo cerâmico, concretos, argamassas, rochas, ou seja, materiais possíveis de serem britados, ou seja, aumentando a possibilidade de serem reaproveitados como material. Segundo GOMES (2002), uma das maneiras de minimizar os impactos causados pela geração dos resíduos da construção civil, é pela incorporação dos resíduos gerados, na formulação de novos concretos reutilizando como agregado de forma parcial substituído os agregados tradicionais. No entanto esse tipo de aplicação requer um estudo para que saiba qual o comportamento desse tipo de agregado quanto as suas propriedades e seu desempenho no novo concreto.

Portanto, esse trabalho tem objetivo o reaproveitamento do resíduo de concreto, diretamente do setor da construção civil para o aproveitamento melhor de recursos naturais e diminuindo a geração de resíduo, tornando o setor produtivo cada vez mais sustentável.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa foram produzidos 3 traços de concreto, sendo o primeiro de referência e os outros dois com adição do resíduo (rico, pobre), todos os traços foram obtidos pelo método de dosagem de Tutikian-Dal Molin (2007), o ITP-EPUSP. O resíduo reciclado é originado pelo descarte de blocos de piso intertravado, blocos de concreto estrutural e peças pré-moldadas, que não foram aprovadas no processo de produção por quebra ou empenamento.

Os agregados naturais que foram empregados são: a pedra basáltica britada de número 0 (com diâmetro máximo de 9,5mm), a areia média lavada (cujo os grãos passaram pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm de acordo com a ABNT NBR 7211) (2005). O agregado reciclado foi obtido apenas por peneiramento de peças pré-moldadas descartadas pela empresa Concrenorte (Imperatriz, MA, Brasil), responsável também pelo fornecimento da brita. Todos os materiais utilizados para a realização da pesquisa foram devidamente secados em estufa em temperatura controlada variando entre $\pm 105^{\circ}\text{C}$.

Os traços foram realizados com cimento CPV-ARI doado pela concreteira Polimix (Imperatriz, MA), com adição de aditivo Superplastificante para melhorar a fluidez e a coesão do concreto da marca GCP o ADVA 518, dosado de acordo com a especificação do fabricante atendendo os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 11768 (2019). O aditivo foi doado pela empresa Concreto ImperMix (Imperatriz, MA). Todos os ensaios ocorreram no Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Vale do Aço (Açailândia, MA) e no Laboratório de Engenharia da empresa Franco Engenharia (Imperatriz, MA). Onde foram realizados todos os ensaios de caracterização da amostra de acordo com a Tabela 2, que permitiu a elaboração correta do traço.

2.1 PREPARAÇÃO DO RESÍDUO DE CONCRETO

As adições são normalizadas para concreto, NBR 12653 (2014). O uso de adições minerais na produção do concreto é de grande importância. A necessidade da elevada viscosidade fundamenta-se na ação de transportar os agregados presentes no concreto, sem que ocorra segregação destes. Optou-se nesta pesquisa pela substituição de parte do agregado miúdo.

O resíduo reciclado é originado pelo descarte de blocos de piso intertravado, blocos de concreto estrutural e peças pré-moldadas, que não foram aprovadas no processo de produção por quebra ou empenamento. O RCC (Resíduo da Construção Civil) que foi utilizado para a realização da pesquisa foi fornecido pela empresa Concrenorte (Imperatriz- MA). No total fornecido para a pesquisa foram 143,4kg de resíduo, conforme ilustra a Figura 1 abaixo.

Figura 1: Resíduo de concreto de peças pré-moldadas doado pela Concrenorte.



Fonte: Os autores

As adições são normalizadas para concreto, de acordo com a NBR 12653 (2014). O uso de adições minerais na produção do concreto é de grande importância. A necessidade da elevada viscosidade fundamenta-se na ação de transportar os agregados presentes no concreto, sem que ocorra segregação destes. Optou-se nesta pesquisa pela substituição de parte do agregado miúdo.

2.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de caracterização das amostras foram elaborados, com intuito de permitir a elaboração correta do traço. Na Tabela 1 podemos observar as análises de granulometria dos materiais obtidos.

