



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3


Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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 Pietrobon – 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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
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 Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-169-5 DOI 10.22533/at.ed.695200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em “A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 3” trazemos vinte e um capítulos que trazem estudos com boas contribuições para a Engenharia Civil.

Temos vários estudos a respeito da utilização da simulação numérica e computacional na resolução de problemas no projeto e execução de estruturas.

O estudo sobre o comportamento de estruturas utilizando determinados materiais proporciona sua validação como alternativa construtiva. Trazemos também análises a respeito de estruturas submetidas a calor intenso, o que permite otimizar os projetos, considerando situações de incêndio.

Tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais, torna-se imprescindível os estudos que visem soluções ligadas a otimização na utilização de materiais e desenvolvimento de materiais sustentáveis.

A análise de ferramentas computacionais para o desenvolvimento de projetos de engenharia permite realizar comparativos com a finalidade de subsidiar o projetista a optar por ferramentas mais adequadas e seguras, proporcionando uma melhor qualidade em projetos.

Esperamos que esta coletânea seja útil aos seus estudos. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DA SCHEELITA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS	
Manoel Domiciano Dantas Filho Dandara Pereira Moura de Assis Hérculys Guimarães Carvalho Larissa Santana Batista Damião Araújo dos Santos Júnior Jéniffer Paloma da Cruz Leal Nayla Kelly Antunes de Oliveira Adriano Lopes Gualberto Filho Wily Santos Machado Carlos Alexandre da Silva Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009071	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE COMPARATIVA DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO	
Maurel Dreyer Roberto Domingos Rios	
DOI 10.22533/at.ed.6952009072	
CAPÍTULO 3	32
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO COM ESTRUTURAS DE LAJES PLANAS	
Camila de Melo Tavares André Felipe de Oliveira Lopes Hildo Augusto Santiago Filho Giuliana Furtado Franca Bono Gustavo Bono	
DOI 10.22533/at.ed.6952009073	
CAPÍTULO 4	48
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SÍLICA ATIVA NO DESEMPENHO DO CONCRETO EM SIMULAÇÃO DA AGRESSIVIDADE MARINHA	
André Luiz Louzeiro Carvalho Luciano Carneiro Reis Leandro Almeida Santos Mauricio Cavalcante Cutrim Fonseca Wesley da Cruz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.6952009074	
CAPÍTULO 5	60
ANÁLISE DE MODELOS DE CÁLCULO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISCALHAMENTO COM PRFC	
Daniel Marlon Rodrigues Guedes Ailín Fernández Pérez Paulo Fernando Matos de Santana Luiz Gustavo Dantas Gonçalves Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo Marcos Honorato de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009075	

CAPÍTULO 6	77
ANÁLISE DINÂMICA NA FLAMBAGEM DE UMA COLUNA ESBELTA DE CONCRETO ARMADO COM CRITÉRIOS DA NBR 6118/14	
Alexandre de Macêdo Wahrhaftig Kaique Moreira Matos Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.6952009076	
CAPÍTULO 7	90
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM TECIDOS ESTRUTURAIS DE FIBRAS DE SISAL	
Sande dos Santos Batista Mariana Santos Nunes Adilson Brito de Arruda Filho Paulo Roberto Lopes Lima Ricardo Fernandes Carvalho José Humberto Teixeira dos Santos Sandro Fábio César	
DOI 10.22533/at.ed.6952009077	
CAPÍTULO 8	99
ANÁLISE ESTRUTURAL E CONSTRUTIVA DA PONTE ESTAIADA DA RODOVIA DO PARQUE – (BR-448)	
Rafael Cariolato Dorneles Paula Manica Lazzari	
DOI 10.22533/at.ed.6952009078	
CAPÍTULO 9	113
ANÁLISE LINEAR E NÃO LINEAR DE UM EDIFÍCIO DE VINTE PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO	
Fernanda Fonseca Lima Gabriel Rodrigues Gomes Denilda Silva Costa Leonardo Moreira Santana Jaciera Santos Brandão Marcelo Rassy Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009079	
CAPÍTULO 10	125
ANÁLISE LINEAR ELÁSTICA E ANÁLISE NÃO LINEAR FÍSICA DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO DESTINADO À INSTALAÇÃO DE DUAS SEDES ADMINISTRATIVAS DA PREFEITURA DE PARAUAPEBAS APÓS A UTILIZAÇÃO DE REFORÇO PARA REVITALIZAÇÃO DO PRÉDIO	
Denilda Silva Costa Jaciera Santos Brandão Allyson Corrêa Dias Fernanda Fonseca Lima	
DOI 10.22533/at.ed.69520090710	
CAPÍTULO 11	138
ANÁLISE NUMÉRICA COMPARATIVA DE MODELOS APLICÁVEIS AO PROJETO DE LAJES DE CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira Eduardo Morais de Medeiros Arthur Leandro de Azevedo Silva Gabriel de Bessa Spinola	
DOI 10.22533/at.ed.69520090711	

CAPÍTULO 12 151

ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO TERMOMECAÂNICO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Andreia Romero Fanton
Luiz Carlos de Almeida
Leandro Mouta Trautwein

DOI 10.22533/at.ed.69520090712

CAPÍTULO 13 164

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS APROXIMADOS E MÉTODO GERAL DE CÁLCULO DO EFEITO LOCAL DE SEGUNDA ORDEM EM PILARES DE CONCRETO

Wesley de Vasconcelos Rodrigues da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090713

CAPÍTULO 14 178

COMPUTER AIDED DESIGN VERSUS BUILDING INFORMATION MODELING: APLICAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS

Jayron Alves Ribeiro Junior
Thainá Maria da Costa Oliveira
Moisés de Araujo Santos Jacinto
Bruna da Costa Silva
Mariana de Sousa Prazeres
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque
Leticia Maria Brito Silva
Camilla Gomes Arraiz
Marcos Henrique Costa Coelho Filho
Yara Lopes Machado

