

## **Avaliação da obtenção de concreto auto adensável com materiais provenientes da região de Manaus – AM**

*(Evaluation of the Obtaining of Self - Compacting Concrete with  
Materials from the Manaus Region)*

**LEILA DA SILVA FREIRE**

Graduating in Civil Engineering  
International Universities Laureate / UNINORTE (Brazil)

**JORGE LUIZ MELO DE FREITAS<sup>1</sup>**

Civil Engineering  
Laureate International Universities / UNINORTE (Brazil)

**FABRÍCIO MACHADO SILVA**

Professor Doutorando, Instituto Tocantinense de Pós-graduação, ITOP

**JUAN LÍCIO RIBEIRO DUARTE**

Civil Engineering, Universidade Federal do Tocantins (Brazil)

Prof. Esp. **ANDRÉ MENDES**

Professor Mestrando, Instituto Tocantinense de Pós-graduação, ITOP

**JAYRON ALVES RIBEIRO JUNIOR**

Arquiteto e Urbanista CEULP / ULBRA

### **Resumo**

*Uma das grandes dificuldades no desenvolvimento de concretos especiais como CAD, CAR, CPR, CAA entre outros, é a disponibilidade de materiais para confecção deste concreto, na região onde se executará a dosagem. Quando não se tem material adequado para realização da dosagem destes tipos específicos de concretos, que atenda às necessidades de projeto, os materiais normalmente são comprados dos locais mais próximos possíveis do empreendimento para que o custo da obra não se encareça tanto, mesmo com essa atitude sabemos que por não ter determinados materiais disponíveis, teremos um crescimento no orçamento do concreto que na maioria das*

---

<sup>1</sup> Corresponding author: [Jorgefreitas879@gmail.com](mailto:Jorgefreitas879@gmail.com)

*vezes não sai tão em conta. Está pesquisa teve como objetivo desenvolver um concreto auto adensável (CAA) com materiais provenientes da região de Manaus - AM. A análise experimental compreendeu no estudo do concreto em seu estado fresco e endurecido realizando ensaios de resistência à compressão, tração por compressão diametral e estudo de custo para desenvolvimento do concreto.*

**Palavra-Chave:** CAA, disponibilidade, custo.

**Abstract:**

*One of the great difficulties in the development of special concretes such as CAD, CAR, CPR, CAA among others, is the availability of materials for clothing of this concrete, in the region where the dosage will be performed. When you do not have material suitable for carrying out the dosing of these specific types of concrete, that meets design needs, materials are usually purchased of the nearest possible places of the project so that the cost of the project not so much, even with this attitude we know that by not having certain available materials, we will have an increase in the concrete budget which most of the time does not take so much into account. This research aimed to develop a self-compacting concrete (CAA) with materials from the region of Manaus - AM. The experimental analysis included in the study of concrete in its fresh and hardened state performing tests of resistance to compression, diametrical compression traction and cost study for concrete development.*

**Key words:** CAA. Availability, Cost.

## 1 INTRODUÇÃO

É imprescindível não destacar nos últimos tempos a importância e as vantagens que o concreto vem trazendo para a Construção Civil, a mesma vem crescendo gradualmente e cada vez mais possibilitando a utilização de concretos especiais, como: CAD, CAR, CPR, CAA entre outros. O concreto se destaca

por ter versatilidade, durabilidade, econômica e alta resistência à água, o que o torna um mecanismo de manufatura.

Tendo em vista a importância dos concretos especiais, a pesquisa visa sobre o concreto auto adensável, onde Efnarc (2002) destaca que só será considerado auto adensável se três propriedades forem alcançadas simultaneamente: fluidez, coesão necessária para que a mistura escoie intacta entre barras de aço (ou habilidade passante) e resistência à segregação.

Conforme Grunewald (2004) o desenvolvimento de concreto auto adensável é um marco importante na melhoria da qualidade e eficiência do produto da indústria da construção. O CAA se espalha homoganeamente devido ao seu próprio peso, sem qualquer energia de compactação adicional e não retém o ar, o mesmo melhora a eficiência nos locais de construção, melhora as condições de trabalho e a qualidade e a aparência do concreto.