Tabela 1: Análise granulométrica dos agregados utilizados.

Ensaio procedido de acordo com a ABNT NBR 7211			
Abertura das peneiras (mm)	Areia	Resíduo	Agregado graúdo 9,5 mm
Quantidade Retida Acumulada (%)			
19,1	0	0	3,5%
12,7	0	0	14,48%
9,52	0	0	66,70%
6,38	0	0	85,62%
4,76	0	0	98,19%

2,38	0,70%	7,54%	3,53%
1,2	5,57%	26,18%	0
0,6	14,25%	42,76%	0
0,3	74,34%	81,92%	0
0,15	99,78%	97,48%	0
Módulo de Finura	2,94	3,55	3,68
Dimensão Máxima	2,38 mm	2,38 mm	12,7 mm

Fonte: Os autores

O peneiramento foi feito utilizando o jogo de peneiras que vão desde a de 19,1 mm a 2,38 mm para agregados graúdos e de 2,38 mm de abertura até a peneira de 0,15 para os agregados miúdos.

2.3 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE REAL – PICNÔMETRO

De acordo com NBR 16916 (2021), a densidade real é definida como a partir da relação entre a massa dos agregados, e o volume que o mesmo ocupa. O ensaio se inicia tomando uma amostra de 500 g do agregado a ser analisado, e pesando o mesmo em balança analítica, após o picnômetro com capacidade de 500 ml com rolha vazio, limpo e seco é pesado, é colocado a água inicial 200 ml, em seguida o picnômetro com água é pesado novamente e adicionado a amostra, a densidade é aferida pelo volume deslocado, determinada pela divisão do peso da amostra pelo volume de água deslocado, medido em g/cm^3 .

2.4 ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA – FRASCO DE CHAPMAN

A massa específica é obtida a partir da relação da massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Já a massa específica aparente é determinada com a inclusão dos poros permeáveis. O ensaio se inicia com a coleta dos da amostra já seca, de preferência em estufa, com o auxílio de uma balança de precisão, pesa-se uma amostra de 500g de material.

Com o frasco de Chapman, adicionou-se água até a marca de 200 cm^3 , e introduzir cuidadosamente o agregado com o auxílio de funil, e por fim agitar o frasco cuidadosamente, para reduzir as bolhas de ar. A massa específica é representada pela leitura final do nível da água, que representa o volume de água deslocado pelo agregado em litros NBR 16917 (2021).

2.5 DOSAGENS DOS TRAÇOS

Foram realizados os ensaios em Laboratório, pelo método de dosagem do TUTIKIAN (2007), baseado nos parâmetros do IPT, na qual é determinado como um método experimental e prático, que possui passos a serem seguidos para se alcançar os resultados esperados.

A partir dos resultados dos ensaios laboratoriais de caracterização, é possível aplicar o método IPT/ EPUSP e definir os traços a serem analisados. De acordo com o método foi calculado um concreto com F_{ck} de 30 MPa com 28 dias, assim, foram elaborados 3 traços tendo o uso do primeiro como referência sem adições e mais dois como parâmetro inferior e superior com adição, um rico e outro pobre com 20 % de adição da massa total de agregado miúdo pelo resíduo de concreto pré-moldado. Na Tabela 2, mostra os traços utilizados para a confecção dos concretos com 20% de resíduos e os resultados do slump flow test.

Tabela 2: Traços para produção do concreto CAA. Onde: c – cimento; a – areia; p – brita; a/c rel. água cimento; H – teor de umidade; adt – aditivo; α – teor de argamassa.