DOI 10.22533/at.ed.69520090714

CAPÍTULO 15 187

DESLOCAMENTO VERTICAL DE UMA VIGA DE EULER-BERNOULLI: SIMULAÇÕES NUMÉRICAS SOB A HIPÓTESE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PROBABILÍSTICO

Ana Carolina Carius
Alex Justen Teixeira
João Vitor Curioni de Miranda
Leonardo de Souza Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.69520090715

CAPÍTULO 16 204

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE ENGESSER-COURBON E MODELOS COMPUTACIONAIS EM PONTES EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Felipe Gomes da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090716

CAPÍTULO 17 217

ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA: EDIFICAÇÃO EM DESACORDO COM NORMAS EXECUTIVAS E DE PROJETO

João da Costa Pantoja
Bruno Camozzi Fedato Faria
Nathaly Sarasty Narváez

DOI 10.22533/at.ed.69520090717

CAPÍTULO 18	235
INFLUÊNCIA DO USO DA TECNOLOGIA BIM NA REDUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA FASE DE CONCEPÇÃO E PROJETO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Rafael Azevedo Lino	
Orieta Soto Izquierdo	
Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.69520090718	
CAPÍTULO 19	251
ENSAIOS DE PROVA DE CARGA EM ACORDO COM A NBR 9607 (ABNT, 2012): ESTUDO DE CASO	
Clayton Reis de Oliveira	
Armando Lopes Moreno Júnior	
Luis Gustavo Simão de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.69520090719	
CAPÍTULO 20	269
PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.69520090720	
CAPÍTULO 21	278
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O MODELO DE DANO PLÁSTICO	
Paulo César de Oliveira Júnior	
Jerfson Moura Lima	
Bruno Rodrigues Amorim	
DOI 10.22533/at.ed.69520090721	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	295
ÍNDICE REMISSIVO	296

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DA SCHEELITA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

Data de aceite: 01/06/2020

Data da Submissão: 03/04/2020

Manoel Domiciano Dantas Filho

Universidade Federal de Campina Grande
São José do Sabugi - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/7834720650796785>

Dandara Pereira Moura de Assis

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/8888076294129648>

Hérculys Guimarães Carvalho

Universidade Federal de Campina Grande
Patos - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/1939544167909023>

Larissa Santana Batista

Universidade Federal de Campina Grande
Pombal - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/9614700474947268>

Damião Araújo dos Santos Júnior

Universidade Potiguar
São José do Sabugi – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/3680835502819925>

Jéniffer Paloma da Cruz Leal

Unifacisa
Campina Grande - Paraíba
<https://orcid.org/0000-0003-3678-7709>

Nayla Kelly Antunes de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande
Sousa - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/3190058406222284>

Adriano Lopes Gualberto Filho

Universidade Federal de Campina Grande
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/4298340021044210>

Wily Santos Machado

Universidade Federal de Campina Grande
João Pessoa - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0976754227767904>

Carlos Alexandre da Silva Vieira

Universidade Federal de Campina Grande
Riacho dos Cavalos - Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0348367035475102>

RESUMO: O setor mineral é de grande importância socioeconômica para o país. No entanto, há uma considerável geração de resíduos por este setor, que afeta negativamente o meio ambiente. Dessa forma, dentre as áreas de possível emprego dos resíduos, destaca-se o setor da construção civil, na utilização do mesmo como substituto do agregado na produção do concreto para pavimento rígido, por ser uma área que exige muito dos recursos naturais e se beneficiaria com a utilização.

Assim, o estudo tem como objetivo apresentar uma finalidade adequada para os resíduos da scheelita, reutilizando-os em substituição do agregado miúdo no concreto para pavimentos rígidos. As proporções estabelecidas para a incorporação dos resíduos foram de 0%, 50%, 75% e 100%, com um período de cura de 3, 14 e 28 dias. Foram realizadas as caracterizações físicas dos materiais, em seguida, foram moldados os corpos de prova, e analisadas a trabalhabilidade, e as resistências à compressão axial e a tração por compressão diametral. A incorporação do resíduo da scheelita ocasionou um decréscimo na resistência do concreto, entretanto, a perda de resistência, não interferiu nos quadros necessários para suportar os esforços dos veículos, além de promover a redução dos impactos ambientais oriundos da extração da matéria prima.

PALAVRAS-CHAVE: Minerais, resíduos, pavimento, concreto.

ANALYSIS OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF THE CONCRETE WITH REPLACEMENT OF THE SMALL AGGREGATED BY RESIDUE OF SCHEELITA FOR RIGID PAVEMENT

ABSTRACT: The mineral sector is of great socioeconomic importance for the country. However, there is a considerable generation of waste by this sector, which negatively affects the environment. Thus, among the areas of possible use of waste, the civil construction sector stands out in its use as a substitute for the aggregate in the production of concrete for rigid pavement, since it is an area that requires a lot of natural resources and would benefit with the use. Thus, the study aims to present a suitable purpose for the residues of the scheelite, reusing them in substitution of the small aggregate in the concrete for rigid pavements. The proportions established for the incorporation of the residues were 0%, 50%, 75% and 100%, with a healing period of 3, 14 and 28 days. The physical characterizations of the materials were performed, then the specimens were molded, and the workability, resistance to axial compression and traction by diametrical compression were analyzed. The incorporation of scheelite waste caused a decrease in the strength of the concrete, however, the loss of strength, did not interfere in the frames necessary to support the efforts of the vehicles, in addition to promoting the reduction of environmental impacts arising from the extraction of raw material.

