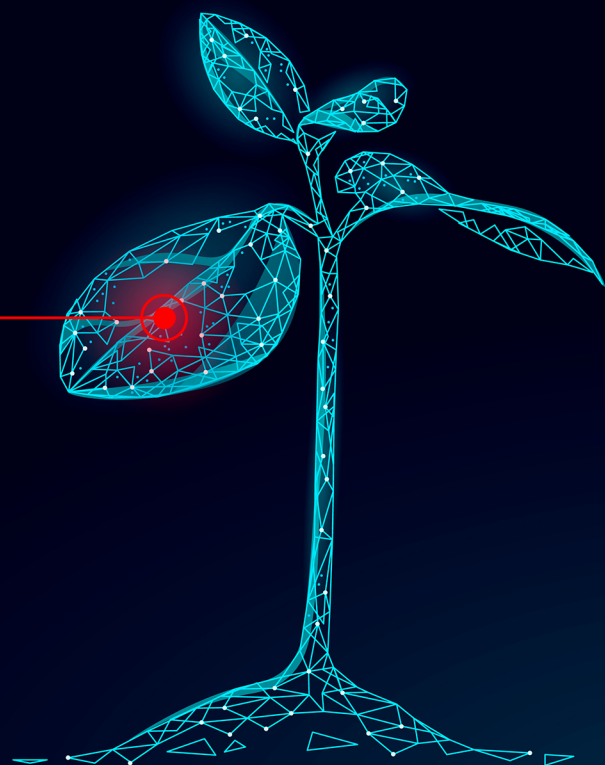
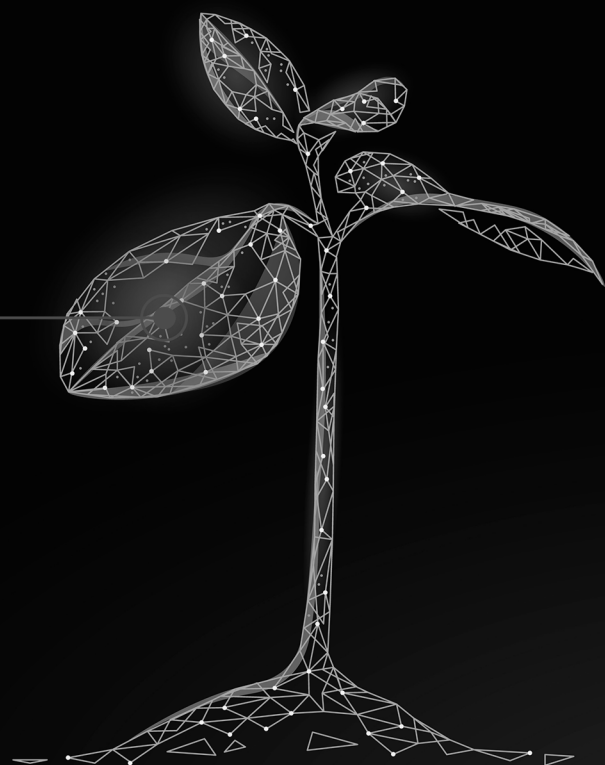


# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciência e engenharia de materiais e o desenvolvimento socioambiental [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-848-9 DOI 10.22533/at.ed.489191912</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Materiais – Análise. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11299</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste contexto o tema socioambiental pode ser inserido, visto que devido à redução nas disponibilidades de matérias primas, a elevação de custos de descarte dos materiais, sua reciclagem vem ganhando cada vez mais destaque a nível mundial. Hoje optar por produtos reciclados bem como sustentáveis se torna uma vitrine as vendas.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e de sustentabilidade, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se dizer que a área de reciclagem está intimamente ligada ao estudo dos materiais, para que possam ser desenvolvidas técnicas e processos para um eficiente aproveitamento.

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.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ESTUDO DA ADIÇÃO DE ADITIVOS NÃO CONVENCIONAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS</b>	
Antonio Dias de Lima Terceiro Neto Daniel Baracuy da Cunha Campos Francisco Humberlânio Tavares de Araújo Júlio Lopes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919121</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>12</b>
<b>ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONCENTRAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA</b>	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Thays Mabelly Bezerra e Silva Kássia Hellen Souza de Oliveira João Marcos Lima Veras Joaquim Lucas de Souza Paixão João Emmanuel Alves Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919122</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>24</b>
<b>TIJOLO PRODUZIDO POR COMPÓSITO DE EXOCARPO DE LICURI FRAGMENTADO</b>	
Bárbara Jane Martins Borges Rafael Santos de Sousa Silva Rúi Carlos de Sousa Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919123</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>31</b>
<b>PRODUÇÃO DE AGREGADOS UTILIZANDO LAMA VERMELHA: O ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM</b>	
Bruno Marques Viegas Edílson Marques Magalhães Julia Alves Rodrigues Josiel Lobato Ferreira Diego Cardoso Estumano José Antônio da Silva Souza Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919124</b>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>39</b>
<b>ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO RESÍDUO DE FELDSPATO COMO MATERIAL PARA CAMADAS DOS PAVIMENTOS</b>	
Jonatas Kennedy Silva de Medeiros Larissa Santana Batista Giovanna Feitosa de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 52**

