



**Cleverson Flor da Rosa  
Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

## **Impactos das Tecnologias nas Engenharias 3**

**Cleverson Flor da Rosa**  
**Franciele Bonatto**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **3**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleverson Flor da Rosa, Franciele Bonatto, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-193-0  
DOI 10.22533/at.ed.930191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Rosa, Cleverson Flor da. II. Bonatto, Franciele. III. Dallamuta, João. IV. Título.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Esta obra é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Esta obra temos aspectos de gestão aplicada, em análises econômicas, de ambiente de negócios, análise de confiabilidade, mapeamento de processos e qualidade. Também são abordadas pesquisas nas áreas de construção e urbanismo. Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa  
Franciele Bonatto  
João Dallamuta

# UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE REGULATÓRIO E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL	
<i>João Sílvia Semolini Olim</i>	
<i>Johnson Herlich Roslee Mensah</i>	
<i>Jamil Haddad</i>	
<i>Roberto Akira Yamachita</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
ANÁLISE DO MAPA DO FLUXO DE VALOR EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	
<i>Carla Monique Rocha dos Santos</i>	
<i>Adelma Costa Cordeiro</i>	
<i>Cinara Gomes dos Santos</i>	
<i>Iggor Lincolln Barbosa da Silva</i>	
<i>Juliana Cristina de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE ECONÔMICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM CAMPOS MADUROS NA REGIÃO DA BACIA POTIGUAR UTILIZANDO UM MODELO BIDIMENSIONAL	
<i>Talles André Morais Albuquerque</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Keila Regina Santana Fagundes</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO	
<i>Jeanderson de Souza Mançú</i>	
<i>Luiz Eduardo Marques Bastos</i>	
<i>Raymundo Jorge de Sousa Mançú</i>	
<i>Graciele Cardoso Mançú</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) COMO MÉTODO DE CONTROLE DA QUALIDADE PARA A SECAGEM DE CAFÉ	
<i>Uilla Fava Pimentel</i>	
<i>Gildeir Lima Rabello</i>	
<i>Willian Melo Poubel</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
LEVANTAMENTO COMPARATIVO SERGIPE VS BRASIL DO CONSUMO, COMERCIALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL AO LONGO DE 10 ANOS	
<i>Rai Melo de Oliveira</i>	
<i>Thereza Helena Azevedo Silva</i>	

*Marcela de Araújo Hardman Côrtes*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915036**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

*Renan Pires de Araújo*

*Adrião Duarte Dória Neto*

*Andrés Ortiz Salazar*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915037**

**CAPÍTULO 8 ..... 70**

BIOPROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANUFATURA DE BIODIESEL

*Débora da Silva Vilar*

*Milson dos Santos Barbosa*

*Isabelle Maria Duarte Gonzaga*

*Aline Resende Dória*

*Lays Ismerim Oliveira*

*Luiz Fernando Romanholo Ferreira*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915038**

**CAPÍTULO 9 ..... 85**

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

*Arthur Felipe Echs Lucena*

*Luci Mercedes De Mori*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915039**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

SEGURANÇA DO TRABALHADO EM CAMPOS PETROLÍFEROS ONSHORE DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS: PERCEPÇÕES SOBRE TERCEIRIZAÇÃO, ACIDENTES OMITIDOS E PROCEDIMENTOS ADEQUADOS

*Milson dos Santos Barbosa*

*Débora da Silva Vilar*

*Aline Resende Dória*

*Adyson Barboza Santos*

*Elayne Emilia Santos Souza*

*Luiz Fernando Romanholo Ferreira*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150310**

**CAPÍTULO 11 ..... 113**

A INFLUÊNCIA DA ERGONOMIA EM MELHORIAS PRODUTIVAS UTILIZANDO A EQUAÇÃO NIOSH

*Emerson da Silva Moreira*

*Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150311**

**CAPÍTULO 12 ..... 131**

SIMULAÇÃO DA ONDA COMPRESSIONAL APLICADO EM MODELOS DIGITAIS DE ROCHAS

*Gracimário Bezerra da Silva*

*José Agnelo Soares*

*Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 142**

MULTIÁREAS DA ENGENHARIA ELÉTRICA COMO CONTEÚDOS COMPLEMENTARES APLICADOS À REDE PÚBLICA DE ENSINO

*Hélvio Rubens Reis de Albuquerque*  
*Raimundo Carlos Silvério Freire*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA INVESTIGAÇÃO DE HIDRODEMOLIÇÃO EM AMBIENTES PRESSURIZADOS

*Lidiani Cristina Pierri*  
*Rafael Pacheco dos Santos*  
*Jair José dos Passos Junior*  
*Anderson Moacir Pains*  
*Marcos Aurélio Marques Noronha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DELTA NOB

*Andressa Regina Navas*  
*Leticia Tieppo*  
*Renan Ataide*  
*Guilherme Legramandi*  
*Ludmilla Sandim Tidei de Lima Pauleto*  
*André Chaves*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 171**

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE AFERIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES REDUZIDAS

*João Miguel Santos Dias*  
*Florêncio Mendes Oliveira Filho*  
*Alberto Ygor Ferreira de Araújo*  
*Sandro Fábio César*  
*Rita Dione Araújo Cunha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150316**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

NOVA TÉCNICA DE ESCAVAÇÕES DE MICROTÚNEIS: ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS NO MACIÇO DE SOLO UTILIZANDO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

