ECONOMIA CIRCULAR E RECICLAGEM DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE CONCRETO UTILIZANDO O AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO

CIRCULAR ECONOMY AND RECYCLING OF CONCRETE WASTE USING RECYCLED CONCRETE AGGREGATE

Eng. Civil Lais Gabrieli Ruivo da Silva
MC-Bauchemie Brasil | Vargem Grande Paulista, SP | lais.silva@mc-bauchemie.com.br
Eng. Dr. Holger Schmidt
MC-Bauchemie Brasil | Vargem Grande Paulista, SP | holger.schmidt@mc-bauchemie.com.br
Eng. Química - Kamila Toschi Oliveira
MC-Bauchemie Brasil | Vargem Grande Paulista, SP | kamila.oliveira@mc-bauchemie.com.br

Resumo

A economia circular tem se tornado uma abordagem essencial na indústria da construção civil para minimizar o desperdício e reduzir o impacto ambiental. O concreto retornado representa aproximadamente 2% do volume total produzido globalmente, sendo frequentemente descartado como resíduo. Para mitigar esse problema, o uso de agregado reciclado de concreto (ARCO), conforme definido na NBR 15116, tem se mostrado uma solução viável. O desenvolvimento de um aditivo superabsorvente para o concreto retornado tornou possível seu reaproveitamento ainda no estado fresco, convertendo-o em ARCO. Este artigo discute a implementação da economia circular na construção civil, os desafios do uso de agregados reciclados e a contribuição do Centrament Recycle P, aditivo superabsorvente da MC-Bauchemie, para uma construção mais sustentável.

Palavras-chave: Economia circular; Concreto retornado; Agregado reciclado; Sustentabilidade; Aditivos.

ABSTRACT

The circular economy has become an essential approach in the construction industry to minimize waste and reduce environmental impact. Returned concrete represents approximately 2% of the total volume produced globally and is often discarded as waste. To mitigate this problem, the use of recycled concrete aggregate (ARCO), as defined in NBR 15116, has proven to be a viable solution. The development of a superabsorbent additive for returned concrete has made it possible to reuse it in its fresh state, converting it into ARCO. This article discusses the implementation of the circular economy in construction, the challenges of using recycled aggregates and the contribution of Centrament Recycle P, MC-Bauchemie's superabsorbent additive, to more sustainable construction.

Keywords: Circular economy; Returned concrete; Recycled aggregate; Sustainability; Additives.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel fundamental no crescimento econômico global. No entanto, ela também é responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais provenientes de fontes não renováveis e pela geração de resíduos sólidos **(LINTZ, R. C. C. *et al* , 2012).** De acordo com dados PNUMA (Programa das Nações Unidas) 40% dos resíduos gerados globalmente são provenientes do setor tornando essencial a adoção de práticas sustentáveis para minimizar os impactos ambientais associados. O concreto, sendo o material de construção mais utilizado no mundo, contribui significativamente para esses impactos, principalmente devido à elevada emissão de CO_2 associada à produção do cimento. Nesse contexto, a reciclagem surge como uma alternativa estratégica para a redução de resíduos e para a conservação dos recursos naturais, promovendo a sustentabilidade na construção civil. A reutilização de materiais, como os agregados reciclados, representa uma solução viável para mitigar os impactos ambientais e reduzir a dependência de agregados naturais extraídos de jazidas, promovendo a economia circular no setor **(RICC, 2007**). A NBR 15116 estabelece diretrizes para a utilização de agregados reciclados, classificando-os em três tipos principais: ARCI (Agregado Reciclado de Cimento), ARCO (Agregado Reciclado de Concreto), ARM

(Agregado Reciclado Misto). O ARCO (Agregado Reciclado de Concreto), composto majoritariamente por partículas de concreto, é indicado para aplicações tanto estruturais quanto não estruturais, permitindo a substituição parcial ou total dos agregados naturais. Além dos benefícios ambientais, a reciclagem do concreto retornado contribui para a redução de custos operacionais, evitando despesas relacionadas ao descarte inadequado e à aquisição de novos insumos. Empresas que adotam práticas sustentáveis não apenas atendem às exigências normativas, como também fortalecem sua competitividade no mercado ao oferecer soluções alinhadas às demandas por construções ecologicamente responsáveis (MACHADO, 2022).

