

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **Conselho Editorial**

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª 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  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

E57    Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-561-7

DOI 10.22533/at.ed.617200911

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

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

João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO**

Maria Magdalena Farina Martinez

Ronald Moises Hug Rojas

Matheus Vinicius Brandão

Oswaldo Barbosa Loureda

Oswaldo Hideo Ando Junior

**DOI 10.22533/at.ed.6172009111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **APLICAÇÃO DE LAJES STEEL DECK EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES**

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Stela Regina Magaldi Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.6172009112**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA MARQUISE – ESTUDO DE CASO**

Amanda de Moraes Alves Figueira

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Cynthia Jordão de Oliveira Santos

Débora Cristina Pereira Valões

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Mariana Santos de Siqueira Bentzen

Paula Gabriele Vieira Pedrosa

Vanessa Kelly Freitas de Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.6172009113**

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **PROPOSIÇÃO DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – AMAZONAS, BRASIL**

Iraúna Maiconã Rodrigues de Carvalho

Jussara Socorro Cury Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.6172009114**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **ETANOL – COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL EM MOTORES DO CICLO DIESEL – ESTUDO DE VIABILIDADE EM USINAS**

Flávio Nunes do Prado

João Eduardo Rocha dos Santos

Edson Roberto da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.6172009115**

**CAPÍTULO 6..... 61**

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE METODOLOGIAS DE DESMONTE SECUNDÁRIO PARA UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Sílas Leonardo Dias Vasconcelos  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza  
Bruno Cordeiro Cerqueira das Neves

**DOI 10.22533/at.ed.6172009116**

**CAPÍTULO 7..... 71**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO**

Raíza da Silva Juvenal  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Artur Ângelo Alcântara de Assis  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.6172009117**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE PROJETOS MINEIROS EM FASE INCIPIENTE CONSIDERANDO A REGRA DE TAYLOR E SUA ADERÊNCIA ÀS MINAS BRASILEIRAS**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Rodrigo de Lemos Peroni  
Carlos Otávio Petter  
Júlio César de Souza  
Jorge Dariano Gavronski

**DOI 10.22533/at.ed.6172009118**

**CAPÍTULO 9..... 103**

**PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE**

Andressa Ilana Soares Galdino  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Suelen Silva Rocha  
Robson Ribeiro Lima

**DOI 10.22533/at.ed.6172009119**

**CAPÍTULO 10..... 119**

**AVALIAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHAS COM USO DE EXPLOSIVOS EM UMA MINA DE AGREGADOS ATRAVÉS DE ABORDAGEM SISTÊMICA**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Willams Bernardo de Lima Souza  
Iury Araújo da Costa Leite  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Marinésio Pinheiro de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.61720091110**

**CAPÍTULO 11..... 133**

**COMPARAÇÃO DE COORDENADAS DE PONTOS LEVANTADOS POR METODOS TOPOGRÁFICO E GEODÉSICOS**

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti  
Adriano Antonio Tronco  
Bianca Ferraz  
Pedro Lonnie Inácio Salvador  
Roney Berti de Oliveira  
Marcelo Luis Chicati

**DOI 10.22533/at.ed.61720091111**

**CAPÍTULO 12..... 145**

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Marília Silva Cavalcante  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Artur Ângelo Alcântara de Assis  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.61720091112**

**CAPÍTULO 13..... 159**

**ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO TRABALHO EM UMA MINA DE AGREGADOS**

Débora Gomes Figueiredo  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Robson Ribeiro Lima  
Suelen Silva Rocha  
Romildo Paulo Silva Neto

**DOI 10.22533/at.ed.61720091113**

**CAPÍTULO 14..... 174**

**VIRTUALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: APLICAÇÕES NA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO**

Adriano Macedo Silva  
Carolina Martinez Vendimiati  
Ricardo Egídio dos Santos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.61720091114**

**CAPÍTULO 15..... 196**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA ABERTURA DE UMA EMPRESA JÚNIOR NA ÁREA DE GEOTECNIA NO CEFET-MG UNIDADE VARGINHA**

Emerson Ricky Pinheiro  
Gustavo Ribeiro Paulino  
Henrique Comba Gomes  
Kezya Milena Rodrigues Pereira  
Maria Rafaela da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.61720091115**

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>211</b>
<b>PRÁTICA PROFISSIONAL SUPERVISIONADA: FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO</b>	
Érica de Oliveira Araújo Nélio Ranieli Ferreira de Paula José Elias de Almeida José Vanor Felini Catânio Wagner Viana Andreatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091116</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>223</b>
<b>UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO</b>	
Maria Emanuela Lima Souza Cardoso Hernande Pereira da Silva Layane Maria Gomes de Lima Queylla Aparecida de Barros Oliveira Maria Aline Lopes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091117</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>237</b>
<b>SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING TECHNIQUES APPLIED TO MAP AND TO MONITOR BRAZILIAN SHORE CORAL REEF BY USING A SATELLITE MISSION</b>	
Isomar Lima da Silva Geilson Loureiro José Wagner da Silva Andreia Sorice Genaro Samara de Toledo Damião	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091118</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>254</b>
<b>A ARTE DE ENGENHEIRAR NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19</b>	
Maria Aridenise Macena Fontenelle Vinícius Navarro Varela Tinoco Leonardo Morais Silva Leandro Nogueira Valente	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091119</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>265</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>266</b>

## INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 04/08/2020

### **Marília Silva Cavalcante**

Orica Brasil Ltda  
Belo Horizonte - MG

### **Jorge Luiz Valença Mariz**

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/4225383677086672>

### **Artur Ângelo Alcântara de Assis**

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade  
Federal de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/0583419471123527>

### **Suelen Silva Rocha**

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade  
Federal de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/9112697423226628>

### **Júlio César de Souza**

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade  
Federal de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/4295864256992991>