*Lidiani Cristina Pierri*  
*Rafael Pacheco dos Santos*  
*Jair José dos Passos Junior*  
*Wagner de Sousa Santos*  
*Marcos Aurélio Marques Noronha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150317**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

*Gabrieli Vieira Szura*  
*Andressa Zanelatto Venazzi*  
*Adernanda Paula dos Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150318**

**CAPÍTULO 19 ..... 215**

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM ÁGUAS PROFUNDAS

*Geovanna Cruz Fernandes*

*Douglas Bitencourt Vidal*

*Carla Salvador*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150319**

**CAPÍTULO 20 ..... 224**

A EXPLORAÇÃO DAS AREIAS BETUMINOSAS DO CANADÁ: UM EXEMPLO DE RESERVATÓRIO NÃO CONVENCIONAL

*Paulo Sérgio Lins da Silva Filho*

*Fabiano dos Santos Brião*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150320**

**SOBRE OSA ORGANIZADORES ..... 233**

## UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

### Gabrieli Vieira Szura

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei. Pato Branco – Paraná

### Andressa Zanelatto Venazzi

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei. Pato Branco – Paraná

### Adernanda Paula dos Santos

Profesora da disciplina de Tecnologia da Construção Civil da Faculdade Mater Dei. Pato Branco – Paraná.

**RESUMO:** O presente trabalho teve como principal objetivo analisar a influência da borracha de pneu, em formato de fibra, como adição no tijolo ecológico. Para atingir o objetivo, foram feitas análises laboratoriais, onde se analisou a propriedade mecânica de compressão, análises MEV (microscópio eletrônico de varredura), análises da composição química e física do solo, análise da absorção de água e resistência ao fogo dos corpos-de-prova. O traço referência utilizado foi 1:10 (cimento:solo), a fibra de borracha entrou substituindo a porcentagem de solo, em proporções de 10, 30 e 50 %. Os resultados mostraram que o uso da fibra em 10% seria viável, tanto para o meio ambiente, quanto para a construção civil, pois, houve um aumento na resistência a compressão. E quanto aos demais ensaios realizados, absorção de água, porosidade, apresentaram resultados muito semelhantes ao traço referência, sem

apresentar prejuízos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tijolo ecológico. Fibra de borracha de pneu. Sustentabilidade.

**ABSTRACT:** The main goal of the present essay is to analyze the influence of tire rubber, in fiber format, as an addition in ecological brick. In order to reach the main goal, laboratorial analyzes had been done when we could study the mechanical property of compression, SEM analyzes (Scanning Electron Microscope), analyzes of the chemical and physical composition of the soil, analyzes of water absorption and fire resistance of the test specimens. The reference trace used was 1:10 (cement:soil), the rubber fiber came to replace the soil percentage, in proportions of 10,30 and 50%. The results have shown that the use of fiber in 10% would be viable, both for the environment and for construction due to the increase on the resistance as well as in the compression. Other tests had been performed and they had shown that water absorption and porosity had had similar results to the reference trace without any damages.

**KEYWORDS:** Ecological brick, Tire rubber fiber, Sustainability.

### 1 | INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos naturais e a

necessidade de preservar o meio ambiente fazem com que novas soluções sejam adquiridas. Pensando nessa necessidade, surge o tijolo solo cimento ou conhecido também como tijolo ecológico. Como seu próprio nome diz, é um tijolo ecológico composto basicamente de solo e cimento. Pode-se dizer que ele é ecológico, pois ele dispensa a queima, evitando a emissão de gases poluentes ao meio ambiente e também reduz o número de entulhos na obra. (MORAIS, 2014).

Segundo Gonçalves (2013), o solo ideal para a fabricação do tijolo ecológico são aqueles que possuem de 30 a 60% de areia na sua composição. Os solos argilosos devem ser estabilizados com areia, pois facilitará e deixará o processo de hidratação do cimento mais rápido. Para o autor, o aprimoramento do tijolo solo cimento e a busca de novas alternativas contribuem com o meio ambiente, e assim, possibilita-se a incorporação da fibra de borracha de pneus de descarte como adição no tijolo ecológico.

Sabe-se que os pneus de descarte não possuem uma destinação totalmente correta, ocasionando assim prejuízos ao meio ambiente e aos seres vivos. O principal problema do acúmulo desse material (pneu), em locais inapropriados é a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* transmissor da dengue, zika e *chicungunya*. Essas doenças são transmitidas pelo mesmo mosquito, mas possuem diferentes características entre eles. (BRASIL: Ministério da Saúde, 2017).

O tijolo foi criado com a ideia de ser sustentável, poupando os recursos naturais e reduzindo a produção de resíduos ao meio ambiente. Desta forma, esta pesquisa busca responder: **o tijolo ecológico com a adição da borracha de pneus inservíveis pode ser uma boa solução, levando em consideração o meio ambiente e economia na construção civil?**

Com isso, o objetivo geral visa avaliar a possibilidade da utilização da fibra de pneus de descarte como material complementar na fabricação do tijolo solo cimento.

Sendo assim, os objetivos específicos consistem em:

- Pesquisar e analisar literaturas que abordem conceitos relativos ao tijolo ecológico e a utilização da fibra;
- Analisar a composição química e física do solo;
- Analisar e comparar a propriedade mecânica (compressão) dos corpos-de-prova, aos 7, 14 e 28 dias de cura.
- Fazer a análise microestrutural MEV (microscópio eletrônico de varredura), aos 28 dias de cura;
- Analisar a absorção de água por imersão aos 28 dias de cura;
- Analisar a resistência dos corpos-de-prova quando submetidos à ação do fogo, após o período de cura total, aos 28 dias.

