

Utilização de resíduo de construção civil para produção de cobogó de argamassa cimentícia

Use of civil construction waste for production of cementic mortar cobogó

Aprovechamiento de residuos de la construcción civil para la producción de mortero de cemento cobogó

Recebido: 17/05/2021 | Revisado: 26/05/2021 | Aceito: 06/06/2021 | Publicado: 21/06/2021

André Luiz de Paulo Carolino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8108-428X>
Centro Universitário Teresa D'Ávila, Brasil
E-mail: andre_carolino@yahoo.com.br

Jorge Luiz Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0305-8569>
Centro Universitário Teresa D'Ávila, Brasil
E-mail: jlrosa@demar.eel.usp.br

Simone Pereira Taguchi Borges

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7192-0950>
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
E-mail: simoneptb@hotmail.com.br

Rosinei Batista Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8225-7819>
Centro Universitário Teresa D'Ávila, Brasil
E-mail: rosinei1971@gmail.com

José Wilson de Jesus Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0033-2270>
Centro Universitário Teresa D'Ávila, Brasil
E-mail: jwjsilva@gmail.com

Resumo

A quantidade de resíduos de construção civil depositada no aterro de inertes da cidade de Lorena-SP é de aproximadamente 50 toneladas/dia. Esse aterro já está na sua capacidade limite e representa uma área inservível responsável por diversos impactos ambientais, econômicos e sociais. O intuito deste trabalho é o desenvolvimento e caracterização de um produto sustentável a partir de resíduos sólidos da construção civil. A morfologia dos resíduos coletados foi analisada por MEV/EDS. Os resíduos foram macerados, misturados em diversas proporções com cimento e água, e conformados em caixetas retangulares. Foi realizado o ensaio mecânico por flexão de três pontos nos corpos de prova, absorção de água e a análise da fratura por MEV. A morfologia das amostras apresentou uma massa heterogênea e porosa, com partículas de diferentes tamanhos, poucos aglomerados, e presença de material orgânico. A resistência à ruptura média das amostras foi obtida em MPa, característica de concreto para aplicação estrutural. Desta forma, foi desenvolvido o *mockup* propondo um produto tipo elemento vazado, estilo Cobogó, indicando o potencial do aproveitamento de resíduo de construção civil como produto sustentável.

Palavras-chave: Design; Resíduos sólidos; Construção civil; Produtos sustentáveis; Cobogó; Ensaio mecânico.

Abstract

The amount of construction waste deposited in landfill in Lorena city - SP is approximately 50 tons/day. This landfill is already at its limit capacity and represents an unusable area responsible for several environmental, economic and social impacts. The aim of this work is the development and characterization of a sustainable product from solid waste from civil construction. The morphology of the collected waste was analyzed by SEM/EDS. The residues were macerated, mixed in different proportions with cement and water, and made into rectangular boxes. The mechanical test was carried out by flexing three points on specimens, absorbing water and analyzing fracture by SEM. Morphology of samples showed a heterogeneous and porous mass, with particles of different sizes, few agglomerates, and the presence of organic material. Resistance to the average rupture of the samples was obtained in MPa, characteristic of concrete for structural application. This being so, a mockup was developed proposing a hollow element type product, Cobogó style, indicating the potential of using civil construction waste as a sustainable product.

Keywords: Design; Solid waste; Civil construction; Sustainable product; Cobogó; Mechanical test.

Resumen

La cantidad de residuos de construcción depositados en el relleno inerte de la ciudad de Lorena-SP es de aproximadamente 50 toneladas/día. Este vertedero ya está en su capacidad límite y representa un área inservible responsable de varios impactos ambientales, económicos y sociales. El objetivo de este trabajo es el desarrollo y caracterización de un producto sostenible a partir de residuos sólidos de la construcción civil. La morfología de los residuos recogidos fue analizada por SEM/EDS. Los residuos se maceraron, se mezclaron en distintas proporciones con cemento y agua y se transformaron en cajas rectangulares. La prueba mecánica se realizó flexionando tres puntos en las probetas, absorbiendo agua y analizando la fractura por SEM. La morfología de las muestras mostró una masa heterogénea y porosa, con partículas de diferentes tamaños, pocos aglomerados y presencia de material orgánico. La resistencia a la rotura media de las muestras se obtuvo en MPa, característica del hormigón para aplicación estructural. De esta manera, se desarrolló una maqueta proponiendo un producto tipo elemento hueco, estilo Cobogó, indicando el potencial de utilizar los residuos de la construcción civil como un producto sostenible.

