



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

YASMINI TORRES DA SILVA

**USO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL AGLUTINANTE PARA A  
PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO**

CARAGUATATUBA  
2022

YASMINI TORRES DA SILVA

**USO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL AGLUTINANTE PARA A  
PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
(TCC), apresentado ao Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia, Câmpus Caraguatatuba  
como exigência para a obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Dr. José Américo Alves  
Salvador Filho

CARAGUATATUBA  
2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

S586u	Silva, Yasmini Torres da Uso de resíduos plásticos como material aglutinante para a produção de componentes de construção civil. / Yasmini Torres da Silva. -- Caraguatatuba, 2022. 24 f. : il.  Orientador: Prof. Dr. José Américo Alves Salvador Filho. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.  1. Engenharia Civil. 2. Tijolos. 3. Blocos. 4. Paviers. 5. Sustentabilidade. I. Salvador Filho, José Américo Alves, orient. II. Instituto Federal de São Paulo. III. Título.  CDD: 624
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por Elis Regina Alves dos Santos  
Bibliotecária - CRB 8/8099

ATA N.º 14/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

**Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação**

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa da Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **USO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL AGLUTINANTE PARA A PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO** apresentada pelo aluno **Yasmini Torres da Silva (CG1701134)** do Curso **BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. Os trabalhos foram iniciados às **18:00** pelo Professor presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença	Aprovação/Conceito (quando exigido)
<b>Jose Americo Alves Salvador Filho</b> (Orientador)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Elaine Regina Barreto</b> (Examinadora Interna)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Silvete Mari Soares</b> (Examinadora Interna)	IFSP Caraguatatuba	sim	Aprovado
<b>Observações:</b> Deverão ser realizadas correções no texto conforme indicado pela banca avaliadora antes da entrega do texto final.			

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado                       Reprovado                      Nota (quando exigido): N/E

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

CARAGUATATUBA / SP, 18/02/2022

\_\_\_\_\_  
**Jose Americo Alves Salvador Filho**

\_\_\_\_\_  
**Elaine Regina Barreto**

\_\_\_\_\_  
**Silvete Mari Soares**

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Americo Alves Salvador Filho**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 18:44:59.
- **Elaine Regina Barreto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 18:49:12.
- **Silvete Mari Soares**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 18:55:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 299430  
Código de Autenticação: 32baa38df6



ATA N.º 14/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Dedico esse trabalho aos meus pais, amigos e professores que sempre acreditaram, respeitaram e me auxiliaram no processo até a conclusão do meu sonho de infância.

## AGRADECIMENTOS

Ao maior engenheiro, Criador de todas as coisas meu eterno agradecimento pelo presente da vida e suas oportunidades. Aos meus pais e irmãos, que me proporcionaram realizar o sonho de cursar a graduação que faz meus olhos brilharem desde a infância na instituição que escolhi. Aos meus amigos, que mesmo na dificuldade do processo acreditaram que era possível e ficaram do meu lado. Aos professores, por toda dedicação e comprometimento com o ensino, e meu orientador, por me conduzir frente a dificuldades com extremo zelo, profissionalismo e ternura.

“Portanto, irmãos, sejam ainda mais diligentes em se assegurar da sua chamada e escolha, pois, se vocês persistirem em fazer essas coisas, não falharão jamais.”

(2 Pedro 1:10)

## RESUMO

Um dos maiores problemas que o mundo hoje enfrenta é a produção a nível exponencial de lixo, principalmente de resíduos plásticos. Grande parte do lixo produzido se deteriora com o passar do tempo, o que diminui seu acúmulo com o passar dos anos. No entanto, o plástico apenas é quebrado em diversos micro pedaços, o que gera um alerta preocupante sobre o acúmulo dos mesmos, principalmente nas águas. A questão social envolvida na produção desmedida de tais resíduos está ligada à não reutilização desse material, visando maior lucro e menor custo. Tal atitude impulsiona a utilização de materiais baratos de uso único, onde o resultado é a produção desordenada de lixos plásticos. As consequências das ações citadas acima são inúmeras e diversificadas. Engloba desde enchentes devido ao acúmulo de lixos nas ruas e seu posterior travamento em bocas de lobo que vão gerar outras problemáticas até inúmeras ilhas de lixo espalhadas nos mares e morte de animais pelo contato com plásticos. O objetivo desse trabalho é encontrar e desenvolver a metodologia eficaz para diminuir o acúmulo dos resíduos citados por dar outro destino ao lixo plástico. Utilizar o mesmo para a produção de tijolos plásticos de forma que além de resolver a problemática do acúmulo de lixo, aumentará a possibilidade de famílias conseguirem um lar.

**Palavras-chaves:** Tijolos, blocos, pavers, resíduos plásticos, sustentabilidade.



## ABSTRACT

One of the biggest problems facing the world nowadays is the exponential production of waste, mainly plastics. Much of the waste produced deteriorates over time, which reduces its accumulation over the years. However, the plastic is only broken into several micro pieces, which generates an alert about their accumulation, especially in water. The social issue of its production is not related to the reuse of such waste, aiming at non-reuse and the lowest cost. Such an attitude drives the use of cheap single-use materials, where the result is a disorderly production of plastic waste. The quotes cited above are the consequences and the various ones. It ranges from floods due to the accumulation of garbage on the streets and its subsequent blocking of storm drains that will generate other problems, to islands of garbage scattered on the shores and death of animals by contact with plastics. The objective of this work is to find and develop an effective methodology to reduce the accumulation of the objects mentioned by giving another destination to the garbage. Using the same for the production of plastic bricks so that in addition to solving the problem of garbage accumulation, it will increase the possibility of families getting a home.