Segundo Pereira et al., (2015), o pneu é suscetível ao fogo, então fabricou-se um molde de madeira com a espessura de uma parede interna de 15 cm, que será submetida a essa ação para ver como a fibra irá se comportar diante de altas temperaturas. Para a realização desse teste foi seguida a norma NBR 10636/1989,

que trata da determinação da resistência ao fogo em paredes divisórias sem função estrutural.

Segundo Gonçalves (2013), o traço ideal seria 1:10 (cimento, solo), pois segundo o autor, o solo ideal são os arenosos para a fabricação do tijolo solo cimento, sem que houvesse necessidade de estabilização do mesmo.

Porém, o solo coletado para a fabricação dos corpos-de-prova possui grandes proporções de argila em sua composição, então, esse solo foi estabilizado com areia, facilitando o processo de hidratação do cimento, resultando em um traço 1:5:5 (cimento, solo, areia). Segundo Campos (2016), quando houver necessidade de estabilização do solo, o correto é adicionar 50% de areia. O solo utilizado para a moldagem dos corpos-de-prova foi coletado na cidade de Pato Branco – PR.

Os resultados encontrados demonstram que adicionando uma porcentagem de 10% de fibra de borracha, a resistência a compressão é superior ao do traço referência. Outro ponto positivo foi à questão da absorção de água e índice de vazios, onde os valores encontrados entre o traço referência e o traço com 10% de fibra foram praticamente os mesmos, ou seja, não ocorreu um aumento significativo da porosidade entre os dois traços.

## 2 | TIJOLO ECOLÓGICO OU TIJOLO SOLO CIMENTO

O tijolo ecológico ou conhecido também como tijolo solo cimento é composto basicamente de solo, cimento e água. Esse tijolo veio com o intuito de propor melhorias ao meio ambiente e economia na área da construção civil.

As vantagens do tijolo ecológico são inúmeras, o tijolo ecológico ao contrário do tijolo convencional, dispensa a queima, evitando a emissão de gases poluentes ao meio ambiente, proporciona uma obra mais limpa com rapidez e menor custo no final da obra. Também possuem furos que ficam sobrepostos, formando dutos por onde passa a rede hidráulica e elétrica, evitando os “recortes” nas paredes. (GONÇALVES, 2013).

Schimidt (2009) comparou o tijolo solo cimento com o tijolo convencional, no qual afirmou que a qualidade do tijolo ecológico é melhor, é mais resistente e o tempo de execução da obra com esse tipo de tijolo reduz cerca de 50%.

A ideia principal de utilizar esse material é construir casas ecologicamente correta, com responsabilidade com o meio ambiente. O tijolo ecológico veio com o intuito principal de reduzir os impactos ambientais. O propósito é utilizar materiais de fontes renováveis, que utilizem baixo consumo energético e não emitam substâncias nocivas.

### 2.1 Solo

O solo é o componente que entra em maior proporção na mistura para a produção

do tijolo ecológico, e deve ser selecionado de modo que se utilize a menor quantidade possível de cimento. (GONÇALVES, 2013).

Segundo Junior C. et.al. (2016), os solos ideais para a fabricação do tijolo ecológico são os solos arenosos, que possuem 50% de areia, 25% de silte e 25% de argila em sua composição. O solo arenoso é o ideal porque se estabilizam com pequenas quantidades de cimento. O solo também deve estar livre de matéria orgânica (galhos, folhas, raízes) e também de torrões.

É indispensável fazer a análise granulométrica do solo que vai ser utilizado na fabricação das amostras de solo cimento, pois o solo possui influência direta na qualidade do tijolo. Os ensaios granulométricos devem seguir a ABNT NBR 7181/2016, onde faz a determinação da composição granulométrica do solo e das composições dele. (SOUZA et al. 2007).

## 2.2 Pneu

O descarte inadequado de pneus inservíveis vem ocasionando muitos prejuízos ao meio ambiente, justificado pelo fato do grande poder energético dos pneus. A possibilidade de ocorrer um incêndio deve ser considerada. Durante a queima desse material, é enorme a probabilidade de contaminação do solo e da água. A queima faz o pneu liberar dióxido de enxofre, que é altamente perigoso a saúde humana. (SPECHT, 2004).

Segundo Schmidt (2009), a sociedade vem buscando novas alternativas que não agridam tanto o meio ambiente, uma delas é a reciclagem de materiais. Com essa preocupação do homem com o meio ambiente, o tema sustentabilidade vem sendo tratado com extrema importância.

Quando se fala em sustentabilidade, pensa-se em uma estratégia de desenvolvimento, mas sem comprometer o meio ambiente e as futuras gerações. Ser sustentável é respeitar os recursos naturais, favorecendo o consumo consciente e reduzindo os resíduos que podem afetar o meio ambiente. (JASMINE, 2015).

É indiscutível que o pneu possui um papel muito importante em nossa vida diária, tanto para transporte de passageiros, quanto para o transporte de cargas. Porém, a grande quantidade existente desse material disposto na natureza, como já citado anteriormente, causa sérios problemas. Com a possibilidade de amenizar os impactos ambientais, utilizar materiais reciclados é como um combustível alternativo para o meio da construção civil (PEREIRA et al., 2015).