2 METODOLOGIA

Este estudo baseia-se na revisão de normas técnicas, ensaios laboratoriais e experiências em campo com o uso do Centrament Recycle P. Foram analisadas as propriedades do concreto produzido com ARCO, avaliando-se a trabalhabilidade e resistência mecânica. Os ensaios foram conduzidos em condições reais de obra e em laboratório, utilizando traços convencionais com substituição parcial de agregados naturais por ARCO. Além disso, foram testadas diferentes dosagens do Centrament Recycle P, observando sua influência no tempo de hidratação e na conservação das propriedades reológicas do concreto fresco. Para garantir a confiabilidade dos resultados, os ensaios seguiram rigorosamente as diretrizes normativas. Foram analisadas amostras em diferentes condições ambientais, para avaliar a estabilidade da mistura ao longo do tempo.

2.1 MATERIAIS

Os ensaios foram realizados com materiais das regiões da Grande São Paulo e Goiânia. Os testes preliminares em São Paulo foram conduzidos com cimento Portland CPV CSN, areia de quartzo, areia industrial e britas 0 e 1 locais e aditivo redutor de água tipo 1 Muraplast FK 230 – MC-Bauchemie. Nos ensaios realizados em Goiânia, foi utilizada uma mescla de cimento CPV ARI e CP IV Ciplan Sobradinho, areia natural, areia artificial e britas 0 e 1 locais e aditivo redutor de água tipo 1 Muraplast FK 381. Para a transformação do concreto em agregado reciclado, foi empregado o aditivo em pó Centrament Recycle P e utilizado conforme a ficha técnica do produto.

2.2 CENTRAMENT RECYCLE P

O Centrament Recycle P é um aditivo em pó superbasorvente desenvolvido para tratar concreto fresco retornado a central. Este produto promove o endurecimento do concreto de forma rápida em pelotas, transformando este material em agregado reciclado. Pode ser utilizado assim que o concreto retorna à usina estando de acordo com as orientações de trabalhabilidade do concreto. A quantidade deste aditivo é determinada em função do volume de concreto devolvido expressa em metro cúbico.

2.3 PROCESSO

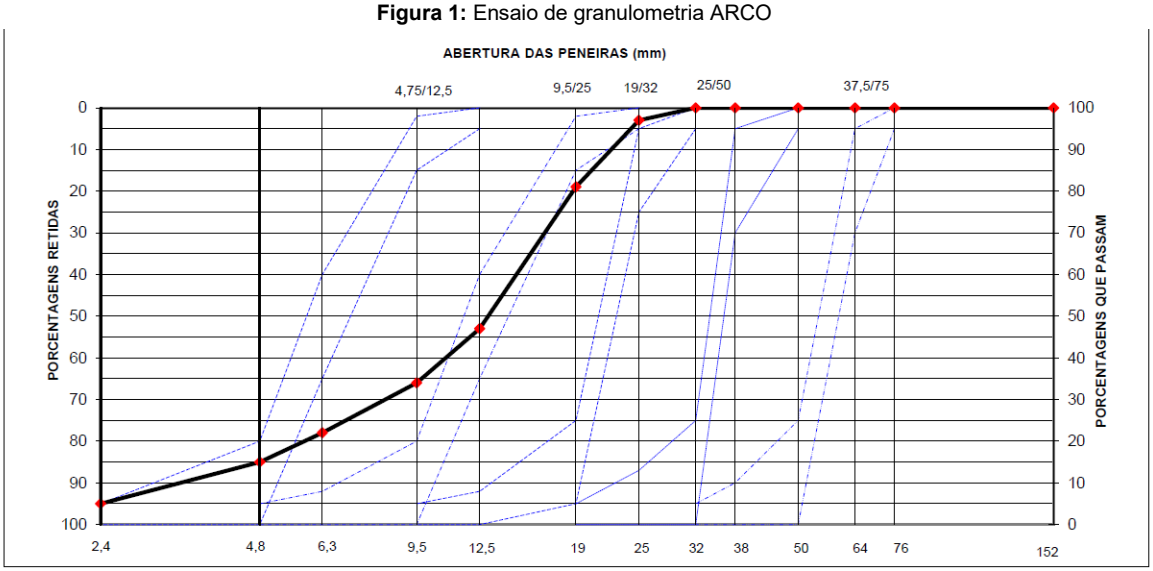
O primeiro passo do estudo foi a definição dos traços a serem utilizados em São Paulo e Goiânia, inicialmente em escala laboratorial e, posteriormente, em maior escala. Cada composição seguiu como referência a classe de trabalhabilidade S100, amplamente utilizada por concreteiras. Os materiais foram selecionados regionalmente, sem uma base comparativa direta entre os traços, pois o foco da análise estava no material resultante para a produção de novos concretos. Para os ensaios, a trabalhabilidade do concreto foi definida com abatimento de 120 mm, conforme especificado na ficha técnica do aditivo Centrament Recycle P, utilizado para a produção do agregado reciclado de concreto. O ARCO passou por um período de cura de 48 horas. Após essa etapa, foi realizada a análise granulométrica do ARCO para sua aplicação nos novos traços e a avaliação comparativa do concreto nos estados fresco e endurecido. No estado fresco, foram analisados parâmetros como trabalhabilidade, estabilidade (manutenção da consistência) e relação água/cimento. No estado endurecido, a resistência à compressão foi o principal parâmetro avaliado. A dosagem utilizada para a produção do ARCO foi de 0,900 kg/m³ do aditivo Centrament Recycle P.