Traços unitários em massa dos CAA com e sem resíduo									
Grupo	c	a	Resíduo	p	a/c	H(%)	Adt (%)	α (%)	Slump Flow
A	1	1,48	--	2,02	0,51	11%	0,3%	55%	± 605 mm
B	1	1,48	20%	2,02	0,54	12%	0,4%	55%	± 670 mm
C	1	2,96	20%	3,54	0,83	11%	0,55%	55%	± 640 mm

Fonte: Os autores

2.6 ENSAIOS DO CONCRETO EM ESTADO FRESCO – SLUMP FLOW TEST

O slump flow test, é um ensaio que é realizado no concreto fresco, onde é feito o abatimento do concreto. Neste procedimento, se refere ao espalhamento do concreto, analisando a classe de fluidez dos concretos auto-adensáveis. Onde após moldar o tronco de cone é analisado o espalhamento da amostra na chapa metálica de 1m x 1m, em intervalo de segundos admitindo o espalhamento mínimo de 500mm e máximo 700mm. Tanto a classificação pelo espalhamento e a análise visual do aspecto geral do concreto é feita a partir da NBR 15823-2 (2017).

2.7 ENSAIOS DO CONCRETO EM ESTADO ENDURECIDO

Após a moldagem dos corpos de prova cilíndricos a amostra foi submetida ao ensaio de resistência a compressão de corpos de prova cilíndrico NBR 5739 (2018). Onde com o auxílio de uma prensa hidráulica as amostras são submetidas a carregamento de compressão e sua carga é medida em Mpa, na qual é fornecido o resultado do pico de pressão que a amostra sofreu antes da trinca, fissura ou quebra. Assim mostrando a maior resistência no estado último de tensões antes de se deformar.

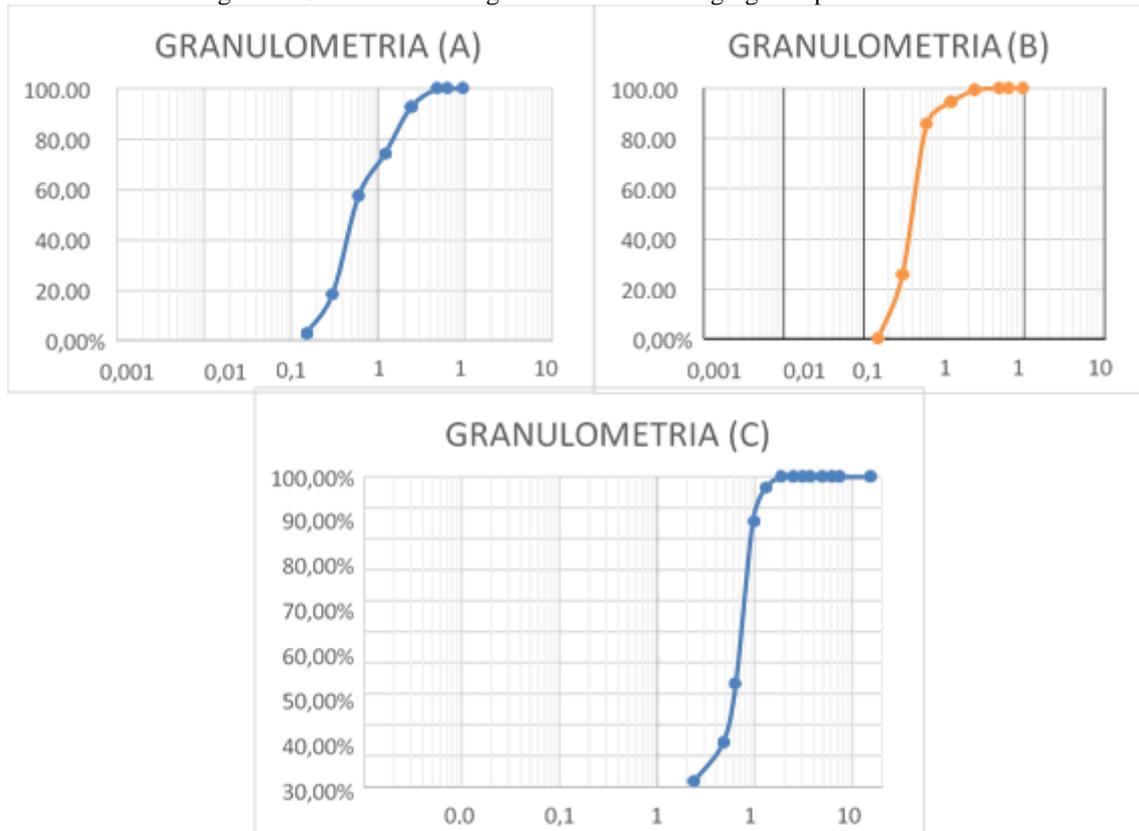
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir desta pesquisa realizou-se uma análise acerca da situação do reaproveitamento dos resíduos da construção civil na Fábrica de pré-moldados, estabeleceu-se uma alternativa para que estes resíduos que comumente era descartado pela mesma, fossem reaproveitados de acordo com a sustentabilidade ambiental. Foram realizados ensaios de caracterização dos agregados (areia natural, resíduo de pré-moldado e brita 0) para a produção do traço de concreto segundo a NBR NM 248 (2003), assim como os resultados dos ensaios do concreto no seu estado fluido e endurecido.

