

**AValiação DAS PROPRIEDADES MECâNICAS DO CONCRETO  
AUTOADENSÁVEL LEVE SEM E COM AGREGADOS RECICLADOS  
NO ESTADO ENDURECIDO**

**DOS SANTOS, Crismilia Alves<sup>1</sup>;**  
**DOS SANTOS, Gislanne Gomes<sup>2</sup>;**  
**LESSA, Alysson de Lima<sup>3</sup>;**  
**DE LIMA, Jasmyn Clara dos Santos Tenório<sup>4</sup>;**  
**GOMES, Paulo César Correia<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup> Graduando, UFAL, Maceió-AL (crismilia.alves@gmail.com).

<sup>2</sup> Graduando, UFAL, Maceió-AL (gislanne.gomes@hotmail.com).

<sup>3</sup> Graduando, UFAL, Maceió-AL (alyssonlima1@hotmail.com).

<sup>4</sup> Graduando, UFAL, Maceió-AL (jasmynclara@gmail.com).

<sup>5</sup> Doutor, UFAL, Maceió-AL (pgomes@ctec.ufal.br).

***Resumo.** Este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação do concreto auto-adensável leve no estado endurecido com agregados naturais (CALAN) e com agregados reciclados (CALAR), além de mostrar os benefícios da utilização dos agregados recicláveis para a formulação de CAA, ambos agregados gerados pela indústria da cadeia da construção civil. O concreto auto-adensável vem sendo bastante utilizado representando um grande avanço tecnológico dos concretos apresentando como principal característica a capacidade de preenchimento das formas sem a necessidade da utilização de vibração para obter o adensamento. O concreto leve se caracteriza pela diminuição da massa específica do concreto convencional através da utilização de agregados leves. Neste trabalho, os agregados reciclados proporcionam esta característica de leveza por apresentarem alto índice de vazios em comparação aos agregados naturais. Diante disso, foram realizados ensaios para determinação do módulo de elasticidade, resistência à tração e resistência à compressão do CALAR e CALAN.*

***Palavras-chave:** Concreto Auto-adensável Leve, Agregados Reciclados, Propriedades Mecânicas, Estado Endurecido.*

## 1. INTRODUÇÃO

Frente ao presente crescimento no número de construções civis, se tem a necessidade de uma nova análise de materiais e reuso destes dentro dos projetos de engenharia. O aumento populacional implica uma maior demanda de habitações, o que necessita também de sistemas construtivos mais modernos.

Sistema construtivo é um processo com alto nível de organização formado por elementos e componentes relacionados e totalmente integrados dentro desse processo, o que favorece a racionalização (SABBATINI, 1989 *apud* TRINDADE, 2013). Com isso, ganha força o sistema construtivo industrializado, pois o mesmo é uma alternativa plausível na execução de obras residenciais, especialmente pelos sistemas de painéis (ARÊAS, 2013 *apud* TRINDADE, 2013).

Novas reformulações são solicitadas bem como exigências de desempenho cada vez maiores para superar as ações do ambiente e tornar as construções mais duráveis, e para atender às novas exigências de utilização, surgindo, então, a necessidade do desenvolvimento de novos materiais e de uma análise mais rigorosa de suas características.

Tratando-se da tecnologia de concretos e argamassas, um grande avanço foi observado a partir do uso de adições minerais e aditivos químicos, destaca-se ainda o uso de agregados reciclados como alternativa para suprir a escassez de agregados naturais, tendo aquele a finalidade de tornar o concreto leve.

Os aditivos químicos têm por finalidade melhorar propriedades do concreto, sendo estas ligadas a sua auto-adensabilidade, deste modo, incorporadores de ar, superplastificantes, e modificadores de viscosidade, são os mais utilizados. Tendo, assim, o melhoramento de sua espalhabilidade, pode-se verificar comportamento do concreto auto-adensável (CAA) a partir de variações de agregados (O agregado natural, como por exemplo, pedra britada, e o agregado reciclado, como, por exemplo, resíduo proveniente da demolição de construções).

O uso dos aditivos superplastificantes é indispensável para que o CAA seja obtido (MELO, 2005). Segundo Gomes e Barros (2009) estes aditivos são uma categoria especial de agentes redutores de água, produzidos com materiais na qual permitem redução significativa ou trabalhabilidade extrema dos concretos em que são incorporados. Repette (2011) diz que em regra geral os aditivos superplastificantes devem promover cerca de 20% de redução de água no mínimo.

O CAA se caracteriza como espacial devido a sua capacidade de se mover no interior das fôrmas, ocupando todos os espaços existentes entre as armaduras, o que é conseguido apenas pelo peso próprio (OKAMURA, 1997).