### 2.2.1 Legislação

No ano de 1999, foi aprovada uma resolução do CONAMA 258 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que diz que a responsabilidade de dar uma destinação correta aos pneus inservíveis é do produtor e importador. Desde janeiro de 2002, os fabricantes e importadores possuem a responsabilidade pelo ciclo total do pneu. Em março de 2003

foi aprovada uma nova resolução, CONAMA 301, onde reforça e esclarece pontos incertos da resolução CONAMA 258/1999. Ficou a cargo do Ibama fiscalizar e aplicar a resolução, podendo intervir e punir quem não está seguindo corretamente o CONAMA 301/2003. (SPECHT, 2004).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente ([s.d]), outro instrumento que determina a responsabilidade pelo ciclo de vida de um produto e a logística reversa, é o PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), Lei nº 12.305/2010, aprovada em 2 de agosto de 2010.

A logística reversa é um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a possibilitar a destinação correta aos produtos, para o reaproveitamento deles. É um instrumento de desenvolvimento econômico e social. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. ([s.d])).

### 2.3 Cimento

O cimento *Portland* é um pó fino com propriedades ligantes, aglomerantes ou aglutinantes, que endurece sob a ação da água, mas depois de endurecido, mesmo sendo submetido à ação da água novamente, o cimento não se desagrega mais. (PEREIRA. et. al, 2013).

Segundo Pereira et. al, (2013) diz que o cimento ideal para a produção do tijolo solo cimento é o CP II – F, o cimento com adição de material carbonático - fíler. O cimento ideal é o CP II – F, pois é um cimento que torna o tijolo solo cimento mais resistente e tem como característica secagem rápida. Possui a necessidade de cura por aspersão com água logo após a concretagem, esse tempo de cura deve se estender por no mínimo sete dias.

### 2.4 Resistência Ao Fogo

Os vários experimentos com a borracha levaram Charles Goodyear confirmar que a borracha cozida com enxofre, a altas temperaturas, mantinha as condições de elasticidade ao calor ou ao frio. Foi então que se aprimorou o processo de vulcanização da borracha, que dava forma ao pneu e aumento da segurança nas freadas e diminuição das trepidações nos carros. (PENNA, 2017).

Com a possibilidade de incorporar a fibra de borracha no tijolo ecológico, surge o questionamento, caso ocorresse de pegar fogo uma estrutura construída com esse material, o que aconteceria com a mesma, visto que a borracha sofre alterações quando submetida a altas temperaturas. (GONÇALVES, 2013).

Para entender e analisar o que aconteceria com uma estrutura com a adição da fibra de borracha foi seguida a NBR 10636/1989, que trata da determinação da resistência ao fogo em paredes divisórias sem função estrutural. Essa norma estabelece o método de ensaio, classifica e gradua as paredes e divisórias, quanto à resistência ao fogo.

## 2.5 Resistência Mecânica

Quando um material é submetido a altos carregamentos, seja ele de tração ou compressão, ele tende a se romper. A resistência mecânica é considerada a mais importante propriedade quando se fala em materiais estruturais. Quando um material possui sua resistência mecânica elevada, é possível que se reduza o peso de uma estrutura. (DALCIN, 2007).

## 2.6 Análise Microestrutural Mev

Microscópio eletrônico de varredura (MEV) permite adquirir informações químicas e estruturais de amostras com diferentes tipos de materiais. Permite analisar nos materiais a microestrutura e relacionar as propriedades e defeitos, possibilitando aplicação destes materiais. O MEV faz a varredura de uma área por um fino feixe de elétrons que interage com a superfície da amostra, então, surgem os elétrons secundários, raios X, fótons elétrons retro-espalhados, entre outros. Essa varredura fornece informações sobre a amostra (composição, cristalografia, etc). Os elétrons secundários são incumbidos pelas imagens de alta resolução das amostras, já os elétrons retro-espalhados fornecem imagens das variações de composição de um material. (SOUZA, [s.d]).

## 3 | METODOLOGIA

Uma pesquisa científica é um processo que explica e discute fenômenos fundamentados na verificação de hipóteses. (GARCIA, 2015).

Inicialmente buscou-se realizar pesquisas sobre o tijolo ecológico e os pneus de descarte, para obter o maior número de informações possíveis para desenvolver o projeto. Os materiais e métodos utilizados para a fabricação dos corpos-de-prova referência (solo cimento) e os corpos-de-prova solo cimento com adição da borracha, buscaram avaliar as características do solo com adição das fibras de borracha de pneus, apontando os resultados dos ensaios mecânicos, a análise MEV (microscópio eletrônico de varredura), da composição química e física do solo, absorção de água e resistência ao fogo. Os resultados obtidos foram analisados e comparados junto às bibliografias, para verificar sua qualidade.

Para dar conta do objetivo, foi necessário realizar uma pesquisa explicativa. O projeto em questão vem com o propósito de mostrar que é possível construir sem prejudicar o meio ambiente, com grande economia no custo final da obra e também melhorias nas propriedades do mesmo.

A seguir, o fluxograma (figura 03) apresenta as etapas realizadas da pesquisa.

