

# Viabilidade do uso de Resíduos da Cerâmica Vermelha em materiais da construção civil: uma revisão de literatura

Everton Rodrigues Alves  
 Tiago Santino da Silva Barros  
 Denney Wesley da Silva  
 Maria Victória Leal de Almeida Nascimento\*

**Resumo** Nas construções, demolições e no processo de fabricação de telhas, tijolos, dentre outros produtos de cerâmica vermelha, geram-se os Resíduos de Cerâmica Vermelha (RCV). Usualmente, o RCV não tem destinação adequada, fazendo com que percam tanto a indústria quanto a sociedade pela falta de sustentabilidade nessa operação. Este estudo tem por objetivo fazer uma análise de revisão literária quanto a viabilidade da utilização do RCV em matrizes da construção civil. Foram levantados dados de propriedades físicas, mecânicas e compatibilidade química explorando artigos de 2014 a 2023, em inglês e português, disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES e SciELO, incluindo aqueles que apresentaram incorporação do RCV. Os resultados obtidos foram satisfatórios para as matrizes estudadas, cimento, pastas, argamassas e concreto, tanto pela compatibilidade química como por apresentar bons resultados mecânicos. Baseando-se nesses resultados, a utilização do RCV mostrou-se viável, podendo proporcionar adequada destinação desse resíduo.

*Palavras-chave:* incorporação, sustentabilidade, RCV, destinação.

## Factibilidad del uso de Residuos Cerámicos Rojos en materiales de construcción civil: una revisión de la literatura

**Resumen** En construcciones, demolición y en el proceso de fabricación de tejas, ladrillos, entre otros productos cerámicos rojos, se generan los llamados Residuos Cerámicos Rojos (RCR). Habitualmente, el RCR no tiene un destino adecuado, perdiendo tanto la industria como la sociedad por falta de sostenibilidad en esta operación. Este estudio objetiva realizar un análisis de revisión literaria respecto a la factibilidad del uso de RCR en matrizes de construcción civil. Los datos sobre propiedades físicas, mecánicas y compatibilidad química fueron recolectados explorando artículos de 2014 a 2023, en inglés y portugués, disponibles en el Portal de Revistas CAPES y SciELO, incluidos aquellos que incorporaron RCR. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios para las matrizes estudiadas, cemento, pastas, morteros y concreto, tanto por la compatibilidad química como por los buenos resultados mecánicos. Basado en estos resultados, el uso de RCR demostró ser viable y podría proporcionar una eliminación adecuada de estos residuos.

*Palabras clave:* incorporación, sostenibilidad, RCR, destinación.

## Feasibility of using Red Ceramic Waste in civil construction materials: a literature review

**Abstract** In constructions, demolitions and in the manufacturing process of tiles, bricks, among other red ceramic products, so-called Red Ceramic Waste (RCW) is generated. Normally, the RCW does not have an adequate destination, causing losses to both the industry and society due to the lack of sustainability in this operation. This study aims to carry out a literary review analysis regarding the possibilities of using RCW in civil construction matrices. Data on physical, mechanical properties and chemical compatibility were collected exploring articles from 2014 to 2023, in English and Portuguese, available on the CAPES Portal de Periódicos and SciELO, including those that incorporated RCW. The results obtained were satisfactory for the study matrices, cement, pastes, mortars and concrete, both due to chemical compatibility and good mechanical results. Based on these results, the use of RCW proved to be viable and could provide an adequate destination for this waste.

*Keywords:* incorporation, sustainability, RCW, destination.

Um fator que merece atenção é a geração e o manuseio de resíduos, como evidenciado na Meta 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015). Esta meta, intitulada “Consumo e Produção Responsáveis”, visa assegurar padrões de produção com apelo para um maior consumo sustentável por parte de toda cadeia que absorve tais produtos, motivando o desenvolvimento de políticas e métodos para uma melhor utilização dos recursos. O foco reside na necessidade imperativa de adotar práticas que não apenas minimizem a geração de resíduos, mas também promovam sua gestão eficaz e ambientalmente responsável. Este objetivo reflete na preocupação global com a relação entre a atividade humana, o consumo desenfreado e os impactos ambientais adversos.

Quando relacionados à construção civil, para o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), os resíduos de Classe A são aqueles que possuem potencial de reutilização, Classe B são recicláveis para destinações específicas, Classe C não são passíveis de reciclagem devido à ausência de tecnologias e os de Classe D, resíduos perigosos resultantes da construção civil. Ainda em sua resolução nº 307/2002, o CONAMA destaca que os resíduos da construção civil, em destaque para os de Classe A, representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas. Resíduos que são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil.

Uma grande quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD) são produzidos no Brasil a cada ano, e podem ser uma fonte de novos recursos. A Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024) aponta que o país gerou cerca de 45 mil toneladas de RCD apenas no ano de 2022.

Este material pode fornecer uma fonte significativa e lucrativa de agregados para serem usados na produção de concreto mais sustentável e outros tipos de matéria prima com diversas outras finalidades proporcionando uma considerável redução do volume de RCD descartado no meio ambiente, além de diminuir a extração de recursos minerais não-renováveis. Outros benefícios ambientais podem ser alcançados, como a almejada sustentabilidade da indústria da construção civil (Silva; Melo, 2021).

