

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de materiais e metalúrgica 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-551-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.515210610>

1. Engenharia de Materiais. 2. Metalúrgica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.
CDD 669

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, principalmente quando se diz a indústria 4.0, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Para obtenção desses novos materiais, muitos processos precisaram de alterações e de novos métodos, exigindo um desprendimento de força elevado nesta área. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura a todos.

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

STRESS-CRACKING: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DOS ÚLTIMOS 21 ANOS DE PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS


Vinícius Pereira Bacurau
Ana Larissa Soares Cruz
Nicolas Moreira de Carvalho Gomes
Ermeson David dos Santos Silva
Thalia Delmondes de Souza
Leonardo Alves Pinto
Edvânia Trajano Teófilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106101>

CAPÍTULO 2..... 18

ESTUDO DA INFLUENCIA DA ADIÇÃO DO WC NANOESTRUTURADO NAS PROPRIEDADES DO AÇO MA957


Kívia Fabiana Galvão de Araújo
Maria José Santos Lima
Fernando Erick Santos da Silva
Cléber da Silva Lourenço
Uilame Umbelino Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106102>

CAPÍTULO 3..... 30

CARACTERIZAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS E DEFORMADOS POR DIFERENTES PROCESSOS DA ÁREA NUCLEAR


Jamil Martins Guimarães Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106103>

CAPÍTULO 4..... 38

TRÊS MÉTODOS PARA MELHORAR AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE LIGAS DE ALUMÍNIO


Juan José Arenas Romero
Jesús García Lira
Martín Castillo Sánchez




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106104>

CAPÍTULO 5..... 45

IMPACT OF ZINC CONCENTRATION AND pH IN THE ELECTROPLATING PROCESS IN AN ACID SULFATE-BASED SOLUTION

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Pedro Manoel Silveira Campos
Tácia Costa Veloso
Vera Rosa Capelossi


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106105>

CAPÍTULO 6	56
INSPEÇÃO ATRAVÉS DO ENSAIO VISUAL	
Marta Alves Marques	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106106	
CAPÍTULO 7	78
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SOBRE ARTIGOS CIENTÍFICOS E POLÍTICAS NACIONAIS NO ÚLTIMO QUINQUÊNIO	
Mariana Cordeiro Magalhães	
Fernanda Nadier Cavalcanti Reis	
Peolla Paula Stein	
Tatiane Benvenuti	
Tácia Costa Veloso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106107	
CAPÍTULO 8	84
PRODUÇÃO DE JANELAS INTELIGENTES BASEADAS EM POLÍMEROS NATURAIS	
Márcio Roberto da Silva Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106108	
CAPÍTULO 9	94
BENEFÍCIOS NA UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PAPELÃO ESTRUTURAL COMO SISTEMA CONSTRUTIVO	
Gabriela Santos Pereira Lopes de Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.5152106109	
CAPÍTULO 10	106
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS	
Myrelle Pinheiro e Silva	
Maria Letícia Ferreira da Silva	
Daniele Gomes Carvalho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061010	
CAPÍTULO 11	132
AVALIAÇÃO DA BORRACHA NATURAL EPOXIDADA COMO UM POSSÍVEL MATERIAL AUTORREPARÁVEL	
Duane da Silva Moraes	
Helena Mesquita Biz	
Tatiana Louise Avila de Campos Rocha	
Cristiane Krause Santin	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061011	

CAPÍTULO 12..... 149

LAJOTAS DE PISO TÁTIL PREPARADAS COM ADIÇÃO DE *FLAKES* DE POLIESTIRENO RECICLADO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSA


Debora Scopel
Mateus Vosgnach
Vinicio Ceconello
Ana Maria Coulon Grisa
Edson L. Francischetti
Mara Zeni Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061012>

CAPÍTULO 13..... 159

ADSORCION DE XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO EN LA GALENA


Claudia Veronica Reyes Guzman
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
Manuel García Yregoi
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Rey García Canales

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061013>

CAPÍTULO 14..... 170

ADSORCION DE CIANURO EN CARBON ACTIVADO DE CASCARA DE TAMARINDO

Claudia Veronica Reyes Guzmán
Leonor Muñoz Ramírez
Sergio García Villarreal
Gloria Guadalupe Treviño Vera
Aglae Davalos Sánchez
Gema Trinidad Ramos Escobedo
María Gloria Rosales Sosa
Evelyn Rodríguez Reyna
Samuel Chacón de la Rosa
Luis Enrique Barajas Castillo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061014>

CAPÍTULO 15..... 180

DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANAS DE QUITOSANA/GELATINA/FÁRMACO PARA REGENERAÇÃO DA SUPERFÍCIE OCULAR

Amanda Eliza Goulart Gadelha
Wladýmjr Jéfferson Bacalhau Sousa
Albaniza Alves Tavares
Rossembérg Cardoso Barbosa
Maria Dennise Medeiros Macêdo


Thiago Cajú Pedrosa
Ana Caroline Santana de Azevedo
Fernando Melo Gadelha
Kleilton Oliveira Santos
Marcus Vinícius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061015>

CAPÍTULO 16..... 194

META-ARAMIDAS: DE UMA PERSPECTIVA DE PROTEÇÃO PESSOAL A UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL


Natália de Oliveira Fonseca
Íris Oliveira da Silva
Francisco Claudivan da Silva
Késia Karina de Oliveira Souto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061016>

CAPÍTULO 17..... 205

USINAS TERMELÉTRICAS E A SIDERURGIA

Késsia de Almeida Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.51521061017>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS ORIUNDA DE CAPEAMENTO NO CONCRETO ESTRUTURAL – UMA AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Data de aceite: 01/10/2021

Myrelle Pinheiro e Silva

Acadêmico de Engenharia Civil; Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC; Araguaína – TO

Maria Letícia Ferreira da Silva

Acadêmico de Engenharia Civil; Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC; Araguaína – TO

Daniele Gomes Carvalho

Doutora em Engenharia de Materiais; Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos – UNITPAC; Araguaína – TO

RESUMO: O grande volume de resíduos descartados provenientes da alta demanda de volume de materiais inutilizáveis no fim da sua vida útil, como os pneus, onde, vêm acarretando diversos fatores decorrentes de doenças de insetos provocando a dengue, febre amarela, malária, dentre outras doenças, que podem comprometer a vida da população, a saúde pública e o meio ambiente. Com isso, surgiu estudos, que possibilitam utilizar a borracha como um material sustentável, que é o exemplo do concreto sustentável, no qual visa a sustentabilidade e a redução dos impactos ambientais, que são constantemente ativos devido aos descartes de materiais em locais inapropriados. Assim, o presente trabalho tem por objetivo averiguar as propriedades mecânicas e

o desempenho técnico do concreto executado a partir da adição do resíduo de borracha de pneu, analisando então, sua viabilidade econômica, trabalhabilidade, resistência e as características adquiridas a partir dos ensaios de compressão axial e módulo de elasticidade realizados no laboratório e que foram submetidos a 7, 14, 21 e 28 dias de cura. Sendo assim, o traço do concreto é determinado perante as especificações do método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), adquirindo-se o valor do traço referente à 1:1,93:2,69:0,48, cujo valor de f_{ck} para confeccionar os corpos de prova é de 25 MPa. Através dos resultados verifica-se que o concreto com adição de resíduo de pneu de borracha obteve uma redução em sua resistência em comparação ao concreto de referência, o que pode ser devido a fraca aderência da fibra na matriz cimentícia.