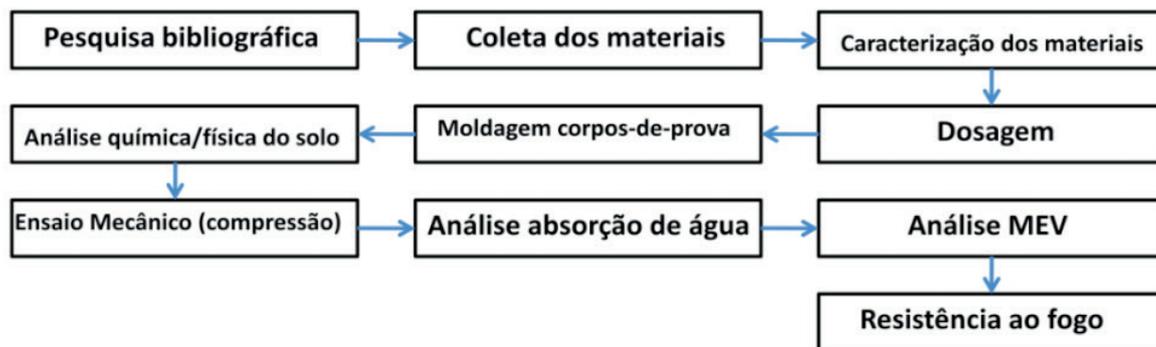


Figura 03 – Etapas da pesquisa.

Fonte: Autoras (2018).

Em um primeiro momento foi feita a pesquisa bibliográfica, onde se procurou absorver o maior número de informações possíveis sobre o assunto escolhido. Posteriormente, foi realizada a coleta dos materiais que seriam necessários (areia, cimento, borracha e solo), feita a caracterização dos mesmos, escolha do traço que foi 1:10 (cimento:solo) e dosagem. Depois de definido os materiais, traços e dosagem, os corpos-de-prova foram moldados. Uma amostra do solo utilizado foi submetida a análises químicas e físicas. Os ensaios mecânicos (compressão) ocorreram com 7, 14 e 28 dias de cura dos corpos-de-prova. Os demais ensaios (MEV, absorção de água e resistência ao fogo) foram realizados após o período de cura total, 28 dias.

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir serão apresentados todos os resultados obtidos através dos ensaios, em laboratório, em que foram analisadas as características do solo, areia e da borracha, também quanto cada traço, com suas respectivas porcentagens de borracha, suportaram a compressão, como os protótipos de parede agiram quando submetidos a ação do fogo, as análises de absorção de água e sobre o MEV.

Vale frisar que o objetivo desse trabalho é avaliar a possibilidade da utilização da fibra de borracha, como material complementar na fabricação do tijolo solo cimento, buscando aprimorar as propriedades do mesmo.

### 4.1 Caracterização da Areia

A caracterização se baseou nos ensaios de granulometria, massa unitária, massa específica e teor de material pulverulento.

A análise granulométrica dos materiais foi calculada pela porcentagem de material retido em cada abertura de peneira. Com os valores obtidos, foi possível determinar os valores do módulo de finura e a dimensão máxima característica. Os ensaios referentes à massa específica e unitária seguiram a NM 45/2006 e a NM 52/2009.

Foram utilizadas duas amostras para obtenção do resultado final, efetuando a média das duas. Foi levado em consideração que a máxima variação entre as amostras, não poderia passar de 1% para a massa unitária e de 0,02 g/cm da massa específica. O ensaio para determinar o teor de material pulverulento, também foi utilizado duas amostras, e feita à média entre elas.

Os resultados referentes ao ensaio de caracterização da areia estão apresentados na tabela 10.

Caracterização da areia				
Análise granulométrica		Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de material pulverulento (%)
D <sub>máx</sub> (mm)	Módulo de Finura			
2,36	2,04	1,69	2,66	21,6

Tabela 10 – Caracterização da areia

Fonte: Autoras (2018).

Comparando os resultados obtidos, com a Norma NBR 7211/2009, o agregado miúdo (areia) possui módulo de finura menor ao limite determinado por norma, o módulo de finura na zona utilizável pela norma é de 1,55 a 2,20. A dimensão máxima a massa unitária e a massa específica estão dentro dos parâmetros especificados por Norma. O teor de material pulverulento verifica a quantidade de finos presentes na amostra do material em análise, com a análise do material feita foi possível verificar que o índice de finos é de 21,6%.

## 4.2 Análises Do Solo

O solo passou por análises químicas, físicas, limites de plasticidade e de consistência. Os resultados obtidos, sobre os limites de consistência do solo, foram satisfatórios, como mostra a tabela 11.

Limites de consistência			
LL	LP	IP	IC
29,48	3,52	25,96	0,67

Tabela 11 – Limites de consistências

Fonte: Autoras (2018).

Com os valores de LL e LP pode-se fazer a verificação do índice de plasticidade (IP) e de consistência (IC), onde os valores apontam, segundo Varela (2011), que o solo é considerado muito plástico e de consistência média, nem mole e nem duro.

O resultado da análise química e física, feita pelo laboratório Maravilha, foi possível verificar que 57 % do solo é composto por argila, 23 % de silte e apenas 20% areia. Um solo considerado do tipo 3, ou seja, solos com textura argilosa e com teor

de argila maior ou igual a 35%.

Com esse resultado foi possível determinar com maior precisão a quantidade de areia que seria necessária para equilibrar esse solo. Metade da porcentagem de solo utilizado para cada traço foi substituído por areia, o que proporcionou um teor de areia entre 40 a 60%.

#### 4.3 Análises Nos Corpos-De-Prova No Estado Endurecido

Para obtenção dos resultados de resistência à compressão, os ensaios foram realizados com 7, 14 e 28 dias, os quais estão apresentados no gráfico 02.