Em seu estudo, García-González *et al.* (2015), acrescenta que o setor da construção civil tem a capacidade de transformar e absorver os resíduos gerados no seu próprio ciclo de atividade, assim é possível usar parte do agregado reciclado em vez da matéria prima natural para produzir concreto, argamassa, base e sub base, por exemplo, assim impactando em duas frentes, tanto na redução da exploração de recursos, como na destinação de resíduos em aterros. Para Stroher *et al.* (2017), o Brasil é segundo maior consumidor de material cerâmico do mundo com produção próxima de 70 bilhões de peças produzidas por ano, composto por 25% de telha, 75% de lajotas, pisos e blocos.

\* Everton Rodrigues Alves é Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco, ORCID <<https://orcid.org/0009-0003-3912-7674>>; Tiago Santino da Silva Barros é Graduado em Engenharia Civil e em Gestão Ambiental, ORCID <<https://orcid.org/0009-0009-4665-3932>>; Denney Wesley da Silva é Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Maurício de Nassau (UNINASSAU), ORCID <<https://orcid.org/0000-0002-9463-6047>>; Maria Victória Leal de Almeida Nascimento é Engenheira Civil, Professora do Magistério Superior da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE ORCID <<https://orcid.org/0000-0003-4864-6292>>.

O Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV), resíduo de Classe A, equivale a um montante anual entre 4 a 6,5 milhões de toneladas de materiais descartados desordenadamente. Além das perdas econômicas, esse processo cumulativo de resíduos tem resultado em passivos ambientais de dimensões consideráveis nas aglomerações cerâmicas, mobilizando áreas expressivas, incômodo visual e proliferação de insetos. Deve-se observar que, mesmo em manufaturas cerâmicas tecnologicamente mais sofisticadas, as perdas ocorrem, embora em taxas menores. Isto se deve à própria limitação dos processos e equipamentos utilizados nas indústrias de cerâmica vermelha no Brasil (Azevedo; Cabral Junior, 2017).

Segundo Alcantara (2015), na região Nordeste do país, a cerâmica vermelha é uma das principais atividades industriais. As aglomerações mais relevantes em Pernambuco se encontram no Centro-Oeste, no Agreste e na Zona da Mata do estado, estando as principais concentrações nos municípios de Caruaru, Bezerros, Recife, São Lourenço da Mata, Pau D'Alho e Vitória de Santo Antão.

Dessa forma, essa revisão literária tem por objetivo avaliar a utilização do RCV a partir de uma análise comparativa com as características físicas, químicas, mecânicas, assim como dos resultados, avaliando a viabilidade de seu reaproveitamento quando incorporado em matrizes da construção visando sua adequada destinação.

## Metodologia

No fluxograma da Figura 1 é apresentado o desenvolvimento esquemático da metodologia de revisão empregada no desenvolvimento da pesquisa.

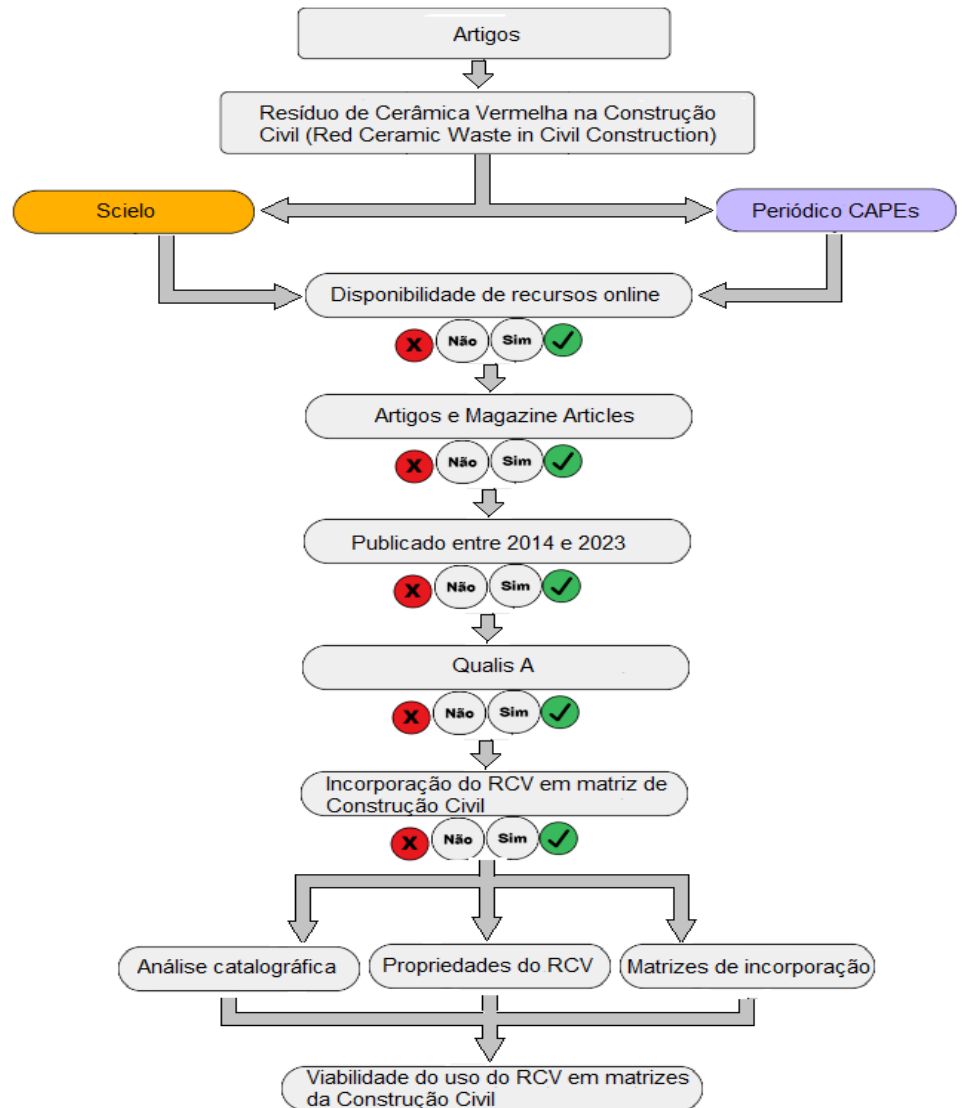
Na produção deste artigo realizou-se a busca de trabalhos em plataformas digitais, como fontes de pesquisa, onde foram utilizados os descritores: Resíduo de Cerâmica Vermelha na construção civil (*Red Ceramic Waste in Civil Construction*) nas plataformas do Periódico da CAPES e SciELO.