3 RESULTADOS

3.1 ARCO

Para a implementação do agregado reciclado de concreto foi realizado um ensaio de granulometria comparando-o à brita 01 utilizada em laboratório. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos no laboratório de São Paulo, onde a linha destacada em vermelho representa a curva granulométrica do ARCO.

Figura 1: Ensaio de granulometria ARCO



Fonte: Autores (2024)

Figura 2: Ensaio de granulometria ARCO - GO

ABERTURA DAS PENEIRAS		PORCENTAGENS RETIDAS									
		ENSAIO					LIMITES RECOMENDADOS - NBR 7211 (ACUMULADAS)				
mm	ASTM	Pesos(g)	Pesos(g)	Pesos médios (g)	Simples	Acumuladas	4,8 / 12,5	9,5 / 25	19 / 32	25 / 50	37,5 / 75
152	6"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	-	-	-
76	3"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	-	-	0-5
64	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	-	-	5-30
50	2"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	-	0-5	75-100
38	1 1/2"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	-	5-30	90-100
32	1 1/4"	0,0	0,0	0,0	0	0	-	-	0-5	75-100	95-100
25	1"	116,2	177,3	146,8	3	3	-	0-5	5-25	87-100	-
19	3/4"	1058,6	771,8	915,2	16	19	-	2-15	65-95	95-100	-
12,5	1/2"	1897,5	2016,7	1957,1	34	53	0-5	40-65	92-100	-	-
9,5	3/8"	755,9	755,3	755,6	13	66	2-15	80-100	95-100	-	-
6,3	1/4"	704,7	707,2	706,0	12	78	40-65	92-100	-	-	-
4,8	4	405,2	378,4	391,8	7	85	80-100	95-100	-	-	-
2,4	8	632,5	547,8	590,2	10	95	95-100	-	-	-	-
PRATO		268,3	248,0	258,2	5	400	-	-	-	-	-
TOTAIS		5838,9	5602,5	5720,7	100	799	-	-	-	-	-

Fonte: Autores (2024).

Após a produção e o tempo de cura pertinente ao ARCO, foi realizado ensaios granulométricos em comparação aos agregados que foram utilizados no traço de referência de acordo com a Figura 1 e 2. O aspecto visual do material resultante permaneceu similar aos ensaios realizados em São Paulo de acordo com a Figura 3.

Figura 3: ARCO SP x ARCO GO



Fonte: Autores (2024)

Os resultados medidos com relação a absorção do ARCO foram de aproximadamente 6,1 % e 6,8% respectivamente de São Paulo (SP) e Goiânia (GO). Os valores estão dentro do estabelecido pela NBR 15116, que delimita no máximo 7% de absorção no ARCO.

3.2 CONCRETO

A norma vigente estabelece um limite máximo de 20% para a substituição de agregados convencionais por agregados reciclados de concreto (ARCO) em traços estruturais. No presente ensaio em São Paulo, a resistência característica do concreto (fck) foi definida em 30 MPa. O traço de referência apresentou resistência superior ao valor inicialmente estabelecido. Ao comparar as substituições de 10% e 15% de agregados convencionais por ARCO, verificou-se uma similaridade nos resultados finais de resistência. Além disso, constatou-se que, a partir de 15% de substituição, a relação água/cimento aumenta em aproximadamente 2,2% em relação ao traço padrão, sem comprometer a resistência final do concreto.