**Keywords:** bricks, blocks, pavers, plastic waste, sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização do plástico desde sua criação cresce de forma exponencial devido ao baixo custo na produção e ampla utilização nos mais variados âmbitos. No entanto, devido as tecnologias implantadas e a falta de iniciativas que coíbam o uso indiscriminado deste material, a tendência é que seu uso continue aumentando. Estudos mostraram que até 2015, cerca de 8,3 bilhões de toneladas de plástico foram produzidos. Desses, aproximadamente 6,3 bilhões de toneladas se tornaram resíduos, que foram destinados em lugares não apropriados. Estima-se que menos de 10% desta quantia de plástico foi reciclada. (WIESENHÜTTER; MEINERZ; GRIEBLER, 2021). E o mais preocupante é que anualmente são jogados mais de 8 milhões de toneladas nos oceanos, trazendo uma série de consequências para a vida marítima, a pesca e ao turismo, fatos dos quais ainda não temos os contornos definidos, contando somente com uma leitura superficial dos especialistas que já mostram que neste ritmo, em poucas décadas, teremos mais plásticos do que peixes nos oceanos. (FAPESP, 2019)

O Brasil encontra-se em 4º lugar no ranking mundial quanto ao consumo de plástico, segundo o relatório “Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização”, divulgado em março de 2019 pelo Fundo Mundial para a Natureza (World Wide Fund For Nature - WWF). O levantamento realizado pelo WWF embasou-se nos dados do Banco Mundial e analisando o uso do plástico em mais de 200 países, sendo possível concluir que o Brasil produz, em média, cerca de 1 quilo de lixo plástico por habitante a cada semana e aproximadamente 11,3 milhões de toneladas de lixo plástico anualmente, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. (WIESENHÜTTER; MEINERZ; GRIEBLER, 2021)

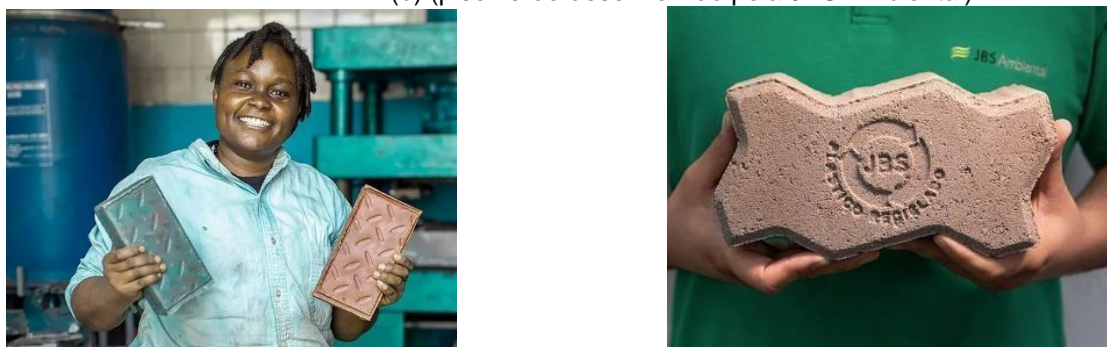
As dificuldades encontradas pelo descarte inadequado de plásticos é algo que acomete cada vez mais a população e causa problemas ambientais cada vez maiores. Desde enchentes por entupir bocas de lobo até a poluição dos corpos d'água o que leva a morte de diversas vidas aquáticas além da problemática que envolve o meio ambiente. Uma forma de diminuir tais resíduos é a incineração de materiais o que resulta em alta poluição no ar. Por tudo isso, faz-se necessário encontrar e aplicar um método de utilizar tais resíduos que sejam eficientes. Um das possibilidades que vêm se mostrando viáveis é a utilização dos resíduos plásticos para a produção de tijolos.

No entanto, não são todos os polímeros que podem ser reaproveitados. Os polímeros podem ser subdivididos em reutilizáveis ou não. O PET (Polietileno tereftalato) é um dos plásticos recicláveis mais comuns, formado pela reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol. Normalmente usado na produção de frascos e garrafas para alimentos, como é o caso das garrafas de refrigerante e água, além de embalagens de medicamentos e cosméticos. Trata-se de material transparente, inquebrável, impermeável e leve. O PEAD (Polietileno de alta densidade) embora seja comumente utilizado para fabricação de tampas e embalagens, sacolas de supermercados, potes e utilidades domésticas, não pode ser utilizado em altas temperaturas, o que dificulta sua reutilização.

A iniciativa para desenvolver o trabalho em questão parte de uma reportagem que conta a história do trabalho desenvolvido por uma engenheira queniana, Nzambi Matee que após diversos experimentos utilizando diferentes tipos de plásticos encontrou a proporção ideal do polímero e areia para a criação de tijolos capaz de suportar o dobro do peso limite de blocos de concreto (figura 1). No entanto, seu trabalho não apenas foi a criação de outro elemento construtivo, mas também a acessibilidade do material a famílias de baixa renda, geração de emprego e diminuição, até o momento, de 20 toneladas de plásticos que seriam descartados de forma irregular. (Casa Vogue, 2019)

Como visto anteriormente, o Brasil é um dos países com maior índice de produção, consumo e conseqüentemente descarte inadequado de plásticos, o que torna o país um grande campo para o desenvolvimento de produtos semelhantes aos da engenheira queniana Nzambi Matee. Tal trabalho já está sendo desenvolvido pela empresa JBS Ambiental no Brasil que reutiliza PVDC (embalagens multicamadas que utilizam plástico *in natura* de difícil reciclagem) para a produção de pisos intertravados que oferecem a mesma resistência de um bloco 100% de concreto (figura 1). A JBS, durante todo processo de execução, reutilizou 50% do resíduo gerado diminuindo na mesma proporção o lixo que seria gerado e descartado de forma irregular (JBS Ambiental).

