

RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:

POTENCIAL, APLICAÇÕES E DESAFIOS.

Uma abordagem reflexiva sobre a necessidade de reciclagem dos resíduos provenientes de construções e reformas, com o foco nos componentes cerâmicos/cimentícios e de madeira, e a importância de se estudar a viabilidade dessa reciclagem para que o processo não degrade mais o meio ambiente do que o próprio resíduo.



www.freepik.com

A utilização significativa de entulho reciclado remonta ao final da 2ª Guerra Mundial, durante a reconstrução das cidades europeias a partir de escombros e entulhos britados para a produção de agregados, de forma a atender a demanda da época. Dessa forma, pode-se dizer que, a partir de 1946, teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil (WEDLER; HUMMEL, 1946 apud LEVY, 2017, p. 1633).

Atualmente, as técnicas de reciclagem dos resíduos da construção civil estão bem evoluídas. No entanto, a reciclagem desses materiais ainda não é uma realidade amplamente difundida. Alguns países desenvolvidos, como Estados Unidos, Holanda, Japão, Alemanha, França e Bélgica, por necessidade própria de reciclar seus resíduos da construção civil, têm desenvolvido pesquisas a fim de criar uma padronização dos procedimentos para a obtenção de novos produtos, visando atender um padrão mínimo de qualidade.



*Resíduos descartados de maneira incorreta.
Fonte: sympia.com.br - Paulo Taveira.*



*Alemãs trabalhando na reconstrução de Berlim a partir dos escombros da 2ª Guerra Mundial.
Fonte: dw.com/pt-br/ - Créditos: Ullstein Bild.*

O meio ambiente e a sociedade de forma geral serão os maiores beneficiados com a reutilização desses resíduos. Problemas, como a escassez de áreas para a deposição de entulhos e a falta de recursos para desobstrução de córregos e vias públicas, comuns às grandes metrópoles, poderiam ser resolvidos ou amenizados.

No entanto, como consta em Ângulo, Zordan e John (2001), a reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD) também pode causar impactos no meio ambiente. Questões como o tipo de resíduo, a tecnologia empregada e a proposta para a utilização do material reciclado podem tornar o processo

de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo antes de ser reciclado.

Dessa forma, além de estudos sobre a viabilidade financeira da reciclagem, é necessário que haja também o gerenciamento dos riscos ambientais do próprio processo da reciclagem, para torná-la viável também do ponto de vista ambiental.

PRODUTOS RECICLADOS PROVENIENTES DA FRAÇÃO CERÂMICA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, POTENCIAL DE APLICAÇÃO E DESAFIOS

Sendo a construção civil um setor tão representativo dentro da economia nacional, ela é, também, o maior consumidor de matérias-primas (até 50% do total de recursos consumidos pela sociedade), envolve processos com grande consumo de energia (cerca de 80% da energia utilizada na produção de um edifício é consumida na produção e transporte de materiais), gera poluição em quase todos os seus processos (da extração de matérias-primas à produção de produtos, como cimento e concreto) e, até mesmo na fase de uso dos edifícios, os impactos ambientais são vários (BRASILEIRO; MATOS, 2015).



*Resíduos descartados de maneira incorreta.
Fonte: symppla.com.br - Paulo Taveira.*

NO GRÁFICO 1, É APRESENTADA A COMPOSIÇÃO MÉDIA DE RCD COLETADOS NO BRASIL E A REPRESENTATIVIDADE DA FRAÇÃO DE RESÍDUOS MINERAIS NO TOTAL DE RCD; ISSO REFORÇA A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS PARA A RECICLAGEM, A NORMALIZAÇÃO APRESENTADA E A PREOCUPAÇÃO EM MELHORAR A RELAÇÃO DE CUSTO X BENEFÍCIO DA RECICLAGEM DESSE MATERIAL.

Composição média dos RCD no Brasil

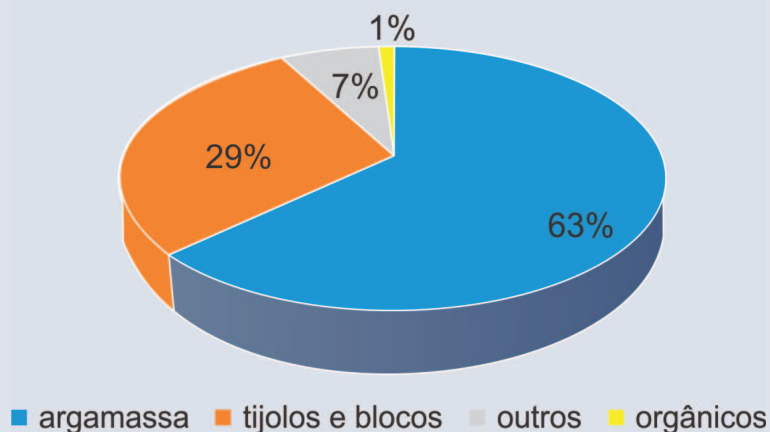


Gráfico 1 - Fonte: BLUMENSCHNEIN, 2007, apud LEVY, 2017.