Palabras clave: Design; Residuos sólidos; Construcción civil; Productos sostenibles; Cobogó; Ensayos mecánicos.

1. Introdução

O crescimento acelerado das cidades tem provocado inúmeros problemas para a destinação do grande volume de resíduos gerados em atividades de construção civil. Os gestores públicos necessitam adotar soluções mais eficazes para a gestão desses resíduos. Estimativas indicam que a construção civil representa de 40% a 60% dos resíduos sólidos urbanos das grandes cidades. Em muitos casos, esses resíduos são depositados em botas-fora clandestinos, nas margens de rios e córregos, em terrenos baldios, e, em alguns casos, aterros sanitários. Diante de tantos impactos causados por esses resíduos, pesquisadores e empresas vêm buscando soluções ambientalmente responsáveis, adequando-se ao princípio dos 3 R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar (Pinto, 2018). O processo da reciclagem traz benefícios ambientais e financeiros, reduzindo o consumo de matérias primas naturais e a disposição dos rejeitos em aterros.

O entulho gerado na construção compreende materiais de várias espécies, tais como: concreto, areia, pedra, madeira, tijolo, gesso, telhas, cerâmicas, carpetes, metais, papéis, plásticos, entre outros. Muitos desses materiais são passíveis de reciclagem.

Segundo o panorama de resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2019, Jacob, 2004), a produção de lixo no país cresceu seis vezes mais do que a população. A produção média de resíduos sólidos urbanos está na ordem de 1,213 kg/hab.dia. Desta forma, são descartadas diariamente 195.090 toneladas de resíduos no Brasil.

Deste total, 42,4% acabam em lixões e aterros controlados, que pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem um conjunto de sistemas e medidas para proteção do meio ambiente contra danos e degradações. É evidente a necessidade de intervenção no processo de geração e destinação dos resíduos sólidos como forma de garantir a estabilidade ecológica no meio ambiente, por meio de um desenvolvimento sustentável.

O Cobogó é um tijolo perfurado ou elemento oco, feito de cimento, utilizado na construção de paredes ou fachadas perfuradas, com função de guarda-sol ou para separar o interior do exterior, sem prejuízo da luz e ventilação naturais. Na arquitetura contemporânea, o cobogó é um elemento construtivo amplamente utilizado. A estrutura oca facilita a entrada de luz e ventilação naturais, além de contribuir para trazer sutileza às fachadas e divisórias internas entre os ambientes. Esses charmosos blocos vazados, que hoje tomam forma dos mais variados materiais, foram inspirados em elementos da arquitetura árabe e batizados por seus criadores, a partir de suas iniciais: Amadeu Oliveira Coimbra, Ernest August Boeckmann e Antônio de Góes. CO-BO-GO (Santos, 2018).

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de produtos sustentáveis a partir de agregados de resíduos de construção e demolição do aterro de inertes da cidade de Lorena/ São Paulo.

1.1 Design e Materiais Sustentáveis

Segundo o International Development Design Summits (IDDS), Design Sustentável é um conjunto de ferramentas, conceitos e estratégias que visam desenvolver soluções para a geração de uma sociedade voltada para a sustentabilidade. Quando design e sustentabilidade se fundem em uma solução para determinada demanda, a melhoria e longevidade ecoam nos âmbitos econômico, social e ambiental (Balke, 2016, Pinto, 2018, Duan, 2021). Nishimura (2017) sugere que para atingir a sustentabilidade ambiental é necessário que seja idealmente praticável na mudança tecnológica e cultural.

A cada etapa do seu ciclo de vida (extração das matérias primas, fabricação, distribuição, utilização, valorização), fluxos de entrada (matérias e energias) e de saída (resíduos, emissões líquidas e gasosas) produzem impactos negativos sobre o meio ambiente em diferentes lugares do planeta (Ashby, 2011, Nelson, 2018, Thompson, 2020, Ashby, 2002). A interdependência dos fatores envolvidos no desenvolvimento de um produto é essencial para o resultado positivo de um projeto. Desta forma, não basta estudar novas tecnologias que impactem menos o meio ambiente, mas também as pessoas envolvidas no ciclo de vida do produto (Barros, 2017, Salonitis, 2016, Ford, 2015).