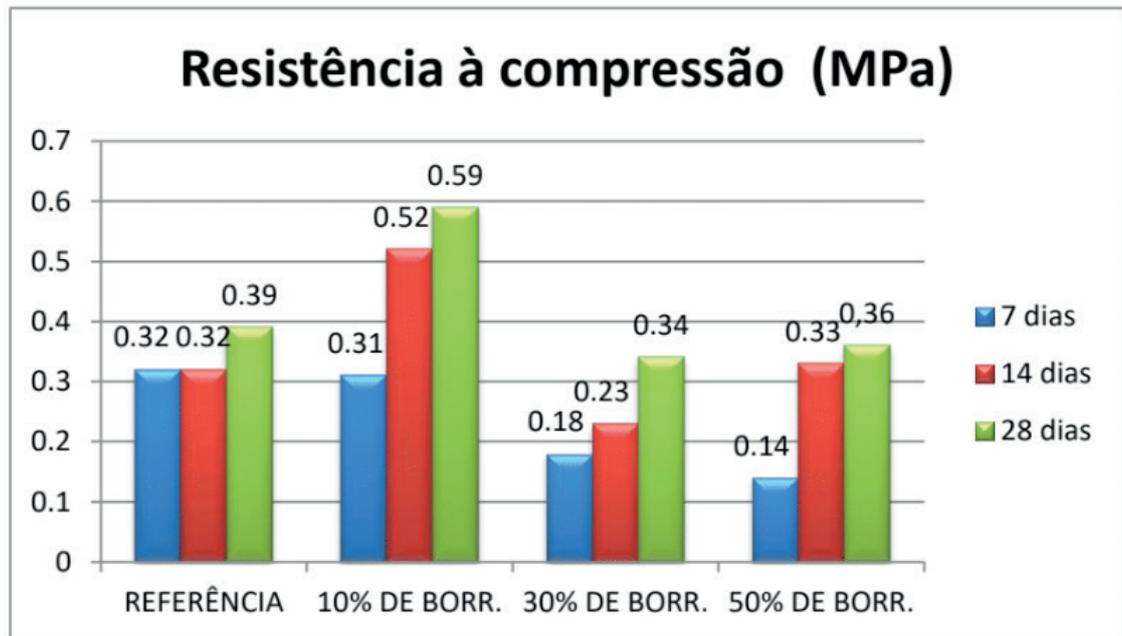


Gráfico 02 – Ensaio de resistência à compressão.

Fonte: Autoras (2018).

Como se pode observar, a resistência aumentou na amostra com 10% de fibra. Quando os corpos-de-prova estavam com apenas 7 dias de cura, a resistência da amostra referência era maior do que as demais, resistindo a 0,32 MPa. Porém, com o decorrer dos dias de cura, as massas com adição da borracha obtiveram resultados melhores, sendo que o melhor resultado foi os corpos-de-prova com 10% de fibra inserida, que aos 28 dias chegou a 0,59 MPa de resistência à compressão.

Presa (2011) fez o comparativo de resistência a compressão do tijolo solo cimento, com idades de cura diferentes, 7 e 28 dias. Aos 7 dias obteve 1,82 MPa de resistência a compressão, já aos 28 dias, obteve-se 2,2 MPa.

Os resultados obtidos por Presa (2011) foram satisfatórios, atenderam os requisitos mínimos prescritos em norma (NBR 8492/84), que diz que o valor mínimo de resistência à compressão que um tijolo solo cimento deve obter é de 2,0 MPa, aos 28 dias de cura. Como mostra o gráfico 02, a resistência encontrada com o rompimento dos corpos-de-prova referência, aos 28 dias, suportaram 0,39 MPa, que por norma

(NBR 8492/84) não é um resultado satisfatório.

Aos 28 dias de cura, também foi possível realizar os ensaios de absorção de água por imersão, como mostra o gráfico 03.

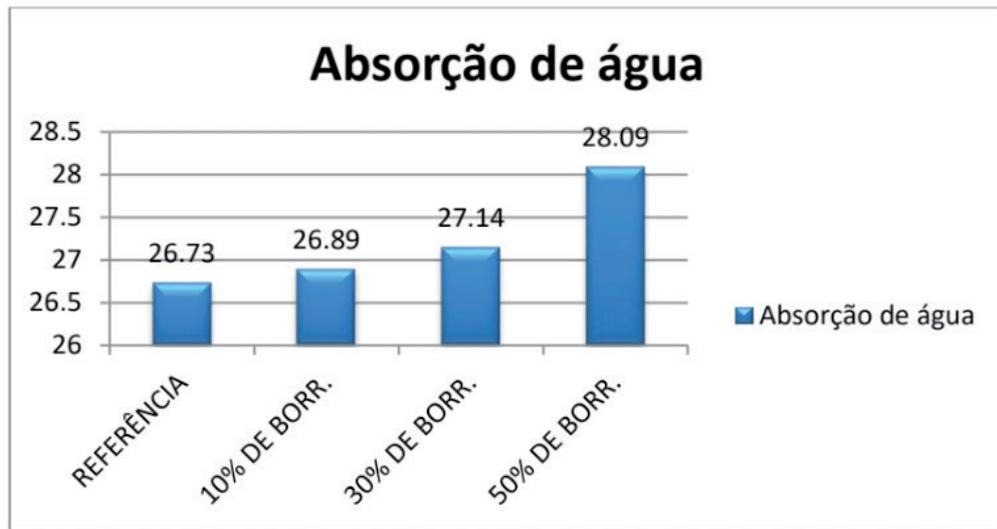


Gráfico 03 - Absorção de água por imersão e índice de vazios

Fonte: Autoras (2018).