3.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Com a realização do ensaio de granulometria dos materiais é possível determinar o percentual em peso em cada faixa de tamanho das partículas na qual representa em relação a massa total ensaiada. A partir dos resultados da tabela 1 é possível construir a curva granulométrica por peneiramento utilizando o jogo de peneiras específico para cada tipo de agregado. Conforme o Figura 2 abaixo, ilustra a curva granulométrica dos materiais: resíduo (A), areia (B) e brita (C).

Figura 2: Gráfico da curva granulométrica dos agregados para concreto



Fonte: Os autores

Contudo a partir do resultado da curva granulométrica foi possível determinar que o agregado miúdo utilizado para a pesquisa de acordo com o módulo de finura da amostra, foi considerado uma areia média. Já o resíduo de concreto, que foi submetido ao mesmo ensaio determinou-se que o mesmo era uma areia grossa. Por fim, o agregado graúdo ensaiado foi caracterizado como brita 0.

3.2 ENSAIO DE DENSIDADE REAL – PICNÔMETRO

A partir da execução do ensaio é possível determinar a densidade real do agregado graúdo (A) e do resíduo (B) conforme demonstra a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Determinação da densidade real do agregado graúdo e resíduo.

Amostra do Agregado Graúdo(A)			
Picnômetro	Nº	1	2
Peso do picnômetro	Massa	779,20 g	779,50g
Peso do pic. + (A)	Massa	1788,50g	1861,1g
Peso de (A)	Massa	1009,3g	1081,9g
Peso do pic. + (A) + água	Massa	2859,4g	2905,2g
Peso da água complementar	Massa	1070,90g	1043,1g
Peso do pic + água	Massa	2222,20g	2221,30g

Peso da água	Massa	1443g	1441,8g
Vol. de água deslocada	Volume	372,1ml	398,7ml
Temperatura da água	Celsius	28°C	28°C
Densidade real de (A)	Massa / Vol. deslocado	2,712 g/cm ³	2,713 g/cm ³
Média das densidades	g/cm ³	2,7125	

Amostra de Resíduo (B)

Picnômetro	N°	1	2
Peso do picnômetro	Massa	191,05g	184,46g
Peso do pic. + (A)	Massa	614,50g	560,1g
Peso de (A)	Massa	423,45g	375,64g
Peso do pic. + (A) + água	Massa	991,7g	885,5g
Peso da água complementar	Massa	377,2g	325,4g
Peso do pic + água	Massa	738,1g	662,2g
Peso da água	Massa	547,05g	477,74g
Vol. de água deslocada	Volume	169,85ml	152,34ml
Temperatura da água	Celsius	28°C	28°C
Densidade real de (A)	Massa / Vol. deslocado	2,493 g/cm ³	2,465 g/cm ³
Média das densidade	g/cm ³	2,479	

Fonte: Os autores

Pelo fato do resíduo de concreto apesar de apresentar um diâmetro pequeno, e pulverulento em natura, foi necessário determinar a densidade real da amostra juntamente com o agregado graúdo, a fim de determinar o índice de vazios do material em função do seu volume preenchido.

3.3 ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA – FRASCO DE CHAPMAN

Conforme a elaboração do ensaio obtemos o resultado da massa específica do agregado miúdo de acordo com a Tabela 4 abaixo.