PALAVRAS - CHAVE: Borracha, concreto, resíduos, sustentável.

ADDITION OF TIRE RUBBER FROM CAPING IN STRUCTURAL CONCRETE - AN EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES

ABSTRACT: The large volume of discarded waste arising from the high volume demand of unusable materials at the end of their useful life, such as tires, where they have been causing several factors resulting from insect diseases causing dengue, yellow fever, malaria, among other diseases, that can compromise the lives of the population, public health and the environment. With this, studies emerged, which make it possible to use rubber as a sustainable

material, which is the example of sustainable concrete, which aims at sustainability and the reduction of environmental impacts, which are constantly active due to the disposal of materials in inappropriate places. Thus, this work aims to investigate the mechanical properties and technical performance of concrete executed from the addition of tire rubber waste, then analyzing its economic feasibility, workability, strength and the characteristics acquired from the compression tests axial and elastic modulus performed in the laboratory and submitted to 7, 14, 21 and 28 days of cure. Thus, the mix of concrete is determined according to the specifications of the ABCP (Brazilian Association of Portland Cement) method, acquiring the value of the mix referring to 1:1.93:2.69:0.48, whose value is f_{ck} to make the specimens is 25 MPa. Through the results, it is verified that the concrete with the addition of rubber tire residue obtained a reduction in its strength compared to the reference concrete, which may be due to the weak adhesion of the fiber in the cement matrix.

KEYWORDS: Rubber, concrete, waste, sustainable.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto é um material presente na construção civil desde a revolução industrial ocorrida no século XVIII, o mesmo vem se destacando ao decorrer dos anos, devido ao seu grande crescimento e desenvolvimento tecnológico, onde seus componentes são formados pela água, areia, brita e cimento. Além disso, o concreto quando misturado a outros tipos de aditivos, ganham nomenclaturas cujo é chamado de dosagem e formam uma liga que será capaz de ser moldada, adquirindo diversas formas e aplicações diferentes (COUTO, et al., 2013).

Considerado como um elemento imprescindível para a construção civil, o concreto possui influência tanto na arquitetura moderna quanto no desenvolvimento da engenharia, uma vez que possibilita a melhoria na qualidade das obras e a redução consequentemente dos custos. Por outro lado, existe uma grande necessidade de utilização de materiais sustentáveis, devido ao grande volume de resíduos gerados anualmente, que sejam passíveis de reutilização e benéficos tanto diretamente como indiretamente para a construção civil (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

A sociedade atual, contempla um sério problema com a grande demanda de lixos descartados incorretamente, a partir disso, surgiu o termo designado 'desenvolvimento sustentável', tornando-se conhecida por sua performance em várias áreas econômicas, no qual, a população vem enfatizando de forma consciente sobre quão a preservação ambiental é significativamente importante. Os impactos ambientais por sua vez, são ainda mais constantes no meio ambiente, gerando ainda mais necessidade de mudanças em meio ao presente modelo de desenvolvimento. (LIRA; CÂNDIDO, 2013).

No Brasil, no ano de 2016, ocorreu o descarte de cerca de 510.450 toneladas de pneus. Por outro lado, a Reciclanip fez a coleta e destinou em torno de 457.533 pneus, com o objetivo de reduzir o impacto gerado (RECICLANIP, 2018), no entanto é um número

relativamente pequeno em comparação ao número de descartes que vem acontecendo anualmente.

O resíduo de borracha de pneu, é um componente que pode ser utilizado na adição do concreto sendo capaz de produzir um concreto sustentável. Dentre diversos resíduos existentes, a borracha de pneu possui a possibilidade de ser reaproveitada e aplicada em ciclovias, calçadas, e até mesmo pavimentos asfálticos, em que é empregada principalmente no intuito de minimizar os impactos sanitários e ambientais. (SANTOS, 2018).

Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo produzir um concreto com adição de 3% de fibra de borracha de pneu, avaliando por meio de ensaios laboratoriais sua resistência à compressão, módulo de elasticidade, massa específica, abatimento do tronco de cone (slump test) e por fim, sua viabilidade técnica e econômica. Com a pretensão de obtenção de resultados satisfatórios, que viabilizem o meio ambiente e a sustentabilidade do concreto.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O material de construção mais consumido no mundo depois da água é o concreto (HELENE; ANDRADE, 2017), composto por cimento, areia, brita e água, no qual deve possuir plasticidade suficiente para que sejam realizadas todas as operações, desde o manuseio e transporte até a sua disposição nas formas de concretagem, devendo adquirir coesão e resistência ao longo dos dias (ALMEIDA, 2002).

2.1 Cimento

Em todo o país existem oito tipos de cimento Portland normalizados, cada qual classificado de acordo com seu modo de fabricação, campo de aplicação e peso específico (ALMEIDA, 2002), normatizados conforme seu subtipo e sua resistência (ISAIA, 2011). A tabela 1 mostra os tipos de cimentos conforme a ABNT NBR 16697:2018.

Tipos de cimento portland	Designação normalizada	Sigla	Classe de resistência
Comum	Cimento Portland comum CPI-S	CPI	25, 32 ou 40
	Comum Portland composto com escória granulada de alto-forno	CP II-E	
Composto	Comum Portland composto com material pozolânico	CP II-Z	25, 32 ou 40
	Comum Portland composto com material carbonático	CP II-F	

Alto forno	Cimento portland de alto forno	CP III	25, 32 ou 40
Pozolânico	Cimento Portland pozolânico	CP IV	25, 32 ou 40
Alta resistência inicial	Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V	ARI
Branco	Cimento Portland branco	Estrutural	CPB 25, 32 ou 40
		Não estrutural	-

Tabela 1: Tipos de cimento portland normalizados

Fonte: ABNT NBR 16697:2018

Os cimentos se diferenciam com base no percentual de sulfatos de clínquer, de cálcio e de outras adições, como o fíler calcário e a escória por exemplo, que são adicionados no processamento de moagem do cimento (ISAIA, 2011). Como pode ser observado na tabela 2.

Tipos de cimento portland	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Mat. Pozolânico	Mat. carbonático
Comum	95 - 100		0 - 5	
	90 - 94	0	0	6 - 10
Composto	51 - 94	6 - 34	0	0 - 15
	71 - 94	0	6 - 14	0 - 15
	75 - 89	0	0	11 - 25
Alto forno	25 - 65	35 - 75	0	0 - 10
Pozolânico	45 - 85	0	15 - 50	0 - 10
Alta resistência inicial	90 - 100	0	0	0 - 10
Branco	75 - 100	-	-	0 - 25
	50 - 74	-	-	26 - 50

Tabela 2: Limites da composição do cimento Portland

Fonte: ABNT NBR 16697:2018

2.2 Água

A água é um elemento de grande importância, assim ela não pode conter impurezas, para que não interfira na pega do aglomerante hidráulico e na resistência do concreto. Pois a água que contém resíduos ao ser adicionada no concreto provocará o surgimento de manchas situadas em sua face (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Além de possuir uma grande influência na trabalhabilidade e na resistência do concreto, a água também possui um papel muito importante nos seguintes fatores: hidratação, fluência, pega, aparecimento de manchas na superfície, ataque químico, reação álcali-agregado, corrosão das armaduras, carbonatação, cavitação, entre outros (NEVILLE, 2016).