Os resultados obtidos da absorção de água por imersão mostraram que ao adicionar a fibra de borracha, o índice de vazios aumentou. Quanto maior a porcentagem de borracha, maior a quantidade de ar entre os materiais. Porém, deve ser levada em consideração a pequena diferença da porosidade entre o traço referência e o traço com 10% de fibra.

Outra análise em que as amostras foram submetidas foi à realização da MEV. O intuito da realização da microscopia eletrônica de varredura foi analisar a porosidade das amostras. Os resultados do MEV estão apresentados nas imagens a seguir.

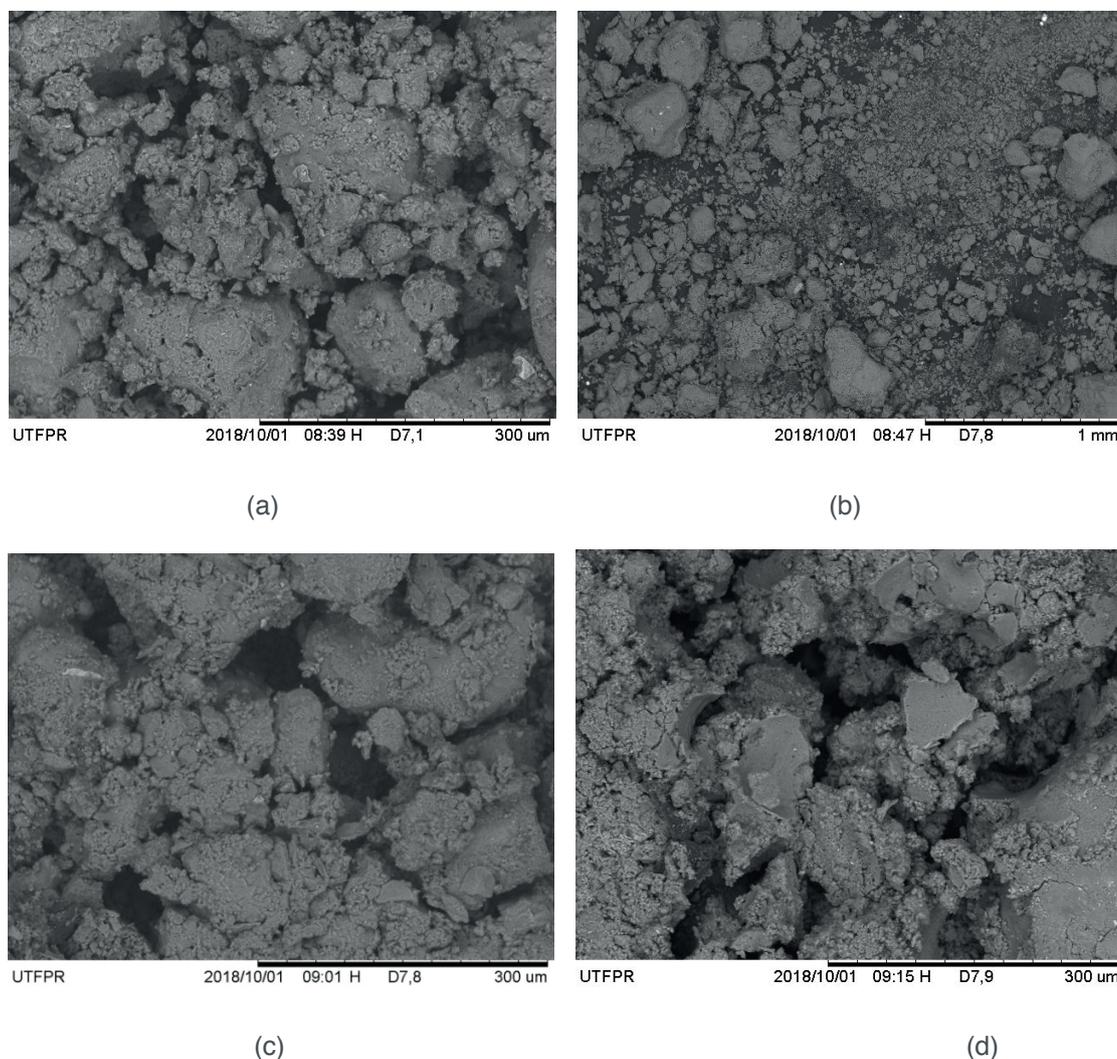


Figura 14 – Imagens obtidas por MEV: (a) amostra referência; (b) amostra 10% fibra; (c) amostra 30% fibra; (d) amostra 50% fibra.

Fonte: Autoras (2018).

Os resultados comprovam os resultados obtidos anteriormente. A figura 14 (a) mostra a superfície da amostra referência, onde pode ser analisado o tamanho dos poros e visto a pequena diferença entre o traço com 10% de fibra (figura 14 (b)). Já nas figuras 14 (c) e (d), são as que possuem 30 e 50% de fibra, observa-se como os poros são maiores. Ainda deve-se salientar que a coesão entre os materiais diminuem quando a porcentagem de fibra aumenta, ou seja, a fibra de borracha não dá aderência entre os materiais utilizados, o que seria um ponto negativo, pois sem coesão entre os materiais existe dificuldade no manuseio das peças e conseqüentemente diminuição da resistência da mesma.