KEYWORDS: Minerals, Residues, Pavements, Concrete.

1 | INTRODUÇÃO

O setor mineral é responsável por uma grande importância social e econômica para o país, que vai desde a geração de emprego e renda à comercialização da matéria beneficiada. Entretanto, a mineração, de um modo geral, carrega um agravante ao seu exercício: uma considerável geração de resíduos produzidas por este setor. Estes resíduos, afetam, de forma negativa, o meio ambiente.

Diante dessa problemática ambiental, surge a necessidade de minimizar os impactos ambientais oriundos pela geração de resíduos da mineração. A utilização dos resíduos significa apontar uma alternativa viável de aplicação destes em algo que promova resultados positivos ao respectivo aproveitamento. Como no setor da construção civil, por ser uma área que exige muito dos recursos naturais.

O concreto é um dos principais materiais utilizados no ramo da construção civil. Ele pode ser empregado de diversas formas, seja na estrutura, na decoração, na pavimentação e entre outros métodos de utilização. A sua formação se dá pela junção do cimento, tido como aglomerante, com a água de amassamento, agregados, e aditivos, esse último de utilização opcional.

O setor de estradas é considerado um grande consumidor de insumos. Isto porque há a necessidade de pavimentação de rodovias, que pode ser de pavimentos flexíveis, por meiode camada asfáltica, ou rígido, com a utilização de concreto.

Desse modo, estudando os métodos de utilização do resíduo de mineração na construção civil, sobressai a utilização do mesmo no concreto utilizado na pavimentação das rodovias de pavimento rígido. Visto que este tipo de pavimento possui a utilização primordial de concreto.

Ao levar em consideração a preservação ambiental e a sustentabilidade, destacamos o desafio enfrentado pela população na gestão de resíduos sólidos. Desse modo, utilizar os resíduos na formação do concreto, em substituição ao agregado miúdo, é considerado uma medida plausível na busca pela redução dos danos ambientais. Para este trabalho, foi traçado como objetivo, a análise técnica do comportamento do concreto produzido com a substituição parcial e total do agregado miúdo por resíduos de scheelita.

2 | OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por objetivo realizar o estudo do comportamento mecânico do concreto para pavimentos rígidos, com substituições parciais e totais do agregado miúdo utilizado na produção do concreto, por resíduo de scheelita.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Setor da mineração no Brasil

A mineração é um dos setores que mais contribui para a economia brasileira e é, sem dúvidas, uma atividade indispensável à sobrevivência humana, além de ser considerada fundamental para o desenvolvimento econômico e social de muitos países (SOUZA, 2018). Segundo a Agência Nacional de Mineração, atualmente, o setor é responsável por 2 milhões de vagas de emprego de forma direta, indireta ou induzida (IBRAM, 2018).

Além disso, o Brasil detém um enorme patrimônio mineral, sendo um dos maiores produtores e exportadores de minérios do mundo. Produz 72 substâncias minerais, das quais 23 são metálicas, 45, não-metálicas e 4, energéticas (ARAÚJO; OLIVEIRI; FERNANDES, 2014).

Nestas atividades de mineração, grandes volumes e massas de materiais são extraídos emovimentados. A maior quantidade de resíduos é gerada pelo processo de extração do minério (IPEA, 2012). De acordo com Machado (2012), os resíduos minerais são lançados diretamente no meio ambiente, provocando alterações consideráveis no meio, bem como a contaminação do solo e lençol freático, como já defendido por este estudo.

O aproveitamento dos resíduos através do desenvolvimento de pesquisas que visam detectar as potencialidades e viabilidade é encarado hoje como uma atividade complementar, que pode contribuir para a diversificação do produto, diminuição de custos e danos ambientais, resultando também em uma “nova matéria-prima para ser utilizada em diversos setores industriais (CARLOS, 2018).

3.2 Pavimentos

Existem, atualmente, de acordo com o DNIT (2006), três tipos de pavimentos: rígido, semi-rígido e flexível. De acordo com Francisco (2012), os comportamentos estruturais dos pavimentos flexíveis e rígidos ocorrem de maneiras distintas em relação as mesmas ações. Nos pavimentos flexíveis conduzem uma maior concentração de tensões no solo de fundação. Já nos pavimentos rígidos ocorre uma maior distribuição de tensões no solo de fundação.

Segundo Mesquita (2011), o pavimento rígido resiste significativamente à flexão, essa rigidez é fator importante no dimensionamento da placa de concreto, tendo em vista uma distribuição de tensões mais uniformes que não exerçam influência nas camadas mais profundas, lhe conferindo um melhor desempenho sobre bases frágeis. Ao contrário do que acontece com o pavimento asfáltico, onde as camadas inferiores é que exercem a função estrutural.

De acordo com o manual do DNIT (2004), o concreto para pavimento normalmente possui uma resistência característica à tração na flexão de ordem de 4,5 MPa; quando estruturalmente armados, sua resistência característica à compressão axial geralmente é de 30 MPa. Já de acordo com IP-07/2004 (SIURB), a resistência à tração na flexão pode variar de 3,8 a 5,5 MPa.

Apesar de sua alta performance, a busca pelo melhoramento do desempenho do concreto é constante. Para Gonçalves (2000), quando aliada essa pretensão com o desenvolvimento sustentável, o uso de adições no concreto torna-se uma excelente alternativa. Entretanto, a adição ou substituição dos materiais constituintes do concreto

influem na resistência mecânica do concreto, exigindo estudos que comprovem a eficiência do material como constituinte do mesmo.

4 | METODOLOGIA

A seguir, serão apresentados os procedimentos utilizados durante a fase experimental da pesquisa, conforme Figura 1.



Figura 1 – Fluxograma da metodologia utilizada (Autoria própria (2019)).

