



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 Cremo

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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
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
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

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

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

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

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 03/08/2020

Jorge Luiz Valença Mariz

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

Willams Bernardo de Lima Souza

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE

Iury Araújo da Costa Leite

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE

Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/9359442968222654>

Marinésio Pinheiro de Lima

Dept. de Engenharia de Minas – Universidade
Federal de Pernambuco
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/4773319915734878>

RESUMO: Cada operação unitária realizada em minerações demanda acompanhamento contínuo para que a operação conjugada atue de forma ótima, evitando, por exemplo, perdas na produção e o desgaste excessivo dos equipamentos. A adequação da granulometria do produto dos desmontes de rocha ao porte dos equipamentos assegura a redução da ineficiência das operações de carregamento, transporte e britagem primária, visto que todas estas dependem do desmonte. É possível identificar por meio de *softwares* a distribuição granulométrica de pilhas fotografadas, as dimensões média e máxima dos fragmentos, dentre outros parâmetros. Através de análises qualitativas e quantitativas dos resultados obtidos em comparação com as dimensões do britador primário, é possível indicar novos parâmetros para a perfuração e o desmonte de rochas, visando minimizar o tempo de paradas por ineficiência no carregamento e no transporte ou por engaiolamento do britador, otimizando assim a operação global. Este trabalho teve como objetivo avaliar o produto de um desmonte de rochas para que fosse possível propor melhorias na operação, sendo em seguida efetuada nova análise e comparação dos resultados. Foi verificado que a perfuração e o desmonte eram superdimensionados, conseqüentemente era possível utilizar menos recursos nestas etapas sem comprometer a operação global.

PALAVRAS-CHAVE: Desmonte de rochas, Granulometria, Pedreira, Abordagem sistêmica, Otimização.

ROCK BLASTING ASSESSMENT IN A QUARRY MINE THROUGH SISTEMIC APPROACH

ABSTRACT: Each unit operation carried out in mining requires continuous monitoring so that the combined operation works optimally, avoiding, for example, losses in production and excessive wear on equipment. The suitability of the product of the rock blasting granulometry to the size of the equipment ensures the reduction of the inefficiency of the loading, haulage and primary crushing operations, since all of these depend on the blasting. It is possible to identify by means of software the granulometric distribution of the photographed piles, the average and maximum dimensions of the fragments, among other parameters. Through qualitative and quantitative analysis of the results obtained in comparison with the dimensions of the primary crusher, it is possible to indicate new parameters for drilling and rocks blasting, aiming to minimize the stops by inefficiency in loading and haulage or by stucking of the crusher, and thus optimizing the global operation. This work aimed to evaluate the blasting results so that it was possible to propose improvements in the operation, further carrying out a new analysis and comparison of the results. It was found that drilling and blasting were oversized, therefore it was possible to use less resources in these stages without compromising the global operation.

KEYWORDS: Rock blasting, Granulometry, Quarry mine, Systemic approach, Optimization.

1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de unidades menores. Em vez de se concentrar nos elementos ou substâncias básicas, a abordagem sistêmica enfatiza princípios básicos de organização (CAPRA, 1982 *apud* MILIOLI, 1999).

A avaliação global de um sistema produtivo como a mineração pode resultar em redução de custos, aumento de produtividade e incremento na qualidade do produto, que dificilmente seriam alcançadas caso o sistema fosse examinado com uma visão fragmentada dos processos (MORAIS, 2004). Quando seus componentes ou subsistemas interagem, tais quais as operações unitárias que compõem a operação global de um empreendimento mineiro, é possível alcançar determinado nível de desempenho por vários caminhos diferentes. Quando definidos o sistema, os subsistemas e as metas, as diversas possibilidades para se alcançar o resultado final almejado podem ser estudadas. Estes estudos, chamados “*trade-off studies*”, indicam como alcançar o resultado final de um sistema da maneira mais econômica (HUSTRULID, 1999 *apud* MORAIS, 2004).