**RESUMO:** A taxa de produção de um empreendimento mineiro influencia diretamente no retorno financeiro e na vida útil da jazida, sendo sua precisa definição uma condição fundamental para o sucesso do projeto. Após sua seleção, é possível ponderar os métodos de lavra que atenderiam às particularidades da região e do depósito, dentre os quais uma gama de equipamentos diferentes poderia atender às condições de cada método. Visto que a busca pelo cenário ótimo geralmente culmina na maximização do valor presente líquido do projeto (análise determinística), deve-se proceder a seleção dos equipamentos de carregamento e transporte conforme esta restrição. Este estudo visa verificar os resultados econômicos obtidos por diferentes conjuntos escavadeira-caminhões em uma mina de agregados lavrada através de bancadas múltiplas, onde foram verificados cenários com quatro diferentes portes de escavadeira e o número correspondente de caminhões para cada equipamento de carregamento. Foram efetuadas análises de risco e sensibilidade (análise probabilística) em cada cenário, onde foi verificado também o desempenho de cada escavadeira e seus caminhões em diferentes taxas de produção. Por fim, foram sobrepostas as linhas de tendência dos quatro conjuntos de dados oriundos das simulações de Monte Carlo e foi verificado em que taxa de produção cada escavadeira apresenta melhor resultado econômico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planejamento de lavra, Dimensionamento de equipamentos, Avaliação econômica, Análise de risco, Mineração de agregados.

# INFLUENCE OF THE EXCAVATOR SIZE ON THE ECONOMIC ASSESSMENT OF A QUARRY MINE

**ABSTRACT:** The production rate of a mining enterprise directly influences the financial return and the lifetime of the deposit, and its accurate definition is a fundamental condition for the success of the project. After the selection, it is possible to consider the mining methods that would meet the particularities of the region and the deposit, among which a range of different equipment could meet the conditions of each method. Since the search for the optimum scenario generally culminates in the maximization of the net present value of the project (deterministic analysis), the loading and haulage equipment must be selected according to this restriction. This project aims to verify the economic results obtained by different excavator-trucks sets in a quarry mine exploited through multiple benches, where four scenarios with different excavator dimensions and the corresponding number of trucks for each loading equipment were verified. Risk and sensitivity analysis (probabilistic analysis) were performed in each scenarios, in which were also verified the performance of each excavator and trucks at different production rates. Finally, the trend lines of the four data sets from the Monte Carlo simulations were superimposed and were verified in which production rate each excavator presents the best economic result.

**KEYWORDS:** Mine planning, Equipment dimensioning, Economic assessment, Risk analysis, Quarry mining.

## 1 | INTRODUÇÃO

O estudo de um projeto mineiro envolve, geralmente, três estágios, que são os estudos conceitual, de pré-viabilidade e de viabilidade; para a progressão aos dois últimos estágios, é necessário definir um calendário de produção e uma expectativa de vida útil, embora parte das informações acerca da lavra ainda sejam conjecturas (LEE, 1984. MARIZ; PERONI, 2018).

A seleção do método de lavra consiste também em um processo crítico para o projeto, onde deve ser considerada a interação de fatores técnicos, tecnológicos, econômicos, sociais, políticos, ambientais e históricos. Critérios subjetivos e as incertezas inerentes a cada um destes fatores devem também ser levados em consideração, cujo objetivo maior é a obtenção de um método que maximize o lucro do projeto e também a recuperação dos recursos minerais. Após selecionado, o método deve assegurar que haja condições adequadas de trabalho, fomentar a redução dos impactos causados ao meio ambiente, permitir a estabilidade da mina durante sua vida útil, ser flexível às condições geológicas e à infraestrutura disponível, permitindo que a produtividade máxima seja atingida e os custos unitários e globais de produção sejam reduzidos (ADLER; THOMPSON, 2011. ROCHA et al., 2018).

O estudo de viabilidade econômica deve considerar, portanto, todas estas variantes e produzir resultados para diversos cenários, onde são avaliados os métodos de lavra possíveis, diferentes teores de corte, diferentes equipamentos de lavra e beneficiamento,



taxas de produção, preço do minério, recuperação da planta de beneficiamento, insumos, custos diversos, dentre outros fatores. Após assumidas as restrições, o estudo convencional fornece uma avaliação econômica para uma determinada taxa de atratividade (TMA) esperada a partir da taxa de produção estabelecida, juntamente com fluxos de caixa, valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) (HARTMAN, 1996).

Entretanto, a análise convencional determinística assume que as restrições impostas são conhecidas com precisão, o que representa uma simplificação errônea, visto que as estimativas de teores, custos, preços de venda, dentre outros, são sujeitos à variação devido à incapacidade de previsão do futuro. Neste contexto, o risco inerente às suposições assume um papel preponderante, sendo possível considera-lo propriamente através de técnicas como a análise de sensibilidade e a análise estocástica de risco (GENTRY; O'NEIL In: HARTMAN, 1992).

Uma referência geral para a TMA das empresas no Brasil é a taxa SELIC, taxa básica de juros da economia brasileira, pois ela afeta tanto a captação de recursos quanto as aplicações financeiras (JUVENAL, 2018 apud VIEIRA, 2017). O critério de aceitação de um projeto com base no VPL pode ser assim definido:

$VPL > 0 \rightarrow$  O projeto é atrativo;

$VPL = 0 \rightarrow$  O projeto é indiferente;

$VPL < 0 \rightarrow$  O projeto não é atrativo.

Segundo Gentry e O'neil (1992), o termo análise de sensibilidade descreve o processo de determinar a sensibilidade dos resultados do projeto à mudança em qualquer variável de entrada, o que permite identificar as variáveis que têm um maior impacto no resultado analisado, frente a diferentes graus de erro em sua estimativa. A análise de risco baseada nas simulações de Monte Carlo é a metodologia pela qual a incerteza envolvendo as principais variáveis de um modelo de previsão é processada para estimar o impacto do risco sobre os resultados projetados. Durante o processo de simulação, cenários sucessivos são criados utilizando valores de entrada aleatórios para as principais variáveis do projeto, para as quais foram atribuídas distribuições de probabilidade que visam representar o comportamento de cada variável. Os resultados são coletados e analisados estatisticamente até se chegar a um diagrama de frequência acumulada que condensa os valores obtidos para a variável analisada, permitindo a quantificação do risco do projeto (JUVENAL, 2018).