2.3 Agregados

Os agregados são oriundos de material sintético ou natural, na maioria das vezes inerte, no qual é composto normalmente nas argamassas e concretos. Esse material é formado a partir de sua origem natural, extraídos perante processos simples, bem como, através de processos industriais, podendo ser também de origem artificial, adquiridos de subprodutos, ou matérias primas naturais. (JÚNIOR, 2014).

Um requisito exigido da norma NBR 7211:2019 é que os agregados precisam ser constituídos por grãos cujos minerais têm de ser duros, estáveis, limpos e duráveis para que não haja nenhuma interferência de substâncias da natureza, que venham a afetar diretamente no endurecimento do cimento, a hidratação, a durabilidade do mesmo, e assim comprometer o aspecto visual externo do concreto. Além disso, a classificação dos agregados é determinada a partir da sua granulometria, sendo então capaz de definir que o mesmo é identificado a partir da norma NBR 7211:2019 como agregado miúdo e agregado graúdo.

2.3.1 Agregado graúdos

O agregado graúdo por sua vez, são fornecidos de acordo com a sua granulometria, em que, seus grãos devem passar pela peneira com abertura de malha de 75 mm e encontram-se retidos na peneira de abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio efetuado com base na norma ABNT NBR NM 248, com peneiras determinadas a partir da ABNT NBR NM ISO 3310-1.

De acordo com Epusp (2012 apud SOARES 2017), o agregado graúdo empregado e utilizado na construção civil é nomeado popularmente como pedra brita (Figura 1), cujo o mesmo possui dependência na sua composição da rocha-mãe, que, conforme afirma Neto (2011) deverá ser britada em dimensões pré-definidas em locais designados de pedreiras.

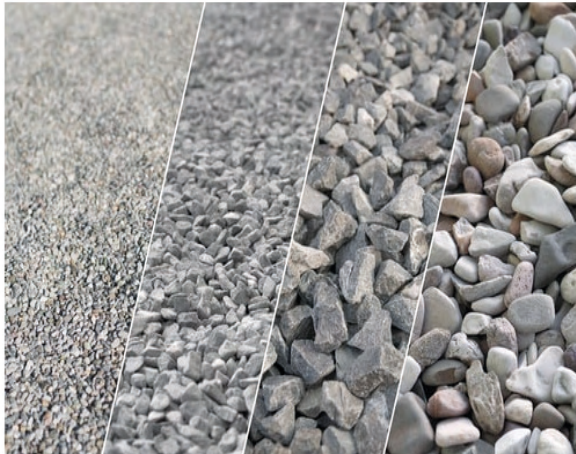


Figura 1: Pedras britadas

Fonte: Construindo Casas, 2021

2.3.2 Agregados miúdos

Segundo Epusp (2012 apud SOARES 2017), o agregado miúdo aplicado na construção civil é chamado de areia, que provém geralmente de rios, praias, dunas, de escória ou de cava. Além do mais, é possível afirmar que o agregado miúdo é definido a partir dos critérios da norma NBR 7211:2019, onde, são descritos como grãos passante na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, situam-se retidos na peneira com abertura de malha de 150 μm , em relação ao ensaio que é executado em consenso com a norma ABNT NBR NM 248, cujo peneiras são definidas através da norma ABNT NBR NM ISO 3310-1.

Os agregados miúdos, são classificados em três tipos distintos, sendo eles, areias finas, grossas e médias (Figura 2). A areia como é conhecida, é usualmente empregada na construção civil como matéria prima na produção de concretos e argamassas, podendo encontrá-las na forma natural, ou artificial, possuindo formas granulométricas entre 0,15 e 4,8 mm e massa específica normal ($1000 \text{ kg/m}^3 < \gamma < 2000 \text{ kg/m}^3$) (SILVA, 2012).



Figura 2: Tipos de Areia

Fonte: Educa Civil, 2021

2.4 Propriedades Mecânicas

Com relação às propriedades mecânicas do concreto, têm-se por destaque a resistência à compressão axial e diametral, resistência à tração e o módulo de elasticidade, todas determinadas através de ensaios realizados em laboratórios, executados para controle de qualidade e cumprimento das especificações (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2004).

2.4.1 Resistência à compressão

Uma característica essencial e de grande valia para o concreto é a resistência à compressão simples, pois têm como objetivo trabalhar não apenas a compressão, mas contribuir significativamente do mesmo modo com outros parâmetros físicos que são passíveis de comparação na prática com a resistência à compressão do concreto (ANDOLFATO, 2002).

Além disso, a resistência à compressão é determinada através de ensaios de corpos de prova que são realizados em laboratório, de acordo com as normas da ABNT NBR 5738:2016 e ABNT NBR 5739:2018 utilizadas tanto para moldagem, como para compressão e cura de corpos de prova de concreto.

2.4.2 Resistência à tração

A resistência à tração, assim como a resistência à compressão, possui um valor convencional, uma vez que se origina do tipo de solicitação, do formato do corpo de prova, de suas dimensões e principalmente da aderência dos grãos de agregados com a argamassa. Ademais, é de grande importância o conhecimento sobre o valor que agrega, uma vez que possui um papel relevante em diversos aspectos como a aderência, fissuração,

deformação, esforço cortante, entre outros (GUTFREIND; AURICH, 2009).

Conforme afirma GIUGLIANO (2014) os elementos de concreto, como os pavimentos por exemplo, por retratar melhor algumas particularidades, como a limpeza do agregado e a resistência à tração, são prováveis então, que o conhecimento sobre essa resistência seja mais notório do que em relação a resistência à compressão.

Além disso, todos os ensaios de resistência à tração devem ser realizados conforme as especificações da ABNT NBR 12142:2010.

2.5 A Utilização do Concreto Na Construção Civil

Um dos materiais de construção mais consumidos no mundo, é o concreto, que é popularmente confeccionado pela mistura de cimento Portland, brita (agregado graúdo), areia (agregado miúdo) e a água, onde seu consumo, estima-se em torno de 19 bilhões de toneladas métricas ao ano (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Apesar disso, Baretta e Piovesan (2019), afirmam que atualmente o setor da construção civil vêm crescendo e inovando a partir de novas descobertas e tecnologias.

A Engenharia é uma área amplamente explorada ao longo do tempo, com isso, vários métodos estão sendo impostos, embora ocorra lentamente, ainda assim, a construção civil necessita exclusivamente de diversos tipos de concreto para diferentes fins (SILVA et al, 2016). Contudo, o ramo da construção civil abrange a utilização do concreto em edificações, estradas, residências de baixo a alto padrão, pontes, prédios, sistemas de drenagens, obras de saneamento e elementos estruturais, dentre outros.

O concreto pode ser utilizado na confecção de blocos de concreto estrutural (Figura 3), possuindo funções essenciais na construção, como na alvenaria estrutural (muros ou paredes), além de ser um grande benefício em relação a otimização de tempo e materiais. De acordo com Santos (2018), esse material está atualmente presente desde os tempos antigos até hoje em dia, em todo e qualquer tipo de obras de edificação e infraestrutura, no que diz respeito às inovações que vêm crescendo abundantemente, juntamente com as tecnologias inseridas neste elemento, apresentando então, um aumento da sua vida útil, de sua durabilidade e redução da mão de obra, dentre outros aspectos consideráveis.