Quando determinado sistema é avaliado, é possível verificar que uma melhoria individual de um dado subsistema pode acarretar na queda dos resultados em outro ponto ao longo da cadeia produtiva. As condições para melhorar uma das etapas do processo de mineração podem não somente atuar negativamente no desempenho de outra etapa, mas prejudicar o resultado global do processo, quando na verdade assegurar a otimização

da operação global deve ser o objetivo de qualquer “*trade-off study*”. (JKMRC, 2000 *apud* MORAIS, 2004).

O papel do desmonte de rochas na cadeia produtiva da mineração deve ser analisado segundo uma abordagem sistêmica, já que o grau de fragmentação afeta diretamente processos subsequentes, como carregamento, transporte, britagem e moagem. A meta buscada deve ser a obtenção de uma fragmentação preestabelecida com um custo mínimo (MORAIS, 2004).

A abordagem sistêmica do desmonte de rochas para incremento nos resultados globais foi subdividida por Morais (2004) como a determinação das propriedades do maciço rochoso, a modelagem e simulação do desempenho de cada etapa, a simulação das condições para alcançar a otimização global, a implementação de uma estratégia para atingir a otimização global, seguida da determinação das propriedades do maciço rochoso em tempo real e medições “*online*” das propriedades do minério ao longo dos vários processos.

Outrossim, a depender da metodologia selecionada para o estudo, é alto o investimento em pesquisa para que se obtenha resultados consistentes, visto que a execução de parte das etapas exigidas são dispendiosas ou mesmo impraticáveis para uma mina de agregados de médio porte, sendo difícil dispor de capital para semelhantes estudos. São exemplos de modelos desenvolvidos para esta finalidade o de Kuz-Ram, que utiliza as equações propostas por Kuznetsov (1973), Cunningham (1983), Lilly (1986), Tidman (1991) e Rosin-Rammmler (1933); o modelo de fragmentação JKMRC (JKMRC, 2002); e o Modelo de Fragmentação de Duas Componentes (TCM) desenvolvido por Djordjevic (1999) (SILVA, 2015).

O modelo de duas componentes (TCM) foi elaborado visando garantir maior precisão na previsão da fragmentação obtida no desmonte, principalmente em relação aos finos. Ele indica que o produto do desmonte pode ser interpretado como uma mistura de dois conjuntos de fragmentos de rocha, o primeiro oriundo da porção próxima ao furo, fragmentada segundo uma ruptura compressiva-cisalhante, enquanto o segundo conjunto, tipicamente com granulometria muito maior que o primeiro, é proveniente da rocha mais distante do furo. Estes fragmentos são criados através de ruptura por tração numa zona maior e por abertura e extensão de fraturas preexistentes, de planos de acamamento e de descontinuidades do maciço rochoso (MORAIS, 2004).

A massa de rocha fragmentada devido à ruptura compressiva-cisalhante pode ser representada como a fração F_c da massa total de rocha desmontada por furo, segundo a equação 1, onde M_0 é a massa de rocha fragmentada por compressão/cisalhamento e M representa a massa total desmontada por furo:

$$F_c = \frac{M_0}{M} \quad (1)$$

Conseqüentemente, a fração de rocha que se rompe por tração ao longo das descontinuidades preexistentes é $1 - F_c$. Graças aos diferentes mecanismos de ruptura, cada subconjunto de fragmentos de rochas deve ser representado como uma função distinta de distribuição granulométrica (MORAIS, 2004).

A distribuição proposta por Rosin-Rammler (1933) pode ser descrita conforme as equações 2 e 3, onde P_1 e P_2 são os percentuais passantes na malha de tamanho x para as regiões de ruptura por compressão e tração, respectivamente; c é o tamanho médio de fragmento na primeira região (ruptura por compressão); d representa o coeficiente de uniformidade da primeira distribuição de tamanho de fragmentos; a representa o tamanho médio de fragmento na segunda região (ruptura por tração); b é o coeficiente de uniformidade da segunda distribuição de tamanho de fragmentos (SILVA, 2015).

$$P_1 = 100 * [1 - e^{-0,693 * (\frac{x}{c})^d}] \quad (2)$$

$$P_2 = 100 * [1 - e^{-0,693 * (\frac{x}{a})^b}] \quad (3)$$

O somatório das duas funções de distribuição multiplicadas pelas respectivas frações da massa total representam a distribuição do tamanho de fragmento da massa total da rocha fragmentada, conforme a equação 4 (SILVA, 2015).