O mercado da construção civil se apresenta como uma das melhores alternativas para consumir materiais reciclados (Pupo, 2012, Barbier, 2017, Caldeira, 2015). Entretanto, para que um novo produto seja aceito no mercado é necessário conhecer muito bem o seu comportamento físico, químico e tecnológico. No caso dos resíduos, é preciso avaliar a possibilidade de impactos secundários que possam ser causados, tais como contaminações químicas da água ou solo, geração de poluição quando do seu beneficiamento, entre outros (Paiva, 2016; Wang, 2019).

2. Metodologia

2.1 Materiais

Neste trabalho, foi utilizado areia média, por ser a mais comum em utilização de artefatos. Segundo a NBR 7211/83, a areia média apresenta tamanho de partículas entre 0,2 mm e 0,6 mm. O cimento utilizado foi o CP II-F, constituído de 90% a 94% de clínquer e gesso, e de 6% a 10% de material carbonático ou filler.

O resíduo de demolição de construção civil (RDC) foi coletado de um aterro de inertes de Lorena/SP. Lá são descartados todos os resíduos sólidos, tanto da construção civil, quanto demais resíduos, exceto os domésticos que vão para outro aterro localizado na cidade vizinha, Cachoeira Paulista/SP. A Figura 1 demonstra a vista geral do aterro e os pontos de coleta do RDC. Para o fracionamento das amostras, uma área de 12 m² foi dividida em 6 quadrantes de 2x1 m de dimensão.

Figura 1 - Vista aérea do aterro de descartes de resíduos sólidos de Lorena/SP.



Fonte: Autores.

2.2 Caracterização da matéria-prima

As 6 amostras de resíduo de demolição e construção (RDC) foram maceradas manualmente com a utilização de martelo e almofariz. Os pós foram analisados quanto a morfologia e composição química por MEV/EDS em um microscópio tipo Phenom-World Modelo: Pro-X, modo operacional elétrons retro espalhados (BDS), da empresa ANACON. Previamente foi realizado a classificação granulométrica seguindo a norma NBR NM-ISO 2395, utilizando uma peneira com 30 cm de diâmetro, com abertura de malha de 2,08 mm e bitola do fio de 0,45 mm.

2.3 Preparação e caracterização dos corpos de prova

As matérias primas na forma de pó seco (areia, cimento e RDC) foram misturadas conforme as proporções mostradas na Tabela 1. Foi adicionada água até formar uma argamassa homogênea, com relação água/cimento de aproximadamente a/c = 0,5.

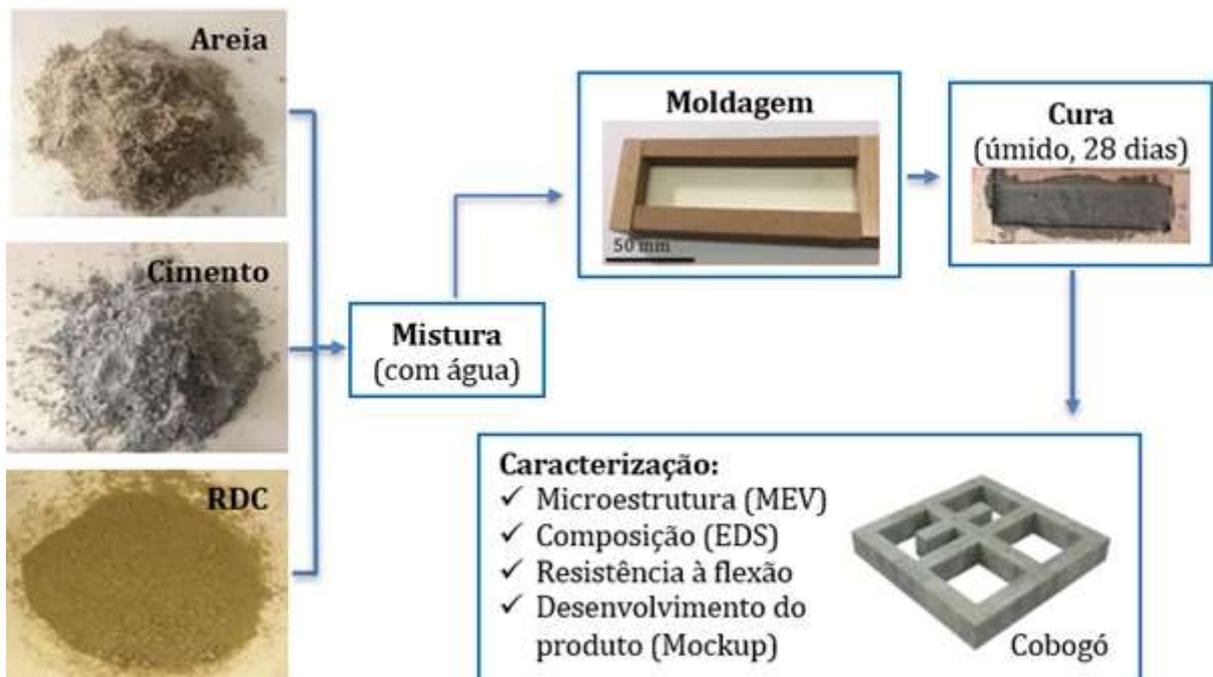
As argamassas foram moldadas em moldes de MDF, com dimensão de 27 mm x 12 mm segundo a norma ASTM 674-13. Os corpos de prova foram curados em água e caracterizados quanto à microestrutura, composição química e resistência à flexão. O fluxograma do procedimento experimental é mostrado na Figura 2.