**FÔRMAS: UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE FÔRMAS REVESTIDAS COM POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEDB - SACOLAS PLÁSTICAS)**

Lucas Prestes Chize  
Léo Jaime de Amorim e Silva  
Aída Pereira Baêta  
Flávia da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4891919126**

**CAPÍTULO 7 ..... 61**

**OBTENÇÃO DE UM COPO MAIS SUSTENTÁVEL: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E DE BIOCÓMPÓSITOS**

Emília Satoshi Miyamaru Seo  
Nicolle Silva da Silva  
Isabella Tereza Ferro Barbosa  
Alessandro Augusto Rogick Athiê  
Adriano Camargo de Luca

**DOI 10.22533/at.ed.4891919127**

**CAPÍTULO 8 ..... 74**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E RESISTÊNCIA À CHAMA DE CÓMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE LAMA VERMELHA E CAULIM**

Mario Henrique Moreira de Moraes  
Diogo Pontes de Queiroz  
Luiz Gabriel da Silva Nascimento  
José Antônio Silva Souza  
Roberto Tetsuo Fujiyama  
Deibson Silva da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.4891919128**

**CAPÍTULO 9 ..... 85**

**DISPERSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA SOBRE PÓ POLIMÉRICO PARA PRODUÇÃO DE FILME PLÁSTICO**

Lucas Matono Casagrande  
Paulo Henrique Chulis  
Fabrício Antônio Moreno Zanetelli  
Márcia Silva de Araújo  
José Alberto Cerri

**DOI 10.22533/at.ed.4891919129**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

**INFLUENCE OF LIGNIN CONTENT IN MACADAMIA NUTSHELL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE BIOCÓMPÓSITOS**

Bruno Chaboli Gambarato  
Heitor Buzetti Simões Bento  
Ana Karine Furtado de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191210**

**CAPÍTULO 11 ..... 104**

**MÉTODOS DE SÍNTESE DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha

Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191211**

**CAPÍTULO 12 ..... 113**

**APLICAÇÕES DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha  
Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191212**

**CAPÍTULO 13 ..... 122**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MECÂNICA E DA FRATURA DE TRILHOS PERLÍTICOS**

Beatriz Seabra Melo  
Vinicius Silva dos Reis  
Clóvis Iarlande Oliveira Santana  
Carlos Vinicius de Paes Santos  
Gregory de Oliveira Miranda  
Andrey Coelho das Neves  
José Maria do Vale Quaresma

**DOI 10.22533/at.ed.48919191213**

**CAPÍTULO 14 ..... 135**

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA CORROSÃO EM ELETRODO DE ATERRAMENTO ELÉTRICO COBREADO**

Walter Leandro Cordeiro da Silva Filho  
Magda Rosângela Santos Vieira  
Ivanilda Ramos de Melo  
Roseana Florentino da Costa Pereira  
Severino Leopoldino Urtiga Filho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191214**

**CAPÍTULO 15 ..... 145**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS GASES DE PROTEÇÃO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO SAE 1035 SOLDADO POR PROCESSO MAG**

Perla Alves de Oliveira  
Thiago Monteiro Maquiné  
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima  
José Costa de Macêdo Neto  
Suelem de Jesus Pessoa  
Efraim Ribas Linhares Bruno



Anne Gabrielle Mendes Xavier  
Josiel Bruno de Oliveira  
**DOI 10.22533/at.ed.48919191215**

**CAPÍTULO 16 ..... 155**

A RELAÇÃO ENTRE A LOGÍSTICA REVERSA E O *TRIPLE BOTTOM LINE* EM COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Alequexandre Galvez de Andrade  
Nélio Fernando dos Reis  
Jair Minoro Abe

**DOI 10.22533/at.ed.48919191216**

**CAPÍTULO 17 ..... 165**

A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E O SUBSÍDIO CRUZADO: CRÍTICA À PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DAS DIRETRIZES NACIONAIS

Joel de Jesus Macedo  
Leura Lucia Conte de Oliveira  
Marcus Venicio Cavassin

**DOI 10.22533/at.ed.48919191217**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 185**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 186**

## ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONCENTRAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA

Data de aceite: 18/11/2019

### Wendel Melo Prudêncio de Araújo

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.

### Thays Mabelly Bezerra e Silva

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.  
Teresina-Piauí.

### Kássia Hellen Souza de Oliveira

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.

### João Marcos Lima Veras

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.