#### 4.4 Resistência Ao Fogo

Para obtenção dos resultados de resistência ao fogo, as análises foram realizadas aos 28 dias de cura. Os protótipos foram submetidos a temperaturas diferentes, para analisar o comportamento com as diferentes porcentagens de borracha, como mostra

na tabela 12.

Tempo (min)	Temperatura °C
5	100
10	150
15	200
30	300
1080	300

Tabela 12 – Tempo e temperatura em que os protótipos foram submetidos.

Fonte: Autoras (2018).

Segundo a NBR 10636/1989, devem ser avaliados as amostras após a elevação de cada temperatura, se ocorreram à formação de fissuras ou se apresentou deformações.

Após o ensaio ser realizado pode ser observado que os protótipos não apresentaram fissuras ou qualquer tipo de deformações, permaneceram intactos.

Pode-se observar também, depois das 18 horas a 300°C, quanto maior a porcentagem de fibra menor era a temperatura das amostras, isso quer dizer que em caso de uma residência construída com esse material, ocorra de pegar fogo, a borracha iria servir como um isolante, a fibra não iria reter o calor. Porém a borracha libera um cheiro forte e muita fumaça, o que é um ponto negativo, pois quando inalado, podem causar problemas respiratórios e levar uma pessoa a perda da consciência pelo intenso cheiro da fumaça.

Vale salientar que foi utilizada como equipamento para analisar a resistência ao fogo, uma estufa, com temperatura máxima de 300°C. E por não possuir um equipamento adequado para ser elevadas a todas as temperaturas especificadas por norma (NBR 10636/1989), foi adotado um tempo maior de exposição das amostras ao calor.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar todos os resultados e compará-los, constatou-se que utilizar a fibra de borracha em 10%, pode ser uma solução viável. O traço com 10% de fibra apresentou melhores resultados comparado com o traço referência, lembrando que mesmo assim não ficou dentro dos resultados exigidos por norma (NBR 8492/84). Apresentou maior resistência mecânica à compressão, quanto à absorção de água, a diferença entre esses dois traços foi mínima, quando visto as amostras por um microscópio (MEV) a diferença da porosidade entre as duas amostras (0 e 10%) também foram mínimas. E quando submetidas às amostras a ação do fogo, as amostras com a fibra de borracha apresentaram menor retenção de calor, porém, com um ponto negativo que é a

liberação de fumaça e fortes cheiros.

A presença de 10% da fibra de borracha na massa do tijolo solo cimento, não prejudicou o seu desempenho, então se conclui que o uso deste material permite melhorias na propriedade mecânica (compressão) e sem diferenças significativas com demais propriedades (absorção de água e porosidade).

Portanto, ainda não se pode concluir que os resultados encontrados são totalmente satisfatórios. Para realmente comprovar que o uso da fibra de borracha seria uma boa solução, levaria mais tempo e vários outros ensaios e análises, como por exemplo, deixar o material exposto as intempéries por um período mais longo de tempo. Porém, vale salientar que a ideia de retirar o pneu do meio ambiente é um ponto muito positivo, por estarem sendo utilizados de uma forma correta, sem acúmulos do mesmo.

Desse modo, os resultados encontrados nas amostras com 10% de fibra, foram bons, por isso, seria ideal prosseguir com estudo e testar o material com essa porcentagem de fibra, para que se obtenham os resultados que a norma (NBR 8492/84) estabelece, que seriam os 2,0 MPa. Os traços com 30 e 50% de fibra, os resultados não foram significativos, não apresentaram grandes melhorias quando comparados com o traço referência, portanto foi descartada a possibilidade de utilização de porcentagens maiores.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 10636. Paredes divisórias sem função estrutural: determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211** – Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 5732** – Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 7217** - Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 8492. Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984

BRASIL: Ministério da Saúde. Vírus zika no Brasil. Brasília – DF, 2017. Disponível em: < [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus\\_zika\\_brasil\\_resposta\\_sus.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/virus_zika_brasil_resposta_sus.pdf)>. Acesso em: 02 set. 2018.

DALCIN GABRIELI. Ensaios dos materiais. Santo Ângelo - Rio Grande do Sul, 2007.

GARCIA F. METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. São Paulo, 2015. Disponível em: < [http://uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf](http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170627112856.pdf)>. Acesso em: 09 ago. 2018.

GONÇALVES, P. Utilização do tijolo ecológico na construção civil. IPG Politécnico da Guarda. Portugal, novembro de 2013.

JASMINE. O que é sustentabilidade e sua importância para o planeta. Paraná, jun 2015.

JUNIOR CAMPOS et.al., **Cartilha produção de tijolos de solo-cimento**. Piracicaba – São Paulo,

2016.

MORAIS E. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea**. Minas Gerais, 2014.

PENNA L. et.al. DESTINAÇÃO FINAL DE PNEUS INSERVÍVEIS: estudo de caso – Governo Valadares. Minas Gerais, 2017

PEREIRA A.; FAZZAN J.; FREITAS V.; Análise da viabilidade do uso da fibra de borracha de pneu como reforço em tijolo de solo cimento. Revista nacional de gerenciamento de cidades, São Paulo, v. 03, n. 20, p. 53-65, 2015.

SCHMIDT F. Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar– estudo de caso. Rio Grande do Sul, 2009

SOUZA C. M. Microscópio eletrônico de varredura. Piauí, [s.d]. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/microscopia-eletronica-de-varredura>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SPECHT L. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5192/000422319.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 set. 2018.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-193-0