Tabela 1: Ensaios agregado reciclado com materiais de São Paulo

ESTUDO CENTRAMENT RECYCLE P - SP								
Teste Estudo - Cimento CP V ARI PLUS - 260 kg / m³								
Amostra	Substituição de agregado reciclado (%)	A/C	Abatimento (mm)		Δ (cm)	Resistência à compressão (Mpa)		
			Inicial	30 min		24 horas	7 dias	28 dias
Referência	0	0,598	140	90	50	16,2	32,0	36,0
1-Centrament Recycle P	10	0,598	145	100	45	16,1	33,0	35,2
2-Centrament Recycle P	15	0,611	140	95	45	15,5	33,0	35,1

Fonte: Autores (2024).

Os ensaios conduzidos em Goiânia envolveram dois comparativos: um traço de referência e outro com a substituição de 15% dos agregados convencionais por agregado reciclado de concreto (ARCO). A resistência característica (fck) foi definida em 15 MPa, utilizando uma mescla de dois tipos de cimento. O traço com substituição apresentou um aumento na relação água/cimento de aproximadamente 2,4% em comparação ao traço de referência. No entanto, tanto a perda de abatimento quanto as resistências finais se mantiveram similares, mesmo diante do incremento na relação água/cimento.

Tabela 2: Ensaios agregado reciclado com materiais de Goiânia

ESTUDO CENTRAMENT RECYCLE P - GO								
Teste Estudo - Cimento CP V ARI (65%) + CP IV (35%) - 244 kg / m³								
Amostra	Substituição de agregado reciclado (%)	A/C	Abatimento (mm)		Δ (cm)	Resistência à compressão (Mpa)		
			Inicial	20 min		24 horas	7 dias	28 dias
Referência	0	0,86	140	120	20	3,3	10,7	19,5
Centrament Recycle P	15	0,92	120	90	30	3,5	10,5	19,2

Fonte: Autores (2024).

Os testes realizados demonstraram que o Centrament Recycle P é altamente eficiente na utilização no concreto retornado, permitindo sua reutilização sem prejuízo às propriedades no estado fresco e endurecido. Em relação às resistências mecânicas, as misturas com ARCO apresentaram resistências compatíveis com o traço referência, mesmo com substituição de 15% dos agregados naturais.

Esses resultados evidenciam que o uso do Centrament Recycle P viabiliza a incorporação de ARCO no concreto estrutural e não estrutural, reduzindo significativamente a necessidade de descartes e emissão de CO_2 facilitando o processo para gestão de resíduos e contribuindo para economia circular da indústria da construção, conforme prevê a norma NBR 15116.

4 CONCLUSÃO

A reciclagem de concreto retornado por meio do ARCO e a utilização do Centrament Recycle P são soluções inovadoras que promovem a economia circular na construção civil. Os ensaios demonstraram que é possível reduzir o desperdício de materiais, minimizar impactos ambientais e manter a qualidade do concreto. A implementação dessas práticas está alinhada às diretrizes globais de sustentabilidade, como o Green Deal europeu, e às exigências normativas brasileiras. O desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias como o Centrament Recycle P são essenciais para tornar a construção civil mais eficiente e responsável ambientalmente. Para o futuro, espera-se que o avanço nas pesquisas sobre aditivos e processos de estabilização continue impulsionando o uso de agregados reciclados, tornando a prática ainda mais eficiente e economicamente viável. A adoção dessas estratégias pode consolidar a economia circular como um pilar fundamental para a indústria da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelas empresas envolvidas neste estudo em escala industrial, em especial à MC-Bauchemie Brasil.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados para concreto, 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 7212 - Execução de concreto dosado em central, 2021.

LINTZ, R. C. C. *et al* Estudo do Reaproveitamento De resíduos de Construção Empregados na Fabricação de Blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 166-181, abr. 2012

MC-BAUCHEMIE BRASIL. Ficha técnica Centrament Recycle P . Disponível: <https://www.mc-bauchemie.com.br/produtos/aditivos-para-concreto/aditivo-superabsorvente/centrament-recycle-p.html>. Acesso: 31/01/2025.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Relatório de Status Global para edificações e construção. Disponível: <https://www.unep.org/pt-br/resources/relatorios/relatorio-de-status-global-para-edificacoes-e-construcao>. Acesso: 31/01/2025.

RICCI, Gino. **Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e de demolição para pavimentação**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-09012008-162125/. Acesso em: 12 mar. 2025.

MACHADO, Leonardo Camara. **Concretos com agregados reciclados de concreto**: eficiência no uso do cimento. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-04042023-083148/. Acesso em: 12 mar. 2025.