### Joaquim Lucas de Souza Paixão

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.

### João Emmanuel Alves Oliveira

Centro de Ensino Unificado do Piauí, Teresina-Piauí.

**RESUMO:** O uso do concreto de alta resistência (CAR), além de proporcionar à construção civil um avanço tecnológico, pode ser mais vantajoso do ponto de vista econômico, o uso deste tipo de concreto na execução de edifícios permite reduzir as seções de pilares e vigas, o que conseqüentemente resulta em uma maior velocidade de execução, bem como na redução

da carga permanente da estrutura. Essas vantagens do concreto de alta resistência podem ser otimizadas adicionando, na mistura, fibras de polipropileno. Com isso, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas e a consistência do concreto de alta resistência com adição de fibras de polipropileno na mistura. Para tal foram moldados três corpos de prova cilíndricos, rompidos aos 28 dias para o ensaio de resistência à compressão e três para compressão diametral, para cada uma das seis dosagens com concentrações de 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5% de fibras de polipropileno, em relação ao peso do cimento, além disso foi verificada a consistência do concreto através do slump test. Constatou-se através deste estudo que adicionando-se fibra de polipropileno no concreto de alta resistência pode-se acarretar em um aumento na resistência à compressão e compressão diametral, mas uma diminuição na trabalhabilidade com o aumento da concentração de fibra de polipropileno na mistura, verificado pelo slump test.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto de alta resistência; Resistência à compressão, Resistência à compressão diametral; slump test; Fibra de polipropileno.

STUDY OF THE INFLUENCE ON THE CONCENTRATION OF POLYPROPYLENE FIBERS IN HIGH STRENGTH CONCRETE

**ABSTRACT:** The use of high strength concrete (CAR), in addition to providing the construction industry with a technological advance, may be more economically advantageous, the use of this type of concrete in the execution of buildings reduces the sections of pillars and beams, which consequently results in a higher speed of execution as well as in the reduction of the permanent load of the structure. These advantages of high strength concrete can be optimized by adding polypropylene fibers in the blend. Therefore, the objective of this work is to evaluate the mechanical properties and consistency of high strength concrete with the addition of polypropylene fibers in the mixture. For this, three cylindrical specimens, ruptured at 28 days for the compression strength test and three for diametrical compression, were molded for each of the six dosages with concentrations of 0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5% of polypropylene fibers, in relation to the weight of the cement, in addition the concrete consistency was verified through the slump test. It was verified through this study that adding polypropylene fiber in high-strength concrete can lead to an increase in the compressive strength and diametral compression, but a decrease in the workability with the increase of the concentration of polypropylene fiber in the mixture, verified by the slump test.

**KEYWORDS:** High-strength concrete; Compressive strength, Diametral compression strength; slump test; Polypropylene fiber.

## 1 | INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais antigos da humanidade, sendo também um dos mais utilizados na construção civil, pois possui baixo custo e a capacidade de se adaptar a várias condições de produção, contudo, ele ainda manifesta algumas dificuldades e preocupações para quem vai utiliza-lo, como o comportamento frágil e a baixa capacidade de deformação. Por esse motivo tem-se estudado novas tecnologias, para aumentar o desempenho do concreto, pois se necessita que o mesmo seja cada vez mais resistente aos esforços mecânicos causados na estrutura, portanto, surgiu-se uma nova possibilidade de reforço do concreto através do uso de adições minerais e fibras, sendo a fibra em questão, a de polipropileno (GOES, 2016).

O concreto com a adição de fibras vem sendo estudado nas últimas três décadas, estas fibras são produzidas com a finalidade de proporcionar ao concreto, a diminuição de fissuração nas primeiras idades e o reforço no estado endurecido. Percebemos que a fibra de polipropileno é eficiente no estado fresco e no início do processo de endurecimento do concreto. Essas fibras não eliminam a necessidade de realização de uma boa cura, mas atuam no sentido de minimizar o risco de fissuração plástica, além de dispensar as armaduras habituais. (FIGUEREDO, 2005).

Bentur e Mindess (2007) afirmam que a presença de fibras na argamassa promove ao concreto um ganho de resistência a tração, maior capacidade de

deformação e aumento da tenacidade. Além dessas propriedades, Choi e Yuan (2004) adicionaram o aumento da resistência ao impacto, resistência a flexão e do módulo de ruptura. Com isso, o objetivo desta pesquisa é analisar a influência, na adição de fibra de polipropileno, nas propriedades mecânicas e a consistência do concreto de alta resistência.

## 2 | CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA

De acordo com a ABNT NBR 8953:2015, para se obter um concreto de alta resistência (CAR), é necessário que o mesmo obtenha resistência a compressão de 50 Mpa aos 28 dias de idade, adequando-se na classe de resistência do Grupo II.