No tocante ao dimensionamento de equipamentos, de acordo com Racia (2016), é um processo de seleção e compatibilização destes para a movimentação do material (minério ou estéril) levando em consideração as características dos equipamentos, as condições operacionais, o projeto da lavra e a produção anual. A falta de harmonização dessa relação pode acarretar na super ou subestimação dos equipamentos, gerando desperdícios, diminuição de produtividade e aumento de custos operacionais e capitais. A Figura 1 apresenta um exemplo do ciclo completo de carregamento e transporte através de conjunto escavadeira-caminhões em uma mina.

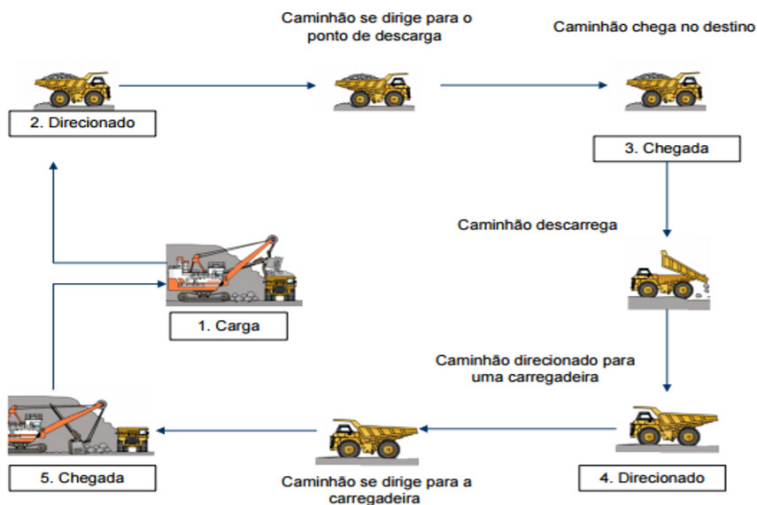


Figura 1 - Ciclo do processo de carregamento e transporte por caminhão

Fonte: Bernardi (2015)

Ao considerar as capacidades máximas de produção de cada equipamento individualmente, seria possível verificar quantas unidades de transporte atenderiam a uma determinada unidade de carregamento. A aplicação e o porte do conjunto de carga e transporte estão diretamente ligados à escala de produção, geometrias da cava e geologia da jazida (RACIA, 2016).

Este trabalho propõe efetuar um estudo de viabilidade econômica na Pedreira Esperança Ltda., uma mineração de agregados para construção civil localizada em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Carregamento e transporte são efetuados por um conjunto escavadeira-caminhões. Foi verificado se diferentes portes de escavadeiras e seus respectivos caminhões resultam em projetos com VPLs significativamente distintos para as mesmas restrições, indicando o porte adequado dos equipamentos para cada taxa de produção estipulada.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A cava foi modelada no *software* Datamine Studio 3.21 com base na atualização da topografia efetuada por meio de um VANT DJI Phantom 4 Pro. Conforme as restrições impostas à área (reserva ambiental, limite das poligonais e edificações) e considerando uma altura média de 1,5 metros de capeamento, foram estimados 5.559.986,28 m<sup>3</sup> de rocha lavrável *in situ*, além de um capeamento com 223.308,82 m<sup>3</sup> *in situ*.

O dimensionamento da frota considerou em cada cenário as dimensões e capacidades das escavadeiras e caminhões para determinada taxa de produção. A usina

foi avaliada no *software* BRUNO, cujas capacidades produtivas da britagem primária e rebitagem foram identificadas, junto às configurações de operação.

Os equipamentos utilizados nas operações de decapeamento, perfuração, carregamento e transporte, por sua vez, são os descritos na Tabela 1, junto com a depreciação considerada no estudo; após o esgotamento, será adquirido um novo equipamento e será efetuada a venda do equipamento depreciado por 30% do seu valor. Foi considerada a substituição imediata equipamentos em negrito na Tabela 1, de modo que fosse considerada a aquisição de uma das escavadeiras propostas no estudo e da quantidade proporcional de unidades de transporte.

Equipamento	Quantidade	Depreciação (Anos)
Perfuratriz PW 5000	1	10
Compressor Atlas Copco XAS 420	1	10
<b>Escavadeira Liu Gong 936</b>	<b>1</b>	<b>10</b>
Escavadeira Hyundai R210 LC-7	1	10
Carregadeira Caterpillar 924	1	10
Carregadeira Shantui SL 15W3	1	10
<b>Caminhões Ford Cargo 12m<sup>3</sup></b>	<b>3</b>	<b>5</b>

Tabela 1 - Equipamentos utilizados na lavra e a depreciação considerada.

Fonte: Autores (2019).

As escavadeiras selecionadas para o desenvolvimento do estudo são as Caterpillar 320, 323, 336 e 349. Foi considerado nos cálculos o fator de empolamento ( $f_1$ ) de 1,50, o coeficiente de rendimento ( $E$ ) das escavadeiras e caminhões de 0,83 e 0,70, respectivamente, assim como o fator de carga ( $F$ ) de 1,1. O tempo de ciclo de todas as escavadeiras foi considerado como 30s, de modo que caminhões trabalhando em conjunto com máquinas maiores são carregados mais rapidamente, possibilitando uma operação conjugada mais produtiva. A distância média de transporte (DMT) dos caminhões foi obtida a partir de três pontos das extremidades da cava final.

Grande parte dos dados utilizados neste estudo foram obtidos na administração da empresa, como taxa de produção média, preço médio de venda dos produtos, custos com frete, insumos, custos de operação de cada equipamento, custos fixos, dentre outras particularidades. Os custos de aquisição e operação das diferentes escavadeiras aqui estudadas foram obtidos diretamente com o fornecedor. Custos de aquisição de equipamentos de britagem e outras máquinas móveis foram também obtidos com os respectivos fornecedores.