Tabela 1 – Proporções das matérias-primas das argamassas.

Amostras	Constituintes (traço em %)		
	Areia	Cimento	RDC
A100	90	10	0
A50R50	45	10	45
R100	0	10	90

Fonte: Autores.

Figura 2 - Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: Autores.

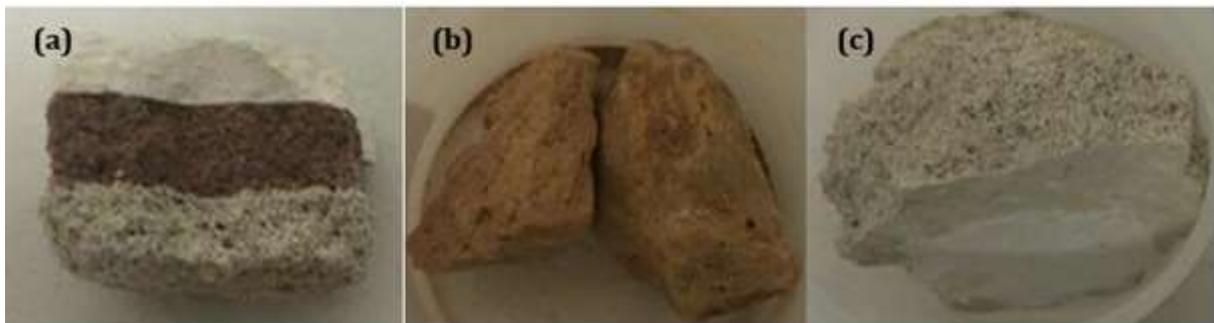
Os ensaios de resistência à flexão em 3 pontos foram realizados em máquina de ensaios mecânicos EMIC, seguindo a norma ASTM C 674-13. O módulo de resistência à flexão (MRF) foi calculado a partir da carga de ruptura (Equação 1), onde F é a força de ruptura (em Newtons), L é a distância entre os roletes (em mm), b é a largura do corpo de prova (em mm) e “ e ” é a espessura média do corpo de prova (em mm).

$$MRF = \frac{3 F.L}{2 b.e^2} \quad \text{Eq. [1]}$$

3. Resultados e Discussão

As amostras coletadas do aterro de inertes (Figura 1) apresentaram fragmentos de diferentes tamanhos, cores e formas, conforme mostrado na Figura 3. A Figura 3 (a) mostra um fragmento contendo três camadas de material enquanto (b,c) apresentam fragmentos aparentemente com um tipo de material. Possivelmente os materiais com tons acinzentados são oriundos de argamassas e concretos, enquanto os avermelhados são característicos de tijolo vermelho, telhas e similares.

Figura 3 - Amostras coletadas do aterro de inertes de Lorena - SP.



Fonte: Autores.

3.1 Análise Morfológica e Química dos fragmentos

Diferentes tipos de fragmentos foram analisados por MEV/EDS, com o intuito de avaliar semelhanças composicionais, de forma a identificar se existe um padrão de elementos típicos de resíduo de demolição e construção civil. A Figura 4 (A-F) mostra a composição e microestrutura de 6 fragmentos escolhidos aleatoriamente das amostras do aterro.

Pode-se observar que os elementos mais usuais encontrados foram Si, Al, Ca e O, possivelmente devido aos silicatos, alumino-silicatos e carbonatos tipicamente presentes em argamassas, concretos ou tijolos. Algumas amostras apresentaram elevado teor de carbono, que podem sugerir matéria orgânica presente no resíduo, por se tratar de um aterro aberto. Outros elementos apareceram em menor frequência amostral e em menor quantidade, como o K, Fe, Mg, N, dentre outros. E alguns elementos, como o Au e Zr, apareceram com menor frequência amostral, porém com quantidades significativas, sugerindo erro de ensaio ou presença de outras classes de materiais diferentes das cerâmicas usuais da construção civil. As micrografias da Figura 4 mostram morfologia heterogênea, com alguns aglomerados, porosidades e rugosidades típicas de material cerâmico tradicional.