O emprego do concreto de alta resistência, além de possibilitar à construção civil um avanço tecnológico, pode ser mais benéfico ao ponto de vista econômico, ao ser relacionado com o concreto convencional. O uso deste tipo de concreto na execução de edifícios altos permite reduzir as seções de pilares tendo uma maior velocidade de execução, e uma redução da carga da estrutura e das fundações (MEHTA, 2014).

O concreto de alta resistência é fabricado usando uma diversidade de materiais, exigindo uma seleção de cada material, para assegurar boa trabalhabilidade e excelente resistência, a dosagem é mais criteriosa do que com o concreto convencional. De modo geral, são utilizadas adições minerais e aditivos químicos, para garantir um baixo fator água/cimento, que é essencial para este tipo de concreto. (SILVA, 1996).

### 2.1 Fibra de Polipropileno

As fibras de polipropileno estão entre as fibras mais utilizadas para reforços de concreto e vem ganhando bastante importância no mercado. Essas fibras são desenvolvidas a base de resina de polipropileno do tipo homopolímero em diversos tamanhos e formas, e com diferentes propriedades. Os principais benefícios dessa fibra é seu alto ponto de fusão (165 °C), resistência a álcalis e o seu baixo custo. Em compensação suas desvantagens são sua baixa resistência ao fogo, sensibilidade à luz do sol e oxigênio, baixo módulo de elasticidade e fraca aderência no material. (Bentur e Mindess, 2006).

As fibras de polipropileno usadas no reforço do concreto, podem ser demonstradas em três formas diferentes, sendo nomeadas por: monofilamentadas, multifilamentadas (filme fibrilado) e fita extrusada. Todas são usadas para reforço de argamassa e concreto, porém a mais satisfatória é a monofilamentada. Por possuir um peso específico baixo, essas fibras ainda auxiliam na redução do peso

do elemento estrutural (LUCENA, 2017).

Elas estimulam uma disposição homogênea das tensões no concreto, o que incentiva a melhora da sua resistência. Essas melhorias nas propriedades mecânicas do concreto são provenientes das fibras curtas, que além de melhorar a resistência, também previnem ou controlam a formação e proliferação de fissuras. (Gencel et al., 2011).

## 3 | MATERIAIS

### 3.1 Cimento

Para a formulação dos traços utilizados na construção do concreto de alta resistência foi utilizado CII-E 32 (Cimento Portland, tipo dois e de resistência igual a 32 Mpa) de acordo com a NBR 16697:2018 (Cimento Portland – Requisitos).

### 3.2 Agregado Miúdo

O material possui pouca variação na granulometria do agregado miúdo utilizado, sendo ideal para o concreto de alta resistência pois vai diminuir a demanda por água melhorando na trabalhabilidade do concreto. O valor de 2,88 para o módulo de finura está dentro do recomendado pela ABNT NBR NM 248:2003, onde os valores entre 2,50 e 3,00 são normais para o agregado miúdo. Verificou-se que a dimensão máxima característica do agregado miúdo é de 0,60 mm. A análise granulométrica é apresentada na tabela 1.

Abertura das Peneiras (mm)	Quantidade Retida Acumulada (%)
4,75	0
2,36	1
1,18	2
0,60	5
0,30	83
0,15	98
Fundo	100
Módulo de finura	2,88
Dimensão Máxima	0,60

Tabela 1 - Resultado do ensaio de análise granulométrica do agregado miúdo.

### 3.3 Agregado Graúdo

Como agregado graúdo foi utilizado pedra britada de origem basáltica. Por meio do ensaio de granulometria, verificou-se que sua dimensão máxima característica é

de 9,50 mm. De acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, o módulo de finura do agregado graúdo é de 3,60. A análise granulométrica é apresentada na tabela 2.

<b>Abertura das Peneiras (mm)</b>	<b>Quantidade Retida Acumulada (%)</b>
19,00	0
12,50	1
9,50	10
6,30	67
4,75	83
2,36	99
Fundo	100
Módulo de finura	3,60
Dimensão Máxima	9,50

Tabela 2 - Resultado do ensaio de análise granulométrica do agregado miúdo.

### 3.4 Fibra de Polipropileno

A fibra de polipropileno é produzida a partir de multifilamentos. (Figura 1). As propriedades físicas das fibras estão expostas na tabela 3.

<b>Propriedades Físicas</b>		
Diâmetro	$\mu\text{m}$	18
Seção		Circular
Comprimento	mm	12
Alongamento	%	80
Matéria-prima		Polipropileno
Peso Específico	$\text{g/cm}^3$	0,91

Tabela 3 Propriedades Físicas da Fibra de Polipropileno.



Figura 1 - Fibra de Polipropileno.