Todas estas informações foram utilizadas para compor fluxos de caixa anuais até que houvesse a exaustão do minério definido na cava final. Foram consideradas tributações,

contribuições e compensações sobre o faturamento em cada fluxo de caixa, como o IRPJ, o ICMS, o COFINS, o PIS/PASEP, a CSLL e a CFEM. Incentivos fiscais como depreciação, amortização ou exaustão não foram empregados, visto que a empresa se submete ao regime do lucro presumido e este não prevê estes incentivos. Foi considerado, entretanto, um incentivo oferecido pelo Estado de Pernambuco para minas cujo minério é destinado à construção civil. Após o esgotamento da vida útil de cada equipamento, será considerada a aquisição de um novo e a venda do anterior por um valor residual.

Após a composição dos fluxos de caixa com receitas, custos e tributos, foi definida a taxa mínima de atratividade (TMA) e calculado o valor presente líquido (VPL) do projeto para quatro cenários com taxa de produção obtida através da série histórica, considerando quatro portes de escavadeiras e os respectivos caminhões para viabilizarem a operação em função desta produção. Foi efetuada ainda a análise econômica probabilística, composta pela análise de sensibilidade e análise de risco, tendo como ferramenta o *software* Risk Simulator 2017. Foram efetuadas inicialmente 100.000 simulações de Monte Carlo, considerando os parâmetros arbitrariamente eleitos como mais influentes (Taxa de Produção ( $\text{m}^3/\text{mês}$ ), Valor Médio de Venda ( $\text{R}\$/\text{m}^3$ ), Custo Combustível ( $\text{R}\$/\text{L}$ ), Custo Energia Elétrica ( $\text{R}\$/\text{kWh}$ ) e Custo Emulsão Bombeada ( $\text{R}\$/\text{Kg}$ )). Foram identificadas através da análise de sensibilidade as variáveis que efetivamente influenciavam no resultado final e foram efetuadas outras 100.000 simulações considerando somente as variáveis identificadas na análise de sensibilidade, sendo estes resultados comparados aos obtidos através da análise econômica convencional.

Após a conclusão das simulações, considerando as quatro escavadeiras estudadas, foi efetuada uma análise nos dados para indicar em quais taxas de produção cada uma delas apresentava melhor desempenho na maximização dos lucros, indicando assim qual porte de equipamento seria mais indicado para cada taxa de produção avaliada neste projeto.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes de rocha e de capeamento após a delimitação das poligonais dos processos ANM, da área de proteção permanente (APP) e da zona residencial, quando submetidos aos fatores de empolamento de 1,5 e 1,4, respectivamente, geraram uma estimativa de 8.339.979,42  $\text{m}^3$  de rocha e 312.632,35  $\text{m}^3$  de capeamento. Como a taxa de produção média da pedreira equivale a 12.000  $\text{m}^3/\text{mês}$  empolados, pode-se considerar que a vida útil da mina seria de 58 anos.

Foi considerado neste estudo que em 25% do tempo a usina produz as britas 25, 19, 12 mm e pó de brita, ao passo que em 75% do tempo, em função do mercado consumidor, não há produção de brita 25 mm. A capacidade de produção do britador primário é de 380 ton/h, enquanto a rebitagem atinge 238 ou 190 ton/h, conforme a produção da brita 25 mm

ou não. Considerando 1,5 como fator de empolamento, estes valores tornam-se 253,34, 158,67 e 126,67 m³/h, respectivamente; as configurações de abertura dos britadores e *decks* de peneiras são distintas nos diferentes casos, razão pela qual há esta diferença de produção.

Considerando as capacidades máximas teóricas fornecidas pelo *software* Bruno e considerando um regime de 44 horas semanais, além da configuração pré-estabelecida para a usina, o britador primário teria capacidade de produzir 49.147,96 m³/mês, ao passo que a rebitagem produziria 26.125,98 m³/mês. Ao considerar um fator de eficiência de 90% para a rebitagem, esta passa a ter a capacidade produtiva de 23.513,38 m³/mês; a eficiência da britagem primária dá-se em função da operação conjugada entre o conjunto escavadeira-caminhões.

Considerando a necessidade de aumentar a produção, e visto que a britagem primária tem uma capacidade produtiva bastante superior à rebitagem, é possível que haja um turno noturno somente para este setor, trabalhando 40 horas semanais, o que possibilitaria produzir 23.701,92 m³/mês teóricos, ou 21.331,73 m³/mês considerando a ineficiência. O somatório dos dois turnos possibilitaria a produção de 44.845,11 m³/mês já com a ineficiência, sendo admitido que a britagem primária possui capacidade para atender à demanda da rebitagem caso esta trabalhe dois turnos. A Figura 2 apresenta o fluxograma da usina de beneficiamento, considerando a produção de brita 25 mm.

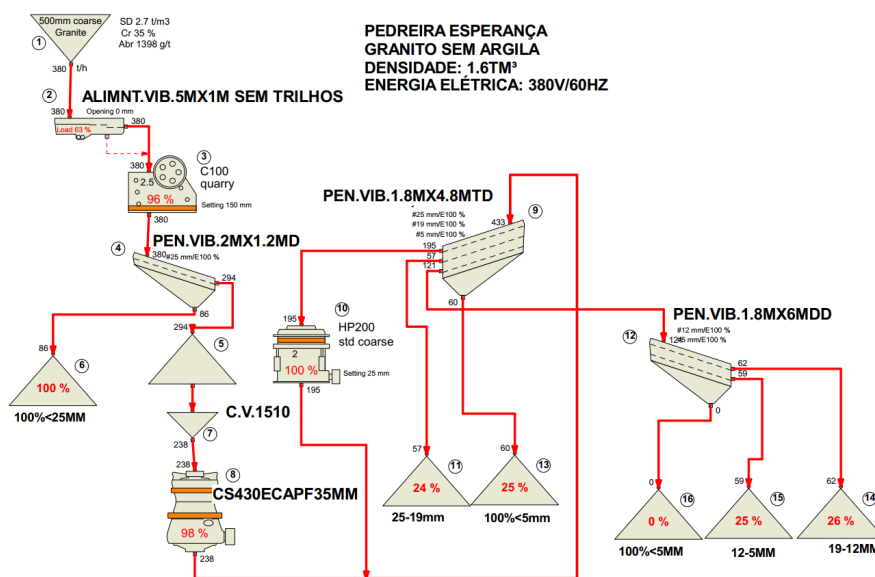


Figura 2 - Fluxograma da planta de beneficiamento com produção da brita 25 mm, onde a rebitagem tem capacidade de produzir 238 ton/hora

Fonte: Autores (2019)

O consumo e a capacidade produtiva das escavadeiras Caterpillar 320, 323, 336 e 349, estão dispostos na Tabela 2, assim como a produtividade dos caminhões quando operados em conjunto com elas.