Figura 4 - Micrografias e composições químicas obtidas por MEV/EDS de resíduo de demolição e construção civil (RDC).

Amostras	Porcentagem em massa										
	O	Si	Al	Ca	K	C	Fe	Mg	Au	Zr	N
A	62,56	21,17	11,97	3,32	0,97	-	-	-	-	-	-
B	53,07	11,69	7,85	-	-	21,82	3,95	-	-	-	-
C	55,77	12,25	-	4,55	-	26,40	-	1,02	-	-	-
D	43,92	24,91	17,62	5,89	4,12	-	3,54	-	-	-	-
E	35,08	29,43	-	2,56	-	30,77	-	-	-	-	-
F	27,80	6,91	1,65	-	-	-	-	-	45,81	16,33	1,50

Fonte: Autores.

Embora os fragmentos analisados apresentem microestruturas e composições típicas de materiais cerâmicos, não foi identificado um padrão nas quantidades relativas dos elementos em cada fragmento. Desta forma, o resíduo de demolição e construção civil apresenta compatibilidade para ser usado na composição de novas cerâmicas, mas deve ser cuidadosamente cominuído, misturado e quarteado, para obter lotes os mais homogêneos possíveis para garantir a qualidade do produto final.

3.2 Ensaios mecânicos e análise microestrutural da superfície de fratura

Observa-se na Tabela 2 que o módulo de resistência à ruptura dos corpos de prova A100 (valor de referência) foram maiores que de A50R50 e R100. A resistência à flexão média da amostra A50R50 apresenta um declínio de aproximadamente 25% em comparação com a amostra de referência, e 42% quando comparado A100 com R100. Isto mostra que a resistência mecânica dos corpos de prova tende a diminuir com a inserção de RDC.

Tabela 2 - Resistência à flexão 3 pontos (MRF) das amostras A100, A50R50 e R100.

Composições	MRF (MPa)			MRF médio (MPa)
A100	2014,27	3020,75	2009,41	2348,14 ± 582,50
A50R50	1735,47	1179,86	2371,52	1762,28 ± 596,28
R100	1086,69	1293,76	1735,47	1371,97 ± 331,39