O Resíduo de scheelita foi coletado de pilhas de rejeitos da mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos, Rio Grande do Norte. A coleta das amostras foi realizada de acordo com as exigências da NBR NM 26:2009.

A caracterização dos materiais é importante para entender as propriedades dos mesmos. Ela foi realizada com base nas determinações do DNIT 054/2004 – PRO. Para os agregados, ocorreu a realização dos ensaios de composição granulométrica (NBR NM 248:2003), teor de argila em torrões e materiais friáveis (NBR 7218:2010), teor de materiais pulverulentos (NBR NM 46:2000), entre outros. Para o aglomerante, foram realizados os seguintes ensaios: finura do cimento (NBR 11579:2012), tempo de pega do cimento (NBR 16607:2017).

O traço escolhido para as misturas e para o traço convencional foi calculado a partir do método de cálculo método da ACI/ABCP - American Concrete Institute/Associação Brasileira de Cimento Portland. O cálculo do traço visou atender, aos 28 dias de cura, resistência à compressão simples de 35 Mpa.

A produção de concreto ocorreu para as seguintes misturas: um convencional composto por agregado miúdo natural (areia), um com 50% resíduo e 50% areia, um 75% resíduo e 25% areia e um último com 100% resíduo de scheelita. A confecção de corpos de provas se deu através de 18 corpos de provas cilíndricos. As idades de cura analisadas foram 3, 14 e 28 dias.

A caracterização do concreto fresco foi realizada com base na NBR NM 67, que se trata do abatimento no tronco de cone. Já para caracterização do concreto endurecido foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples (NBR 5739:2018). E à tração por compressão diametral (NBR 7222:2011), além de uma relação para análise da resistência a tração na flexão pela ABNT NBR 6118/14.

5 | RESULTADOS

5.1 Caracterização Física

A importância da caracterização física dos agregados para o estudo está relacionada às propriedades dos materiais, para que seja elaborado o traço e o respectivo consumo do concreto utilizado como base no estudo.

5.1.1 Agregado Miúdo

As curvas granulométricas estão apresentadas no Figura 2.

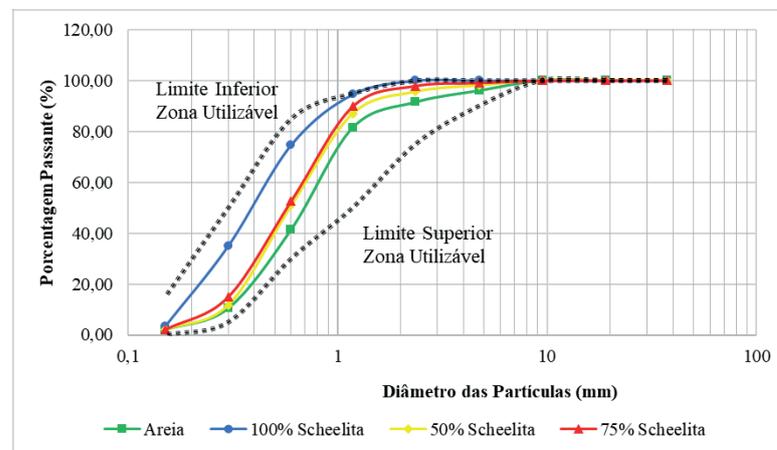


Figura 2 - Curvas granulométricas dos agregados miúdos (Autoria própria (2019)).

Percebe-se uma diferença entre o diâmetro máximo característico da areia e da scheelita, que são respectivamente 4,75 mm e 1,18 mm. De acordo com a NBR 7211:2009, ambas estão dentro dos limites de granulometria indicados para a zona utilizável a apresentados graficamente. Analisando o gráfico, percebe-se que o rejeito (100% scheelita) possui maior quantidade de finos que o agregado natural (areia).

Observa-se, ainda na Figura 2, que as misturas de 50% e 75% também permaneceram dentro da zona utilizável de granulometria. Embora a mistura de 75% scheelita se distingue da mistura de 50% scheelita por possuir uma quantidade de finos maior.

A Tabela 1 apresenta as análises do agregado e do resíduo mineral.

Amostra	Massa Unitária	Massa Específica Real	Módulo de Finura	Materiais Pulverulentos	Teor de argila em torrões e materiais friáveis
Areia	1,48 g/cm ³	2,54 g/cm ³	2,77%	3,0%	0,5%
Scheelita	1,56 g/cm ³	2,81 g/cm ³	1,91%	2,0%	2,8%

Tabela 1: Caracterização dos Agregados Miúdos.

O módulo de finura do resíduo da scheelita e da areia, como mostrado na Tabela 1, são de 1,91% e 2,77%, respectivamente. Assim, pode-se apontar que o concreto com o resíduo terá uma melhor trabalhabilidade e uma maior necessidade de água que com concreto convencional. Este fator ocorre, pois, quanto menor for o módulo de finura de um material, maior será a superfície específica do material.

Entretanto, apesar de possuir o módulo de finura menor que o da areia, o resíduo da scheelita é mais pesado, pois sua massa específica é 9,61 % maior que a areia. Em relação à massa unitária, a areia possui um valor 5,13 % menor que o resíduo da scheelita. Isto implica dizer que os grãos da areia se arranjam melhor, deixando um menor espaço de vazios e, conseqüentemente, podendo apresentar maior resistência.

A NBR 7211:2009 aborda o limite máximo do teor de materiais pulverulentos, que é de 3%. No nosso estudo, tanto a areia quanto a scheelita utilizadas se enquadraram dentro dos limites impostos com, respectivamente, 3% e 2%. Em relação ao teor de argila em torrões e materiais friáveis, a NBR 7211:2009 determina que o limite máximo apresentado em um agregado miúdo é de 3%. A areia e a scheelita utilizadas apresentaram respectivamente 0,5% e 2,8%, permanecendo dentro dos parâmetros estabelecidos pela normativa.