### 3.5 Sílica Ativa

Como adição mineral foi utilizado sílica ativa (Figura 2), que foi obtida através do processo de produção do silício metálico em fornos elétricos, onde, durante o processo, é gerado o gás SiO que ao sair do forno oxida-se formando partículas de SiO<sub>2</sub> captadas por um sistema de filtros coletores, este material é um tipo de pozolana formado de partículas esféricas amorfas (NBR 13956-1). Tabela 4 apresenta a composição química da sílica ativa, verificada no ensaio de fluorescência de raio-X.



Figura 2 – Sílica Ativa.

Óxidos	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,10
CaO	0,15
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,21
K <sub>2</sub> O	1,66
Na <sub>2</sub> O	1,96
SiO <sub>2</sub>	90,33
Outros	3,59

Tabela 4 - Composição química da sílica ativa.

### 3.6 Aditivo

Foi utilizado aditivo superplastificante de terceira geração, que possui composição com base em uma cadeia de éter carboxílico modificado, para a produção do concreto de alta resistência.

## 4 | METODOLOGIA

Para a produção dos corpos de prova foi seguido o exposto na NBR 5738/2015, que mostra os procedimentos de moldagem e de cura dos corpos de prova de concreto. Para os ensaios de compressão e de tração por compressão diametral foram moldados corpos cilíndricos com diâmetro de 10cm e altura de 20cm. Após a



moldagem os corpos foram mantidos nas formas durante um período de 24 horas, que após este período foram desmoldados, identificados e colocados em cura submersa até 28 dias de idade.

A análise da consistência do concreto fresco, realizada no momento da produção dos corpos de prova, foi observada através do slump test, seguindo as normativas presentes na NBR NM 67:1998 que trata da determinação da consistência pelo abatimento do tronco do cone. (Figura 3).



Figura 3 - Slump Test.

Foram produzidos seis tipos de amostras, suas respectivas proporções estão fornecidas na tabela 5. A quantidade dos materiais utilizados cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, aditivo, sílica e água são constantes em todas as amostras. Já as quantidades de fibras de polipropileno foram adicionadas em diferentes porcentagens em relação ao peso do cimento.

Mistura	Cimento (g)	Agregado Miúdo (g)	Agregado Graúdo (g)	Aditivo (ml)	Água (ml)	Sílica (g)	Fibra de polipropileno (g)
CAR0	5500	6300	9600	80	1800	550	0
CAR0,5	5500	6300	9600	80	1800	550	28,5
CAR1,0	5500	6300	9600	80	1800	550	55
CAR1,5	5500	6300	9600	80	1800	550	82,5
CAR2,0	5500	6300	9600	80	1800	550	110
CAR2,5	5500	6300	9600	80	1800	550	137,5

Tabela 5 - Proporção dos materiais nas amostras

Após se completar a idade de 28 dias os corpos de prova foram submetidos



ao ensaio de resistência a compressão seguindo a NBR 5739:2007 e ao ensaio de resistência a tração por compressão diametral seguindo a NBR 7222:2011. Para o ensaio de compressão e compressão diametral, foi retirada a média de 3 resultados, para cada amostra.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Consistência

A medida que a concentração de fibra de polipropileno aumentou na mistura, o abatimento do concreto sofreu alterações, conforme os resultados descritos na figura 4. O abatimento do concreto adotado foi de 120 mm, onde se enquadra na classe S160 (160 – 220mm), de acordo com a ABNT 8953:2015.

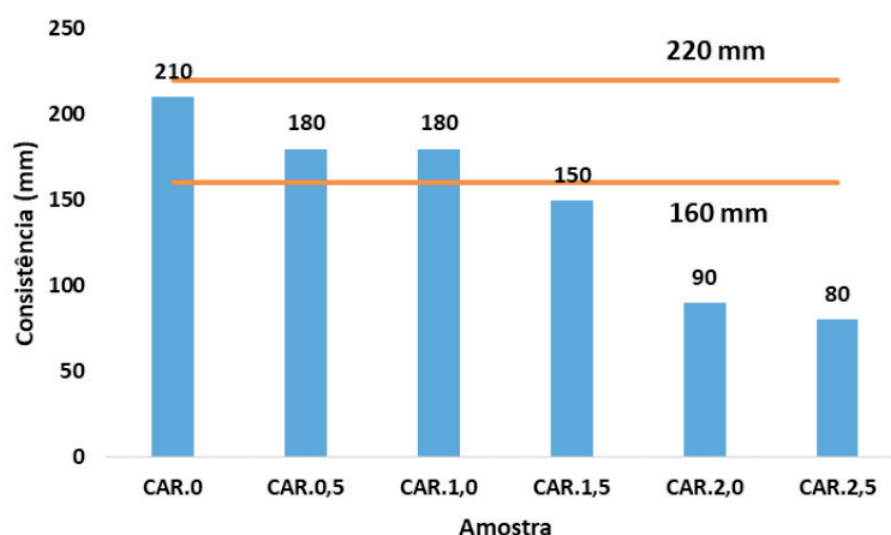


Figura 4 - Ensaio de Consistência.