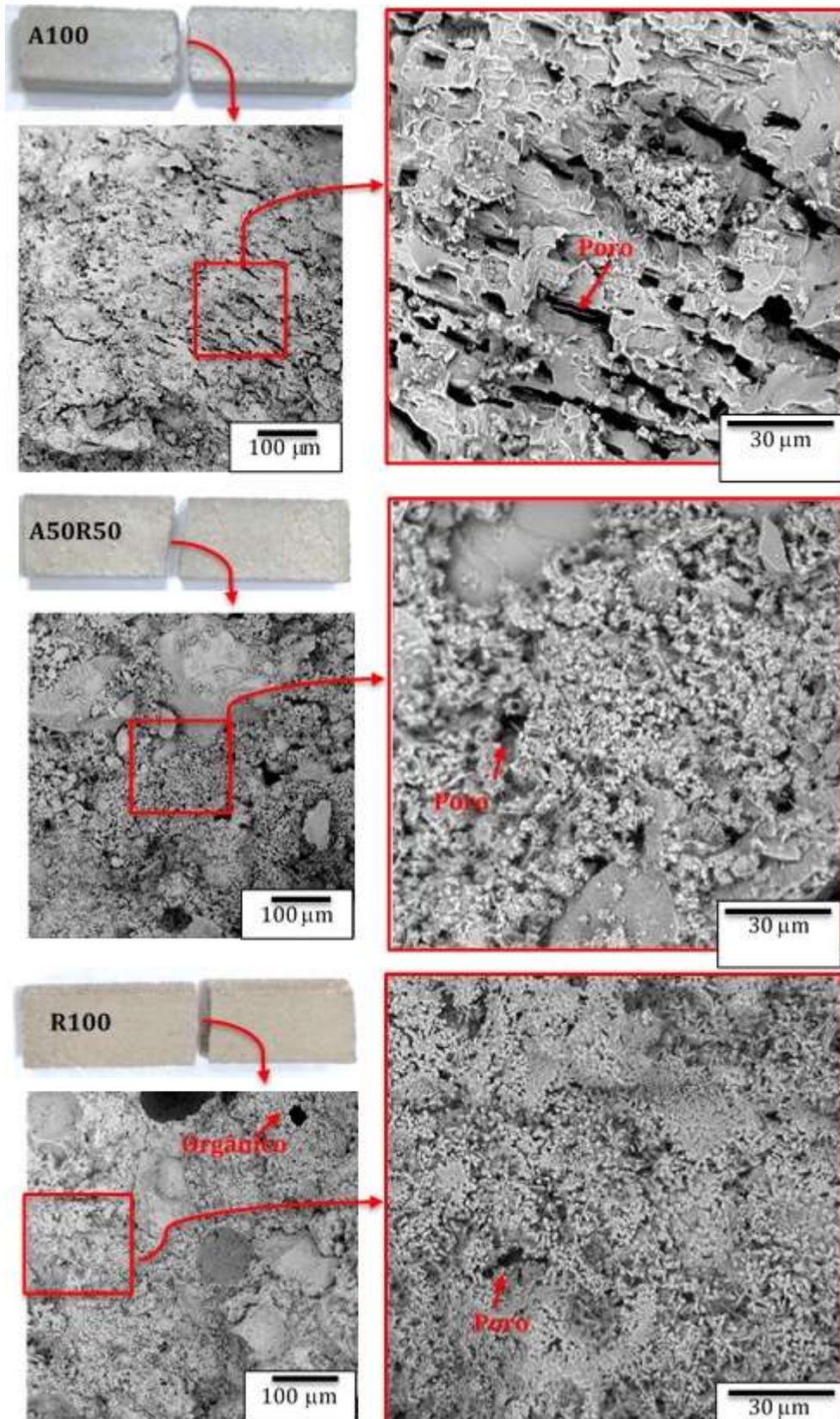
Fonte: Autores.

Na Figura 5, tem-se a micrografia obtida por MEV da superfície de fratura após o ensaio de flexão por 3 pontos dos corpos de prova A100, A50R50 e R100. O estudo do mecanismo de fratura contribuiu significativamente para o entendimento da propriedade mecânica e do desenvolvimento do produto.

Todos os corpos de prova fraturaram próximos ao centro, apresentando seção plana característica de material frágil. A superfície de fratura da amostra A100 apresenta diversos poros numa matriz relativamente mais lisa que as demais amostras.

As amostras A50R50 e R100 apresentam alguns agregados bem mais volumosos que a matriz cimentícia, e possivelmente são de RDC. Apresentam também alguns poros e microestrutura mais heterogênea que a amostra A100. A diferença do tamanho de partículas do RDC (utilizado nas amostras A50R50 e R100) com a areia média (usado em A100), podem ter interferido nas propriedades mecânicas do concreto.

Figura 5 - Micrografia da superfície de fratura das amostras A100, A50R50 e R100.



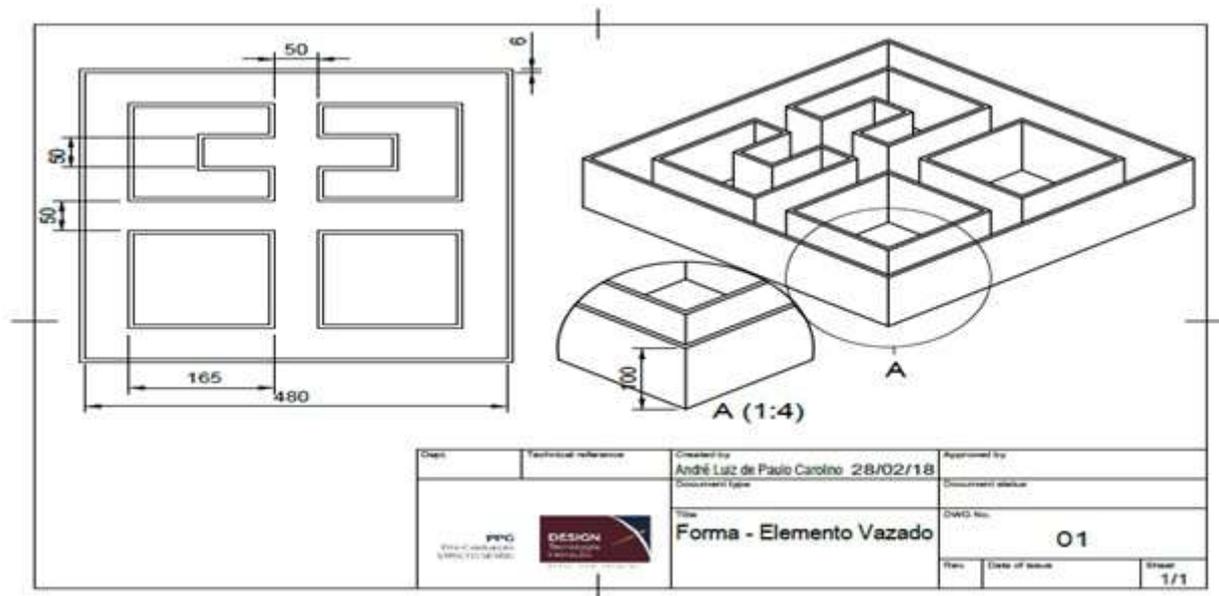
Fonte: Autores.