**Figura 1** – (a) Nzambi Matee, fundadora da startup Gjenge Makers, (b) (piso verde desenvolvido pela JBS Ambiental)



(a)

(b)

Fonte: (a) Casa Vogue e (b) JBS ambiental

O presente trabalho pode levar conhecimento a respeito de técnicas de utilização dos resíduos plásticos na Construção Civil para o meio técnico e público em geral, com a possibilidade de minimizar os efeitos da poluição causada pelo uso indiscriminado de plástico no mundo.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo reunir material técnico-científico suficiente que possibilite elaborar um método seguro e eficaz para a produção de elementos para construção civil a partir de resíduos plásticos. Para alcançar este objetivo foram realizadas as seguintes etapas:

- I. Analisar quanto se produz de plástico no país
- II. Analisar o processo da confecção de tijolos
- III. Analisar quais desses plásticos podem ser usados para confeccionar tijolos

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas ferramentas de busca de artigos científicos abertas aos estudantes do IFSP. Em um primeiro momento foi o Google Acadêmico, que foi utilizado para uma abordagem inicial sobre o tema e extração de informações para a parte introdutória deste trabalho. Esta análise foi realizada para resultados classificados por ordem de relevância, sem se estabelecer um período específico para a busca, e foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Plástico no mundo; Tipos de plástico; Tijolo ecológico; Tijolo de plástico; e Tijolo plástico ecológico.

A partir dos resultados encontrados, foi adotado o método SMS (*Systematic Mapping Study*) (SOUZA *et al*, 2017) que consiste em uma pesquisa em base de dados para determinar as publicações existentes sobre determinado assunto, o que resulta em uma visão ampla e assertiva da pesquisa, pois o método aborda um mapeamento com informações como: base de dados utilizada; tipos de resultados; e populações

envolvidas sobre o assunto, quando houver. Para utilização de tal método é necessário seguir as orientações que são baseadas em quatro principais tarefas:

- a) Planejamento: definir o caminho a ser seguido na pesquisa que inclui definir os termos de busca, seleção das bases de dados e os critérios de inclusão e exclusão de determinado artigo baseado em questões direcionadas ao tópico em estudo, a saber: utilização do resíduo plástico como material aglutinante; especificação dos materiais utilizados (polímeros, agregados e adições); especificação dos métodos de produção (preparação dos materiais, temperatura de trabalho e cura); e critérios para a avaliação do desempenho do componente produzido;
- b) Realização da pesquisa: busca por documentos relevantes utilizando-se o Portal de Periódicos CAPES, que contempla diversas bases de dados, para o período de 2018 a 2021, com resultados classificados por ordem de relevância a partir das seguintes palavras-chave: *recycled plastic bricks*; e *recycled plastic blocks*;
- c) Extração dos dados: baseado nos critérios anteriores, classifica-se os documentos selecionados de acordo com as informações obtidas. Nesta etapa, foi realizada uma leitura cuidadosa do resumo de cada um dos documentos encontrados para se verificar a pertinência dos artigos e a possibilidade de utilização nesta pesquisa;
- d) Análise do estudo: consiste em resumir os dados para a cada uma das questões pré-estabelecidas.

Após a realização da revisão bibliográfica, as informações coletadas dos artigos científicos foram organizadas de modo a servir como um roteiro de produção de componentes de construção civil com plástico reciclado.

## **2.1 Seleção dos documentos**

Na revisão bibliográfica preliminar, realizada para encontrar informações gerais sobre o assunto e compor a introdução de forma mais abrangente, foram utilizadas as palavras-chave: Tijolo plástico, tijolo a partir de plástico reciclado, plástico em tijolo. Foram encontrados 31 artigos de acordo com tema e resumo de anos diversos, principalmente entre 2018 e 2021. Após a leitura dos artigos, verificou-se que poucos abordavam o tema da produção de componentes para construção civil (tijolos ou pavers) a partir da utilização de resíduos plásticos como material aglomerante.

Em sequência foi realizada a revisão bibliográfica utilizando o método SMS através do Portal de Periódico CAPES, com as palavras-chave: *recycled plastic bricks*. Foram obtidos 399 artigos na busca, que foram classificados por ordem de relevância. Foi realizada a leitura dos resumos dos artigos das 10 primeiras páginas, para definir quais estariam em conformidade com o objetivo da pesquisa.

Em sequência foi realizado o mesmo procedimento utilizando-se as palavras-chave: *waste plastic bricks*. Os documentos encontrados totalizaram 760, que passaram pelo mesmo processo de análise para as próximas etapas descritas a seguir.