O CAA já é utilizado em vários países e representa um dos maiores avanços na tecnologia do concreto das últimas décadas. Seu nome está relacionado com o aumento na produtividade, melhora do ambiente construtivo e contribuição da tecnologia sustentável do concreto, sendo caracterizado como um material ambientalmente amigável, e podendo ser obtido com altos volumes de resíduos industriais. (CAVALCANTI, 2006).

Segundo COPPOLA (2001) a capacidade de preenchimento do concreto autoadensável é conseguida em função de alta deformabilidade. A alta deformabilidade do concreto auto adensável é governada pela fluidez e coesão da mistura (GOMES, 2002).

A partir do comportamento do concreto auto-adensável leve com agregado natural (CALAN) e do concreto auto-adensável leve com agregado reciclado (CALAR) fez-se uma análise comparativa entre os dados obtidos, a fim de estimar suas respectivas eficiências.

O trabalho irá mostrar resultados do concreto no estado endurecido, tanto para o CALAR quanto para o CALAN, mostrando também a composição utilizada para a produção do concreto.

## **2. METODOLOGIA**

Segundo Severino (2007, p.122), “A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc”. Ainda segundo ele, “Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados”.

Para a elaboração desse projeto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca dos conceitos fundamentais envolvendo as propriedades mecânicas do concreto.

O material utilizado no projeto foi proveniente de resíduos de blocos, na qual foram fornecidos por algumas construtoras. Uma das etapas foi a seleção desses materiais, onde foi feito o processo de beneficiamento dos agregados, passando os resíduos pelo britador de mandíbula e, após isso, feito o processo de peneiramento, para assim conseguir o agregado que posteriormente seria utilizado na produção do concreto.

O concreto utilizado no projeto foi definido mediante trabalhos anteriores do grupo de pesquisa MECOECON, da UFAL, onde baseado em estudos e testes em anos anteriores, foi definido um traço para compor o CALAR, adequando esse mesmo traço para a produção do CALAN, que será mostrado mais adiante no trabalho.

Houve o acompanhamento da cura e desmoldagem dos corpos de prova, que seriam utilizados nos ensaios posteriores.

Para a avaliação das propriedades do concreto no estado endurecido, foram realizados os ensaios de Módulo de Elasticidade, Resistência a Tração e o de Resistência a Compressão.

O ensaio do módulo de elasticidade foi realizado de acordo com a NBR 8522 (ABNT, 2008), na versão que estava sendo aplicada na época que ocorreu o ensaio, porém, há uma versão mais atualizada, sendo a NBR 8522 (ABNT, 2017). O ensaio feito em laboratório permite verificar a estrutura sem submetê-la às cargas limites de cálculo.

O ensaio de resistência a tração é regido pela NBR 7222 (ABNT, 2011), nele um corpo de prova é submetido a um esforço que tende a alongar ou esticar este corpo de prova até a sua ruptura.

O ensaio de resistência a compressão foi realizado baseado na NBR 5739 (ABNT, 2007). Esses ensaios são capazes de indicar eventuais variações da qualidade de um concreto, seja com relação à dosagem, seja quanto a seus insumos.

Os ensaios foram realizados no laboratório de estruturas e materiais da UFAL, obedecendo às normas e utilizando os equipamentos necessários para obter os resultados.

Após a realização dos ensaios, houve a análise dos dados obtidos e uma elaboração de tabela com o intuito de obter uma melhor visualização a respeito dos resultados alcançados, visando um melhor entendimento das propriedades mecânicas do concreto.

### 3. RESULTADOS

O principal diferencial entre o concreto convencional e o concreto autoadensável (CAA) é a diminuição da massa específica causada pelo aumento de vazios na sua estrutura. Dessa forma, os materiais utilizados nos concretos autoadensáveis são os mesmos utilizados em concretos leves mais o uso de aditivos superplastificantes ou incorporadores de ar ou ainda, em alguns casos, aditivos minerais. Neste trabalho adotou-se a mesma dosagem de aditivos e esqueleto granular (em volume) para o CALAR e CALAN, pois observou-se que os parâmetros de autoadensabilidade e leveza da argamassa do CALAR atendiam as configurações de um concreto autoadensável leve. O traço dos concretos está apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Composição dos concretos por Amorim (2016)

a/c	Cimento (l/m <sup>3</sup> )	Agregado miúdo (l/m <sup>3</sup> )	Agregado graúdo (l/m <sup>3</sup> )	Água (l/m <sup>3</sup> )	Aditivos		
					SP(%) SC/C Sólidos	IA (%) IA/C Solução	VMA (%) VMA/ C Solução
0,50	129,03	402,58	268,39	200,00	0,12	0,20	0,50