5.1.2 Agregado Graúdo

As curvas estão apresentadas no Figura 3 e no Figura 4 respectivamente.

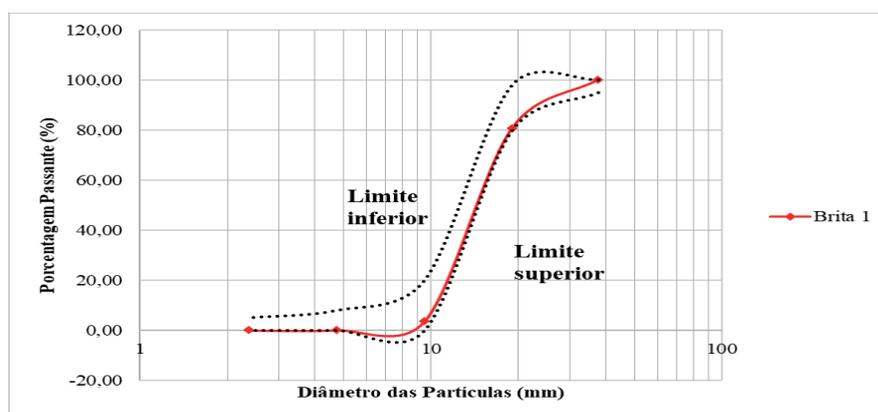


Figura 3 - Curva granulométrica da Brita1 (Autoria própria (2019)).

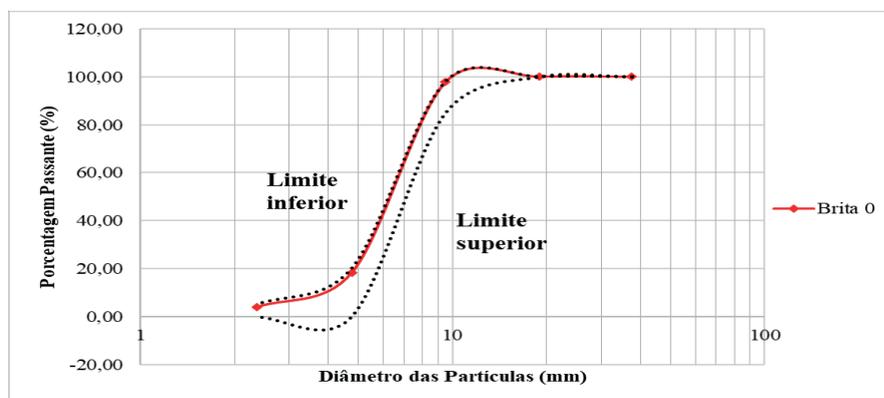


Figura 4 - Curva Granulométrica Brita 0 (Autoria própria (2019)).

Analisando as granulometrias, observa-se que as britas 1 e 0 possuem diâmetros máximo característicos de 19 mm e 9,5 mm, respectivamente.

Na tabela 2, apresentada abaixo, estão as propriedades dos agregados graúdos obtidas por meio de seus respectivos ensaios.

Amostra	Massa Unitária	Massa Específica	Absorção	Teor de Materiais Pulverulentos	Abrasão Los Angeles	Índice de Forma
Brita 0	1,37 g/cm ³	2,67 g/cm ³	0,8%	0,92%	20,25%	1,3
Brita 1	1,39 g/cm ³	2,67 g/cm ³	0,3%	0,208%	11,25%	1

Tabela 2: Análise Granulométrica das Britas.

A Tabela 2 indica que a brita 1 apresentou absorção de 0,3%, e a brita 0 obteve absorção de 0,8%. Estes fatores são importantes para definir a relação de correção do fator água–cimento do concreto. A brita 1 obteve um teor de 0,208 % e a brita 0 de 0,92%, para materiais pulverulentos, se enquadrando como agregado graúdo quando analisadas nesse aspecto por não ultrapassarem o limite de 1%.

Analisando a Tabela 2, percebemos a igualdade no valor da massa específica (2,67 g/cm³) entre as britas, mostra que elas possuem a mesma influência no peso da estrutura de concreto. A massa unitária apresentada pelas britas são bem semelhantes, apontando que elas apresentam praticamente o mesmo arranjo de partículas.

O ensaio de Abrasão Los Angeles determina o desgaste das partículas. A NBR 7211:2009, determina que o desgaste máximo é de 50%. A brita 1 possuiu um desgaste a abrasão de 11,25% e a brita 0 de 20,25%. Na nossa análise definiu que as britas 1 e 3 apresentaram respectivamente índice de forma de 1 e 1,3, números inferiores ao limite que é de 3. Assim, ambas as graduações enquadram-se como agregado para concreto.

5.2 Cimento

O cimento utilizado foi o CP II Z 32, apresentando um módulo de finura de 2,7%.

Outro fator analisado em relação ao cimento foi o tempo de pega. De acordo com a NBR 5732:1991, o tempo de início de pega não deve ser inferior a uma hora e o de fim não deve exceder o limite de dez horas. Desse modo, conforme Tabela 3, percebemos que o tempo de início e fim de pega do cimento utilizado é caracterizando o cimento como adequado.

Tempo de início de pega	1h 25min
Tempo de fim de pega	4h 18min

Tabela 3: Resultados do Ensaio de Tempo de Pega.

5.3 Propriedades do Concreto no Estado Fresco e Endurecido

De acordo com os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados e do aglomerante, calculamos pelo método da ABCP o traço para estudo. Com uma relação água cimento de 0,43 e com uma proporção de 30% de Brita 0 e 70% de Brita 1, os traços e os respectivos consumos estão apresentados abaixo pela Tabela 4.