Os critérios de inclusão e exclusão dos artigos de estudo foram a disponibilidade em recursos online; o tipo de recurso, artigos e magazine articles; o período de publicação, 2014 a 2023; o Qualis A.

No Periódico da CAPES foram encontrados 303 resultados relacionados ao resíduo de cerâmica vermelha nos idiomas português e inglês. À medida que a busca foi sendo filtrada e ficando mais enxuta, foram encontrados 217 trabalhos.

Já na plataforma SciELO fazendo a pesquisa com as mesmas diretrizes foram encontrados 70 artigos. Quando a busca foi filtrada adicionando as restrições anteriores, foram encontrados 6 artigos.

Desse modo, após um estudo, os trabalhos foram separados pelos critérios de inclusão e exclusão, comentados anteriormente para posterior leitura mais aprofundada, restando 28 trabalhos. Desse último, foram selecionados 11 que enfatizaram o descarte e manuseio do RCV tratando-o como aditivo ou substituinte em matrizes de incorporação na construção civil.



**Figura 1:** Fluxograma metodológico. Fonte: Autores (2023).

Esses trabalhos selecionados foram organizados com seus respectivos, autores, ano de publicação, local de publicação (país), unidade federativa (para o Brasil como local de publicação), caracterização e composição do RCV, matriz de incorporação, forma de incorporação (substituição e/ou adição), teores de incorporação, principais resultados e estudo de viabilidade.

O processamento das discussões e resultados foi feito com o auxílio de gráficos, tabelas e análise de propriedades físicas, mecânicas, composição química, matriz de incorporação e principais resultados da incorporação do RCV nessas matrizes.

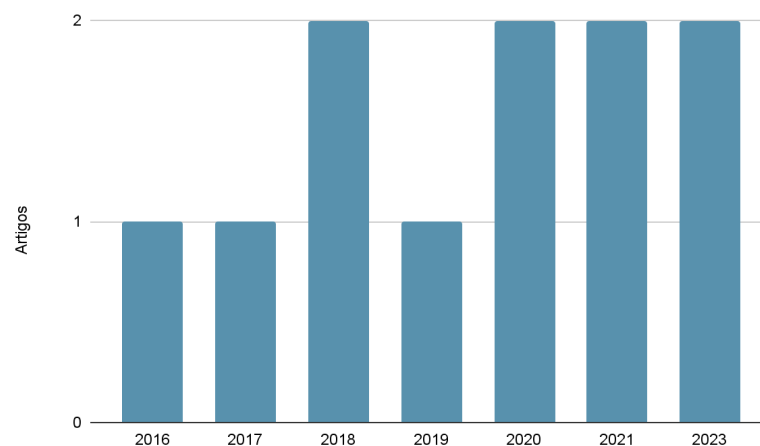
## Resultados e discussões

### Dados catalográficos

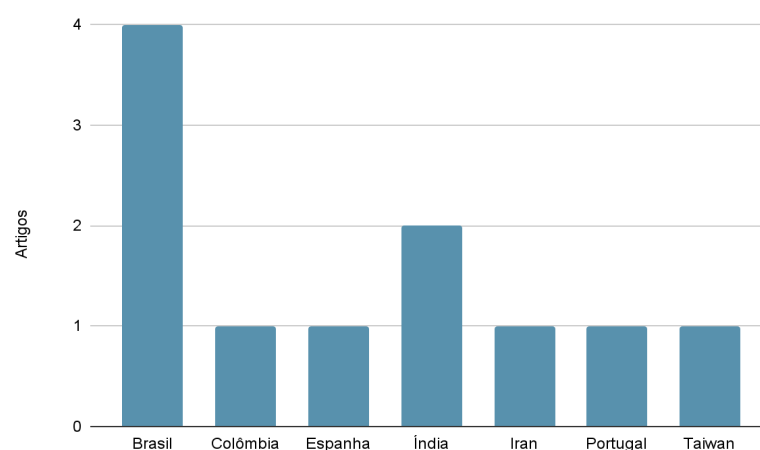
Com o intuito de obter a distribuição cronológica do estado da arte relacionada às diferentes matrizes de incorporação com RCV, é mostrado na Figura 2 o quantitativo de trabalhos publicados por ano na última década.