### **3 SÍNTESE DOS ARTIGOS SELECIONADOS**

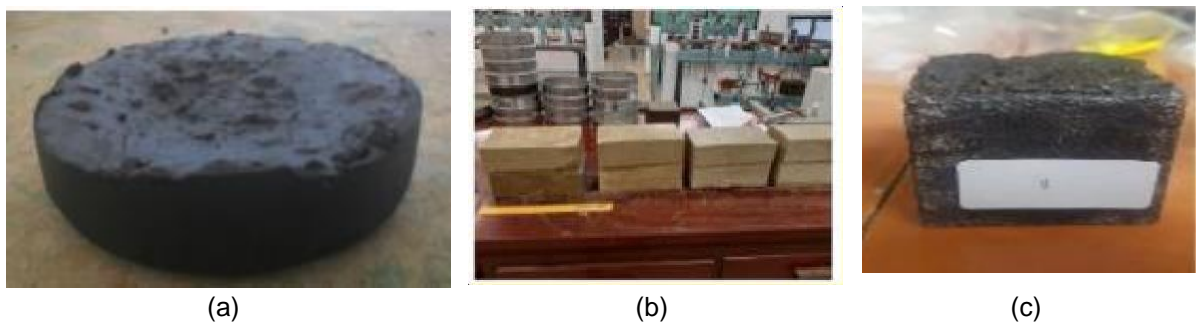
RAOELIVOLOLONA *et al* (2020) realizaram um estudo com foco na transformação de sacolas plásticas de polietileno em tijolos de baixo custo. A fabricação consiste em aquecer uma mistura de sacos plásticos fundidos e um solvente denominado na pesquisa como “elemento de carbono rico em resíduos” (RCWE, do inglês *Rich Carbon Waste Element*) utilizada como ligante. É adicionando areia como agregados, o que gera um produto com volume três vezes maior do que o das sacolas plásticas utilizadas. A utilização do RCWE permitiu que a temperatura de fusão do polietileno fosse diminuída de 135°C para 110°C para a proporção 100g de RCWE para 50g de plástico. Este procedimento permite a mistura e produção em via úmida e evita a geração de gases tóxicos. Foram realizados testes para identificar as características mecânicas do material desenvolvido e concluiu-se que com maior quantidade de plásticos aumenta-se a resistência mecânica, embora o volume ocupado pelo plástico seja baixo. O estudo conclui que o tijolo fabricado pode ser utilizado em pavimentações dado o desempenho apresentado nos testes realizados.

IKECHUKWU e SHABANGU (2021) estudaram tijolos de alvenaria produzidos a partir dos resíduos de plástico PET e vidro reciclado triturado. Os tijolos foram produzidos por meio de proporções variáveis de solo, plástico e de vidro. Os tijolos de alvenaria foram avaliados experimentalmente com ensaios de resistência à compressão e tração para avaliar as propriedades mecânicas em conformidade com a norma sul-africana SANS 227. Também foram realizados testes de durabilidade através da submersão completa em soluções de ácido sulfúrico em diferentes molaridades e testes de durabilidade conduzidos por meio de molhagem e secagem de solução de sulfato de sódio. Os resultados dos testes mostraram que a utilização de PET e vidro reciclado triturado aumentou a resistência à tração dos tijolos em 70% e a resistência

a compressão em 54,85% quando comparado aos tijolos convencionais segundo a norma sul-africana (figura 2).

INTAN e SANTOSA (2019) avaliaram a produção de tijolos a partir de dois tipos de plásticos amplamente utilizados como material de embalagens: PET (Polietileno de Tereftalato) e LDPE (Polietileno de Baixa Densidade). O estudo baseou-se na avaliação pelo método LCA que tem uma abordagem que visa quantificar os impactos ambientais potenciais como mudanças climáticas, uso de energia não renovável e etc. O trabalho não descreve o método de produção dos tijolos, mas analisa o impacto ambiental de sua produção (figura 2).

**Figura 2** – Tijolos plásticos fabricados por: (a) KEDARE, (b) IKECHUKWU e SHABANGU (2021) e (c) INTAN e SANTOSA (2019)

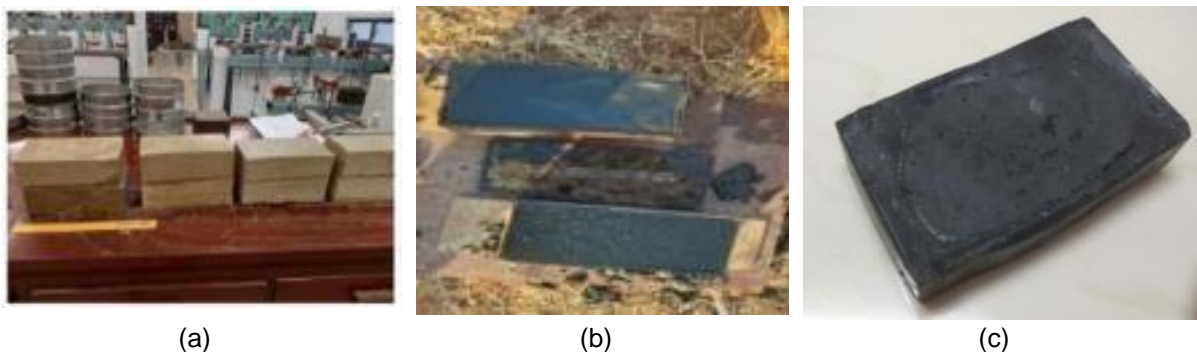


ANEKE e SHABANGU (2021) relataram uma investigação sobre a utilização de resíduos plásticos e areia de fundição (FS) na produção de tijolos eco eficientes para estruturas de alvenaria. Os tijolos foram produzidos em diversas proporções e foram testados para avaliação da durabilidade por meio de ácido e de imersão em água e, posteriormente, e realizados ensaios de resistência à compressão e resistência à tração, para avaliar os índices de resistência do tijolo em comparação com a queima convencional de tijolos de argila. Os resultados desta investigação mostraram que todos os tijolos produzidos a partir de FS e SPW (resíduos plásticos) registraram 85% de resistência maior do que os tijolos cerâmicos. A proporção de 70%: 30% FS:SPW apresentou os maiores valores de resistência seguidos por 60%: 30% e 80%: 20% quando avaliados à tração e à compressão respectivamente. Os resultados mostraram ainda que a resistência à compressão dos tijolos SPW é duas vezes maior em comparação com os tijolos de argila, pois ambos registraram 29,45 MPa e 14 MPa, respectivamente (figura 3).