Fonte: Amorim (2016)

O método de dosagem vai de acordo com o que deseja adquirir das propriedades do concreto produzido. Se tratando do CAA o principal objetivo é proporcionar a diminuição da massa específica. Após as produções dos concretos ocorreram as moldagens dos corpos de prova para a realização de ensaios no estado endurecido. Com isso, foram realizados os ensaios de Módulo de Elasticidade, de Resistência à Tração e Resistência à Compressão. Para cada ensaio foram usados três corpos de prova em formato cilíndrico, todos com 10cm de diâmetro e 20cm de altura, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1: Corpos de prova utilizados



Fonte: Amorim (2016)

No quadro 1 observa-se os resultados gerados dos ensaios de resistência a compressão tração e o módulo de elasticidade. O desvio padrão para o ensaio de compressão foi de 1,345 para o CALAN e 2,547 para o CALAR. A resistência à compressão do CALAN foi superior em relação a do CALAR devido a influência dos agregados naturais. O CALAR apresentou maior módulo de elasticidade indicando que possui maior facilidade para deformações quando comparado com o CALAN.

Quadro 1. Resultados no estado endurecido para os concretos produzidos aos 28 dias

ENSAIO	UND	RESULTADO		
		CALAN		CALAR
		fc	Fcm	
Compressão	Mpa	15,02	14,20	12,37
		13,81		
		13,88		
Tração	Mpa	2,15	2,12	1,98
		2,08		
		2,12		
Módulo de Elasticidade	GPa	17,65	17,86	20,42
		18,45		
		17,47		

Fonte: Amorim (2016)

#### 4. CONCLUSÕES

Ao analisar os resultados dos ensaios observou-se que as propriedades mecânicas do CALAR e CALAN foram bastante próximas. A resistência à compressão superior do CALAN era esperada devido ao fato que a resistência dos agregados naturais é maior comparado com os dos reciclados, por ter o controle de sua origem. O Módulo de Elasticidade maior do CALAR indica que ele é mais deformável que o CALAN. Contudo, podemos afirmar que o CALAR mesmo sendo composto por agregados recicláveis obteve bons resultados no seu estado endurecido, mas por apresentar resultados mecânicos inferiores ao indicado em norma para uso estrutural, ele não é indicado, podendo ser utilizado para alvenarias não estruturais, por exemplo, painéis de vedação. É importante salientar que através da análise dos resultados das propriedades mecânicas dos concretos CALAR e CALAN o objetivo foi mostrar os benefícios da utilização dos agregados recicláveis para a formulação de CAA.

## REFERÊNCIAS

- \_\_\_\_\_**NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- \_\_\_\_\_**NBR 7222:** Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_**NBR 8522:** Concreto - Determinação do módulo de deformação estática e diagrama tensão-deformação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- \_\_\_\_\_**NBR NM 35:** Agregados leves para concreto estrutural – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- AMORIM, T. F. de. **Propriedades de Durabilidade de Concreto Autoadensável Leve com Agregado Reciclado.** Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió, 2016.
- ARÊAS, D. M. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão.** 75. TCC – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.
- Cavalcanti, D. **Contribuição ao Estudo de Propriedades do Concreto autoadensável visando sua aplicação em elementos estruturais.** 2006. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – centro de tecnologia, programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.
- COPPOLA, I. **Rheology and mix proportioning of self-compacting concretes.** Industria Italiana del Cemento, v.71, n.2, p.152-163, Feb. 2001.
- GOMES, P. C. C. BARROS, A. R. D. **Método de Dosagem de Concreto Autoadensável.** 1 edição. ed. [S.l.]: Pini, 2009. 16 - 18 p.
- GOMES, P. C. C. **Optimization and characterization of high-strength self-compacting concrete.** 2002. 139 p. Tese – Escola Técnica Superior D’Enginyers de Camins, Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya, 2002.
- MELO, K. A. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável co, adição de filer calcário.** 2005. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.
- OKAMURA, H. **Self-compacting concrete.** Concrete International, v.19, n.7, p. 50-54, July 1997.
- REPETTE, W. L. **Concreto auto-adensável.** Concreto: ciência e tecnologia. 1ed. São Paulo. IBRACON. 2011, v.2, p.1769-1806.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia.** 1989. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SEVERINO, A. **Metodologia do Trabalho Científico.** 23ª ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007. p.122.
- TRINDADE, R. A. **Análise das patologias em marquises na parte central da cidade de Alegrete.** 91f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2013.