Parâmetros	Caterpillar 320 (Conjunto 1)	Caterpillar 323 (Conjunto 2)	Caterpillar 336 (Conjunto 3)	Caterpillar 349 (Conjunto 4)
Capacidade de caçamba (m³)	1,40	1,56	2,40	3,21
Consumo de combustível (L/h)	21,00	21,65	40,00	53,00
Qef (m³/h)	101,23	112,80	173,54	232,11
Qmáx (m³/h)	121,97	135,91	209,09	279,66
t <sub>cm</sub> (min)	8,40	7,96	6,61	5,98
Q <sub>cam.ef</sub> (m³/h)	39,62	41,81	50,32	55,63
Q <sub>cam.máx</sub> (m³/h)	56,60	59,73	71,89	79,48
Nº teórico de caminhões	2,15	2,28	2,91	3,52

Tabela 2 - Informações relativas à produção e consumo de combustível das escavadeiras e caminhões, assim como estimativas da produtividade de cada equipamento e da operação conjugada para a máxima produtividade

Fonte: Autores (2019)

A composição dos fluxos de caixa em anos em que não há substituição de equipamentos considerou custos variáveis (decapeamento, perfuração, desmonte, carregamento, transporte e beneficiamento) e fixos (folha salarial, serviços, arrendamento, dentre outros), totalizando R\$ 5.190.017,86 anuais, excluindo os conjuntos escavadeira-caminhões. O faturamento anual foi considerado como R\$ 6.804.000, ao passo que o valor tributado equivaleu a R\$ 767.163,31. O custo anual das operações conjugadas nos conjuntos de 1 a 4, respectivamente, equivaleu a R\$ 488.584,42, R\$ 509.648,16, R\$ 582.456,168 e R\$ 722.507,85. Vale reiterar que a seleção dos equipamentos, considerando uma mesma taxa de produção, não apresenta nenhuma relação com o faturamento, exercendo influência somente nos custos anuais do projeto.

A taxa mínima de atratividade utilizada em todos os cenários foi de 22,5%, valor obtido pela multiplicação da taxa Selic da época (7,5%) por três, representando assim as muitas incertezas que um investimento em um empreendimento mineiro acarreta. A Tabela 3 apresenta os VPLs obtidos em cada conjunto escavadeira-caminhão operando na pedreira para as restrições estabelecidas. Considerando a produção de 12.000 m³/mês, é de se esperar que equipamentos menores atendem à demanda com um menor custo de produção, razão pela qual o VPL do projeto para escavadeiras menores é significativamente maior. A avaliação econômica convencional, entretanto, não prevê os riscos envolvidos no projeto nem projeta possíveis variações de custos, taxa de produção e preço de venda, razão pela qual uma abordagem probabilística é necessária.

<b>Operação conjugada</b>	<b>VPL (R\$)</b>
Conjunto 1	4.519.838,40
Conjunto 2	4.344.972,68
Conjunto 3	4.371.065,34
Conjunto 4	2.981.258,28

Tabela 3 – Valores presente líquidos obtidos no projeto nos quatro cenários com conjuntos escavadeira-caminhões e a taxa de produção de 12.000 m<sup>3</sup> mensais empolados

Fonte: Autores (2019)

Chama a atenção o VPL do Conjunto 3 ser maior que o do Conjunto 2, mesmo se tratando de uma escavadeira de maior porte e custo. Esta anomalia ocorreu pelo fato de ser considerado através dos cálculos que somente um caminhão seria necessário para trabalhar 44 horas semanais e atingir os 12.000 m<sup>3</sup> propostos, ao passo que duas unidades seriam necessárias nos cenários com escavadeiras menores, embora obviamente a ineficiência da britagem primária e da escavadeira sejam demasiadas em cenários com um caminhão.

Considerando a possibilidade de variação dos parâmetros, a taxa de produção máxima de cada cenário foi definida em função das diferentes capacidades produtivas de cada escavadeira, conforme exposto na Tabela 4.

<b>Operação conjugada</b>	<b>Taxa de produção máxima (m<sup>3</sup>/mês)</b>
Conjunto 1	19.639
Conjunto 2	21.883
Conjunto 3	33.667
Conjunto 4	45.029

Tabela 4 – Taxas de produção máximas (m<sup>3</sup>/mês) considerando os equipamentos utilizados em cada cenário

Fonte: Autores (2019)

A avaliação econômica probabilística tem início através da definição de quais fatores tornar-se-ão distribuições estatísticas. Foram eleitos como mais importantes a taxa de produção mensal empolada (m<sup>3</sup>), o valor médio de venda (R\$/m<sup>3</sup>), o custo do combustível (R\$/L), o custo com energia elétrica (R\$/kWh) e o custo com emulsão bombeada (R\$/kg), conforme a Tabela 5, onde se verifica o valor mais provável (o real praticado à época do estudo), o valor mínimo (90% do valor provável) e o valor máximo (120% do valor provável). Foram selecionadas as funções Pert e triangular como as mais representativas dos domínios.

Variável	Função	Mínimo	Provável	Máximo
Taxa de Produção (m³/mês)	Pert	8000	12000	Variável
Valor Médio de Venda (R\$/m³)	Triangular	42,525	47,25	56,7
Custo Combustível (R\$/L)	Triangular	3,375	3,75	4,5
Custo Energia Elétrica (R\$/kWh)	Triangular	0,828	0,92	1,104
Custo Emulsão Bombeada (R\$/Kg)	Triangular	3,357	3,73	4,476

Tabela 5 – Distribuições estatísticas e limites utilizados em cada variável simulada

Fonte: Autores (2019)

Foram efetuadas 100.000 simulações de Monte Carlo iniciais e, antes da análise de risco, foi efetuada a análise de sensibilidade. Após as primeiras iterações de cada cenário analisado, foi possível obter seus respectivos gráficos de percentual de variação explicada, que indicam quanto da variação de cada uma das cinco variáveis individuais afeta no resultado final (VPL, neste caso); as variáveis que apresentaram valores mais altos são aquelas que têm maior influência sobre o resultado. A Tabela 6 exibe os valores obtidos no gráfico percentual de variação explicada de cada cenário avaliado, onde pode-se observar que a taxa de produção mensal empolada e o valor médio de venda do produto são as variáveis que realmente influenciam o VPL, juntas representando uma média de 98,3% da influência nos resultados em todos os cenários estudados.