Substituição	Traço (kg)	Consumo (kg/m ³)				
		Cimento	Areia	Brita 1	Brita 0	Scheelita
0% (Convencional)	1:1,55:2,02:0,43	465	720	654	284	0
50%	1:1,55:2,10:0,43	465	361	680	296	361
75%	1:1,55:2,13:0,43	465	180	692	301	541
100%	1:1,64:2,09:0,43	465	0	676	294	762

Tabela 4 – Traços.

Observa-se um elevado consumo de cimento nos traços, isto ocorre devido às características do cimento utilizado, já que a resistência mecânica à compressão aos 28 dias do cimento é de 32 MPa, e a resistência do concreto para qual o traço foi calculado foi de 35 MPa.

5.3.1 Ensaio de Consistência

Para verificação da consistência do concreto em seu estado fresco, foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone para cada composição trabalhada. Os resultados do ensaio podem ser observados na Figura 5.

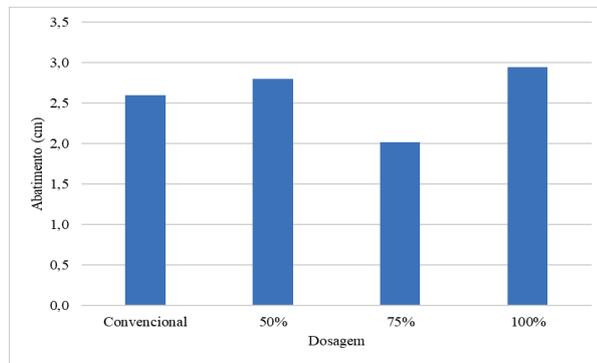


Figura 5 - Resultado do ensaio de abatimento de tronco de cone (Autoria própria (2019)).

De acordo com a norma DNIT 054/2004, o ensaio deve verificar se abatimento seja igual ou superior a 2 cm. Analisando os valores apresentados na Figura 5, percebemos que todos os valores de abatimento apresentados estão dentro dos parâmetros normativos.

5.3.2 Ensaio da Resistência a Compressão Axial

A Figura 6 mostra os resultados dos ensaios de compressão simples nas três idades de curas estudadas: 3, 14 e 28 dias. Para esse caso, estuda-se obter resistência igual ou superior a 35 MPa. Este fator é categórico, pois qualifica o resíduo de scheelita e a metodologia utilizada para serem utilizados na produção de concreto para pavimentos.

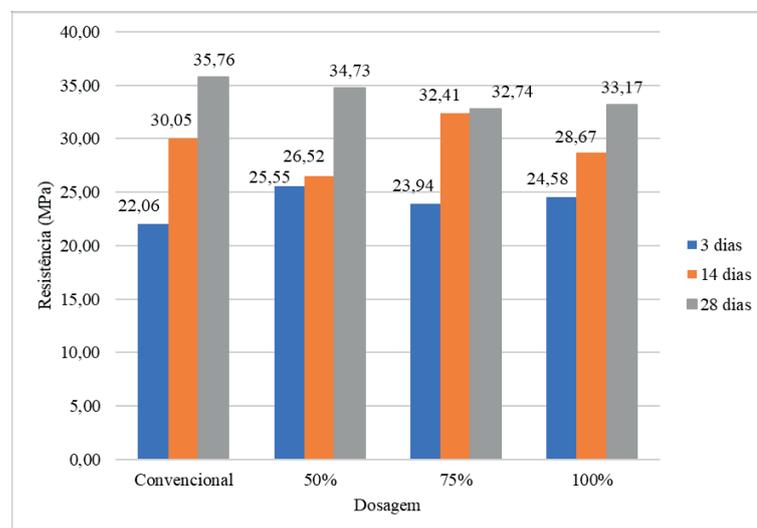


Figura 6 - Resistência a compressão em todas as idades de cura (Autoria própria (2019)).

Analisando a evolução das resistências, percebemos que aos 3 dias de cura, todas as misturas apresentaram resistência superior ao traço convencional. Entretanto, aos 14 dias de cura, apenas a mistura de 75% scheelita, com 32,41 MPa, se comportou mais resistente do que o traço convencional. Aos 28 dias, principal cura a ser analisada, o traço que apresentou resistência igual ou superior a resistência de 35 MPa, foi o convencional. No entanto, vale salientar que as misturas apresentaram resistência próxima a desejada

e almejavam a resistência de 32 MPa, definida pela categoria do cimento. A mistura de scheelita que melhor apresentou resistência a compressão simples foi a de 50%.

Analisando a evolução das resistências, percebemos que o traço convencional e o 100% scheelita apresentaram acréscimo de resistência de maneira gradativa ao longo da cura. No entanto, as misturas de 50% e 75% scheelita apresentaram crescimento de resistência diferente, a primeira, com maior crescimento entre 14 e 28 dias, e a segunda, com o maior crescimento de resistência entre as curas de 3 e 14 dias.

Um fator a ser observado, é a relação de maior resistência com a porcentagem de areia. Conforme está representado na Figura 6, quanto maior for a porcentagem de areia, mais acréscimo de resistência teve o traço. Este fator pode estar relacionado as características de algumas propriedades da areia estarem mais aptas a serem utilizadas no concreto do que o resíduo de scheelita, como é o caso da massa unitária e do teor de argila em torrões e materiais friáveis.

Ensaio de Tração por Compressão Diametral

Os dados obtidos do ensaio de compressão diametral estão representados na figura 7.