$$P = 100 * [1 - (1 - F_c) * e^{-0,693 * (\frac{x}{a})^b} - F_c * e^{-0,693 * (\frac{x}{c})^d}] \quad (4)$$

A aderência do desmonte de rochas às operações unitárias subsequentes é fundamental para assegurar o correto funcionamento da operação global e, assim, minimizar ineficiências, desgaste excessivo dos equipamentos e manutenção corretiva. Entretanto, nem sempre a seleção dos parâmetros de perfuração e desmonte são submetidas a uma análise criteriosa, podendo haver não só o super, mas também o subdimensionamento da razão de carga utilizada. Portanto, dada a conjuntura econômica da empresa estudada, a Pedreira Esperança Ltda, localizada em Vitória de Santo Antão – PE, este estudo propõe que através do método da tentativa e erro sejam paulatinamente obtidas informações acerca das operações de perfuração e desmonte e que sejam propostas e validadas algumas melhorias.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas bolas de basquete com 24 centímetros de diâmetro, uma câmera fotográfica modelo Sony Cyber-Shot DSC-W690 e um *notebook* equipado com o *software* Split-Desktop 2.0. Os dados para esta análise foram coletados em duas etapas: (i) aquisição de imagens imediatamente após o desmonte de rochas efetuado na Bancada 2N com malha 1,6 x 3,2 metros, esta efetuada sobre a pilha desmontada; (ii) coleta efetuada

nos perfis da pilha no início de dias aleatórios em que houve operação de carregamento, buscando assim minimizar os efeitos da região de tampão na análise.

É importante efetuar uma avaliação com menor influência na zona de tampão pelo fato de sua fragmentação ser mais grosseira devido à ausência de explosivos, sendo os blocos oriundos desta zona geralmente distribuídos sobre a pilha recém desmontada. Foram coletadas 20 fotografias na primeira etapa e 10 na segunda. Após a coleta, as 30 fotografias foram delineadas manualmente no *software* Split-Desktop 2.0 e submetidas a duas análises conjuntas, onde foram produzidas e sobrepostas duas curvas de distribuição granulométrica acumulada. Os parâmetros obtidos na análise foram utilizados na comparação com as dimensões do britador primário para que fosse possível elaborar sugestões para a detonação seguinte.

Já considerando as conclusões obtidas na primeira análise, visto que foi identificado que havia superdimensionamento do uso de explosivos, foi utilizada imediatamente nova malha de perfuração na Bancada 1N, com geometria 1,8 x 3,4 metros. Quando o desmonte foi executado, teve início a segunda análise, onde foram coletadas 14 fotografias no topo desta pilha e foi efetuado o mesmo procedimento no *software* Split-Desktop 2.0. Após a obtenção da curva de distribuição granulométrica acumulada e dos parâmetros, houve a comparação dos resultados das pilhas dos dois desmontes e foi efetuada nova sugestão de geometria de malha, desta vez ampliada para 1,9 x 3,7 metros.

Os *softwares* que fornecem distribuições granulométricas a partir da análise de fotografias funcionam conforme o modelo de distribuição selecionado (Rosin-Rammler, por exemplo) e a partir do posicionamento e da dimensão das escalas de referência (bolas, hastes, etc.). Há, então, a interpretação de todas as partículas delineadas em cada fotografia, sendo efetuada ainda uma análise estatística para oferecer médias, os quantis P20, P50, P80 e o diâmetro máximo de partícula. A coleta de imagens deve ser executada de modo que as referentes escalas estejam presentes e bem localizadas, conforme a Figura 1 (SOUZA, 2016).



Figura 1 – Disposição das escalas de referências em uma coleta de dados

Fonte: Souza (2016)

Para utilizar o Split-Desktop 2.0, após efetivar a coleta, as imagens devem ser reduzidas a 2240 pixels e delimitadas automática ou manualmente em seguida à indicação das dimensões das escalas de referência utilizadas. A experiência com esta versão do *software* indicou que a delimitação manual era mais precisa, embora o tempo despendido seja considerável, conforme pode ser verificado na Figura 2.