Segundo Tutikian (2008) o concreto auto adensável é descrito como uma das grandes revoluções ocorridas na tecnologia do concreto para a construção nas últimas décadas, e por meio de sua utilização é possível obter vários ganhos diretos e indiretos. O CAA diminui a poluição sonora, já que não faz uso de vibradores, o que também contribui para a redução no consumo de energia elétrica; minimiza os riscos de acidentes causados pelo excesso de pessoas sobre as lajes, pois necessita de menos mão-de-obra; e reduz problemas ergonômicos nos trabalhadores, já que eles fazem um esforço menor no lançamento e acabamento. (TUTIKIAN, 2012).

No Brasil o interesse das indústrias de pré-moldados e em obras especiais pelo concreto autodensável vem crescendo, porém, a dificuldade de conseguir grandes propriedades mecânicas, durabilidade e possibilidade de utilização de algumas matérias vem dificultando o seu uso, já que a dosagem se torna um marco importante para o seu uso.

De acordo com Cavalcante (2006) o CAA vem sendo bastante utilizado em vários países, principalmente no Japão e países da Europa. Já no Brasil, o uso do CAA ainda é muito incipiente, com poucos registros de utilização. Isto ocorre por vários motivos, dentre eles: falta de confiabilidade nos métodos de dosagem existentes, grande diversificação de materiais existentes no mercado, falta de normalização de procedimento de ensaios e pouco conhecimento do comportamento do CAA com relação às suas propriedades.

A adição de materiais finos no CAA melhora diversas propriedades, tanto no estado fresco como no endurecido. Os finos atuam como pontos de nucleação, ou seja, quebram a inércia do sistema, fazendo com que as partículas de cimento reajam mais rapidamente com a água. Obtém-se, assim, ganhos de resistência nas primeiras idades da mesma forma que, ao aumentar o pacote de partículas finas, cresce a compacidade da pasta, dificultando a penetração de agentes externos agressivos, melhorando a zona de transição. (TUTIKIAN, 2008).

Pensando nas dificuldades de se obter um concreto auto adensável que atenda todas suas propriedades (fluidez, coesão e resistência a segregação) de maneira econômica, a pesquisa teve como objetivo desenvolver um concreto auto adensável (CAA) com materiais provenientes da região de Manaus - AM, onde todos os materiais estavam de acordo com as normas técnicas e caracterizados rigorosamente.

## **1.1 Objetivos da Pesquisa**

A pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica da produção de concreto auto adensável utilizando aditivos superplastificante, sílica ativa e outros materiais disponíveis no mercado da construção civil do estado do Amazonas. Assim como avaliar as propriedades físicas do concreto através de

ensaios laboratoriais, determinando a resistência a compressão e tração.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS**

Para a realização desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland do tipo CP V ARI; brita 0; sílica ativa; areia artificial; aditivo hiperplastificante e água, todos provenientes da cidade de Manaus - AM.

### **2.1 Cimento Portland**

Para a pesquisa foi-se utilizado o cimento do tipo CPV-ARI, cimento brasileiro de alta resistência inicial, onde o mesmo segue as indicações da norma NBR 5733 (ABNT, 1991). Segundo a mesma, este cimento é composto de 100 a 95% de clínquer com gipsita e os outros 5% restantes de material carbonático. A resistência que o concreto deve apresentar no primeiro dia é igual ou maior que 14% do traço projetado, nos três primeiros dias 24 % e nos sete primeiros dias 34%, ou seja, possui baixo calor de hidratação, o que o torna suficiente na concretagem de grandes volumes e sob temperaturas elevadas, como em algumas épocas no estado do Amazonas.

### **2.2 Agregado Miúdo**

Adotou-se como agregado miúdo uma areia artificial obtida na CIPLAN Cimento, a mesma depois que pega foi lavada e colocada em uma secagem a céu aberto (figura 1).

**Figura 1- Secagem da areia a céu aberto**



*Fonte: Autor, (2018)*

### **2.3 Agregado Graúdo**

Assim, como o agregado miúdo, o agregado graúdo também foi obtido na CIPLAN Cimento (figura 2), onde se escolheu o de menor granulometria, no caso a brita 0, que se destaca por ser um material proveniente de calcário calcítico com granulometria entre 4,0 e 9,5mm e malha de 12 mm.

**Figura 2 – Busca do material na empresa**



*Fonte: Autor, (2018)*

### **2.4 Sílica Ativa**

A sílica ativa é um produto resultante do processo de fabricação do silício metálico ou do ferro-silício, que gera o gás SiO, que ao sair do forno oxida-se formando o dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>).