3.3 Desenvolvimento do Cobogó

Os resultados obtidos indicam que é possível desenvolver um produto cerâmico de concreto utilizando resíduo de demolição e construção civil. Aliado a mitigação dos impactos ambientais, o desenvolvimento de um produto cerâmico de elevado valor econômico pode incentivar os incentivos a utilização de resíduo na composição. Neste sentido, o elemento vazado estilo Cobogó é um produto atrativo e com potencial de mercado. O Cobogó tem por finalidade dar a transferência de luz ao ambiente, amplia a ventilação dando conforto e beleza à casa. O design da peça pode criar uma identidade ao espaço devido a possibilidade de definir diferentes desenhos, cores, texturas e customização.

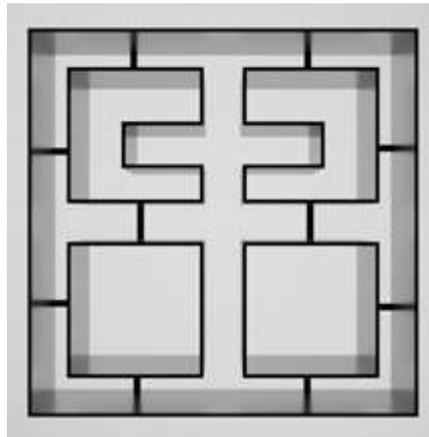
O desenho escolhido para confecção do Cobogó foi a Cruz, um dos símbolos característicos da cidade de Lorena, e que está estampada em sua bandeira. Para tal, foi desenvolvido três tipos de moldes para verificar a facilidade de desenforme do concreto. Um molde foi confeccionado com chapas de aço carbono 3/16 sendo soldado por solda MIG. Outro foi produzido em impressora 3D utilizando polímero e outro foi utilizado placas de MDF. Este último foi o que apresentou o melhor desenforme do concreto. O desenho técnico foi desenvolvido pelo software da Autodesk, Fusion 360, conforme mostrado na Figura 6. O protótipo do Cobogó está mostrado na Figura 7.

Figura 6 - Desenho Técnico do Cobogó.



Fonte: Autores.

Figura 7 - Protótipo de Cobogó.



Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

É possível utilizar resíduo de demolição e construção civil (RDC) para produzir concreto ecológico com propriedades mecânicas satisfatórias para utilização como produto cerâmico não estrutural. Com a substituição de 50% da areia pelo RDC ocorreu a redução de 25% da resistência à flexão do corpo de prova. Para substituição total da areia pelo RDC a redução foi de 42%.

A microestrutura da seção de ruptura das amostras, obtidas após o ensaio de resistência à flexão 3 pontos, indicou fratura tipo frágil, característico de material cerâmico. A morfologia das amostras contendo RDC (A50R50 e A100) é mais heterogênea que as amostras A100, apresenta agregados com tamanho significativamente maiores que a areia média, e que podem ter interferido na resistência à flexão.

Embora a composição dos resíduos de demolição e construção civil seja similar, o percentual elementar pode diferir conforme a amostragem do aterro. Para utilização comercial do RDC para ser utilizados em cerâmicas sustentáveis, é indicado melhorar o processo de cominuição e homogeneização, de forma a garantir a reprodutividade dos lotes e as propriedades tecnológicas do produto.

Como trabalho futuro, sugere-se, para dar continuidade ao desenvolvimento e melhoria da pesquisa, a análise da viabilidade técnica e econômica por meio do estudo da filosofia Green Production e economia circular.