As amostras CAR.0,50, CAR.1,00, CAR.1,50, CAR.2,00 e 2,50 obtiveram uma redução no abatimento do concreto de 19,04, 76,19, 92,82, 100 e 100% respectivamente, em relação a amostra CAR.0. Para a mesma relação água-cimento, a adição de fibra de polipropileno diminui a trabalhabilidade do concreto de alta resistência, sendo necessário, o aumento da relação água-cimento ou acréscimo na concentração de aditivo superplastificante para garantir sua consistência trabalhável.

A perda de trabalhabilidade nas misturas está atrelado ao aumento da necessidade da adição de mais água na para obter a mesma trabalhabilidade. De acordo com Nascimento (2015) o objetivo da adição de fibra no concreto é melhorar suas propriedades mecânicas e seu decréscimo pode não ser devido à adição de fibras ao concreto e sim à adição de mais água para aumentar a trabalhabilidade do mesmo.

## 5.2 Resistência à Compressão

Analisando a figura 5, observa-se um aumento na resistência à compressão apenas na amostra CAR0,5, as demais misturas apresentaram uma resistência menor que a amostra padrão, CAR0.

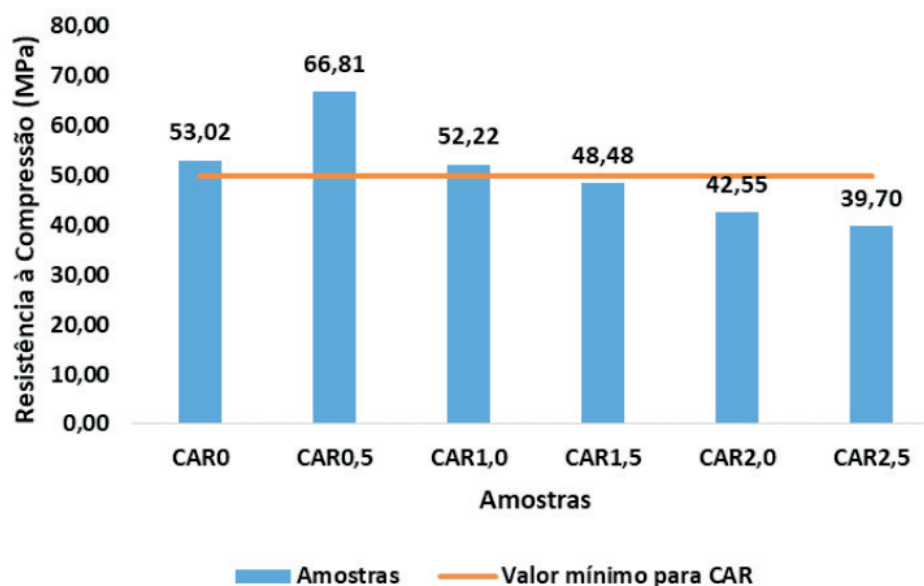


Figura 5 - resistência à compressão das amostras de concreto de alta resistência com fibras de polipropileno.

A baixa resistência à compressão, verificado nas amostras com concentração de fibra de polipropileno superior a 0,5%, pode estar atrelado a baixa trabalhabilidade da mistura. De acordo com Rehman (2012), o aumento da proporção de fibra no concreto tende a prejudicar sua trabalhabilidade, influenciando de forma negativa as suas propriedades mecânicas. Esta mesma verificação foi observada nesta pesquisa, como pode ser visto na figura 4.

A melhora nessa característica mecânica do compósito, pode ser devido à adesão que o material fibroso realiza na matriz do concreto permeável causando um efeito de Inter travamento, gerando, dessa forma, um aumento à compressão axial.

## 5.3 Resistência à compressão diametral

Observando a figura 6, constata-se um aumento na resistência por compressão diametral em relação a amostra padrão. As amostras CAR.0,50, CAR.1,00, CAR.1,50, CAR.2,00 e 2,50 obtiveram um aumento na resistência à compressão de 34,92, 34,33, 35,88, 6,33 e 4,90%, respectivamente, em relação a amostra CAR0. Ensaio pode ser visto na figura 7.