Figura 3: Blocos de Concreto
Fonte: TATU PREMOLDADOS, 2021

As telhas de concreto são outro tipo de elementos que são fabricados oriundos do concreto, os mesmos podem constituir formas retangulares e apresentar um perfil normalmente ondulado, sendo possível aplicá-las em coberturas, como mostra na figura 4. A sua composição contém uma mistura de cimento, areia (agregado miúdo) e água, tendo potencial de abranger aditivos, como pigmentos de cores coloridas ou naturais, fazendo-se presente na massa ou através da aplicação em uma camada superficial. (DAMASCENO et al, 2015).

Segundo os autores Valcarenghi e Piovesan (2011), Peixoto et al. (2010) e John e Thomas (1994), as telhas de concreto destacam-se devido exibir uma boa resistência mecânica, durabilidade, apresentar um manuseio de maior facilidade, dispor de uma variedade de cores, são resistentes quanto se trata de ações intempéricas, percorrem de peças capazes de complementar o acabamento necessário do telhado, e apontam obter um baixo índice de absorção de água. Em contrapartida, apresentam também desvantagens, tais como, alta porosidade, elevado peso e necessidade extrema de limpeza anual decorrente do seu pressuroso umedecimento.



Figura 4: Telhas de Concreto

Fonte: Lajoteiro, 2021

2.6 Borracha de Pneu

2.6.1 *Composição do Pneumático*

A composição da borracha de pneu natural e sintética é derivada a partir de processos e matérias primas, como petróleo, negro de fumo, cordonéis de alo, cabos de aço ou náilon, elementos que contém composições químicas tal como enxofre, substância no qual provoca a vulcanização que é um item importante para a fabricação, gerando assim um pneu (ANIP, 2018).

Entretanto, a denominação de pneu ou pneumático, dar-se-á por um tubo de borracha repleto de ar e adaptado ao aro da roda do veículo, admitindo-se que a tração do veículo absorve os choques junto ao solo, acerca do tráfego do veículo. É inviável a possibilidade de substituição do pneu, ou até mesmo supor que outro dispositivo seja capaz de ser equivalente ao pneumático (ANDRIETTA, 2011).

Hoje em dia, a aplicação da borracha de pneu vem se ampliando cada vez mais, trazendo consigo vários estudos sobre esse material que está sendo habitualmente utilizado no setor da construção civil a fim de analisar mais precisamente os benefícios da borracha e suas possíveis aplicações em obras. De acordo com Santos (2018), esse elemento pode ser aplicado em revestimentos de pavimentação, além de ser reaproveitado reduzindo os impactos ambientais como agregado, empregados na elaboração de calçados, rodovias, estradas e peças estruturais pré-moldadas, dentre outros.

Segundo Júnior (2014) o resíduo de borracha de pneu, apresenta características de flexibilidade e elástico/plásticas. Ao incorporar a fibra de borracha de pneu como um composto e adicioná-lo a fragilidade do concreto, em níveis conciliáveis com os agregados

miúdos (areia), e ao concreto de cimento Portland convencional, proporcionará aspectos melhores de material dúctil por exemplo, minimizando o surgimento de patologias como trincas, causadas pela retração da massa de concreto, e outro fator considerável são as variações térmicas, e a exibição das altas radiações solares.

2.6.2 Adição da Borracha de Pneu no Concreto

Ao decorrer do grande progresso no meio da construção civil, o concreto foi classificado como um dos materiais mais utilizados pela sociedade, devido essa alta demanda, vários estudos estão sendo desenvolvidos para a ampliação de novos métodos tecnológicos, para aplicação do aproveitamento de resíduos na construção civil, que são geralmente descartados de maneira incorreta, como por exemplo o resíduo de borracha de pneu. Assim, pesquisas visam otimizar tempo e materiais já aplicados, a fim de empregar atos sustentáveis no concreto, buscando permanecer ou até aumentar a durabilidade das estruturas, minimizando os riscos, ruídos na obra e preservando o meio ambiente. (VIEIRA, 2017).

Segundo Vieira (2014), os resíduos de borracha de pneu contribuem de forma positiva para obter materiais ecologicamente sustentáveis. O concreto com adição de fibras borracha de pneu é uma nova alternativa que possui a capacidade de estar incorporando esse elemento na composição do mesmo, gerando dessa maneira, um novo e diferente material, que vem evoluindo em todos os ramos, desde o econômico ao sustentável.

Com base nos estudos realizados de Kamimura (2002 apud BOAVENTURA, 2011), os pneus, após passar pelo processo de trituração, podem ser empregados na construção como substituto em relação aos convencionais, apresentando então, as seguintes vantagens em obras de engenharia: melhoria das propriedades de drenagem, diminuição da densidade das peças e aprimoramento da isolamento térmica e acústica.

Quanto aos estudos de Accetti e Pinheiro (2000, apud FREITAS, 2007), a inserção de resíduos de borracha ao concreto, de acordo com os autores, se manifestam como barreiras ao surgimento das fissuras. A análise feita, permitiu observar que ao decorrer do endurecimento da pasta, as fibras detectam as microfissuras e inibem sua progressão, impossibilitando assim, um aparecimento prematuro.

2.7 Principais Impactos Ambientais

No Brasil são fabricados mais de 70 milhões de pneus por ano (CEMPRE, 2020) e descartados cerca de 450 mil toneladas, geralmente em rios, lagos, margens públicas, aterros e até mesmo em terrenos baldios (figura 5), o que acaba provocando uma série de problemas ambientais (SEST SENAT, 2021).



Figura 5: Pneus abandonados de forma inadequada

Fonte: Arteblog, 2017

Os pneus são componentes de difícil eliminação e não são biodegradáveis e apesar de não serem considerados perigosos, sua queima acaba gerando substâncias tóxicas e cancerígenas e quando lançados em rios acabam provocando inundações e transtornos à população (BNDES, 2007). Além de gerar vários problemas ambientais, os pneus acarretam uma série de impasses sanitários e socioeconômicos, uma vez que servem de abrigo (figura 6) para mosquitos vetores de doenças, como por exemplo, a dengue e a febre amarela (MIRANDA, 2006).



Figura 6: Pneus abandonados no rio Piracicaba

Fonte: G1 – Globo, 2018

Dessa forma, surge então a necessidade do descarte correto desse material, assim, foi deliberada a Resolução CONAMA nº 416 de 2009, que estipula que os fabricantes e os importadores de pneus novos, cujo peso unitário seja superior a 2 kg (dois quilos), sejam obrigados a coletar e dar a devida destinação aos pneus inservíveis presentes em todo o território brasileiro.

Além disso, os destinadores precisarão comprovar regularmente no CTF (Cadastro Técnico Federal) do IBAMA, em um período de até um ano a destinação devida dos pneus inservíveis, devidamente licenciados pelo órgão ambiental competente (CONAMA, 2009).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, foi necessário a utilização dos seguintes materiais: Cimento Portland II F-32, a areia popularmente conhecida no ramo da construção como agregado miúdo, brita 0 e 1 normalmente chamado de agregado graúdo, o resíduo de borracha de pneu como adição e a água. Os materiais foram fornecidos pelo laboratório, exceto a fibra de borracha.