Tabela 4: Determinação da massa específica do agregado miúdo.

Frasco de Chapman	N°	1	2
Água inicial (ml)	Volume	200 ml	200 ml
Peso da amostra (g)	Massa	500 g	500 g
Vol. Deslocado (ml)	Vol. Final	389 ml	389 ml
Diferença de vol. (ml)	Vol. Final – Vol. Inicial	189 ml	189 ml
Massa específica(g/cm ³)	Peso / Diferença devol.	500 g / 189 ml	500 g / 189 ml
Massa específica média	g/cm ³	2,645	

Fonte: Os autores

A partir do ensaio de massa específica foi possível o desenvolvimento da dosagem do traço de concreto atendendo as especificações pré-determinadas e a partir da análise dos dados obtidos, determinar o consumo de cimento por metro cúbico, por grama de agregado.

3.4 ENSAIOS DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO – SLUMP FLOW TEST

Os traços foram imprimados em betoneira de acordo com a tabela 2, os três traços foram submetidos ao ensaio de espalhamento (slump flow test), para verificar a coesão e trabalhabilidade da mistura conforme ilustra a Figura 3 abaixo, onde temos o traço referência (A), o traço rico (B) e o traço pobre (C).

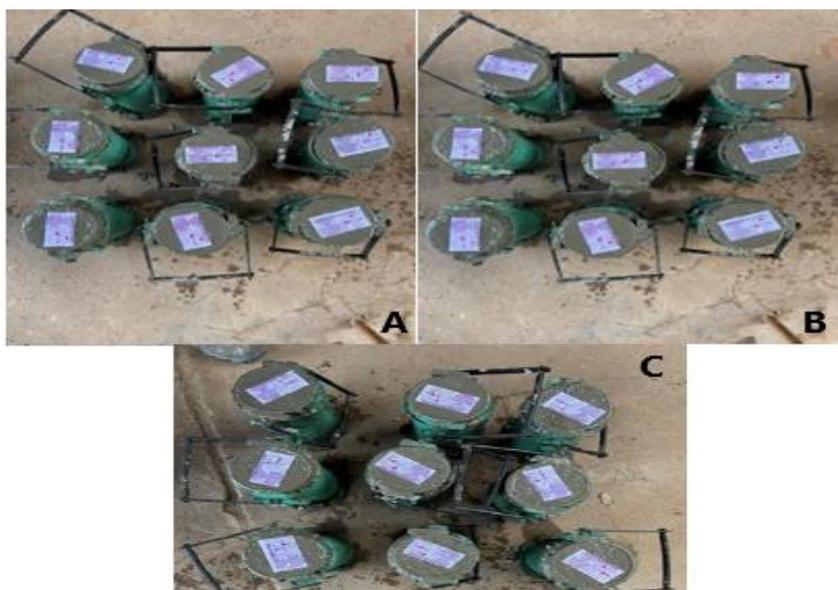
Figura 3: Execução do Slump Flow Test



Fonte: Os autores

Foram moldados 27 corpos-de-prova para as idades de 7, 14 e 28 dias, de acordo com a NBR 5738 (2018). A quantidade de CP's para cada idade foram 3, conforme ilustra a Figura 4 abaixo, apresentando os 9 CP's para cada traço. (A) Referência, (B) Rico e (C) Pobre.

Figura 4: Corpos-de-prova moldados pela dosagem do Tutikian



Fonte: Os autores

Para a moldagem dos 27 corpos-de-prova foram necessários cerca de 0,042 m³ de concreto, na qual resultou em certo quantitativo de materiais expresso seu consumo. Podendo ser classificados como o traço de referência pertencente ao grupo (A), e traço rico (B) e o traço pobre (C), como informa a Tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Consumo de materiais para a moldagem dos CP's, para a pesquisa.