Atualmente, os principais produtos desenvolvidos a partir dos resíduos cerâmicos são os agregados reciclados para a composição de novos produtos sem função estrutural, cujos principais usos são:

Produto	Características	Principais usos
Areia	D máx < 4,8 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Argamassas assentamento Contra-pisos Blocos de vedação
Pedrisco	D máx < 6,3 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Artefatos de concreto Pisos inter-travados Guias Blocos de vedação
Brita 1 ou 2	D máx < 39,0 mm Provém de blocos de concreto e concreto demolido	Concretos sem funções estruturais Obras de drenagem
Bica Corrida ^[1]	D máx < 63,0 mm Provém de resíduos de Construção Civil	Sub-base e base de pavimentos rodoviários Regularização de vias não pavimentadas
Rachão	D máx < 150,0 mm Provém de resíduos de Construção Civil	Substituição de solo Terraplanagens Drenagens

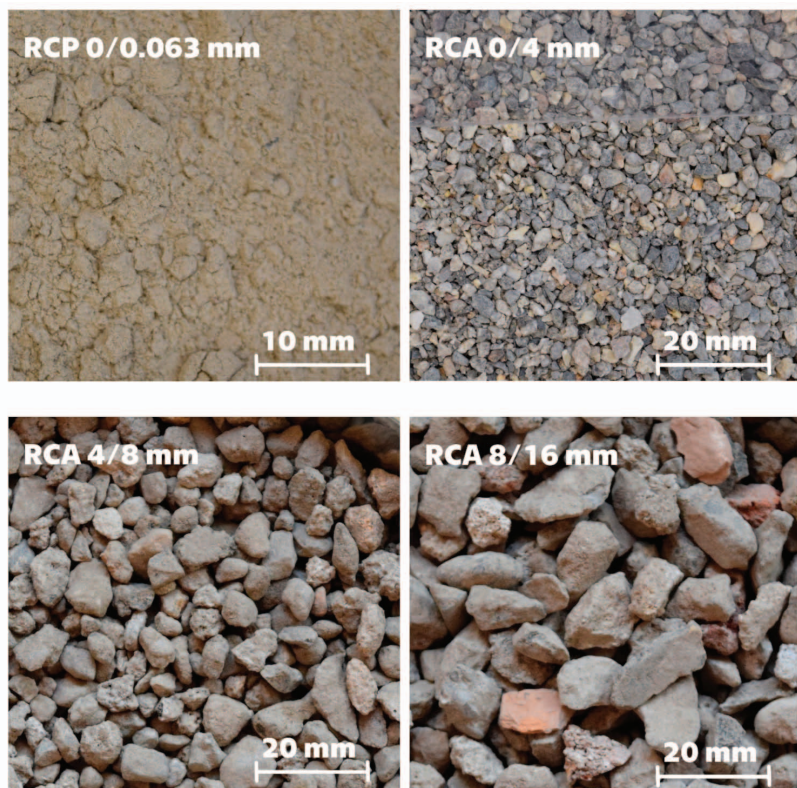
Tabela 1 – Produtos produzidos a partir da fração cerâmica do RCC. Fonte: Levy (2017)

Para a produção de concreto são aceitos até 20% de agregados reciclados em substituição aos agregados naturais, sem que haja alterações significativas nas características do concreto, não havendo alteração da quantidade de cimento consumido. Em Levy (2017), é apresentada uma comparação de custos para a produção de 1 m³ de concreto convencional, R\$ 255,00, e 1 m³ de concreto com 20% de agregados reciclados em sua composição, R\$ 246,00; o resultado foi que no item concreto a economia seria de 3,5% do valor do item e no valor total da obra isso refletiria em uma economia de 0,70 a 1% do valor total de uma obra habitacional convencional.

Como consta em Levy (2017), Levy e Helene (2004) desenvolveram uma pesquisa pioneira para determinar qual a contribuição dos agregados reciclados na durabilidade de novos concretos, analisando propriedades como o consumo, profundidade de carbonatação, absorção de água e volume total de poros. Os resultados dessa pesquisa evidenciam que a utilização de agregados reciclados de concreto, em substituição aos naturais, até o teor de 20%, sejam eles grãos ou miúdos, não têm influência significativa nos resultados obtidos, quando comparados com concretos feitos com agregados naturais, como previsto pelas normas holandesas.