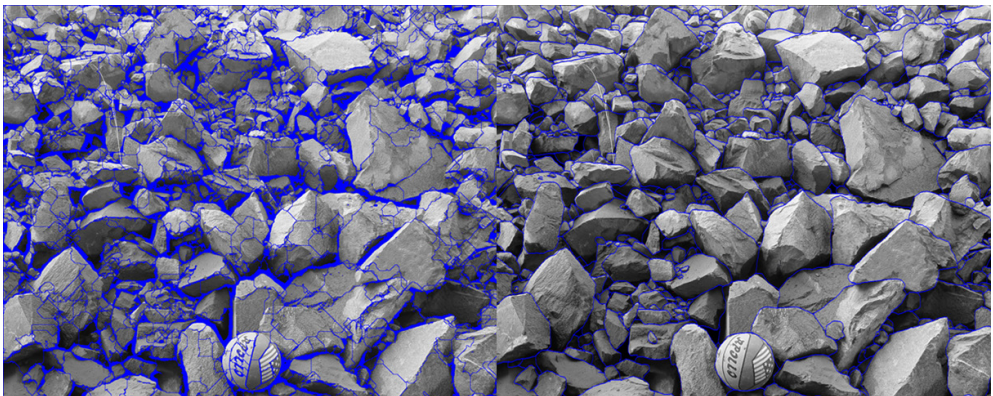


Figura 2 – Delineação automática (a) e manual (b) de uma fotografia

Fonte: Souza (2016)

O *software* permite que o cálculo da distribuição das dimensões das partículas seja efetuada através das metodologias de Gates-Gaudin-Schumann ou Rosin-Rammler que, segundo Ahmed e Ahmed (2008), ambos apresentam resultados consistentes, embora o modelo de Rosin-Rammler apresente melhor aderência à realidade. Há ainda a opção de utilizar um modelo intitulado “melhor aderência”. Foi utilizado, à época, o modelo Gates-Gaudin-Schumann. O software permite também realizar a análise de várias imagens em conjunto e gerar apenas um gráfico, embora a delimitação deva ser efetuada individualmente (SOUZA, 2016).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o resultado do desmonte realizado no dia 05/11/2016 na Bancada 2N. Na etapa de cálculo dos fragmentos foi utilizada a porcentagem de 5% para ajuste dos finos. A Tabela 1 apresenta a análise comparativa entre o P20, P50, P80, e o *top size* dos grãos. A Figura 4, por sua vez, apresenta a distribuição granulométrica acumulada das fotografias da pilha (vermelho) e dos perfis (azul), esta última apresentando frações granulométricas menores que a da pilha.



Figura 3 – Resultado do desmonte executado em 05/11/2016 na Bancada 2N da Pedreira Esperança Ltda

Fonte: Souza (2016)

Parâmetro	Resultado Pilha (mm)	Resultado Perfis (mm)
P ₂₀	102,57 mm	52,60 mm
P ₅₀	255,35 mm	185,06 mm
P ₈₀	537,59 mm	381,98 mm
Top size	1425,00 mm	1089,22 mm

Tabela 1 – Parâmetros P₂₀, P₅₀, P₈₀, e o *top size* dos grãos, obtidos nas duas análises

Fonte: Souza (2016)

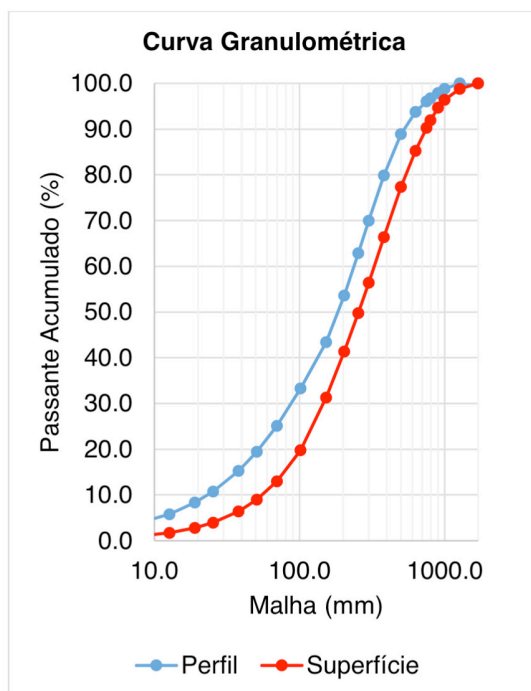


Figura 4 – Comparação entre curvas de distribuição granulométrica acumuladas das fotografias da pilha (vermelho) e dos perfis (azul)