Variáveis	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Média
Taxa de produção mensal empolada (m³)	81,96%	85,19%	92,96%	95,22%	88,83%
Valor Médio de Venda (R\$/m³)	15,39%	12,53%	5,82%	4,14%	9,47%
Custo Combustível (R\$/L)	0,48%	0,37%	0,22%	0,13%	0,30%
Custo Energia Elétrica (R\$/kWh)	0,08%	0,07%	0,02%	0,02%	0,05%
Custo Emulsão Bombeada (R\$/kg)	0,05%	0,02%	0%	0,02%	0,02%

Tabela 6 – Percentual de variação explicada e médias obtidos na análise de sensibilidade

Fonte: Autores (2019)

Após a definição das variáveis mais influentes, foi executada uma segunda bateria de 100.000 simulações para proceder à análise de risco. Os limites e as distribuições estatísticas foram mantidos os mesmos. Como resultado, foram obtidos histogramas contendo a distribuição probabilística do VPL considerando as variáveis individuais analisadas, de forma que é possível conhecer a probabilidade de o empreendimento apresentar um determinado VPL em função dos dados gerados nas simulações. Em cada cenário de operação conjugada, foram calculadas a probabilidade de o empreendimento



apresentar VPL maior que zero, ou seja, ser lucrativo, e a probabilidade de apresentar VPL maior que o VPL da avaliação econômica determinística. Os resultados podem ser verificados na Tabela 7 e os histogramas na Figura 3.

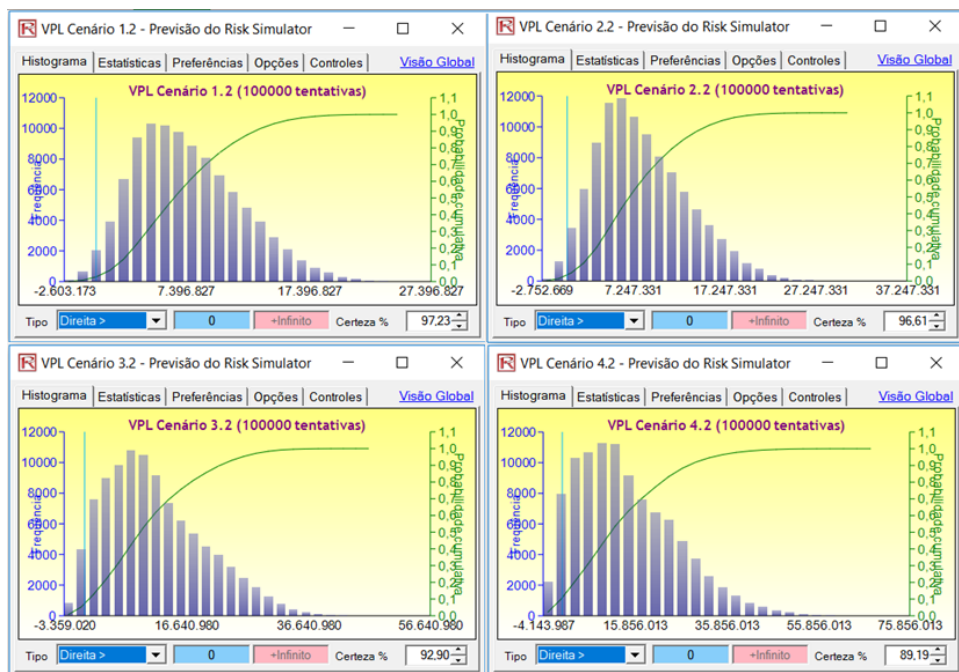


Figura 3 - Histogramas de frequência das simulações efetuadas nos quatro cenários e probabilidade do resultado ser maior que zero (faixa azul ciano)

Fonte: Autores (2019)

Cenário	VPL	Probabilidade VPL > 0	Probabilidade VPL > VPL determinístico
Conjunto 1	R\$4.519.838,40	97,23%	66,61%
Conjunto 2	R\$4.344.972,68	96,61%	70,76%
Conjunto 3	R\$4.371.065,34	92,90%	74,33%
Conjunto 4	R\$2.981.258,28	89,19%	78,72%

Tabela 7 – VPL obtido através da análise determinística para os quatro cenários estudados, seguido da probabilidade do VPL ser maior que zero e ser maior que o VPL convencional

Fonte: Autores (2019)

Após a avaliação probabilística, é possível verificar com maior clareza a real capacidade que um projeto tem de gerar lucros ou não. Nos quatro casos estudados, a probabilidade de haver lucro entre uma taxa de produção maior que 8.000 m<sup>3</sup>/mês e um

valor variável em função da capacidade máxima de cada escavadeira foi maior que 89%, o que indica fortemente a probabilidade do projeto atingir bons resultados para a TMA e os demais parâmetros selecionados.

Foram efetuadas ainda outras 100.000 simulações considerando somente a variação da taxa de produção, cujo intuito era verificar o desempenho econômico de cada cenário em função desta. A Figura 4 apresenta a comparação entre as linhas de tendência no mesmo gráfico, onde é possível perceber que sempre que uma unidade de carregamento atinge determinada taxa de produção com menor custo, esta é a mais indicada para efetuar o trabalho. Outra conclusão possível é que quanto maior a taxa de produção, maior o VPL do cenário, o que indica que o incremento na produção, caso o setor comercial acompanhe, é sempre desejável, mesmo que os custos de operação de equipamentos maiores sejam igualmente mais elevados. Este fenômeno em função do fator de escala, onde as receitas de projetos maiores são antecipadas e sofrem menor penalização dos juros.