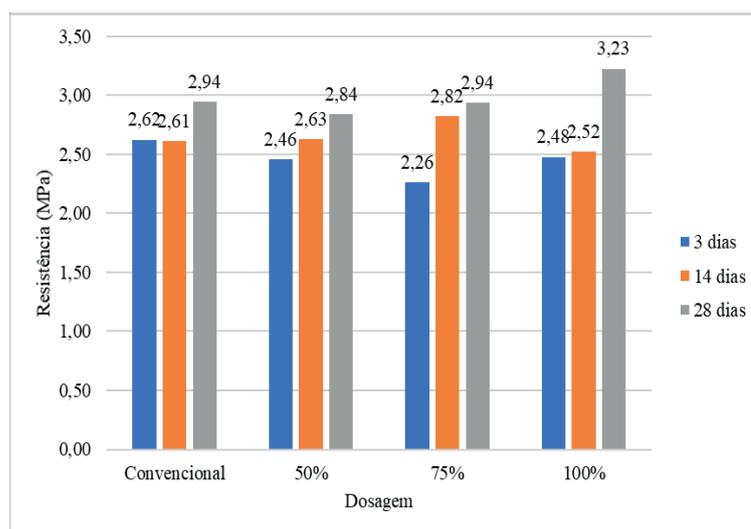


Figura 7 - Resistência à tração por compressão diametral em todas as idades de cura (Autoria própria (2019)).

Analisando a Figura 7, percebemos que o melhor resultado apresentado foi o da mistura de 100% scheelita, com 3,23 MPa. Seguida pela mistura de 75%, empatada com o traço convencional, com 2,94 MPa. Este fator, na condição de compressão, representa a utilização dos resíduos da scheelita no concreto para uma análise de compressão. Este ensaio serve para fazer uma relação e supor possíveis valores de resistência a tração na flexão para o traço analisado.

Através da ABNT NBR 6118/14, foram calculadas as resistências à tração na flexão, apresentadas na Tabela 6, utilizando os resultados do ensaio de compressão diametral, presentes na Figura 7. A relação consiste na multiplicação das resistências a compressão

axial por 1,3.

Dosagem	Resistência (MPa)		
	3 dias	14 dias	28 dias
Convencional	3,4	3,4	3,8
50%	3,2	3,4	3,7
75%	2,9	3,7	3,8
100%	3,2	3,3	4,2

Tabela 6 - Resistências à tração na flexão obtidas pela.

É possível analisar que a mistura apresentou os melhores valores foi o de substituição total (100%) do agregado natural pelos resíduos de scheelita. É notório perceber que as condições de análise para as resistências a tração na flexão permanecem semelhantes as resistências atração axial.

6 | CONCLUSÕES

Os resultados de caracterização mostraram que os resíduos de scheelita possuem características compatíveis com o agregado natural. Os traços com a presença dos resíduos apresentaram uma trabalhabilidade mais adequada do que o traço convencional de areia.

Em relação a compressão simples, a mistura que mais se destacou foi a 50% scheelita, de 34,73 MPa. A compressão axial do concreto está adequada as exigências do DNIT, desde que usados estruturalmente armado. Neste quesito, destacou-se a mistura de 100% scheelita. Dentre as resistências a tração na flexão obtidas pela relação com a compressão axial, também se destacou a mistura de 100% resíduos de scheelita.

Para os traços estudados, a utilização do resíduo é considerada uma solução viável, dado que a perda de resistência não altera o atendimento aos esforços exigidos pelos veículos. Além disso, promove a redução dos danos ao meio ambiente ocasionado pela exacerbada produção de resíduos.

REFERÊNCIAS

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

. **ABNT NBR NM 46:** Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

. **ABNT NBR NM 51:** Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles". Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

. **ABNT NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

. **ABNT NBR NM 53:** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

. **ABNT NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

. **ABNT NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

. **ABNT NBR 5732:** Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

. **ABNT NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

. **ABNT NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

. **ABNT NBR 7218:** Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2010

. **ABNT NBR 7222:** Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

. **ABNT NBR 11579:** Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

. **ABNT NBR 16607:** Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega.

Rio de Janeiro: ABNT, 2017. ARAÚJO, E. R.; OLIVIERI, R. D.; FERNANDES, F. R. C. **Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente.** In: Recursos minerais e sociedade: impactos humanos - socioambientais - econômicos. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.

CARLOS, Elione Moura. **Efeito da adição de resíduo de scheelita no comportamento técnico-mecânico e reológico de argamassas para engobes cerâmicos.** 2018. 122f. Tese, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro: 2006.

. **DNIT 054/2004 – PRO** Pavimento rígido – Estudos de traços de concreto e ensaio de caracterização de materiais – Procedimento. 2004.

FRANCISCO, Ana. **Comportamento estrutural de pavimentos rodoviários flexíveis.** [s. l.], 2012.

GONÇALVES, Jardel Pereira. **O uso de adições no concreto torna-se uma excelente alternativa.** 2000. 135 p. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas.** Brasília: Ipea, 2012.

MACHADO, T. G. **Estudo da adição de resíduo de scheelita em matriz cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura.** 143 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais).

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2012.

MESQUITA, José Carlos Lobato. **Pavimento rígido como alternativa econômica para pavimentação rodoviária: estudo de caso - rodovia BR-262, Miranda - Morro do Azeite – MS.** 2001. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SÃO PAULO (SP); Sistemas De Informações Urbanas. **IP-07/2004: Dimensionamento de Pavimentos de Concreto.** 2004. 50 p.