Nota-se que houve 1 publicação em 2016, 2017 e 2019 e para os demais anos, de 2 publicações/ano. De 2014 a 2015 e em 2022 não houveram publicações conforme os critérios aplicados. O fato de conter publicações de artigos com incorporação do RCV a partir de 2016 implica na recente preocupação em se estudar a utilização desse resíduo na construção civil.

Com o intuito de compreender a origem das publicações estudadas, é observado na Figura 3 as localidades da bibliografia estudada.



**Figura 2 (acima):** Frequência de publicação anual no período de 2014 a 2023. Fonte: Autores (2023).



**Figura 3 (ao lado):** Publicações por país com incorporação de RCV no período de 2014 a 2023. Fonte: Autores (2023).

Esses foram os países que, nesse período, estiveram com pelo menos um estudo relacionado à temática de incorporação do RCV em matrizes da construção civil. Devido à grande produção desse resíduo e procurando dar uma destinação sustentável, destacam-se o Brasil, seguido da Índia. Isso leva a destacar que, conforme o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2013), o Brasil produz, em média anual, 130 milhões de toneladas de cerâmica vermelha, gerando cerca de 6,5 milhões de toneladas de RCV.

Tratando do Brasil, nota-se uma publicação por estado, sendo eles Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Segundo o IPT (2013), no estado de São Paulo os números médios anuais são bastante significativos, com produção de 32 milhões de toneladas de cerâmica vermelha. Vale ressaltar que os resíduos gerados não são aplicados de maneira econômica, o material é descartado e, muitas vezes, é usado para cascalhamento de estradas vicinais e acessos aos próprios setores industriais cerâmicos.

### Propriedades do RCV

Na Tabela 1 são apresentadas algumas propriedades físicas do RCV encontradas em análise dos trabalhos pesquisados, e assim destrinchadas as informações observando também a localização geográfica da publicação.

É observado que a massa específica real varia de 1,77 g/cm<sup>3</sup> a 2,66 g/cm<sup>3</sup>, massa específica aparente de 0,95 g/cm<sup>3</sup>, propriedades importantíssimas para determinação dos traços das matrizes de incorporação.

Partindo da análise física, o diâmetro máximo menor que 19 mm, justifica sua incorporação substituindo total ou parcialmente o agregado miúdo e/ou graúdo nas matrizes de argamassas e concreto. Quando menor que 0,075 mm entende-se sua aplicação na matriz de pasta em substituição ao cimento.

Tabela 1: Propriedades físicas do RCV. Fonte: Autores (2023).

Autores	Origem	Propriedades			
		Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Granulometria (mm)	Absorção (%)
Robayo et al. (2016)	Colômbia	-	-	0	-
Reiga et al. (2017)	Espanha	1,95	-	< 0,5	< 8,55
Keshavarz et al. (2018)	Iran	2,13	-	-	8,6
Passos et al. (2018)	Brasil	1,77	0,95	< 19	19
Hwang et al. (2019)	Taiwan	-	-	0	-
Gaibor et al. (2020)	Portugal	-	-	0,08	70
Ramagiri et al. (2021)	Índia	-	-	4,75	baixa
Pavesi et al. (2021)	Brasil	2,66	-	< 9,5	baixa
Meena et al. (2023)	Índia	2,37	-	< 2,36	1,87
Cherene et al. (2023)	Brasil	2,59	-	< 0,85	< 12,8

Origem	Colômbia	Taiwan	Portugal	Brasil	Índia	Índia	Brasil
Fórmula molecular	Autores						
	Robayo <i>et al.</i> (2016)	Hwang <i>et al.</i> (2019)	Gaibor <i>et al.</i> (2020)	Pavesi <i>et al.</i> (2021)	Ramagrii <i>et al.</i> (2023)	Meena <i>et al.</i> (2023)	Cherene <i>et al.</i> (2023)
CaO	0,01	0,11	0,04	-	0	0,02	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2	0,17	0,18	0,21	0,12	0,14	0,29
SrO	-	-	-	-	-	-	-
MgO	0,01	0,02	0,01	-	0,01	0,01	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,66	0,61	0,71	0,57	0,73	0,75	0,52
SO <sub>3</sub>	-	0	-	-	0	-	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	-	-	-	0
Na <sub>2</sub> O	0	0,02	0,01	-	0,13	0,05	-
K <sub>2</sub> O	0,01	0,03	0,03	-	0	0,01	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,02	0,01	0,08	0,01	0	0,13
Cl	-	-	-	-	-	-	0
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,01	0	-	-	0	-
CR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 2:** Composição química do RCV. Fonte: Autores (2023).

Em relação a absorção de água, o RCV por atuar como filler, quando com diâmetro menor que 0,075 mm, pode justificar menor absorção de água por diminuir o vazio dos sistemas de incorporação, porém essa granulometria fina, maior área específica dos grãos, também pode contribuir para absorção de água. Já com maiores diâmetros dos grãos, também pode justificar uma maior absorção de água devido a uma maior quantidade de vazios.

Com isso, observa-se que a incorporação do RCV pode interferir na absorção de água das matrizes de incorporação a depender de outras características, como composição granulométrica.

As variações encontradas em suas propriedades também estão relacionadas a diferentes percentuais em suas composições químicas apresentadas na Tabela 2.

Com os resultados de ensaios de Fluorescência de Raios X (FRX), onde as maiores concentrações encontradas foram de compostos de sílica e alumínio, característica de minerais silicatos, justifica-se sua utilização nas matrizes de incorporação partindo-se de uma análise química.