O resíduo de borracha de pneu utilizado, foi adquirido decorrente do processo de recauchutagem, em uma empresa situada na cidade de Araguaína, no estado do Tocantins. O pneu, devido ao seu longo processo de decomposição, possui fins de diversos modos, sendo um deles o método de trituração (Figura 7) e reciclagem, onde, possibilita a utilização do mesmo em vários meios, como na construção civil e no presente trabalho com o intuito de estudar e averiguar o seu desempenho mecânico.



Figura 7: Borracha de pneu reciclada

Fonte: Utep, 2021

No princípio, as operações devem ser executadas em laboratório, onde, será desempenhada atividades como a lavagem de todos os materiais envolvidos (areia, brita 0 e 1), logo após esse procedimento, os materiais são colocados em uma estufa em uma

temperatura aproximadamente de 105°, por um período de 24 horas, com o objetivo de obstruir todo tipo de impureza nos resíduos, mantendo-os limpos e eficazes para os próximos passos. Em seguida, esses elementos serão sujeitos aos ensaios de massa específica, massa unitária, massa específica aparente, ensaio granulométrico, absorção de água, determinação da dosagem de concreto, o “slump test” ou seja ensaio de abatimento do tronco de cone e resistência à compressão do concreto.

O ensaio de massa específica é executado seguindo os procedimentos conforme descrito na norma ABNT NBR NM 16916:2021. Para executar o teste do agregado miúdo em laboratório, separou-se uma quantidade moderada de areia e água, onde foi possível estimar o valor da massa específica através do frasco chapman. É fundamental que agite o agregado no frasco para impedir o aparecimento de bolhas que possam interferir no resultado.

A borracha de pneu, quando transformada em resíduos para análise não possui uma norma específica. Sendo assim, no presente trabalho, o resíduo de borracha de pneu, aderiu a norma DNER-ME 194/98 como base para ensaios de massa específica, no qual, foi designada 50 g de fibras de borracha sem está úmida, e em substituição ao álcool, aplicou-se uma quantidade de querosene de 375 ml com o apoio do frasco chapman. Posteriormente a separação dos devidos materiais, poderá dar início ao procedimento, aplicando os elementos no frasco e logo em seguida, agitando-o para retirar as bolhas de ar existentes. Desempenhada a atividade, é necessário fazer a leitura do frasco com a finalidade de obter valores capazes de calcular a massa específica do material.

Para o ensaio de massa específica, absorção de água e massa específica aparente da brita 0 e 1 (agregado graúdo) ser efetuado, obteve-se como auxílio à norma ABNT NBR NM 53 (2009). Com a finalidade de realizar o ensaio em laboratório, a amostra será usufruída depois do peneiramento, lavagem e secagem na estufa por 24 horas, como foi dito anteriormente, e deixe-o esfriar naturalmente fora da estufa cerca de 3 horas. Posto isso, o material terá de ser pesado e então fará a submersão em água em temperatura ambiente. Passado um longo intervalo de 24 horas, a amostra percorrerá pelo processo de evacuação de água, onde será lavada e enxugada em uma bancada. O teste consiste em submergir a amostra em água, colocando-a num cesto de arame e, pesando o mesmo em água, permitindo determinar através de cálculos os valores de massa específica, absorção de água e massa específica aparente.

Com base na norma ABNT NBR NM 45 (2006), é possível efetuar o ensaio de massa unitária para as amostras de brita 0 e brita 1, areia média, e para a borracha de pneu. Inicialmente, deve-se determinar as dimensões, fazer a identificação da massa do recipiente, e separar os materiais a serem utilizados. O teste em si foi produzido por meio de um reservatório, no qual deverá ser preenchido até o topo, porém, não é necessário que o material seja compactado, mas sim, que haja a regularização da superfície que excede o volume com o auxílio de uma régua. Em sequência, é calculado e pesado a massa unitária

adquirida, aplicando o mesmo processo no mínimo três vezes, no intuito de alcançar um resultado mais preciso e satisfatório dos ensaios realizados.

Para adquirir a granulometria dos agregados graúdos e miúdos e da fibra de borracha de pneu, segue como base as especificações propostas na norma ABNT NBR NM 248 (2003), no qual, são capazes de verificar as dimensões das partículas dos materiais a serem analisados e apresentar as características que prevalecem na composição do mesmo. Após a coleta de amostra, o teste é realizado conforme os processos preliminares já citados anteriormente, com isso, as amostras serão submetidas a uma sequência de peneiras previamente limpas, para a executar o peneiramento. Dessa forma, possibilitará determinar qual o material retido e o material passante para identificar as dimensões granulométricas dos mesmos.

O ensaio “slump test” como é popularmente conhecido, possui a definição técnica de ensaio de abatimento do tronco do cone, seguido pelas especificações preestabelecidas na norma ABNT NBR NM 16889 (2020), com o intuito de determinar a trabalhabilidade do concreto. A execução do teste é realizada de acordo com a mistura entre a areia (agregado miúdo), brita 0 e 1 (agregado graúdo), água e o resíduo de borracha de pneu, onde as amostras são previamente pesadas, dando início então à homogeneização de todos componentes em uma betoneira. Os equipamentos utilizados como auxílio para a efetivação desse teste são um molde, uma haste de adensamento e uma placa de base. Dito isso, a operação é feita com base na compactação do concreto em moldes cilíndricos com três camadas distribuídas, de 25 golpes, posteriormente, a fôrma do cone é removida, analisando qual o abatimento adquirido, e se o mesmo alcançará uma consistência satisfatória ao que é exigido.

Tendo em vista, que o ensaio de slump test possibilita averiguar a consistência do concreto, o mesmo teste e mistura, também possibilita auxiliar no adensamento do concreto em 20 corpos de prova, que serão moldados a partir de duas camadas de 15 golpes, antecipando esse processo untando-os com desmoldante, com o propósito de facilitar, a retirada após a secagem. Ao decorrer de um período de 24 horas, os corpos de prova são mantidos em um local aberto, levando-os em seguida para uma câmara úmida. É de suma importância que os mesmos sejam mantidos em confinamento na câmara úmida, respeitando as exigências da norma e conseqüentemente o tempo de cura estabelecido.

A determinação da dosagem do concreto é realizada utilizando os critérios do método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Perante as normas da ABCP, é possível obter um estudo mais preciso do fcd, do abatimento e desvio padrão (Sd) a fim de corresponder aos respectivos componentes que devem compor o concreto, além de estabelecer a quantidade de água de amassamento necessária, a relação água/cimento (a/c), a partir de tabelas, quadros e cálculos de suma importância para o desenvolvimento do traço. Dessa forma, encontra-se a medida primordial da massa de cimento, do agregado miúdo, agregado graúdo, da água e por fim, a quantidade de fibra de borracha de pneu que

será consumida.

Além disso, a escolha do fator água/cimento é relacionado diretamente com os critérios obtidos por meio da curva de Abrams, dependendo precisamente da resistência à compressão que necessita alcançar. Para a quantidade de água que deve conter no concreto, em primeira instância, a granulometria tem de ser analisada em consenso com a forma dos grãos, logo após, o consumo de cimento precisará ser estimado, decorrente da relação água/cimento e do consumo de água. Tratando-se do consumo de agregados, será realizado a mistura dos componentes do teor ótimo do agregado miúdo e graúdo, correspondente ao volume de agregado compactado seco por metro cúbico de concreto. Calcula-se assim, o traço do concreto, onde, baseia-se pela massa em relação ao valor unitário do cimento.