Grupo	Cimento	Agregado Miúdo	Agregado Graúdo	Resíduo	Água	Aditivo
A	5,38 kg	7,97 kg	16,10 kg	--	7,385 L	32,5 ml
B	7,24 kg	10,71 kg	21,64 kg	2,14 kg	7, 815 L	56,5 ml
C	4,28 kg	12,69 kg	15,15 kg	2,54 kg	7,160 L	50 ml

Fonte: Os autores

Para imprimir os traços na betoneira foi necessário umedece-la e adicionar os materiais finos como a areia e o cimento e somente depois adicionar a brita e complementar com a água, sendo assim a adição do aditivo é a última etapa da preparação.

3.5 ENSAIOS DO CONCRETO EM ESTADO ENDURECIDO

Os corpos-de-prova moldados foram submetidos ao ensaio de compressão axial de acordo com NBR 5739 (2018), onde o resultado da resistência média medida em Mpa para cada CP's moldado conforme ilustra o Tabela 6 abaixo. Sendo Traço Referência (A) Traço Rico (B) e Traço pobre (C).

Tabela 6: Resultado das propriedades no estado endurecido para o CAA.

Resistência à compressão (Mpa)			
Traço	Idades		
	7 dias	14 dias	28 dias
A	25,50	27,30	38,97
	17,96	26,90	37,39
	22,64	29,53	42,22
Média	22,03	27,91	39,53
B	27,94	28,60	41,75
	22,16	31,41	34,29
	32,43	30,41	43,28
Média	27,51	30,14	39,77
C	14,52	15,54	17,24
	10,66	19,91	23,45
	11,68	14,96	24,39
Média	12,29	16,80	21,69

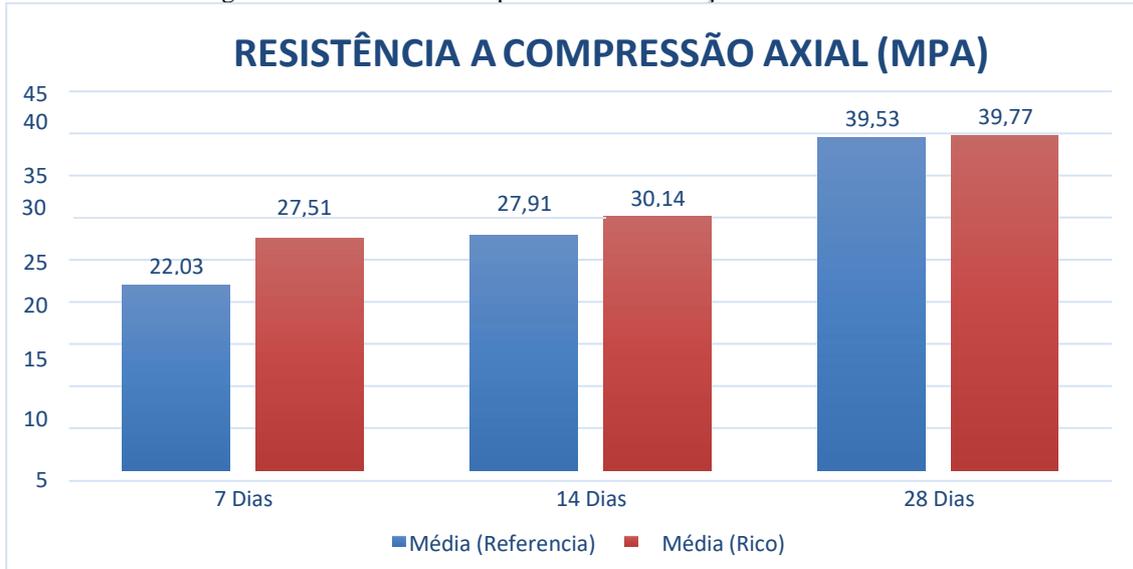
Fonte: Os autores

É possível perceber que nos primeiros dias os traços rico e intermediário adquirem uma resistência significativa nos primeiros 7 dias de moldado, por outro lado o traço pobre ele apresenta resistência muito baixa nos seus primeiros 14 dias de moldado, e aos 28 dias não consegue atender o mínimo de 30 Mpa inicialmente proposto para a elaboração do traço. Já os traços intermediário e rico não somente atendem como ultrapassam de maneira significativa a resistência proposta nos seus 28 dias.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 6 foi possível realizar a construção dos gráficos de resistência mecânica na qual é feita a comparação entre as resistências média para as 3 idades conforme demonstra nas Figuras 5 e 6.