Conforme destacado por Metha e Moteiro (1994), pozolana é um material que, mesmo possuindo pouca ou nenhuma propriedade cimentante, quando moído, apresentando granulometria de materiais pulverulentos, em contato com a umidade, reage quimicamente com hidróxido de cálcio, formando compostos com propriedades cimentantes.

Por agir como filler, a incorporação do RCV pode levar a ganhos nas propriedades mecânicas devido ao melhoramento no preenchimento dos vazios, principalmente nas matrizes de cimento e pastas, ainda mais por ser um mineral sílico-aluminoso.

Esses fatos levam a considerar que o RCV apresenta características de materiais pozolânicos, quando processado, porém o RCV possui baixa pozolanicidade. Ainda, Alcantara (2015) destaca que o RCV apresenta baixa pozolanicidade.

## Matrizes de incorporação

Com o levantamento dos dados, foi obtido o quantitativo de trabalhos publicados com incorporação de RCV em diferentes matrizes, onde o percentual de participação de cada uma é encontrado na Figura 4.

Fica evidente maior número de publicações nas matrizes de concreto, argamassas e cimento.

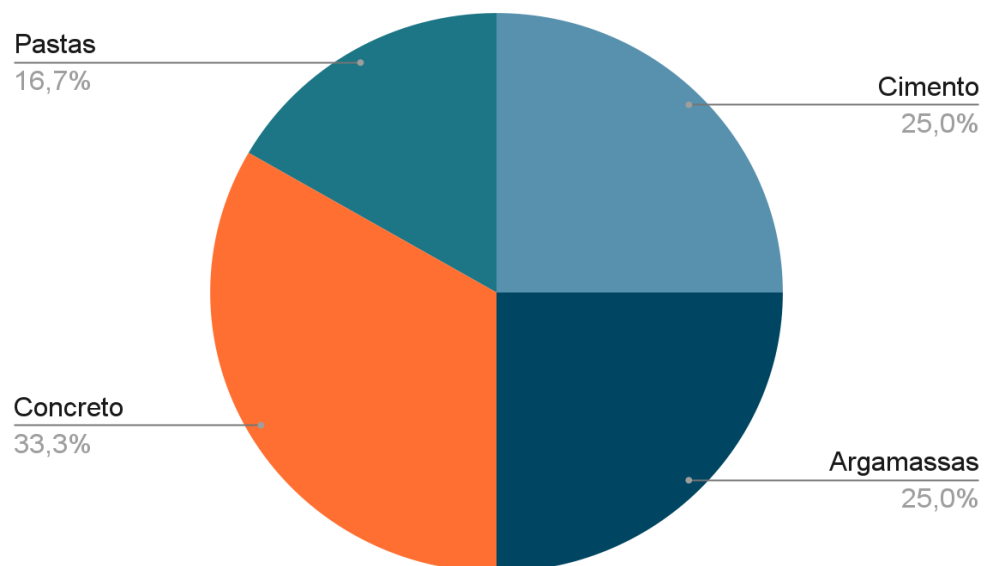
Foram apresentadas nos trabalhos incorporações em cimento e em pastas, principalmente devido a composição química e granulométrica de seus grãos, podendo contribuir na melhoria das propriedades, por exemplo, mecânicas, através do efeito filler.

Em argamassas e concretos, não apenas por ter granulometria de filler, mas também por apresentar maiores percentuais de sílica justificando a substituição dos agregados, miúdo no caso das argamassas e graúdo no caso de concreto.

Para melhor análise e compreensão da viabilidade do uso do RCV incorporado nessas matrizes, as mesmas foram organizadas de acordo com a variedade de materiais nas matrizes de incorporação: cimento, pastas, argamassas e concreto, respectivamente.

São apresentados o material que foi substituído e/ou adicionado e os principais resultados encontrados.

**Figura 4:** Publicações por matrizes de incorporação de RCV no período de 2014 a 2023. Fonte: Autores (2023).





### Cimento

Na Tabela 3, são apresentados os teores e os principais resultados obtidos na incorporação por substituição na matriz de cimento.

Para a matriz de cimento, todas as incorporações foram em relação à massa total dos materiais. A incorporação é considerada viável tendo em vista que foram constatados melhoramentos mecânicos, devido a composição química e apresentando granulometria de filler, ação física que compreende o preenchimento de vazios e proporcionando o empacotamento.

Por apresentar certa pozolanicidade, o RCV, até certos percentuais, pode substituir o cimento, visto que por meios de reações químicas, pode produzir compostos cimentantes. Em seu estudo Vieira (2005), obteve resultados satisfatórios quanto a pozolanicidade do RCV que estudou. Também foram levantadas informações a respeito da viabilidade econômica e ambiental e menor emissão de componentes poluentes, CO<sub>2</sub>.

### Pastas

Na Tabela 4, são apresentados os teores e os principais resultados obtidos na incorporação por substituição parcial da massa total pelo RCV na matriz de pastas.

Nas pastas, os resultados apresentados foram bastante satisfatórios com melhora no desempenho mecânico mostrando uma forma mais densa e boa resistência quando curado a temperatura ambiente. Esses resultados podem ser explicados mais uma vez devido a finura, efeito filler, e forma das partículas do RCV.

### Argamassas

A Tabela 5, apresenta os dados trazidos por pesquisadores contendo os teores e principais resultados obtidos na incorporação do RCV na matriz de argamassas.