## 2.5 Aditivo

O aditivo utilizado foi Plastol 4100 (figura 3) da empresa Viapol, onde é um aditivo para concreto, líquido, isento de cloretos, pronto para o uso, o mesmo é composto por Policarboxilatos de altíssimo desempenho, que possuem grande poder de dispersão, aumentando fortemente a trabalhabilidade.

**Figura 3 – Hiperplastificante**



*Fonte: Autor, (2018)*

## 2.6 Água

A água de amassamento utilizada foi de rede pública, submetida a um processo de destilação no próprio laboratório

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Execução do programa experimental

Para a determinação do traço a ser estudado, foi utilizado o método ACI pela sua praticidade de obtenção da proporção de cada material e sua redosagem para correção da quantidade de material utilizado se necessário, além de possibilitar uma fácil detecção de erros proporcionais, portanto foi obtida a quantificação unitária de material de 1:0,25:1,827;2,142, com uma relação água/cimento de 0,52, e a relação de aditivo

hiperplastificante de 0,02. Sendo estes materiais e suas características citadas no tópico anterior.

Todos os ensaios laboratoriais e atividades necessárias foram realizadas no laboratório de materiais de construção e tecnologia das construções do complexo laboratorial de engenharia civil do Centro Universitário do Norte. A mistura do material foi realizada em betoneira média comum, seguindo a ordem de mistura: brita, 1/3 água, areia, aglomerante, sílica, restante da água com aditivo. Os corpos de prova para o estudo foram moldados em fôrmas cilíndrica metálicas com diâmetro de 100mm e 200mm de altura. Para avaliação do concreto em estado fresco foi utilizado o ensaio de espalhamento com cone invertido, avaliando visualmente o raio de espalhamento e o aspecto visual do concreto, massa específica, resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral. O procedimento de cura foi realizado em submersão em câmara úmida e a avaliação de resistência à compressão foi realizada para 2 idades (7 e 28 dias), e a tração por compressão diametral em 28 dias.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização dos materiais

Na Tabela 1 são apresentados os valores das características físicas dos agregados. Para a obtenção dos resultados da massa específica do agregado miúdo foi utilizado o frasco Chapman.

**Tabela 1 – Resultados da caracterização.**

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	UNIDADE
Massa Esp. Brita	2604	kg/m <sup>3</sup>
Massa Unit. Brita	1401	kg/m <sup>3</sup>
Diâmetro máx. agregado graúdo	12,5	mm
Massa Esp. Areia	2732	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Finura	1,95	-

*Fonte: Autor, (2018).*

## 4.2 Ensaio de espalhamento do concreto (slump flow test)

Os resultados dos ensaios de espalhamento para cada traço, estão apresentados na Tabela 2 e a Figura 4 ilustra a execução do ensaio.

**Tabela 2 – Resultados do ensaio de espalhamento.**

TRAÇO	RESULTADO (cm)
Referência (Abatimento)	7,50
CAA (Espalhamento)	60,67

Fonte: Fonte: Autor, (2018).

**Figura 4 – Espalhamento do concreto.**



Fonte: Autor, (2018).

## 4.3 Ensaio de resistência à compressão

A seguir, são apresentados na Tabela 3 os valores de resistência à compressão dos traços de concreto aos 7 e 28 dias, sendo este ensaio realizado na prensa universal da marca Emic DL2000, e auxílio do *software* Tesc versão 4.0. Os resultados foram apresentados a partir da média entre os valores dos dois de prova moldados. A figura 5 exibe um gráfico comparativo dos resultados encontrados para cada traço na idade de 7 e 28 dias.

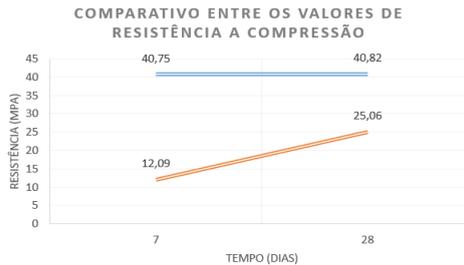
Leila da Silva Freire, Jorge Luiz Melo de Freitas, Fabrício Machado Silva, Juan Lício Ribeiro Duarte, Prof. Esp. André Mendes, Jayron Alves Ribeiro Junior- **Avaliação da obtenção de concreto auto adensável com materiais provenientes da região de Manaus – AM**