Segundo Andolfato (2002), uma das propriedades mecânicas de grande relevância para o desempenho do concreto é a resistência à compressão, tanto por razões firmadas do mesmo trabalho de modo fundamental, como também por apresentar características que concedem relações empíricas que admite ofertar outros parâmetros físicos. Sendo assim, poderá ser realizado o teste de resistência à compressão, onde os materiais deverão ser retirados da câmara úmida e estarem devidamente secos.

Para estabelecer os respectivos valores da resistência à compressão do concreto, o ensaio será executado conforme a norma ABNT NBR 5739 (2018). O método a ser praticado necessitará de uma prensa hidráulica de compressão que ajudará a ter conhecimento dos resultados, que após os rompimentos dos corpos de prova, em uma faixa de 7, 14, 21 e 28 dias de cura, será possível analisar as informações e determinar se o experimento alcançou ou não as exigências do projeto.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa específica e massa unitária

Em laboratório foram realizados os ensaios e coletadas as informações que são de extrema importância para determinação da massa unitária e massa específica dos agregados graúdos (brita) e miúdo (areia), do cimento e do resíduo de borracha de pneu. Assim, através desses dados coletados (tabela 3) foi possível verificar se os mesmos atendem às exigências especificadas por norma.

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária (g/cm ³)
Areia grossa	2,67	1,52
Borracha de pneu	1,19	0,58
Brita 1	2,91	1,65

Brita 0	2,78	1,45
Brita 1 + Brita 0	2,7	1,53
Cimento	3	1,2

Tabela 3 - Resultados obtidos dos ensaios realizados em laboratórios da massa específica e massa unitária

Fonte: Autor, 2021

Como pode ser observado na tabela 3, os valores encontrados em laboratório estão de acordo com os vistos em referências estudadas e atendem às exigências impostas por normas.

4.2 Granulometria

A partir do ensaio granulométrico realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248 (2003), foi possível verificar as dimensões dos agregados graúdos, miúdos e do resíduo de borracha (figura 8).

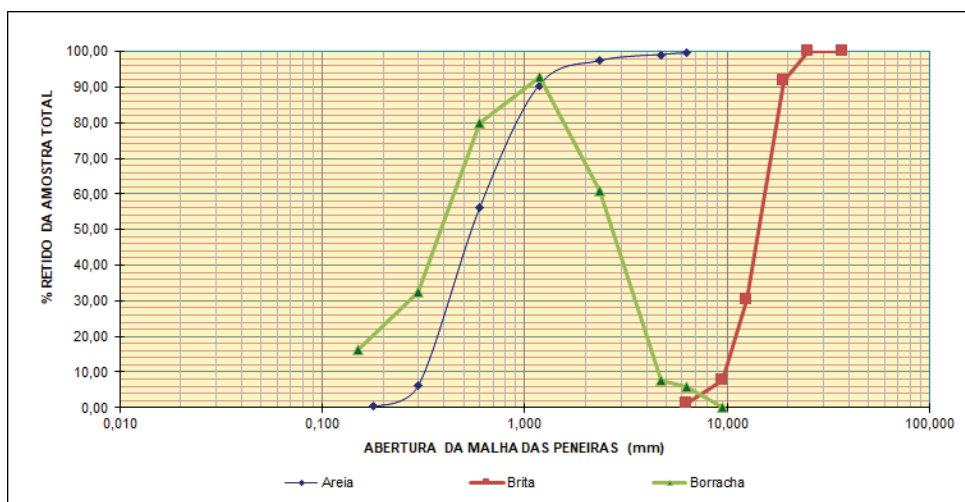


Figura 8: Granulometria do agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia) e do resíduo de borracha

Fonte: Autor, 2021

Assim, por meio da análise da curva granulométrica (figura 8) da areia, percebe-se que a mesma está localizada na zona ótima, segundo a ABNT NBR 7211:2019, por possuir o módulo de finura de 2,51, sendo classificada então como areia média. Já a borracha por possuir módulo de finura de 3,612, encontra-se dessa forma, dentro do limite dos valores descobertos na literatura, alcançados por Fazzan (2011), que variam entre 3,81 à 3,14 (Silva Júnior, 2014). E por fim, a brita 1 mostra uma boa graduação com diâmetro máximo de 25 mm.

4.3 Determinação do traço

Através das tabelas e equações situadas na norma da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), calcula-se então a relação água/cimento, de acordo com a Curva de Abrams e, o desvio padrão, cujo valor adotado foi de 5,5. Posteriormente define-se então os materiais, os resíduos de borracha e suas respectivas caracterizações. Além disso, foi estabelecido o consumo de cada insumo, determinando assim, o traço do concreto, onde, tem-se como referência a resistência mínima de 25 MPa. Com isso, foi alcançado um traço referência como relata na equação 1, no qual, são valores correspondentes a proporção de cimento, dos agregados e da água de amassamento que compõem o concreto:

$$1:1,93:2,69:0,48$$

eq. 1

A análise do concreto é um estudo fundamental, sendo assim, foi designado a rodagem de 3 traços distintos, onde foi necessário rodar um traço de referência, ou seja, sem a adição de fibras de borracha de pneu, outro contendo 3% de adição de resíduo de borracha sem saturação, e o último traço contendo o mesmo percentual de borracha, entretanto, com saturação. Tendo em vista os dados propostos, foram então confeccionados 20 corpos de provas de dimensões 10x20 cm para cada traço.

4.4 Trabalhabilidade

Para verificar a fluidez do concreto é necessário realizar o ensaio de tronco cone (slump test), analisando assim, sua trabalhabilidade e seu adensamento. A tabela 4 mostra os valores encontrados no ensaio.

Traço	Abatimento em cm
Adição de 3%	2
Adição de 3% Saturada	4,25
Referência	4,8

Tabela 4 - Resultados obtidos dos abatimentos realizados

Fonte: Autor, 2021

Com os valores obtidos (tabela 4) através dos ensaios realizados, observou-se que o concreto com adição de borracha teve uma perda de trabalhabilidade (figuras 9 e 10), conforme visto em literatura, principalmente o concreto insaturado (figura 9), realizado sem adição de borracha saturada, por outro lado ocorreu um aumento em sua resistência, uma vez que a borracha retém parte da água da mistura.



Figura 9: Concreto insaturado com abatimento de 2 cm

Fonte: Autor, 2021



Figura 10: Concreto saturado com abatimento de 4,25 cm

Fonte: Autor, 2021

4.5 Determinação das propriedades mecânicas do concreto

4.5.1 *Compressão axial*

Foram realizados os rompimentos por compressão axial (figura 11) e os resultados são apresentados na figura 12, onde verifica-se que o concreto insaturado obteve maior

resistência, com 23,18 MPa, em comparação ao concreto saturado que alcançou 20,43 MPa, no entanto, o concreto saturado teve melhor trabalhabilidade, mas ambos apresentaram uma resistência inferior ao concreto de referência, que obteve um valor de 29,69 MPa.