BHARATHI *et al* (2020) investigaram a utilização de resíduos de plástico adicionados à areia para fabricar tijolos. A dosagem de adição de plástico (plástico residual: areia)

varia da proporção de 1:1 (tipo C1) a 1:2 (tipo C2). As relações de mistura são fixadas com base na função experimental. O comportamento dos tijolos para teste de compressão, absorção de água, solidez e dureza foram testados para garantir o desempenho em resistência e verificações de durabilidade. O desempenho em vários foi em comparação com os tijolos padrão. No teste de compressão, a combinação de tijolos do tipo C2 mostra a maior resistência, de 55,91MPa. Por outro lado, o resultado do teste de absorção de água mostra que os tijolos do tipo C1 são melhores (figura 3). KEDARE (2020) produziu tijolos com resíduos de plástico e areia. A autora considera este tipo de tijolo resistente a óleo, água, sais e ácidos. Comenta ainda que é mais durável em comparação com outros tijolos e pode suportar temperaturas de até 180°C. Os tijolos foram submetidos a diversos testes como variação de temperatura, resistência aos ácidos, fogo e água salina, resistência à compressão e dureza e apresentou desempenho superior ao material atualmente usado em estradas. Este tijolo pode substituir os blocos de pavimento em estradas, pois devido sua baixa permeabilidade, espera-se que tenha melhor vida útil em comparação com os blocos de concreto.

**Figura 3** – Tijolos plásticos fabricados por: (a) ANEKE e SHABANGU (2021), (b) BHARATHI et al (2020) e (c) KEDARE (2020)



SURESH *et al* (2020) utilizaram sacos de polietileno limpos com areia para obter tijolos de alta resistência retendo suas propriedades de isolamento térmico e acústico. Para tal, foram fabricados tijolos com diversas proporções do material. Posteriormente, foi realizada uma avaliação das propriedades do tijolo que é fabricado usando resíduos de plástico em comparação com os tijolos convencionais, apresentando resultados positivos com relação àqueles fabricados com resíduos plásticos.



## **4 MATERIAIS E PROCESSO PRODUTIVO**

Nesta seção são apresentados os principais critérios para a produção de tijolos e pavers a partir da utilização de resíduos plásticos como material aglutinante, a partir da bibliografia técnico-científica consultada. Foi estabelecida uma sequência para apresentação das informações coletadas abordando os materiais utilizados, os procedimentos de produção e os critérios de análise de desempenho dos produtos utilizados pelos pesquisadores.

### **4.1 Materiais**

Neste item estão abordados os materiais utilizados para a produção dos compósitos estudados, tais como os polímeros oriundos dos resíduos plásticos utilizados como aglutinantes, os materiais de enchimento, que também são conhecidos como agregados, e as adições utilizadas para melhorar as propriedades dos componentes e/ou o processo produtivo.

#### **4.1.1 RESÍDUOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL AGLOMERANTE**

Os polímeros termoplásticos, de fácil reciclagem, constituem cerca de 80% de todo o consumo de plástico, e os termofixos cerca de 20% que podem não ser seguros para reciclar. Portanto o material mais utilizado nos trabalhos avaliados foi o Polietileno de Tereftalato (PET). Tal material foi escolhido por várias questões, entre elas: facilidade em encontrar o polímero devido seu vasto uso, a possibilidade de retornar ao estado sólido após ser submetido a altas temperaturas além da resistência à compressão e absorção de água. Outro fator determinante foi o risco que esse material gera nos oceanos tanto devido a sua lenta degradação, bem como a morte de animais. No entanto, não foi apenas esse material utilizado para produção de tijolos recicláveis. (INTAN e SANTOSA, (2019); IKECHUKWU e SHABANGU (2021); ANEKE e SHABANGU, (2021)).

A utilização de sacolas e embalagens plásticas também fez parte de estudos que fizeram uso do material devido ao crescimento exponencial de produção nos últimos anos e o não acompanhamento de sua reutilização. Outro fator decisivo para a utilização de embalagens plásticas foi a divergência entre o tempo de utilização do produto e o tempo de sua decomposição. A mistura deste polímero com PET também foi utilizada para produção de tijolos. (RAOELIVOLOLONA *et al* (2020);BHARATHI *et al* (2020))

#### 4.1.2 AGREGADOS (OU MATERIAL DE ENCHIMENTO)

Os agregados são materiais com dimensões variadas, que aumentam o volume da mistura, podem melhorar as propriedades mecânicas (resistência à compressão e módulo de elasticidade), reduz a quantidade de material aglutinante, além de contribuir para que haja menor variação volumétrica do produto final. Dependendo das dimensões e características podem ser divididos em dois grupos, grãos e miúdos. (PINHEIRO *et al*, (2010))

Com o objetivo de criar um produto semelhante ao convencional encontrado no mercado da construção civil, vários autores utilizaram areia como agregado na mistura. (ANEKE e SHABANGU, (2021); RAOELIVOLOLONA *et al* (2020); BHARATHI *et al* (2020); KEDARE (2020))

Os agregados a seguir foram pouco utilizados, no entanto, sua inclusão no processo de fabricação dos componentes, o que resulta em uma mistura que tem os benefícios citados acima, como inibição do surgimento de trincas e rachaduras além da perda de água.