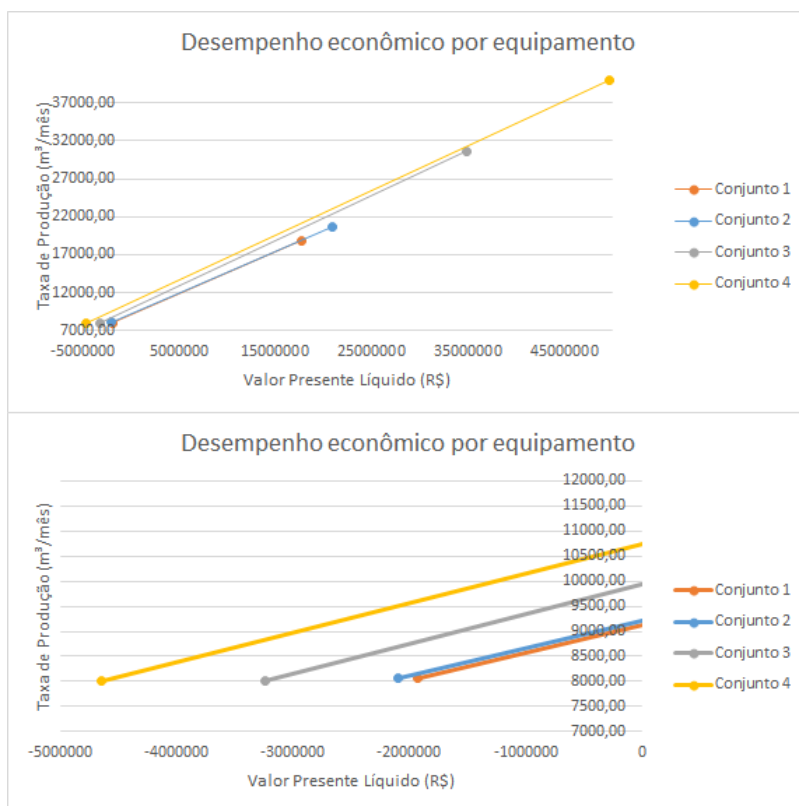


Figura 4 - Comparação em diferentes escalas entre as linhas de tendência dos conjuntos de dados dos quatro cenários avaliando o desempenho do valor presente líquido em função do incremento da taxa de produção

Fonte: Autores (2019)

## 4 | CONCLUSÃO

Após a modelagem das reservas lavráveis, foi definida a taxa de produção média e estimado o faturamento atrelado a esta produção. Quatro cenários de operação foram elaborados, considerando diferentes portes de escavadeiras, onde foram identificados os custos de capital e de operação da pedreira estudada em cada um deles, além da tributação incidente, de modo que foram obtidos fluxos de caixa e valores presentes líquidos (VPLs) determinísticos para cada um deles. Ao considerar a taxa mínima de atratividade (TMA) de 22,50%, foi verificado que todos os cenários apresentavam VPLs positivos, o que indicaria que o projeto é viável economicamente.

No entanto, a avaliação econômica determinística não considera as incertezas de um projeto a longo prazo, fazendo-se necessária uma avaliação econômica probabilística através de ferramentas que tragam resultados mais abrangentes e robustos. Foram efetuadas 100.000 simulações de Monte Carlo iniciais, seguidas de uma análise de sensibilidade onde foram identificadas quais dentre as cinco variáveis submetidas à avaliação apresentaram maior influência sobre o VPL. Após a definição das duas mais influentes, foram executadas novas 100.000 simulações para que se pudesse efetuar a análise de risco, onde foi verificado através dos histogramas que havia mais de 89% de probabilidade de todos os cenários apresentarem VPL maior que zero, embora a probabilidade de atingirem os valores estimados na análise convencional fosse da ordem de 70%.

Foi avaliado ainda o desempenho econômico de cada conjunto escavadeira – caminhões em função somente da taxa de produção, considerando novas 100.000 simulações onde somente esta variável foi analisada. Foi verificado que, geralmente, quanto menor o porte da escavadeira, contanto que esta atingisse a taxa de produção desejada, maior seria o VPL, visto que os custos de operação seriam menores. Entretanto, quanto maior a taxa de produção, em detrimento dos custos de operação mais elevados, maior é o desempenho econômico do cenário, contanto que não sejam comparados cenários em que os custos de aquisição e operação de um determinado equipamento sejam muito discrepantes em relação aos demais, o que poderia reduzir sensivelmente o desempenho do cenário.

## REFERÊNCIAS

ADLER L.; THOMPSON S. D. **Mining Methods Classification System**. In P. Darling, (Ed.) Mining Engineering Handbook. 3rd ed. Littleton: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc; 2011. pp. 349-355.

BERNARDI, H. A. **Dimensionamento de Equipamentos para as Operações Unitárias de Lavra de Mina a Céu Aberto**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Minas Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2015.

GENTRY, D. W.; O'NEIL, T. J. **Investment Analysis**. In: HARTMAN, Howard L. (Editor). SME Mining Engineering Handbook. Littleton (CO): SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. 1 v. Cap. 6.5, p. 452-469.

HARTMAN, H. L. **SME Mining Engineering Handbook**. 2. ed. Florida: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Colorado, 1996.

JUVENAL, R. S. **Análise de Risco e de Viabilidade Econômica de uma Mineração de Agregados em Fase de Implantação na Região Metropolitana do Recife**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Minas, Recife, 2018.

LEE, T. D. **Planning and Mine Feasibility Study – And Owners Perspective**. In: Proceedings of the 1984 NWMA Short Course 'Mine Feasibility – Concept to Completion' (G.E. McKelvey, compiler). Spokane, WA, 1984.

MARIZ, J. L. V.; PERONI, R. L. **Análise da Aderência à Realidade Brasileira dos Métodos de Previsão da Taxa de Produção em Fases Prematuras de Projeto**. 9º CBMina, Belo Horizonte, MG, 2018.