Na matriz de argamassas, as incorporações por substituição foram em relação à massa total dos materiais e em relação ao agregado. Para essa matriz, Reiga *et al.* (2017), mostraram bons resultados mecânicos para corpos de prova de argamassa curados

**Tabela 3:** Incorporação do RCV na matriz de cimento. Fonte: Autores (2023).

**Tabela 4:** Incorporação do RCV na matriz de pastas. Fonte: Autores (2023).

Tabela 3

Autores	Incorporação	Principais resultados
Robayo <i>et al.</i> (2016)	5% a 20% (em massa total)	melhoria no comportamento mecânico
Carvalho <i>et al.</i> (2020)	4%, 5% e 6% (em massa total)	viabilidade econômica e ambiental e menos emissão de dióxido de carbono

Tabela 4

Autores	Incorporação	Principais resultados
Hwang <i>et al.</i> (2019)	60% e 100% (em massa total)	Melhoramento no desempenho mecânico, morfologia mais densa, alta resistência na cura em temperatura ambiente
Gaibor <i>et al.</i> (2020)	25%, 50%, 75% e 100% (em massa total)	Melhora no desempenho mecânico

à temperatura controlada, já Ramagiri *et al.* (2021), demonstraram em seu estudo a influência nos impactos ambientais. Também em sua pesquisa Cherene *et al.* (2023), chegaram em ótimos resultados mecânicos, de absorção de água e incorporação de ar das argamassas, contanto que a incorporação do RCV seja de até 10%.

Vale ressaltar que Alcantara, Nóbrega e Silva (2012), mostraram que devido ao efeito filler, argamassa de revestimentos podem ter ganhos de mais de 100% na resistência à compressão. As demais propriedades não são afetadas, para substituição dos agregados pelo RCV em até 20%, na aplicação em obras.

### Concreto

Na Tabela 6, são apresentados os teores e os principais resultados obtidos na incorporação do RCV na matriz de concreto.

Na matriz de concreto, as incorporações do RCV foram por substituições parciais em relação ao cimento e parciais e total em relação aos agregados. Nessa matriz, com incorporação do RCV em até 60% em relação ao agregado, Meena *et al.* (2023), mostraram que houve aumento na resistência à compressão dos corpos de prova de concreto, assim como também para Keshavarz *et al.* (2018), com aumento nas resistências de até 29%.

Ainda foi constatado pelos demais autores, redução em algumas propriedades mecânicas, mas se mantendo em conformidade com as normas pertinentes, redução na liberação do dióxido de carbono e melhoramento no desempenho e eficiência. Esses resultados podem ser explicados principalmente pela compatibilidade química com os agregados, em função da alta presença de sílica na composição química do RCV.

**Tabela 5:** Incorporação do RCV na matriz de argamassas. Fonte: Autores (2023).

**Tabela 6:** Incorporação do RCV na matriz de concreto. Fonte: Autores (2023).

Tabela 5

Autores	Incorporação	Principais resultados
Reiga <i>et al.</i> (2017)	0% a 100% (em relação ao agregado)	Boas propriedades mecânicas das argamassas curadas a 65 °C durante 7 dias, baixos valores de resistência foram alcançados nas amostras curadas à temperatura ambiente.
Ramagiri <i>et al.</i> (2021)	770 Kg/m <sup>3</sup> (em relação à argamassa)	Implica em dosagem mais elevada de silicato de sódio e hidróxido de sódio, elevando os impactos ambientais.
Cherene <i>et al.</i> (2023)	10%, 20% e 30% (em relação ao agregado)	A mistura de 10% melhorou a resistência à flexão e à compressão, menor coeficiente de capilaridade, aumento na densidade e diminuição do teor de ar incorporado. Nas demais misturas houve perda nas propriedades.

Tabela 6

Autores	Incorporação	Principais resultados
Keshavarz <i>et al.</i> (2018)	25%, 50%, 75% e 100% (em relação ao agregado)	Aumento na resistência à compressão do concreto em até 29%.
Passos <i>et al.</i> (2018)	20%, 40% e 100% (em relação ao agregado)	Queda de resistência à compressão, resistência à tração e módulo de deformação, mas mesmo reduzindo a tensão média de aderência, está em conformidade com as normas pertinentes.
Pavesi <i>et al.</i> (2021)	5%, 10%, 20% e 40% (em relação ao cimento)	Preservação das propriedades mecânicas, redução na liberação de dióxido de carbono, melhor desempenho e eficiência.
Meena <i>et al.</i> (2023)	0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100% (em relação ao agregado)	Aumento na resistência à compressão em incorporação de até 60%.

Os resultados negativos para as propriedades mecânicas apresentadas por Passos *et al.* (2018) podem ser justificados pelo que é abordado por Fernandes (2013), onde o excesso de finos pode atuar como inerte, competindo com o cimento diminuindo, assim a resistência do concreto, ou seja, quanto maior a quantidade finos, mais grãos precisam ser envolvidos pela pasta de cimento.

## Considerações finais

Foi possível desenvolver este levantamento literário da incorporação do RCV em matrizes da construção civil, a fim de obter conclusões sobre a viabilidade de utilização desse resíduo visando a sustentabilidade no que diz respeito à destinação adequada do RCV. Com relação à viabilidade de sua utilização nas matrizes de incorporação apresentadas nesse estudo de revisão e diante de um cenário onde há uma grande produção desse resíduo na indústria.