SOUZA, Marcondes Mendes de et al. **Estudo do comportamento térmico e absorção de água em revestimento cerâmico, utilizando na formulação da massa: argila, quartzo, feldspato e resíduos do beneficiamento do caulim.** In: Congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, 1, 2018, Gramado: IBEAS, 2018. v. 1, p. 1 - 5.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agressividade Marinha 48, 50, 51, 56, 58, 59

Análise Geométrica 114

Análise Não Linear 113, 114, 115, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 134, 135, 137

Análise Numérica 138, 149, 151, 163, 294

Argamassa 13, 59, 90, 92, 93, 97, 193

B

BIM 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 235, 236, 239, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250

C

CC 23, 27, 28, 33, 65, 81, 93, 95, 109, 116, 120, 122, 140, 141, 142, 143, 154, 156, 160, 161, 162, 169, 187, 189, 190, 200, 201, 280, 288, 289, 290, 292

Cisalhamento 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 128, 134, 136, 146, 241, 292, 293, 294

Coeficiente γ_z , 15

Compósitos 62, 74, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98

Concreto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 103, 104, 105, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 177, 178, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 201, 202, 203, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240, 250, 251, 252, 253, 254, 258, 260, 261, 262, 264, 266, 267, 268, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 293, 294

Concreto Armado 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 35, 47, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 88, 112, 113, 115, 116, 117, 124, 125, 127, 128, 130, 132, 133, 137, 138, 139, 149, 150, 151, 152, 155, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 177, 178, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 225, 235, 239, 240, 252, 253, 260, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 293, 294

Curvatura 115, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177

D

Deslocamento 27, 96, 121, 147, 161, 187, 197, 206

E

Edifícios 15, 16, 17, 20, 30, 31, 32, 33, 35, 47, 113, 114, 116, 119, 124, 126, 127, 128, 129, 136, 137, 177, 183, 239, 240, 272, 274

Efeito 13, 24, 43, 50, 55, 58, 59, 105, 116, 149, 164, 165, 176, 183, 206, 214, 244, 266, 275

Elementos 15, 16, 17, 18, 19, 23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 60, 77, 78, 84, 96, 101, 103, 114, 115, 116, 122, 125, 127, 130, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 179, 181, 182, 184, 187, 189, 190, 197, 199, 200, 202, 203, 205, 208, 209, 213, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 230, 231, 233, 238, 239, 241, 242, 243, 254, 258, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 285, 287, 288, 289, 293

Engesser-Courbon 204, 205, 206, 207, 212, 213, 215

Estabilidade Global 15, 16, 17, 22, 30, 32, 33, 36, 43, 47, 99, 108, 109, 114, 115, 116

Estais 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112

Estocástico 187, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202

Estruturas 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 49, 58, 60, 64, 74, 75, 76, 77, 79, 89, 97, 100, 101, 103, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 123, 124, 127, 128, 136, 137, 145, 150, 151, 152, 162, 163, 165, 166, 177, 178, 180, 188, 190, 202, 203, 209, 215, 216, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 266, 267, 268, 272, 279, 294

F

Fibra 60, 61, 62, 63, 65, 74, 75, 76, 90, 91, 92, 93, 94, 97

Fibra de Sisal 90, 91, 92, 97

Fluência 77, 79, 81, 82, 86, 88, 166

Fogo 151, 152, 153, 157, 162

G

Gestão 3, 150, 178, 179, 183, 186, 269

L

Lajes 17, 18, 20, 21, 24, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 75, 119, 125, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 206, 207, 208, 209, 218, 220, 228, 243, 258, 260, 261, 262, 264, 265, 266

Lajes Nervuradas 32, 33, 34, 35, 41

M

Método 5, 9, 20, 29, 52, 62, 64, 67, 68, 69, 72, 79, 84, 104, 114, 116, 127, 130, 138, 139, 143, 144, 149, 150, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 187, 189, 190, 191, 197, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215,

216, 238, 239, 240, 249, 252, 279, 283, 287, 293

Método Geral 164, 165, 166, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177

Minerais 2, 4, 13, 193

Modelos 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 107, 115, 116, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 153, 155, 185, 188, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 235, 239, 248, 278, 279, 280, 281, 285, 286

Módulo de Elasticidade 17, 77, 81, 86, 87, 88, 140, 166, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 203, 282, 286

P

Parâmetro α 15, 25

Pavimento 1, 2, 3, 4, 13, 14, 21, 23, 27, 28, 38, 117, 118, 119, 130, 131, 132, 244, 261

Pilar de Concreto 164, 233

Placas 93, 96, 97, 138, 140, 144, 145, 146

Pontes 99, 100, 101, 103, 106, 107, 111, 112, 204, 205, 208, 209, 210, 213, 215, 216, 253, 258, 268

Potencial de Corrosão 48, 51, 52, 53, 57, 58

PRFC 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 73, 75, 76

Probabilidade 53, 187, 196, 197, 198, 235

Projetos 15, 100, 111, 120, 128, 138, 139, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 217, 218, 220, 224, 226, 232, 233, 235, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 249, 250, 258

R

Reforço 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 125, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 234, 250, 258, 267, 293

Resíduos 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14

Resistência à Compressão 5, 48, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 91, 103, 189, 192, 194, 217, 233, 282

Rigidez k 164, 165, 167, 171, 175, 176, 177

S

Sílica Ativa 48, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 92, 105

Simulação 48, 50, 51, 52, 56, 58, 59, 138, 155, 156, 157, 203, 278, 280, 281, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

Sistemas 14, 15, 16, 17, 27, 32, 33, 37, 41, 44, 50, 75, 78, 88, 99, 143, 169, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 197, 235, 237, 270, 272, 275, 276, 294, 295

Solução Analítica 77, 84

V

Vazios 7, 12, 48, 53, 56, 58, 59, 224, 227

Viga 42, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 103, 187, 188, 189, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 213, 214, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 233, 241, 245, 248, 263, 264, 266, 278, 280, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

 **Atena**
Editora

2 0 2 0