Referências

- ABRELPE (2019) - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
- Ashby, M. F. & Johnson, K. (2011). *Materiais e Design, Arte e Ciência da Seleção de Materiais no Design de Produto*, Elsevier.
- Ashby, M. F. & Johnson, K. (2002). "Materials and Design – the Art and Science of Materials Selection in Product Design", *Butterworth Heinemann*, Oxford, UK. (A book that develops further the ideas outlined in this paper.)
- ASTM C 674-13, 2013. Standard Test Methods for Flexural Properties of Ceramic Whiteware Materials. ASTM D 422 – 63, (2007). In: *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*.
- Balke, K., Schmidt, S., Genz, M. & Bornscheuer, U. T. (2016). Switching The Regioselectivity Of A Cyclohexanone Monooxygenase Toward (+)-Trans-Dihydrocarvone By Rational Protein Design, *ACS CHEM. BIOL.*, 11, 1, 38–4.
- Barbier, E. B. (2017). Editorial — The Economics Of Aquatic Ecosystems: An Introduction To The Special Issue, *Water Economics And Policy*. 3(2), 1702002. [HTTPS://DOI.ORG/10.1142/S2382624X17020027](https://doi.org/10.1142/S2382624X17020027).
- Barros, K. S. (2017). Identification of the environmental impacts contributors related to the use of Additive Manufacturing Technologies, *Chemical and Process Engineering*. Université Grenoble Alpes.

Caldeira, A., Silva, A. C. B., Aniceto, E. & Borba, C. M. (2015). "Nanotechnology: innovation for competitiveness in brazilian textile production chain/nanotecnologia: Inovacao para a competitividade na cadeia produtiva textil brasileira/nanotecnologia: innovacion para ventajas competitivas em la cadena productiva textil brasilena." *Revista Eletronica de Estrategia e Negocios*, 8(3), 146+. Gale Academic OneFile.

Duan, W., Li, W., Tang, Q., Zhao, Y., Guo, X. & Yang, G. (2021). Laccase-Mimicking Syntheses of Phenoxazinones by Aerobic Oxidative Homo - and Hetero-Dimerizations of Aminophenols. *ChemistrySelect* 2021, 6 (10), 2504-507. <https://doi.org/10.1002/slct.202100725>.

Ford, S. & Despeisse, M. (2015). Can additive manufacturing be a driving force for sustainable industrial systems? *Journal of Cleaner Production*. "Advanced Manufacturing for Sustainability and Low Fossil Carbon Emissions", July.

Jacob, K. (2004). Manfred Binder and Anna Wieczorek (eds.). Governance for Industrial Transformation. *Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, Environmental Policy Research Centre: Berlin. pp. 448 - 458.

NBR NM-ISO 2395 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Peneira de Ensaio e Ensaio de Peneiramento*. (1997).

Nelson, A. Z. (2018). Extending Yield-Stress Fluid Paradigms, *Journal of Rheology* 62, 357; <https://doi.org/10.1122/1.5003841>

Nishimura, M. D. L. & Gontijo, L. A. (2017). Vestuário Sustentável, *Pensamento & Realidade*, 32(2).

Paiva, I. V. L. (2016). *Análise da viabilidade econômica e ambiental para a criação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil em uma abordagem simbiótica: um estudo para a região metropolitana de Natal*. 155f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Pinto, E. S. (2018). Reciclar, reduzir, reutilizar, repensar, recusar, inseridos na avaliação quantitativa em um estágio da saúde da criança. *Caderno de Educação, Saúde e Fisioterapia*, 5(10).

Pupo, H. F. F. (2012). *Painéis alternativos produzidos a partir de resíduos termoplásticos e da pupunheira (Bactris gasipaes Kunth)*. xi, 81 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. <http://hdl.handle.net/11449/90498>.

Salonitis, K. (2016). Energy Efficiency of Metallic Powder Bed Additive Manufacturing Processes. In: Muthu S., Savalani M. (eds) *Handbook of Sustainability in Additive Manufacturing. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes*. Springer, Singapore.

Santos, V. B. O. (2018). *Cobogó brise: cobogó com abertura regulável*. 149 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Desenho Industrial - Projeto de Produto) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Thompson, R. L. & Mendes, P. R. S. (2020). Rheological Material Functions at Yielding. *Journal Of Rheology* 64, 615; <https://doi.org/10.1122/1.5126491>.

Wang, F., Ding, C., Liu, D. & Bi, J. (2019). Design of real-time monitoring and intelligent management cloud platform for entire process of construction waste, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 310 022052.