Materiais alternativos oriundos de resíduos diversos também foram utilizados como agregados em alguns dos trabalhos consultados. O vidro triturado foi utilizado devido ao descarte, muitas vezes inadequado, a grande utilização e não afetou a resistência mecânica dos tijolos produzidos (IKECHUKWU e SHABANGU (2021)). Resíduos de Construção e Demolição (RCD) foram utilizados devido à grande quantidade disponível, ao descarte incorreto e por ser um material economicamente viável (INTAN e SANTOSA, (2019)). O pó de borracha com adições de carbonato de cálcio foi utilizado por apresentar melhorias na trabalhabilidade do material. (SHIRI *etal*, (2015))

#### 4.1.3 ADIÇÕES

A maior parte dos trabalhos estudados não citaram a utilização de aditivos durante o processo de fabricação dos tijolos plásticos. Isso porque, muitos autores se preocuparam em tornar a mistura, simples, eficiente, e de baixo custo para que o tijolo plástico produzido pudesse ser utilizado pelo maior número de pessoas. (INTAN e SANTOSA, (2019); IKECHUKWU e SHABANGU (2021); ANEKE e SHABANGU, (2021); (RAOELIVOLOLONA *et al* (2020)); BHARATHI *et al* (2020); KEDARE, (2020))

### 4.2 Processo produtivo

Na sequência são apresentados os tópicos relacionados diretamente ao processo produtivo, tais como os métodos utilizados para mistura e preparação dos materiais

e conformação dos componentes, a temperatura de trabalho e os cuidados pós-produção.

#### 4.2.1 MANUSEIO DA MISTURA

Para a produção dos componentes, cada autor estabeleceu uma sequência de atividades desde a preparação dos materiais até o produto finalizado. Grande parte dos estudos analisados seguiu a mesma linha de produção. Após os polímeros a serem utilizados terem sido recolhidos, foi feita a limpeza dos materiais, pois na maioria das vezes encontra-se acúmulo de impurezas devido o descarte incorreto. Certos autores utilizaram maquinário específico para o corte dos plásticos, mas a maioria fez cortes sem precisão apenas com o objetivo de diminuir o volume ocupado e facilitar na etapa seguinte. O aquecimento dos polímeros aconteceu de forma lenta até garantir que a mistura estava no ponto de excelente trabalhabilidade. Nesse momento, os agregados e adições foram adicionados de forma gradativa até garantir uma mistura homogênea para ser adensada e garantir a expulsão da maior parte do ar aprisionado. A mistura, após esse processo é transferida para o molde onde passará pelo processo de cura. (INTAN e SANTOSA, (2019); IKECHUKWU e SHABANGU (2021); ANEKE e SHABANGU, (2021); BHARATHI *et al* (2020); KEDARE, (2020))

Devido as leves diferenças na composição dos materiais, dos autores que utilizaram o aquecimento no processo, as especificações de temperatura variaram entre 135°e 220°C. Isso porque muitos utilizaram o aquecimento até o polímero melhorar sua trabalhabilidade e eficiência em tornar a mistura homogênea com o restante dos materiais. (RAOELIVOLOLONA *et al*, (2020); IKECHUKWU e SHABANGU (2021); ANEKE e SHABANGU, (2021))

Com informações pouco precisas, RAOELIVOLOLONA *et al* (2020) utilizaram um solvente para derreter o material (sem especificar detalhes dos componentes de tal solvente) já limpo e triturado que foi misturado com areia até se tornar um composto homogêneo e ser transferido para um molde. O solvente foi utilizado com o princípio de não utilizar calor para a fabricação dos tijolos, no entanto, com a falta de informações sobre os componentes de tal solvente não é possível afirmar que seus danos são menores que a utilização do aquecimento para derreter o polímero.

#### 4.2.2 CUIDADOS PÓS-PRODUÇÃO

O processo de cura variou consideravelmente de acordo com autor do projeto, no entanto, o resfriamento com água (tanto por deixar os tijolos em banho maria, bem como submersos até o resfriamento e ciclos de umedecimento) foi utilizado com êxito. (KEDARE, 2020); BHARATHI *et al* (2020))

Com o objetivo de tornar a ação acessível certos autores utilizaram a cura de seus elementos construtivos em temperatura ambiente. Após o desmolde (feito poucas horas após a mistura ter sido colocada em moldes) o resfriamento completo é feito ao ar livre. (INTAN e SHABANGU (2019)) Alguns estudos não especificaram a metodologia utilizada para o processo de cura da reutilização do polímero. (RAOELIVOLOLONA *et al* (2020))

#### 4.3 Desempenho dos componentes produzidos

A metodologia utilizada para análise de desempenho dos componentes produzidos com resíduos plásticos foi individual, apenas compartilhando o teste de compressão entre todos os autores. Portanto, na sequência encontra-se a análise individual da avaliação de parâmetros de desempenho a respeito do tema estudado.