Fonte: Souza (2016)

A Figura 5 apresenta o resultado do desmorte executado no dia 10/01/2017 na Bancada 1N. A Tabela 2 apresenta a análise comparativa entre o P₂₀, P₅₀, P₈₀, e o *top size* dos grãos. A Figura 6, por sua vez, apresenta a distribuição granulométrica acumulada das fotografias da pilha do desmorte na Bancada 2N, em vermelho, junto às da pilha do desmorte na Bancada 1N, em verde, onde é possível perceber que, mesmo com a abertura da malha, o resultado da Bancada 1N apresentou faixas granulométricas menores que o da Bancada 2N.



Figura 5 – Resultado do desmonte executado em 10/01/2017 na Bancada 1N da Pedreira Esperança Ltda

Fonte: Autores (2017)

Parâmetro	Resultado Pilha 2N (mm)	Resultado Pilha 1N (mm)
P₂₀	102,57 mm	90,26 mm
P₅₀	255,35 mm	232,78 mm
P₈₀	537,59 mm	464,53 mm
Top size	1425,00 mm	881,31 mm

Tabela 2 – Parâmetros P20, P50, P80, e o *top size* dos grãos, obtidos na análises das duas bancadas

Fonte: Autores (2017)

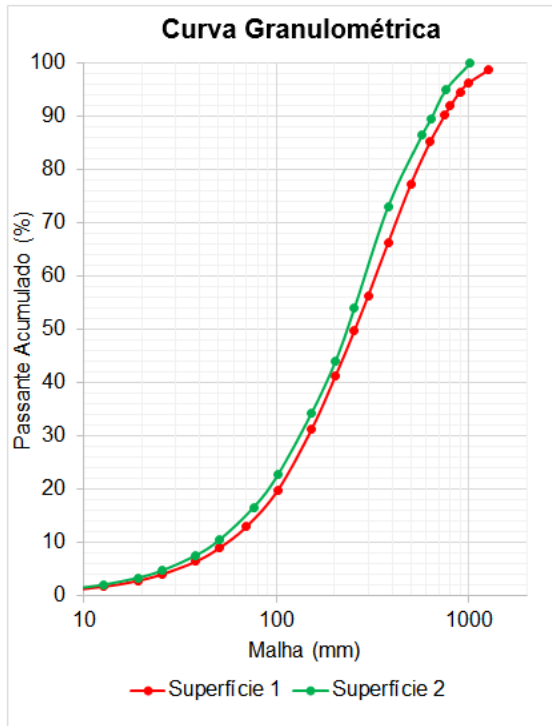


Figura 6 – Comparação entre curvas de distribuição granulométrica acumuladas das fotografias das pilhas da Bancada 2F (vermelho) e da Bancada 1F (verde)

Fonte: Autores (2017)

O britador de mandíbulas que recebia o minério oriundo da cava, na época da elaboração das análises, era um Zenith PE 1050 x 750, cuja largura da entrada equivale a 750 mm, conforme Figura 7.



Figura 7 – Britador de mandíbulas Zenith PE 1050 x 750, cuja largura da entrada equivale a 750 mm

Fonte: Autores (2017)

O manual do britador de mandíbulas indica que a dimensão máxima da partícula que deve alimentá-lo é de 84% da menor dimensão da entrada (750 mm), ou seja, 630 mm. Ao avaliar as curvas granulométricas do desmonte da Bancada 2N é possível identificar que, na análise do topo da pilha, 90,3% das partículas possuíam dimensão máxima de 750 mm e 85,3% das partículas eram menores que 630 mm. Contudo, quando a análise foi efetuada nos perfis, chegou-se à proporção de 96,1% e 93,8% das partículas, respectivamente. Dentre as 10 imagens do interior da pilha obtida através de corte com a escavadeira, somente 3 possuem partículas acima de 750 mm, ao passo que das 20 imagens da superfície, 15 possuem partículas acima de 750 mm. É notável que a superfície da pilha possui fragmentos significativamente mais grosseiros que o interior da pilha, resultado da baixa fragmentação na região de tampão.