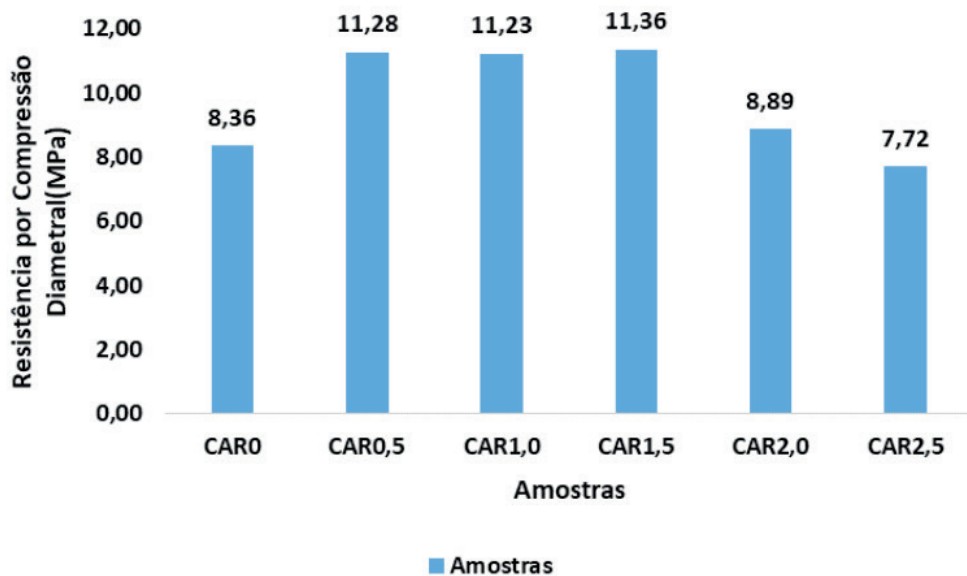


Figura 6 - Resistência à Compressão Diametral.

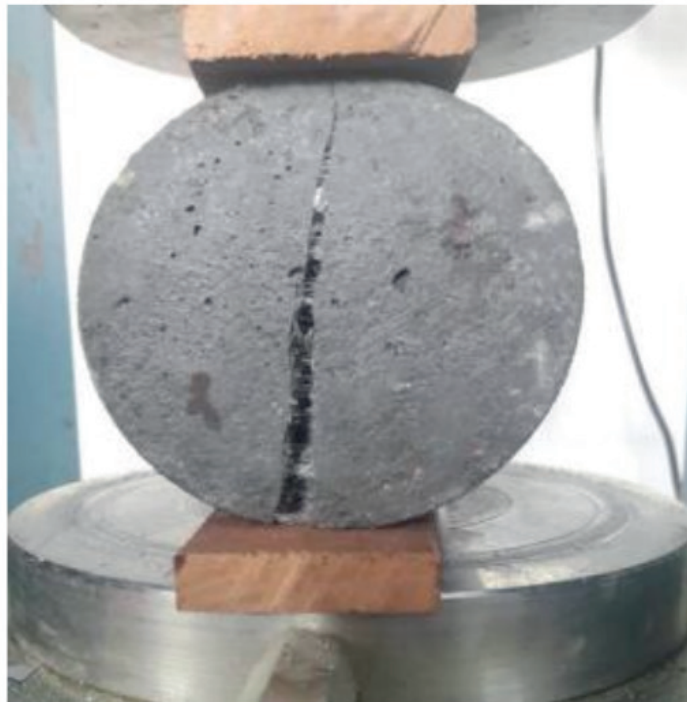


Figura 7 - Ensaio de compressão diametral.

Para El- Din (2017), é necessário que haja uma boa ligação entre a fibra e a matriz. Se o volume crítico de fibra para fortalecimento for atingido, então é possível obter múltiplas fissuras. Esta é uma situação desejável porque muda um material basicamente frágil com uma única superfície de fratura para fraturar em um material pseudo-dúctil que pode absorver sobrecarga secundária transitória e choques com pouco dano visível. Caso esse volume crítico seja atingido, as fibras de polipropileno prejudicaram a trabalhabilidade, contribuindo para diminuir a resistência mecânica do concreto.

## 6 | CONCLUSÃO

Esta pesquisa estudou a adição de fibra de polipropileno no concreto de alta resistência para avaliar sua influência na resistência a compressão, compressão diametral e consistência do concreto no estado fresco. Foram produzidos seis traços variando a concentração de fibra.

Com os resultados dos ensaios de compressão e compressão diametral, analisou-se que houve aumento da resistência do concreto com o aumento a adição de fibra de polipropileno. O melhor resultado, para a resistência à compressão foi com uma adição de 0,5% de fibra de polipropileno, já para compressão diametral, o melhor resultado foi para uma concentração de 1,5% de fibra na mistura.

Na análise da consistência das amostras produzidas, com o aumento da concentração de fibra de polipropileno, constatou-se uma diminuição significativa na trabalhabilidade. A partir de 1,5% de fibra de polipropileno na mistura, a mistura necessita de adição de água para ser possível moldá-la.