**Tabela 3 – Valores de resistência média à compressão (MPa).**

TRAÇO	TEMPO	
	7 DIAS	28 DIAS
REFERÊNCIA	12,09	25,06
CAA	40,75	40,82

*Fonte: Autor, (2018).*

**Figura 5– Comparativo das resistências médias a compressão.**



*Fonte: Autor, (2018).*

## 5 DISCUSSÃO

Através dos resultados encontrados, percebe-se um aumento significativo da trabalhabilidade do concreto devido à adição de hiperplastificante. O concreto apresentou boa coesão, não havendo ocorrência de segregação e/ou exsudação da mistura e sua capacidade autonivelante apresentou-se satisfatória, se mostrou bastante estável, sem apresentar exsudação, sem acúmulo de agregados ou argamassa. É possível perceber um aumento significativo da resistência a compressão aos 7 dias, mostrando a influência da adição de sílica ativa e do hiperplastificante na composição dos resultados. Apesar de a resistência apresentar-se elevada em relação ao traço de referência, não houve ganho expressivo de resistência no rompimento aos 28 dias. Este valor pode ter sofrido influência da limitação dos equipamentos do laboratório, não tendo sido possível uniformizar a superfície de aplicação das cargas nos corpos de prova.

## **6 CONCLUSÃO**

De acordo com os parâmetros especificados pela EFNARC, um concreto só será considerado auto adensável se a propriedade de fluidez for alcançada, dessa forma, o presente CAA obteve êxito nesse preceito, visto que o espalhamento mínimo de 350 mm foi atingido.

Assim, mediante os resultados obtidos foram verificados alguns pontos sobre o CAA em questão em comparação ao utilizado como traço de referência (concreto convencional), para posterior análise de sua viabilidade de execução em Manaus - AM. Um dos quesitos analisados leva em consideração a resistência à compressão obtida aos 7 e 28 dias, sendo que os resultados atingidos foram satisfatórios. Outro item averiguado diz respeito ao valor do metro cúbico entre os dois concretos. Por meio de uma cotação utilizando as tabelas SINAPI obteve-se um valor por metro cúbico de CAA produzido no município de R\$ 621,24 enquanto que o do concreto convencional foi de R\$ 279,78, avaliando em custo benefício temos que o valor do concreto auto adensável fica em torno de 15,22 R\$/MPa e o concreto convencional em torno de 11,16 R\$/MPa. Porém, é importante salientar que essa diferença de preço pode ser compensada pelo fato de que, segundo Tutikian e Molin (2008), o uso do concreto auto adensável apresenta várias vantagens, com aceleração da construção, redução da mão-de-obra, aumento da durabilidade do concreto, melhoramento do acabamento final da superfície, seção de peças mais esbeltas, diminuindo o consumo de concreto entre outros. E alguns materiais como por exemplo a sílica ativa, podem ser substituídos mediante estudo de viabilidade por outros materiais mais econômicos.

Dessa forma, a viabilidade do uso de concreto auto adensável em Manaus pode ser efetiva.

## REFERÊNCIAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 7211 – Agregados: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
2. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15823: Concreto auto adensável**. Rio de Janeiro, 2010.
3. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: informação e documento trabalhos acadêmicos** - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
4. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **BT 106: guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 2002.
5. CARASEK, Helena. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, IBRACON, 2007.
6. CAPUZZO NETO, Valentim. **NOTAS DE AULA DO CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES: CONTROLE TECNOLÓGICO**. Palmas: Escola Técnica Federal de Palmas, 2008. 56 p.
7. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.
8. EFNARC - European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. **Specification and guidelines for self-compacting concrete**. In: EFNARC. Fevereiro, 2002.
9. TUTIKIAN, B. F.; MOLIN, D. C. D. **Concreto Auto-Adensável**. São Paulo: PINI, 2008.
10. CAVALCANTI, Diogo Jatobá de Holanda. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE**

- PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTOADENSÁVEL VISANDO SUA APLICAÇÃO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS.** 2006. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Engenharia Estrutural – Ees, Universidade Federal de Alagoas – Ufal, Maceió/al, 2006.
11. EFNARC - European Federation for **Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems**. Specification and guidelines for self-compacting concrete. In: EFNARC. Fevereiro, 2002.
  12. GRÜNEWALD, S. **Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete**. Doctoral Thesis. Delft University of Technology, The Netherlands, 2004. 232p.
  13. TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; DAL MOLIN, Denise Carpena. **Concreto auto-adensável**. São Paulo: PINI, 2008.
  14. TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MARCELO, Pacheco. **Concreto autoadensável (CAA)–comparativo entre métodos de dosagem**. RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal, 2012, 5.4..