Para utilização em cimento e em pastas é necessário que haja a presença de algum álcali ativador, por exemplo, silicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) ou hidróxido de sódio (NaOH), de forma a mostrar contribuição no comportamento mecânico. Portanto, sendo processado e apresentando características de filler, para incorporação em pastas e produção de cimento, onde foi constatado melhoramento no desempenho mecânico, é, sim, viável a utilização do RCV.

Foi observado nos trabalhos de estudo dessa pesquisa de revisão que a incorporação do RCV em argamassas e em concretos se fizeram por substituição, em diferentes percentuais dos agregados, sendo eles miúdo e/ou graúdo, e de cimento.

Como foi tratado no levantamento de composição química do RCV, as substituições pelos agregados trouxeram resultados esperados e laboratoriais, em percentuais consideráveis, positivos, tanto nas propriedades mecânicas como nas propriedades de trabalhabilidade. Quando apresentou queda nessas propriedades e em redução média de aderência, esteve em conformidade com as normas pertinentes, o que torna sua incorporação nessas matrizes viável, ainda mais quando se leva em consideração o impacto que pode causar na destinação do RCV gerado pela indústria.

Em todas as matrizes de incorporação há um número pequeno de publicações, deixando em aberto um vasto campo de estudo de incorporação do RCV procurando destinar esses resíduos gerados pela indústria.

As propostas para trabalhos futuros são desenvolver estudos mais aprofundados nessas matrizes da construção civil através de metodologias e dosagens diferentes, a fim de comparar seus resultados; e fazer estudos relacionados ao comportamento de armaduras de concreto armado com a incorporação do RCV.

## Referências bibliográficas

- ABREMA. *Panorama dos sólidos no Brasil 2018/2019*, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/panorama/>>. Acesso em: 20 out. 2023.
- AHMED, A.; UGAI, K.; KAMEI, T. Investigation of recycled gypsum in conjunction with waste plastic trays for ground improvement. *Construction and Building Materials*. v. 25, p. 208-217, 2011.

- ALCANTARA, P. S. X. *Blocos intertravados coloridos para pavimentação com incorporação de resíduos de cerâmica vermelha em prol da redução de pigmentos*. Dissertação de mestrado em engenharia Civil e ambiental - Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, p. 180. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/16647>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- ALCANTARA, P. S. X, NÓBREGA, A. C. V.; SILVA, G. A. Desenvolvimento de argamassas de revestimento utilizando resíduos de cerâmica vermelha e sua aplicabilidade no cotidiano de obras na construção civil. In: *Congresso Brasileiro do Concreto, 54º*. Maceió. Anais. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto, 2012.
- ALIABDO, A. A.; ABD-ELMOATY, A. E. M.; HASSAN, H. H. Utilization of crushed clay brick in concrete industry. *Alexandria Engineering Journal*, v. 53, n. 1, p. 151–168, mar. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE - ABREMA. *Lixo: Brasil gerou mais de 40 mil toneladas de resíduos de construção*. 18 jun, 2024. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/2024/06/18/lixo-brasil-gerou-mais-de-40-mil-toneladas-de-residuos-de-construcao/>>. Acessado em: 10 set. 2024.
- BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção* (in Portuguese). Vol. 1, 5. Ed. LTC, 2001.
- BLAINE, S. Accelerating the hydration of calcium sulfate hemihydrates via high energy mixing. *Materials and Structures*, v. 30, p. 362-365, 1997.
- BRASIL. *Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010.
- BRAZILIAN ASSOCIATION FOR TECHNICAL STANDARDS (ABNT). *NBR 12128: Plaster for construction - Determination of the physical properties of the paste*. Rio de Janeiro. 1991.
- CABRAL, A.; SCHALCH, V.; MOLIN, D. D. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha (Performance of red ceramic recycled aggregate concrete). *Cerâmica*, v. 55, p. 448–460, 2009.
- CABRAL, Umberlândia. *De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões*. IBGE, 27 out, 2023. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>>. Acessado em: 29 out. 2023.
- CARVALHO, C. M. *et al*. Red ceramic industry residues: Used to produce Portland cement, *Case Studies in Construction Materials*, volume 13,2020,e00449, ISSN 2214-5095. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00449>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- CASTRO, A. L.; DOS SANTOS, R. F. C.; GONÇALVES, K. M.; QUARCIONI, V. A. Caracterização de cimentos compostos com resíduo da indústria de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v.63, p. 65-76, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ce/a/4gkQcmdPhnwVT94xbR8drMH/abstract/?lang=pt>>. Acesso em 20 set. 2023.
- CAVALLINE, T. L.; WEGGEL, D. C. Recycled brick masonry aggregate concrete: Use of brick masonry from construction and demolition waste as recycled aggregate in concrete. *Structural Survey*, v. 31, n. 3, p. 160–180, 5 jul. 2013.
- CHERENE, M. G. P. *et al*. Technological and microstructural perspective of the use of ceramic waste in cement-based mortars, *Construction and Building Materials*, volume 367, 2023, 130256, ISSN 0950-0618, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130256>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- CONAMA 307/2002 - Gestão de Resíduos Sólidos (Construção Civil), 2002. Disponível em: <[https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf)>. Acessado em: 20 set, 2023.
- DIAS, L. A. *et al*. Study of red ceramic residues as pigments in matrices based on white Portland cement, *Rev. IBRACON Estrut. Mater.*, vol. 14, no. 6, e14608, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1983-41952021000600008>>. Acesso em: 01 out, 2023.