Figura 11: Rompimentos dos corpos de prova por compressão axial

Fonte: Autor, 2021

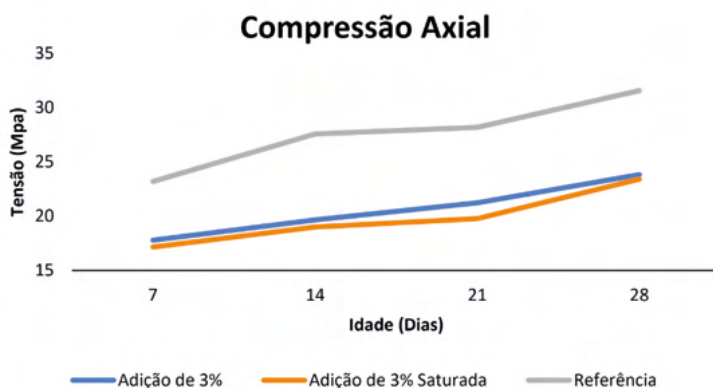


Figura 12: Resultados dos rompimentos dos corpos de prova por compressão axial

Fonte: Autor, 2021

Esse baixo valor de resistência se deve a baixa aderência entre a matriz cimentícia e a fibra de borracha de pneu, devido não ter ocorrido nenhum tratamento prévio nesses resíduos de borracha, podendo então, ser utilizado apenas na construção de elementos que não necessitem de altas resistências.

4.5.2 Módulo de Elasticidade

Os ensaios de módulos de elasticidade (figura 13), processo capaz de verificar a relação entre a tensão e deformação dos corpos de prova, foram realizados em laboratório e os resultados são apresentados na figura 14, onde é possível verificar que o concreto que conseguiu suportar maior tensão ao final dos 28 dias foi o concreto insaturado, que obteve 33,07 GPa, sendo justificado pela distribuição da carga na fibra da matriz, por ser distribuída de maneira aleatória no concreto.



Figura 13: Módulo de elasticidade

Fonte: Autor (2021)

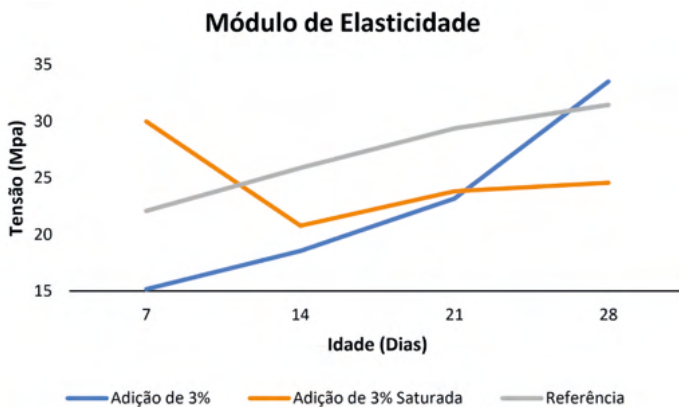


Figura 14: Resultados do módulo de elasticidade

Fonte: Autor (2021)

51 CONCLUSÃO

O concreto sustentável com adição de resíduos de borracha de pneu é um novo método utilizado na construção civil em prol da sustentabilidade e meio ambiente, que vêm sendo desenvolvida, em busca de redução dos impactos ambientais, da poluição atmosférica e dos descartes de resíduos de maneira inadequada, que acarretam não só problemas ambientais, mas também, problemas sanitários e socioeconômicos. Dessa forma, realizou-se um estudo em relação ao concreto de referência, e a combinação do concreto com adição do resíduo borracha de pneu saturado e insaturado.

Assim, esse estudo verificou a viabilidade de utilização de resíduos de borracha de pneus no concreto com fins estruturais, objetivando resultados satisfatórios de trabalhabilidade, resistência e viabilidade econômica, com a finalidade de contribuir com o desenvolvimento sustentável e aprimoramento do estudo do concreto com adição de resíduos.

Com base nas informações e dados coletados dos ensaios, verificou-se que o concreto com adição de borracha insaturada, apesar de apresentar menor trabalhabilidade, obteve um aumento em sua resistência em relação ao resíduo saturado, no entanto, sua resistência ainda assim foi inferior à do concreto de referência.

Em contrapartida, ao analisar o módulo de elasticidade do concreto insaturado, verificou-se que essa inserção foi benéfica por trazer melhorias no módulo de elasticidade, em comparação ao concreto com adição de resíduo de borracha saturada.

Conclui-se, que o estudo realizado com adição de resíduos de borracha de pneu, apresentou boa performance para aplicação na construção civil em setores que não necessitam de uma elevada resistência. Logo, é recomendado que as fibras de borracha sejam aplicadas em obras e construções para fins não estruturais, como é o caso de calçadas, meios-fios, estradas, obras de pavimentação, muros de contenção, bancos de assento, para melhor isolamento térmico, ciclovias, dentre diversos outros fatores, e além disso, é benéfico para o meio ambiente e a natureza.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz. **Concreto: Aula 14**. Documento eletrônico. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>>. Acesso em 15 mar. 2021.

ANDOLFATO, R. P. Controle tecnológico básico do concreto. **Nepae - Núcleo de ensino e pesquisa da alvenaria estrutural**. Documento eletrônico. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/control-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2021.

ANDRIETTA, A.J. Pneus e meio ambiente: **Um grande problema requer uma grande solução**. Disponível em: <<http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipneus>>. Acesso em: 26 de junho de 2021.

ANIP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. **A Fabricação do Pneu**. São Paulo, 2018. Disponível em:<<https://www.anip.org.br/fabricacao/>>. Acesso em: 03 de Jul. de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia Básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo:[s.n.], 2002. 28 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142** - Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697** - Cimento Portland - Requisitos, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** - Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211** - Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 16889** - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 16916** - Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água, Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248** - Agregados – Determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45** - Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53** - Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água, Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM ISO 3310-1** - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT). Rio de Janeiro, 2010.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO – BNDES. Panorama da indústria de pneus no Brasil: ciclo de investimentos, novos competidores e a questão do descarte de pneus inservíveis. **Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, 2007. P. 170-130.

BARETTA, Carolina; PIOVESAN, Angela Zamboni. Análise comparativa entre o uso de concreto convencional e auto adensável em peças pré-moldadas de concreto armado. **Conhecimento em Construção**, v. 6, 22 ago. 2019., p. 7-20.

BOAVENTURA, Márcio C. **Avaliação da resistência à compressão de concretos produzidos com resíduos de pneus.** Feira de Santana/BA, 2011. Monografia ao curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana.

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. - "Resolução nº 416, 20 de setembro de 2009", IBAMA, Brasília (2009). Disponível em: <<http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/Conama-416-Destina%C3%A7%C3%A3o-de-pneus.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J.M.E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Scielo**, p. 181-185, 2015.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Taxas de reciclagem.** São Paulo, 2020. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/7/pneus>>. Acesso em: 19 de mar. de 2021.

COUTO, J. et al. O concreto como material de construção. **Cadernos de graduação - ciências exatas e tecnológicas.** SERGIPE, v. 1, n.17, p.49-58, out. 2013.

DAMASCENO, Flavio A. et al. Propriedades físicas, mecânicas e térmicas de telhas de concreto fabricadas com adição de diferentes materiais isolantes. **Reveng**, Viçosa - MG, nº 5,V.23, Out. 2015, p. 406-417.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ME 194/98** – Agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman, Rio de Janeiro, 1998.