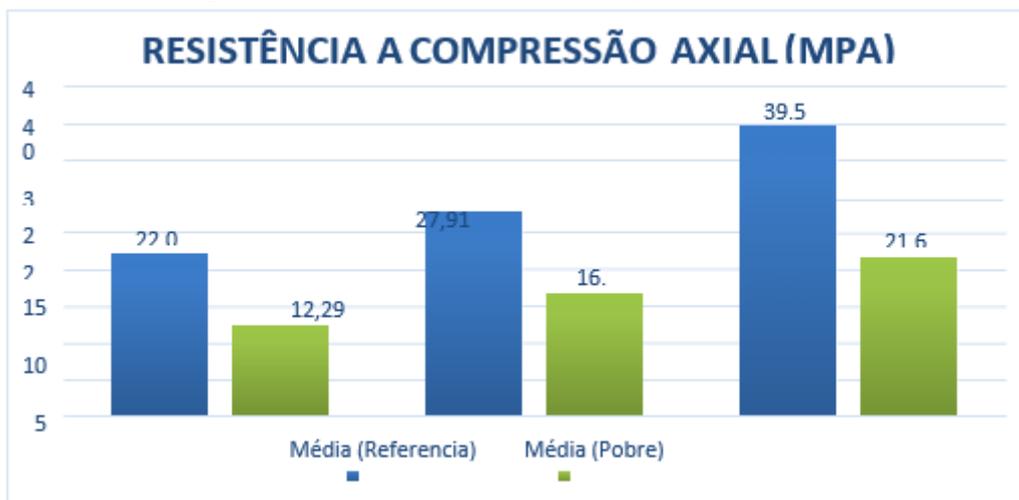
A partir do resultado apresentados na tabela acima foi possível a construção dos gráficos de resistência mecânica, na qual é feita a comparação entre as resistências média para as três idades, do traço de referência (A) com o traço rico (B) e do traço de referência (A) como traço pobre (C), conforme demonstra os Figura 5 e 6 descritas abaixo.

Figura 5: Resistência à compressão axial do traço de referência e rico.



Fonte: Os autores

Figura 6: Resistência à compressão do traço referência e pobre.



Fonte: Os autores

Com a execução do ensaio de compressão em prensa hidráulica, é possível determinar a resistência das peças e de maneira assertiva utiliza-se o valor médio de 3 amostras em sua respectiva imagem para demonstrar sua real resistência. Na Figura 7 abaixo, é possível visualizar os corpos-de-prova rompidos nas idades de 7 e 14 dias para os traços: referência, rico e pobre.

Figura 7: Ensaio de resistência mecânica a compressão para CP's em idades de 7 (A, B, C) e 14 (D, E, F) dias, em prensa hidráulica, para traços: referência, rico e pobre em adições.



Fonte: Os autores

Todas as amostras após a moldagem foram desenformadas após as primeiras 24 horas, e submersas em tanque de cura para reduzir a perda de água, e possivelmente provocar fissuração no concreto por perda de água, e comprometer a sua resistência durante os testes.

4 CONCLUSÕES

A pesquisa visa a necessidade de evolução na engenharia, buscando por meios ambientais e sustentáveis corretos, buscando sempre métodos que possibilitem a utilização dos resíduos que são provenientes de toda a área de construção civil. Buscar por inovações podem mudar tanto economicamente como também a praticidade, melhorando a qualidade dos produtos e a redução do descarte irregular dos resíduos no meio ambiente. Visando esses pontos que foram abordados, a utilização do resíduo proveniente da produção de peças pré-moldadas na produção do concreto auto adensável, buscando melhorar e diminuir o custo de produção.

Na produção dos corpos de prova, inicialmente foi identificado que o traço de referência conseguiu atingir as propostas inicialmente, tal fato pode ser feito pelas

propriedades do concreto auto adensável, que nos seus primeiros dias de cura já consegue estabelecer uma alta resistência.