Vale ressaltar que no Brasil ainda não há normativa específica sobre critérios mínimos para as propriedades físicas e mecânicas de tijolos, blocos ou pavers fabricados com resíduos plásticos em sua composição. Entretanto, é necessário ter em mente os parâmetros estabelecidos nas normas vigentes para os componentes cerâmicos ou de concreto. A norma ABNT NBR 15270:2017 estabelece para tijolos cerâmicos maciços resistência à compressão mínima de 1,5 MPa para aplicação em alvenarias de vedação e 6,0 MPa para alvenarias estruturais. Além disso, estabelece critério de absorção de água mínima de 6%. Já a norma ABNT NBR9781:2013 estabelece que blocos intertravados de concreto para pavimentação de vias de tráfego de pedestres, veículos leves ou comerciais de linha devem apresentar resistência característica à compressão ( $f_{pck}$ ) maior ou igual a 35 MPa, absorção máxima de 6% e abrasão máxima de 23 mm, para testes realizados conforme os anexos A, B e C desta norma.

##### 4.3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A maior parte dos trabalhos averiguados obtiveram resultados de resistência à compressão superiores ao mínimo estabelecido pela NBR15270:2017 de 6,0 MPa para tijolos maciços estruturais. BHARATHI *et al* (2020); IKECHUKWU e SHABANGU

(2021); ANEKE e SHABANGU (2021) obtiveram resistências à compressão 55,91 MPa, 43,14 MPa e 38,14MPa respectivamente. Estes resultados possibilitariam a utilização dos materiais estudados por estes autores para fins de alvenaria estrutural e pavimentação de acordo com os critérios estabelecidos pelas normas brasileiras. RAOELIVOLOLONA *et al* (2020) e KEDARE (2020) obtiveram resistências à compressão de 17,96 MPa e 11,82 MPa respectivamente, o que limitaria o uso a alvenarias estruturais.

#### 4.3.2 ABSORÇÃO

Ensaio de absorção foram realizados por BHARATHI *et al* (2020) <sup>[10]</sup>, IKECHUKWU e SHABANGU (2021) e KEDARE (2020). Os autores verificaram resultados respectivamente de 4,16%, 1,0% e 0,18% em relação a toda massa do tijolo avaliado. Estes resultados demonstram a baixa permeabilidade dos componentes fabricados com compósitos cujo aglomerante principal é o resíduo plástico, o que viabiliza sua utilização como componentes para pavimentação (< 6%). Entretanto, para utilização como componente de alvenaria, os materiais avaliados não atendem à absorção mínima de 8% estabelecida pela NBR15270:2017 (  $\geq 8\%$ ). Este fato pode comprometer a aderência adequada de argamassas de assentamento nas alvenarias de tijolos ou blocos de plástico reciclado. Desta forma há necessidade de se desenvolver materiais e métodos de assentamento adaptados para esse novotipo de alvenaria.

#### 4.3.3 OUTROS CRITÉRIOS AVALIADOS

Ensaio de resistência à tração foram realizados por IKECHUKWU e SHABANGU (2021) e ANEKE e SHABANGU (2021), obtendo resultados de 9,89 MPa e 9,51 MPa respectivamente.

Para verificação de parâmetros de durabilidade, IKECHUKWU e SHABANGU (2021) realizaram o teste de molhagem e secagem em solução ácida, com resultados positivos, afirmando que podem ser usados na Construção Civil. ANEKE e SHABANGU (2021) realizaram um teste de durabilidade que consiste em deixar os tijolos em ciclos de umedecimento em solução ácida e posteriormente é realizado o teste de compressão.

Também concluiu que tal material pode ser utilizado na construção civil em substituição ao tijolo convencional cerâmico pois não apresentou diferença nos resultados após a imersão.

O desempenho com relação à abrasão é um critério importante para a aplicação em pavimentos. RAOELIVOLOLONA *et al* (2020) realizaram o teste de desgaste segundo a norma NF EN 1342, cujo valor máximo aceitável é de 25mm. Suas análises resultaram em um desgaste de 33mm, que apesar de superior ao valor estabelecido por norma, os pesquisadores afirmaram que o resultado é admissível.

BHARATHI *et al* (2020) e KEDARE (2020) realizaram o teste de dureza Mohrs onde nenhum risco ficou visível atestando qualidade do material.

KEDARE (2020) realizou testes de resistência ao fogo, verificando que até 200°C não houve mudança nos tijolos devido a utilização de areia na mistura.

Em alguns dos estudos analisados (IKECHUKWU e SHABANGU (2021); ANEKE e SHABANGU (2021); RAOELIVOLOLONA *et al* (2020); KEDARE, (2020)),

os

critérios mínimos de desempenho do tijolo convencional cerâmico foram empregados como parâmetro de avaliação dos tijolos plásticos. Os autores se restringiram a comentários sobre o cumprimento dos requisitos básicos, sem detalhar profundamente a respeito deles. BHARATHI *et al* (2020) apontam que melhorias precisam ser realizadas no produto pois existem pontos que fragilizam seu aproveitamento. RAOELIVOLOLONA *et al* (2020) resguardam sobre a necessidade de se analisar a viabilidade financeira para seu uso. KEDARE, (2020) recomenda a utilização do produto estudado como material de pavimentação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Neste trabalho foram analisados artigos científicos acerca da produção de componentes de Construção Civil (tijolos, blocos e/ou pavers) fabricados com compósitos a partir da utilização de resíduos plásticos como material aglomerante. Tal aplicação abre um vasto caminho que pode possibilitar a diminuição da poluição em grande escala gerada por este tipo de resíduo, principalmente nos oceanos;

Com todo material analisado neste trabalho, verificou-se que os estudos deste tipo de material se restringem à países em desenvolvimento, porém o

- tema ainda é pouco abordado no Brasil, o que restringe sua utilização apesar desta se mostrar possível a partir dos dados coletados;
- Foi verificada uma diversidade metodológica da produção dos componentes, mas todas se baseiam na simplicidade de confecção, o que corrobora com a

diminuição dos impactos ao meio ambiente que a fabricação de tais tijolos pode proporcionar. Além disso, a simplicidade de produção também pode minimizar outra problemática que se configura no déficit habitacional para famílias de baixa renda;