RACIA, I. M. **Desenvolvimento de um modelo de dimensionamento de equipamento de escavação e de transporte em mineração**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ROCHA, S. S.; SOUZA, J. C.; VASCONCELOS, S. L. D.; MARIZ, J. L. V. **Análise comparativa de métodos de lavra na mineração de gipsita em Pernambuco**. 4ª ABMWeek, São Paulo, SP, 2018.

SUSLICK, S. B. **Métodos de Avaliação Econômica**. In: YAMAMOTO, Jorge K. Avaliação e Classificação de Reservas Minerais. São Paulo: EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo, 2001. p. 193-226.

TORRIES, T. F. **Evaluating Mineral Projects: Applications and Misconceptions**. Littleton (CO): SME – Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1998. 153 p.

VIEIRA, S. J. F. N. A. **Análise de Viabilidade Econômica de um Empreendimento de Água Mineral na Região Metropolitana do Recife**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Minas, Recife, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem Sistêmica 119, 120, 121, 131

Agregados 12, 16, 61, 62, 69, 71, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 119, 121, 145, 148, 158, 159, 161

Agropecuária 211, 212, 213, 214, 217, 218, 219, 222

Análise de Risco 117, 145, 147, 150, 154, 157, 158

Arte 212, 254, 255, 256, 263, 264

### B

BIM 174, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 262

### C

Células Fotovoltaicas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

Construção Civil 15, 16, 24, 25, 62, 63, 69, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 148, 150, 159, 161, 174, 181, 192, 254, 255, 258, 260, 262, 263

### D

Desmonte 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 83, 112, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 152, 168, 169, 170

Dimensionamento 5, 69, 145, 147, 148, 157, 158, 196

### E

Economia 16, 18, 42, 58, 69, 72, 75, 76, 86, 131, 147, 172, 198, 212, 232, 259

Edificações 15, 16, 17, 28, 29, 40, 148, 175, 177, 178, 180, 181, 192, 194, 198

Empresa Junior 198, 199

Energia Solar 1, 2, 3, 14

Engenharia Civil 41, 133, 138, 185, 194, 197, 254, 256, 258, 263

Equipamentos 3, 29, 53, 55, 58, 59, 63, 64, 65, 69, 74, 75, 80, 81, 82, 84, 85, 119, 122, 133, 134, 135, 138, 145, 146, 147, 148, 149, 152, 153, 156, 157, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 188, 189, 190, 199, 200, 203, 206, 207, 209

Etanol 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Eventos Extremos 223, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 233, 234, 235

Explosivos 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 75, 119, 123, 131, 132, 164, 168, 170

## **F**

Fluxo de Caixa 71, 72, 73, 76, 77, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 150

Formação Técnica 211, 213, 218

## **G**

Geodésico 133, 134, 135, 138

Geotecnia 12, 196, 197, 199, 200

Geotecnologias 223, 225, 235

Gestão de Projetos 174, 181

GNSS 133, 134, 135, 138, 139, 142, 143, 144

Granulometria 62, 119, 121

## **I**

Impactos Ambientais 53

Interdisciplinaridade 211, 213, 216, 217, 221, 222

## **L**

Lajes 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28

Lavra 62, 69, 73, 74, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 145, 146, 147, 149, 157, 158, 164, 166, 168, 170

## **M**

Maçço Rochoso 71, 72, 73, 80, 81, 85, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 130

Manutenção 4, 27, 28, 29, 30, 39, 40, 53, 55, 56, 59, 64, 67, 122, 164, 165, 167, 170, 180, 185, 190, 191, 194, 199, 206, 207

Mapa de Risco 12, 159, 161, 165, 166, 170, 171, 172

Marquises 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 39, 40, 41

Mineração 12, 61, 62, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 118, 120, 121, 132, 145, 148, 158, 159, 160, 165, 172, 173

Mineral 61, 69, 72, 73, 74, 75, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 116, 117, 118, 158, 159, 160, 161, 171, 172, 173

Mobilidade Urbana 42, 43, 44, 45, 49, 51

## **O**

Otimização 1, 51, 119, 120, 121

## **P**

Pandemia 254, 256, 257, 258, 263

Pedagogia 222, 254, 255, 263

Pedreira 61, 63, 64, 65, 81, 84, 105, 106, 119, 122, 125, 127, 132, 148, 150, 152, 157, 159, 161, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172

Planejamento 86, 88, 103, 104, 105, 117, 145, 160, 173, 176, 177, 178, 182, 185, 187, 212, 220, 225, 236, 256, 265

Poluentes 27, 53, 54, 55, 57, 59, 60

Posicionamento 18, 22, 123, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 187, 189

Prática 44, 78, 144, 172, 191, 192, 197, 198, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 256, 257, 258, 263

Processo Construtivo 15, 16, 20, 21, 24, 198

## **R**

Recursos Hídricos 223, 224, 225, 227, 235

Rochas 61, 62, 83, 94, 103, 105, 119, 121, 122, 131, 132, 168, 169, 171, 197

Rompedor 61, 63, 66, 67, 68, 69

## **S**

Saúde 12, 160, 161, 162, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181, 193, 194, 224, 233, 256

Secundário 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 93, 94, 98, 169, 170

Segurança no Trabalho 160, 175, 176

Semiárido 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Sequenciamento 103, 104, 105, 108, 109, 111, 112, 116, 117

Solo 3, 44, 63, 164, 196, 197, 200, 204, 206, 209, 235, 236

Sondagem 196, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 210

Suframa 42, 44, 45, 46, 51, 52

Sustentável 2, 14, 53, 54, 71, 73, 105

## **T**

Taylor 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 102

Telha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Teoria 74, 144, 211, 213, 216, 217, 222, 257

Topografia 63, 79, 110, 134, 135, 144, 148

## **V**

Viabilidade 12, 1, 24, 53, 54, 55, 59, 60, 64, 71, 72, 73, 74, 75, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 103, 104, 117, 145, 146, 148, 158, 179, 182, 186, 190, 191, 192, 196, 198, 199, 200, 208, 223

Vida Útil 4, 29, 34, 36, 53, 54, 64, 67, 71, 74, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 91, 111, 117, 145, 146, 150, 175, 180, 206

## **W**

Waldorf 254, 255, 256, 263

## **Z**

Zona Rural 200



# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 