Em um outro estudo de caso apresentado por Silva, Santos e Araújo (2017), temos a aplicação de agregados reciclados para a fabricação de blocos de intertravados para aplicação em calçadas do próprio empreendimento. O estudo foi realizado no município de Rio Verde, GO, com o reaproveitamento dos resíduos da construção civil (RCC) gerados por uma obra de construção de um edifício de alto padrão com área total construída de 13.194,09 m², durante o período de 11/2012 e 06/2015.

O volume de resíduos classe A gerado durante a obra e utilizado no experimento foi de 1.807 m³. Foi necessária a aquisição de dois equipamentos, um triturador de entulhos e uma mesa vibratória, para a produção de intertravados nas dimensões de 0,2 x 0,1 x 0,06 m. Os intertravados foram produzidos na proporção de 1 parte de cimento + 6 partes de agregados reciclados, e para produzir 1 m² de calçada foram necessárias 50 peças de intertravados.



Amostras de areia, pedrisco, brita e rachão.
Fonte: mdpi.com



Bloco intertravado com possibilidade de fabricação na obra. Fonte: cidadeengenharia.com.br



Dessa forma, foi possível reutilizar os 1.807 m³ de RCC em 1.505.000 blocos de intertravados, para calçar uma área de 30.100 m² do próprio empreendimento, gerando uma economia de R\$ 602.125,00, considerando a aquisição de equipamentos e a economia com o descarte dos resíduos classe A gerados na obra, e a aquisição de agregados naturais para a fabricação dos blocos.

Os maiores desafios para o aumento do uso dos RCC e RCD em novas construções ainda está relacionado ao custo desse material, sendo muito próximo dos preços dos agregados naturais e, no caso da utilização em concretos, a limitação da taxa de substituição em 20% torna a vantagem econômica ainda menor.

Apesar disso, conseguimos ver casos bem sucedidos da utilização de agregados reciclados, sem relatos de manifestações patológicas, e também uma normatização para a produção e utilização aprovadas no Brasil (NBR 15116:2021 - Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios, da Associação Brasileira de Normas Técnicas). Falta, ainda, a consolidação de uma norma técnica para o gerenciamento, manejo e utilização de agregados reciclados para a produção de concretos com função estrutural, além de mais políticas de incentivo ao uso de materiais reciclados a partir dos RCD por parte dos municípios e estados.

PRODUTOS RECICLADOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA MADEIRA

Além dos materiais reciclados mais comuns provenientes da construção civil, o setor também é responsável por uma grande quantidade de madeira encaminhada para reciclagem mensalmente. Segundo Mello e Vieira (2015), conforme citado por Zenid (2009), o madeiramento utilizado na construção civil está dividido em:

- Construção pesada externa: madeira serrada, estacas, tábuas e pontes;
- Construção pesada interna: vigas, caibros e pranchas para cobertura;
- Construção leve interna: madeira serrada beneficiada em forros, lambris e garniões; e
- Construção civil leve: portas, venezianas e caixilhos.

Resíduos de madeira provenientes da construção civil. Fonte locacoesmartinsw.com.br



Como é apresentado em Levy (2017), no município de São Paulo, uma única recicladora de madeira chega a reciclar 240.000 m³/mês, transformando a madeira em cavacos de três granulometrias; os menores ($\leq 4,8$ mm) são utilizados na produção de MDF e os de 9,5 mm até 19 mm e de 25 mm até 50 mm são vendidos para utilização como biomassa para conversão

em energia na combustão direta em fornos e caldeiras.

É nesse último uso, como biomassa combustível, que a madeira reciclada volta a impactar positivamente a indústria da construção civil; utilizar o cavaco de madeira em detrimento da lenha natural se mostrou extremamente econômico, como é possível analisar na tabela 2:

Fonte de energia	Unid	Preço/unid US\$	Preço/kg US\$
Carvão Mineral	Ton.	38,00	0,038
Cavaco de Madeira	m ³	17,18	0,034
Petróleo	barril	50,00	0,375

Tabela 2 - Dados usados para comparação. Fonte: Levy (2017)

O cavaco de madeira tem grande potencial como substituto à lenha natural, para ser utilizado como combustível nos fornos de produção dos blocos de cerâmica vermelha, tendo teores de umidade até mais adequados para essa finalidade, conforme Levy (2017).

Mesmo sabendo das constantes oscilações dos preços dos variados tipos de combustíveis, a utilização dos resíduos da madeira, além de muitas vezes ser economicamente vantajoso, tem uma grande contribuição para o uso sustentável dos recursos naturais.