- FERNANDES, I. *Blocos e Pavers*. Produção e Controle de Qualidade. São Paulo. 2013.
- FREITAS, E. *Os recursos naturais*. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-recursos-naturais.htm>>. Acesso em 25 de setembro de 2023.
- GAIBOR, N.; COELHO, J.; LEITÃO, D.; MIRANDA, T.; TAVARES, P.; CRISTELO, N. Alkali activation of recycled ceramic aggregates from construction and demolition wastes. *Materiales de Construcción*, [S. l.], v. 70, n. 339, p. e222, 2020. DOI: 10.3989/mc.2020.13619. Disponível em: <<https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/2296>>. Acesso em: 01 out. 2023.
- GARCIA, E. *et al.* Avaliação da atividade pozolânica dos resíduos de cerâmica vermelha produzidos nos principais polos ceramistas do Estado de S. Paulo. *Cerâmica*, v. 61, 2015.
- GARCÍA-GONZÁLEZ, J. *et al.* Ceramic ware waste as coarse aggregate for structural concrete production. *Environmental Technology* (United Kingdom), v. 36, n. 23, p. 3050–3059, 2 dez. 2015.
- GOMES, M.; DE BRITO, J. *Structural concrete with incorporation of coarse recycled concrete and ceramic aggregates*. Portugal Sb07 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millennium, Pts 1 and 2, p. 887–894, 2007.
- GONÇALVES, J. P. G. *Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos*. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rem/a/Y7dy6h3qBN4DP9cVchgvw6G/>>. Acesso em: 01 out. de 2023.
- HWANG, C. *et al.* Development of high-strength alkali-activated pastes containing high volumes of waste brick and ceramic powders. *Construction and Building Materials*, volume 218, 2019, pages 519-529, ISSN 0950-0618. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.143>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. *Resíduos de cerâmica vermelha*. Band Cidade, dez. 2013. Disponível em . Acesso em: Nov. 2023.
- KESHAVARZ, Z.; MOSTOFINEJAD, D. Porcelain and red ceramic wastes used as replacements for coarse aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, volume 195, 2019, pages 218-230, ISSN 0950-0618. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.033>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- KHALAF, F. M. Using Crushed Clay Brick as Coarse Aggregate in Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 18, n. 4, p. 518–526, 24 jul. 2006.
- MEENA, R. V. Evaluating resistance of ceramic waste tile self-compacting concrete to sulphuric acid attack. *Construction and Building Materials*, volume 393, 2023, 132042, ISSN 0950-0618. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132042>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. São Paulo, 1994.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nações Unidas Brasil. Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em: 06 de out, 2023.
- NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil. 1. ed. *Fortaleza: Coopercon – Cooperativa da Construção Civil do SCIENTIA CUM INDUSTRIA*, V. 6, N. 3, PP. 31 — 37, 2018 Estado do Ceará, 2008. 100 p.
- ONU. População mundial atinge 8 milhões de pessoas. Nações Unidas, 15 Nov. 2022. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>>. Acessado em: 28 set. 2023.
- PASSOS, L.; MORENO JUNIOR, A. L. Estudo da tensão de aderência entre barras de aço e concretos com agregados de resíduos de cerâmica vermelha. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 361-375, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400310>>. Acesso em: 01 out, 2023.

- PAVESI, T. B.; ROHDEN, A. B.; GARCEZ, M. R. *Supporting circular economy through the use of red ceramic waste as supplementary cementitious material in structural concrete*. *J Mater Cycles Waste Manag* 23, 2278–2296 (2021). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10163-021-01292-7>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- RAMAGIRI K. K.; KAR, A. Environmental impact assessment of alkali-activated mortar with waste precursors and activators. *Journal of Building Engineering*, Volume 44, 2021, 103391, ISSN 2352-7102. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103391>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- REIGA L. *et al.* Compressive strength and microstructure of alkali-activated mortars with high ceramic waste content. *Ceramics International*, Volume 43, Issue 16, 2017, Pages 13622–13634, ISSN 0272-8842, <<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.072>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- ROBAYO R. A. *et al.* Alternative cements based on alkali-activated red clay brick waste. *Construction and Building Materials*, Volume 128, 2016, Pages 163–169, ISSN 0950-0618, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.023>>. Acesso em: 01 out, 2023.
- SCHACKOW, A. *et al.* Influence of fired clay brick waste additions on the durability of mortars. *Cement and Concrete Composites*, v. 62, p. 82–89, 26 jun. 2015.
- SILVA, D. A.; MELO, C. E. L. Utilização de material cerâmico proveniente do RCD para aplicação em concreto: uma revisão. *Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)*, [S. l.], v. 19, p. 1-15, 2021. DOI: 10.11606/1984-4506.risco.2021.162069. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/risco/article/view/162069>>. Acesso em: 18 set. 2023.
- STROHER, A. P. *et al.* Utilização da cerâmica de entulho na substituição de agregado graúdo do concreto. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 4, p. 34–46, 2017.
- VIEIRA, A. A. P. *Estudo do Reaproveitamento de Resíduo de Cerâmica Vermelha como Substituição Pozolânica em Argamassas e Concreto*. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2005. 107 p.

Recebido [Jun. 12, 2023]

Aprovado [Dez. 05, 2024]