FREITAS, C. **Estudo do desempenho mecânico de concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas.** Curitiba, 2007. 136 p. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, 2007.

GIUGLIANO, Eduardo. **Propriedades e características dos materiais concreto e aço.** Documento eletrônico. Disponível em: <https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA_-_Sistemas_Estruturais_II/01_Propriedade_e_Caracteristica_dos_Materiais.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2021.

GUTFREIND, H.; AURICH, M. **Concreto armado 1.** Documento eletrônico. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/382784548/Apostila-Concreto-Armado-I-pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2021.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: INO, A. et al. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** 3. ed. Revisada e Atualizada. São Paulo: Ibracon, Geraldo C. Isaia, 2017. Capítulo 29, p 905-944.

ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia.** São Paulo: Ibracon, 2011. p. 1968.

JOHN, F.; THOMAS, S.W.F. Concrete roof tile. Patente dos EUA USD348317 S, 28 de junho de 1994.

JÚNIOR, Francisco, A. S. **Avaliação do efeito da adição de resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formulação de compósitos cimentícios**. Natal, RN, 2014. 184 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais.

LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa. **EDUEPB**. Campina Grande, 2013, 326p.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **CONCRETO: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. p. 782.

MIRANDA, Marcos Paulo de Souza. Pneumáticos inservíveis e proteção do meio ambiente: problemas e soluções. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, n° 1092, jun. 2006.

NETO, B. B. P.; OLIVEIRA, D. R. C. RAMOS, D. Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo no módulo de deformação do concreto de alta resistência. **Revista Matéria**, v. 16, n. 2, p. 690 – 702, 2011.

NEVILLE A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, 448p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Tradução: Ruy A. Cremonimi. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PEIXOTO, R.A.F.; TINOCO, I.F.F.; SARAZ, J.O. ; PAULA, M.O. ; GATES, R. Elaboración y evaluación de tejas de concreto en arcilla expandida para uso como coberturas de estructuras pecuarias. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v.65, n.2, p.5651-5660, Medellín, 2010.

PINHEIRO L. M; MUZARDO C. D; SANTOS S. P. Fundamentos do concreto e projetos de edifícios. **USP – EESC – Departamento de Engenharia de Estruturas**. Documento eletrônico. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf>. Acesso em 02 mar. 2021.

RECICLANIP. **Indústria nacional de pneus ultrapassa meta de destinação do Ibama**. São Paulo, 2018. Disponível em: < <https://www.reciclanip.org.br/noticia/industria-nacional-de-pneus-ultrapassa-meta-de-destinacao-do-ibama/>>. Acesso em 18 de junho de 2021.

SANTOS, Aline da Rocha. et al. Desenvolvimento E Caracterização De Blocos De Concreto Translúcido. **Revista Científica UMC**. Mogi das Cruzes – SP, v. 2, n. 1, p.1-15, outubro de 2018.

SANTOS, Rebeca M. **Sugestões de aplicação Concreto Borracha em obras civis**. Boa Vista RR, 2018, 91 p. TCC (Bacharel em Engenharia Civil) - na Universidade Federal de Roraima.

SEST Senat. Documento eletrônico. Disponível em: <<https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>>. Acesso em 22 jan. 2021.

SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **Avaliação do efeito da adição de resíduos de borracha de pneu e brita calcária na formulação de compósitos cimentícios**. Natal, 2014. 184 p. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, Anna Jacqueline Santos; et al. Desenvolvimento de concreto colorido de alta resistência por meio do uso de pigmentos, cura térmica e pó de quartzo. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**. São Luís, v. 3, n. 3, p. 27-35, v abr./jun. 2016.

SILVA, Gustavo, A. **Diagnóstico do setor de agregados para construção civil na região metropolitana de Natal - RN**. Recife, 2012. 193 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral.

SOARES, F. D. N. **Desempenho Mecânico e Durabilidade de concretos com uso de resíduos da construção civil (RCC) na substituição parcial dos agregados graúdo e miúdo**. Ijuí, 2017, 94 p. Trabalho de conclusão de curso de engenharia civil da Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

VALCARENGHI, C.; PIOVESAN, A.Z. **Análise das propriedades físicas e mecânicas nas telhas de concreto fabricadas na cidade de Herval d'Oeste**. Unoesc & Ciência – ACET, v.2, n.1, p.19-30, Joaçaba, SC, 2011.

VIEIRA, Ana. P. N. B. **Viabilidade técnica da fabricação de compósito utilizando fibra de pneu na fabricação de blocos intertravados**. Natal, RN, 2014. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica.

VIEIRA, S. P. **Propriedades do concreto autoadensável com diferentes tipos de adições**. Brasília, DF, 2017. 126 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), Publicação E.DM-06A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço MA957 4, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

Aços inoxidáveis 4, 30, 31, 36

Adsorción 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178

Alumínio 4, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 95, 141

Argamassa 6, 112, 149, 150, 156, 157, 158

Austenita 30, 31, 36

Autorreparação 132, 133, 134, 136, 138, 143, 144, 145, 146, 147

B

Biomateriais 180, 181, 182

Biopolímeros 172, 181, 187

Borracha 5, 90, 106, 108, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 140, 147

C

Cascara 6, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Cianuro 6, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178

Combustível nuclear 30

Compressão 30, 31, 33, 36, 40, 41, 96, 106, 108, 112, 113, 119, 121, 124, 125, 128, 129, 149, 150, 151, 154, 155, 158

Concreto 5, 100, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 150, 157, 158

Conforto Humano 149

D

Deformação a Frio 38, 40, 41, 42

Desorción 160

E

Eficiência de corrente 46

Eletrocromismo 84

Eletrodeposição reversível 84, 85, 86, 87

Eletrogalvanização 45, 46

ENR50 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Ensaio visual 56, 57, 58

Estudo Bibliométrico 4, 1, 2

F

Fármaco 6, 180, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Ferritoscopia 30, 31, 35, 36

G

Galena 6, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169

Geotêxteis 194, 201, 202

I

Incêndios florestais 194, 195, 199, 200

L

Lajota Piso Tátil 149

Laminação 30, 31, 32, 34, 35, 36, 39, 69

M

Martensita 30, 31, 36

Meta-Aramidas 7, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 203

Morfologia do revestimento 46

P

Parâmetros operacionais 46

Poliestireno 6, 14, 15, 133, 149, 150, 156, 157, 158, 185

Polímeros 3, 5, 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 82, 84, 86, 90, 147, 158, 182, 192, 195, 196, 203

R

Resíduos 5, 78, 79, 80, 82, 83, 94, 99, 103, 106, 107, 108, 110, 116, 119, 123, 125, 127, 129, 130, 131, 157

Reticulação com peróxido 132

Revestimento metálico 46

S

Síntese 18, 21, 158

Soldagem 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 209

Superfície ocular 6, 180, 181, 182, 190, 191, 193

Sustentabilidade 103, 104, 106, 108, 127, 149

Sustentável 80, 81, 94, 98, 99, 106, 107, 108, 116, 127, 130, 150

T

Tamarindo 6, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179

Textura 30, 36, 37, 150

Tratamentos Térmicos 38, 39, 41

Tubos de papelão 5, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105

W

WC nanoestruturado 4, 18, 20, 21, 26, 28

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA 2

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br