- Os autores que compararam os resultados obtidos aos critérios mínimos de desempenho de tijolos cerâmicos em seus respectivos países consideraram a possibilidade de utilização dos tijolos plásticos estudados;
- O estudo realizado apresenta o conhecimento já difundido sobre o tema, mas existem considerações importantes que não foram encontradas nos trabalhos analisados, principalmente no que se refere ao desempenho do material em situações de incêndio. Desta forma, é necessária a continuidade do estudo para possibilitar a expansão da utilização de tal material em outros segmentos da Construção Civil, abrindo um caminho promissor na confecção de tijolos feitos a partir de plásticos reutilizáveis.

## **6 BIBLIOGRAFIA**

WIESENHÜTTER, Luana Letícia; MEINERZ, Natali Zambiasi; GRIEBLER, Tainara Fernanda. O CONSUMO DE PLÁSTICO NO BRASIL: IMPACTOS E ALTERNATIVAS AO SEU USO. *Salão do Conhecimento*, v. 7, n. 7, 2021.

VASCONCELOS, Yuri. Planeta Plástico. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 281, jul. 2019. WWF / Banco Mundial (What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050).

<https://casavogue.globo.com/um-so-planeta/noticia/2021/02/startup-queniana-transforma-plastico-em-tijolos-mais-fortes-do-que-concreto.html> Acesso 07/02/2022

<https://jbs.com.br/jbs-news/jbs-ambiental-cria-piso-verde-a-partir-de-plastico-reciclado/> Acesso em 07/02/2022

SOUZA, Felipe et al. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA SOBRE O PANORAMA HISTÓRICO DA PRÉ-FABRICAÇÃO DE CONCRETO.

RAOELIVOLOLONA, Tefy; RAMAROSON, Mamiharijaona; RAMINOSOA, Chrysostome. Waste transformation of plastic bags by wet polymer binding. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. p. 01042.

IKECHUKWU, Aneke Frank; SHABANGU, Celumusa. Strength and durability performance of masonry bricks produced with crushed glass and melted PET

plastics. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, p. e00542, 2021.

INTAN, S. K.; SANTOSA, S. Life cycle assessment of bricks made from waste of building material and plastics (LDPE and PET). In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012002.

ANEKE, Frank Ikechukwu; SHABANGU, Celumusa. Green-efficient masonry bricks produced from scrap plastic waste and foundry sand. **Case Studies in Construction Materials**, v. 14, p. e00515, 2021

BHARATHI, SM Leela et al. Experimental investigation on compressive behaviour of plastic brick using M Sand as fine aggregate. *Materials Today: Proceedings*, 2020.

KEDARE, Rutticka; STUDENT Physical characterization of waste-plastic brick and development of material for pothole filling. *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, v. 5, n. 4, pág. 462-468, 2020.

SURESH KUMAR, R. et al. EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND COMPARISON OF PLASTIC BRICKS WITH EXISTING BRICK MATERIALS. 2020.

PINHEIRO, Libânio M. et al. Estruturas de concreto—capítulo. Março de, 2010.

SHIRI, Noel Deepak et al. Processing of waste plastics into building materials using a plastic extruder and compression testing of plastic bricks. **Journal of Mechanical Engineering and Automation**, v. 5, n. 3B, p. 39-42, 2015.

AMIR, Siti Nabilah; YUSOF, Nur Zulaikha. Plastic in brick application. **Trends in Civil Engineering and its Architecture**, v. 3, n. 1, pág. 4, 2018.

MARTINS, Ítalo Yago Ferreira; FUKAYA, Hiroyuki; MARTINS, Aline Gabrielle Ferreira. **UTILIZATION OF RECYCLED PLASTIC TO OBTAIN A NEW PERMEABLE FLOOR**. 2018.

AKINWUMI, Isaac I.; DOMO-SPIFF, Ayebaemi H.; SALAMI, Adeniyi. Marine plastic pollution and affordable housing challenge: Shredded waste plastic stabilized soil for producing compressed earth bricks. **Case Studies in Construction Materials**, v. 11, p. e00241, 2019.

ALALOUL, Wesam Salah; JOHN, Vivekka Olivia; MUSARAT, Muhammad Ali Mechanical and thermal properties of interlocking bricks utilizing wasted polyethylene terephthalate. **International Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2020.

MONDAL, M. K.; BOSE, B.; BANSAL, P. Recycling waste thermoplastic for making



lightweight bricks. In: 5th International Conference on Sustainable SolidWaste Management: Proceedings. 2017. p. 1-14

BHUSHAIAH, Rajarapu; MOHAMMAD, Shaik; RAO, D. Srinivasa. Study of Plastic Bricks Made From Waste Plastic. International Research Journal of Engineering and Technology, v. 6, n. 4, p. 6, 2019.

CONCEIÇÃO, Márcio Magera et al. O plástico como vilão do meio ambiente. Revista Geociências-UNG-Ser, v. 18, n. 1, p. 50-53, 2019.

WWF Brasil. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 2019. Disponível em [https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias\\_meio\\_ambiente\\_e\\_natureza/?70222/Brasil-e-o4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico](https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/?70222/Brasil-e-o4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico) Acesso em 06/02/2022.  
<https://maispolimeros.com.br/2020/02/28/plasticos-reciclaveis/> Acesso 06/02/2022