Com a produção do traço de referência foi possível reproduzir os traços rico e pobre. Sendo o rico o que obteve maior resistência entre eles pelo seu traço utilizar uma quantidade maior de cimento, conseqüentemente consumindo menos água, com a adição do material pozolânico que é a base de cimento, sendo praticamente uma argamassa com a mistura de areia, cimento, seixo e brita, com isso a resistência adquirida é produto da mistura destes componentes.

Em contrapartida o traço pobre teve seu resultado alto aos 28 dias, porem pelas suas características de consumo maior de água e de cimento, não por erro de traço de imprimação do mesmo, mas sim pela característica que o mesmo apresentava. Apesar de apresentar o mínimo solicitado pela ABNT NBR 6118 (2014), para a utilização em estruturas de concreto armado, no entanto não é recomendado a sua utilização em projeto de estrutura, pois o mesmo não atinge números bons nos seus primeiros dias de cura, podendo não atender a resistência para a utilização durante de grandes obras na qual necessitam uma alta produtividade em curtos prazos de execução.

O CAA torna-se uma forma viável de utilização para o reaproveitamento de resíduos provenientes de blocos estruturais. Dentre isso, dados coletados através de pesquisas de campo e bibliográficas, mostraram que esse concreto com a adição deste tipo resíduo chegaram as especificações necessárias, depois de mais alguns testes podemos estar reproduzindo esse CAA de forma que possa ser utilizado, com viés econômico visto que o consumo de cimento para a fabricação é ligeiramente maior, quando comparado com concretos convencionais.

AGRADECIMENTOS

Nesta seção podem ser dados os créditos aos suportes recebidos no trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J.G., “Influência de adições minerais pozolânicas e de finos de pedra na propriedades mecânicas e na microestrutura do concreto autoadensável”, Tese de Ms.Sc., Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7211: *Agregados para concreto: Especificação*, Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 11768-1: *Aditivos químicos para concreto de cimento Portland*. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12653: *Materiais pozolânicos – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16916: *Agregado miúdo: Determinação da densidade e da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16917: *Agregado graúdo: Determinação da densidade e da absorção de água*. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15823-2: *Determinação do espalhamento e do tempo de escoamento - Método do cone de Abrams*. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5739: *Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR NM 248: *Agregados: Determinação da composição granulométrica*. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5738: *Moldagem e Cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto*. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118: *Projeto de estruturas de concreto: Procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.
- CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução no 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, n. 136, p.95, 17 de julho de 2002.
- Conselho, CBCS: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - Materiais, componentes e a construção sustentável. 2009. Folhetim - Comitê Temático de Materiais. São Paulo, 2009.
- DAL RI, M., “Efeitos da adição da cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto”, Tese Ms.Sc., Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2002.
- GOMES, P.C.C. “Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete”, Tese D.Sc., Universidade de Barcelona, Espanha, 2002.

GOMES, P. C. C, “Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete”, Tese Ds.Sc., Escola Tecnica Superior D’Enginyers de Camins, Universitat Politecnica de Catalunya, Catalunya, Espanha, 2003.

LIMA, R.C.A., “ Investiga o do comportamento de concretos em temperaturas elevadas”, Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

OLIVEIRA, H.M., *Cimento Portland*, 1 ed., Rio de Janeiro, Ltc - Livros Técnicos e Científicos, 2000.

TUTIKIAN, Bernardo F., “Proposi o de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis”, Tese D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

SILVA. A.C.; FUCALE, S.; FERREIRA, S.R.M., *et al.*, “Efeito da adi o de resíduos da constru o e demoli o (RCD) nas propriedades mecânicas de um solo areno-argiloso”, revista *Matéria*, v. 24, n.2, 2019.

VIANA NETO, L.A.C.; SALES, A.T.C.; SALES, L.C.; *et al.*, “Efeitos da variabilidade de RCD sobre o desempenho mecânico do concreto de cimento Portland”, revista *Matéria*, v.23, n.1, 2018.