O concreto de alta resistência com adição de fibra de polipropileno apresentou-se eficiente para o aumento da resistência mecânica, mas é necessário controlar a sua adição para não comprometer, de forma considerável, a trabalhabilidade podendo influenciar de forma negativa as propriedades mecânicas e durabilidade do concreto de alta resistência.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **NM 67**: Concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados-Determinação da composição granulométrica. 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738**: Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR. 8953**: Concreto para fins estruturais-Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739**: Concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 16697**: Cimento Portland - requisitos. 2018.

BENTUR, Arnon; MENTE, Sidney. Compósitos cimentícios reforçados com fibras . **Crc Press**, 2006.

CHOI, T.; YUAN, R.L.. Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 1587 – 1591, 2005.

DE FIGUEIREDO, Antonio Domingues. **Concreto com fibras**. 2005.

DE GOES, Caroline Marção Wolf et al. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE MACROFIBRAS ESTRUTURAS SINTÉTICAS E MICROFIBRAS DE VIDRO ANTI-CRACK AR EM PISOS. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 12, n. 1, 2016.

EL-DIN, Hamdy K. Shehab et al. Mechanical performance of high strength concrete made from high volume of Metakaolin and hybrid fibers. **Construction and Building Materials**, v. 140, p. 203-209, 2017.

LUCENA, Júlio César Tavares de. **Concreto reforçado com fibras de polipropileno: estudo de caso para aplicação em painel alveolar de parede fina**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINEZ-BARRERA, G. et al. Concretos poliméricos: uma descrição e métodos para modificação e melhoria. **Journal of Materials Education**, v. 33, n. 1, p. 37, 2011.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo Jose Melaragno. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. Ibracon, 2014.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante. **Concreto reforçado com fibras de aço**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 3, n. 1, p. 43-56, 2015.

SILVA, Inês Santana da. **Concreto de alta resistência: composição, propriedades e dimensionamento**. 1995. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Henrique Ajuz Holzmann** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acesso ao saneamento 168  
Aditivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14  
Agregado leve 31, 34, 37, 38  
Análise da fratura 122, 126, 130  
Análise de variância 99  
Aplicações biomédicas 113, 119  
Argamassas 1, 2, 3, 4, 10, 11

### B

Baterias de lítio 106, 113, 118  
Biomassa 99

### C

Características 3, 29, 32, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 56, 61, 64, 65, 74, 83, 84, 88, 89, 97, 110, 118, 122, 127, 128, 129, 134, 136, 146, 147, 150, 151, 153, 164, 168  
Caulim 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84  
Células combustível 113  
Compensado 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 170  
Compósito 20, 24, 25, 61, 75, 76, 77, 79, 80, 84  
Compósitos 22, 24, 29, 30, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 99, 119, 135  
Concreto de alta resistência 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23  
Cooperativas 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164  
Corrosão 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 185  
Cristalização hidrotérmica 104

### D

Dispersão 82, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 94, 95

### E

Economia solidária 155, 162, 163, 164

### F

Fadiga 122, 124, 129, 134  
Fibra de polipropileno 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22  
Fibras de cana-de-açúcar 61  
Fibras de côco verde 61  
Filme plástico 85  
Fôrmas 52, 54, 58, 60  
Fotocatálise 113, 114

## I

Instalações elétricas 135, 144

italic 105

## L

Lama vermelha 31, 32, 33, 34, 37, 38, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84

Licuri 24, 25, 26, 29, 30

## M

Marco regulatório do saneamento 165, 166, 181, 183

Materiais conjugados 74

Materiais de construção 1, 2, 11

Mercerização 61, 65, 66, 67, 68, 71

Microemulsão 104

Mineração 32, 39, 40, 41, 43, 46, 47, 50, 75, 84

## N

Nanoestruturas de titânio 113

Nanopartículas de prata 85, 86, 87, 89, 91, 96

## P

Pavimentação 39, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 51

Polietileno 52, 53, 54, 55, 61, 64, 65, 66, 72, 85, 88, 89

Propriedades mecânicas 12, 14, 15, 19, 20, 22, 64, 81, 82, 83, 99, 124, 132, 134, 147, 148, 151, 152, 153

## R

Resina poliéster 74

Resistência à compressão 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 61, 64

Resistência à compressão diametral 12, 20

Riscos do fim do subsídio 166

## S

Sacolas plásticas 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60

Secagem 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 66, 76, 93, 105, 107, 117

Síntese TiO<sub>2</sub> nanoestruturado 104

Sistemas de aterramento 135, 136, 144

Slump test 12, 13, 18

Sobrecarga 21, 122

Sol-gel 104, 105, 111, 112

Subsídio cruzado 165, 166, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182

Substituto 52

Sustentabilidade 2, 25, 39, 53, 61, 155, 156, 159, 160, 161, 163, 164, 169



## T

Técnicas eletroquímicas 135, 144

Tijolo 24, 25, 26, 28, 29

Trilho ferroviário 122

Triple bottom line 155, 156, 157, 159

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-848-9



9 788572 478489