Uma pesquisa experimental apresentada por Oliveira e Rocha (2021), desenvolvida no Laboratório das Engenharias da Universidade Sagrado Coração da cidade de Bauru/SP, traz a utilização de resíduos de madeira da construção civil (fibras de madeira), papel Kraft (oriundo de sacos de cimento) e resina ureia formaldeído para a fabricação de placas de forro termoacústico. Os testes foram realizados em uma forma de 18 x 18 x 0,5 cm e a fibra de madeira com granulometria máxima de 4,75 mm foi testada em diferentes dosagens (25%, 35% e 45%) e, após os processos de mistura e compressão a quente, as placas foram submetidas a testes de capacidade antichamas, transferência de calor e absorção de ruídos. Os resultados médios obtidos foram a resistência à transferência de calor de 3°C/mm, redução de ruído em 7% para a placa de 5 mm de espessura e, durante o ensaio antichamas,

a placa não se carbonizou, e, ao ser retirada a fonte de chamas, o material não continuou a propagação das chamas. Para resultados mais completos, os autores preveem ensaios com maior número de placas e com diferentes porcentagens dos materiais.

Estudos como esse merecem atenção e sequência de desenvolvimento, devendo haver mais incentivos para pesquisas inovadoras e ao seu uso pelo setor público, quando da contratação de obras e serviços de engenharia, como agente regulador e promotor do desenvolvimento, e tendo o setor privado como efetivo agente de transformação, planejando, investindo e adotando alternativas que visem a um melhor aproveitamento dos recursos naturais a serem reciclados.



Aspecto da placa feita com madeira reciclada. Fonte: dreamstime.com



CONCLUSÃO

Mudar a forma de conceber, especificar e projetar obras de engenharia requer um esforço no sentido de vencer as barreiras da cultura. O emprego de RCC nas novas obras, embora careça de pesquisas e avanços, é factível e necessário, considerando os impactos causados, tanto pela extração de novos recursos como, também, pelo descarte da imensa quantidade de entulho gerado todos os anos no mundo.

Os desafios não param por aí. Ampliar o engajamento na logística reversa requer comprometimento dos diversos setores envolvidos, incluindo consumidores e fornecedores, e resultará na diminuição da dispersão dos resíduos e no aumento de seu reaproveitamento.

Desenvolvimento de pesquisas voltadas à reciclagem e inclusão de disciplinas relacionadas ao tema nas grades curriculares, certamente, causarão efeitos de longo prazo com relação à mudança de cultura relativa a uso e dispersão de resíduos, além de poder formar profissionais capazes de visualizar oportunidades e inovar com relação à criação de novos produtos reciclados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 20 p.
2. ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. PCC – São Paulo. 2001. 13 f. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Disponível em: www.limpezapublica.com.br/textos/sustentabilidade.pdf. Acessado em 24/07/2021.
3. BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E.. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, [S.L.], v. 61, n. 358, p. 178-189, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/ce/a/8v5cGYtby3Xm3Snd6NjNdtQ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 21 jul. 2021.
4. LEVY, Salomon Mony. Materiais Reciclados na Construção Civil. In: ISAIA, Geraldo Cechella (ed.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2017. Cap. 50. p. 1633-1667.
5. OLIVEIRA, Beatriz Silva de; ROCHA, Ricardo Ramos da. Forro modular termoacústico confeccionado a partir de papel kraft reciclado e fibra de madeira de construção civil. In: LATORRE, Kristian Andrade Paz de (org.). Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais 2. Ponta Grossa: Atena, 2021. Cap. 9. p. 72-88.
6. PAVLU, Tereza et al. Environmental Assessment of Two Use Cycles of Recycled Aggregate Concrete. Mdpi: Sustainability. Praga, p. 1-22. 05 nov. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6185/htm>. Acesso em: 20 jul. 2022.
7. SILVA, Welighda Christia da; SANTOS, Gilmar Oliveira; ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima de. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286-301, jul. 2017. Trimestral.
8. MELLO, Fabiana Santos; VIEIRA, Glaucia Gama. Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil, para geração de energia alternativa. Bioenergia em Revista: Diálogos, Piracicaba, ano 5, n. 1, p. 46-57, jan./jun. 2015. Anual. Disponível em: <http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/160/126>. Acesso em: 24 jul. 2021.

Autora

CT (EN) Julia Maria Crispiniano

Arquiteta e Urbanista formada pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-Graduada em Gestão e Restauro Arquitetônico pela Universidade Estácio de Sá e Mestranda no Instituto de Pesquisas Tecnológicas da USP em Tecnologia na Construção de Edifícios.