Quando considerado que o material que vai ser efetivamente carregado e transportado para a usina é o verificado nos perfis, aproximadamente 94% dos fragmentos é passante no britador e 80% dos fragmentos são passantes em 381,98 mm, o que indica o superdimensionamento do plano de fogo. Portanto, a Tabela 3 apresenta a sugestão feita à época, onde deveriam ser ampliados os espaçamento e afastamento, devendo a razão de carga ser diminuída de 0,98 a 0,83 Kg/m³.

Parâmetro	Pilha 1	Sugestão
Espaçamento (m)	3,2	3,4
Afastamento (m)	1,6	1,8
Diâmetro do furo (")	3	3
Quantidade de furos	137	115
Altura média dos furos (m)	17,59	17,59
Altura média dos tampões (m)	1,57	1,32
Carga média por furo (Kg)	88,11	89,48
Volume de rocha desmontado (in situ) (m ³)	12338,33	12379,75
Área superficial de rocha por furo (m ²)	5,12	6,12
Volume de rocha por furo (m ³)	90,06	107,65
Razão de carga média (kg/m ³)	0,98	0,83

Tabela 3 – Plano de fogo utilizado na Bancada 2N e plano proposto após análise

Fonte: Souza (2016)

Considerando que havia um superdimensionamento do desmonte, foi proposto já no desmonte seguinte, na Bancada 1N, que a malha de perfuração fosse expandida. Após o desmonte, foram coletadas fotografias somente da pilha, mas quando sobreposta com a distribuição passante acumulada da pilha do desmonte anterior, foi verificado que o resultado era ainda melhor que o da Bancada 2N, mesmo com a malha expandida. Este resultado dá-se provavelmente pelo fato de a altura da bancada 2N ser maior que a da 1N, de modo que a perda de carga e velocidade de detonação no explosivo presente nos furos reduz a capacidade de fragmentar o maciço rochoso. Entretanto, ficou claro que nesta bancada a malha poderia novamente ser expandida, mesmo que não tenha sido efetuada a análise dos perfis, visto que o resultado foi ainda melhor que o já superdimensionado na Bancada 2N. A Tabela 4 apresenta o plano de fogo utilizado na Bancada 1N e uma proposta para o próximo, onde a razão de carga deveria ser reduzida de 0,78 a 0,72 Kg/m³.

Parâmetro	Pilha 2	Sugestão
Espaçamento (m)	3,4	3,7
Afastamento (m)	1,8	1,9
Diâmetro do furo (")	3	3
Quantidade de furos	155	56
Altura média dos furos (m)	13,95	13,76
Altura média dos tampões (m)	1,55	1,25
Carga média por furo (Kg)	66,36	70,04
Volume de rocha desmontado (in situ) (m ³)	13237,56	5415,209

Área superficial de rocha por furo (m ²)	6,12	7,03
Volume de rocha por furo (m ³)	85,40	96,70016
Razão de carga média (kg/m ³)	0,78	0,72

Tabela 4 – Plano de fogo utilizado na Bancada 1N e plano proposto após análise

Fonte: Autores (2019)

4 | CONCLUSÃO

Considerando os princípios da abordagem sistêmica, a perfuração e o desmonte de rochas devem ser dimensionados de modo a considerar as operações unitárias subsequentes, principalmente a britagem primária, que recebe o material carregado e transportado. Portanto, foi proposta uma metodologia de tentativa e erro, devido à conjuntura econômica do empreendimento, onde foram efetuadas coletas e análises de fotografias das pilhas desmontadas.

A análise das imagens da Bancada 2N permitiu concluir que os fragmentos dos perfis criados pela escavadeira apresentam dimensões significativamente inferiores que os da pilha vista de cima, sendo a zona de tampão a razão desta discrepância. Foi possível identificar na análise do topo da pilha que 90,3% e 85,3% das partículas, respectivamente, possuíam dimensão máxima inferior a 750 mm e 630 mm. Por sua vez, a análise dos perfis indicou que 96,1% e 93,8% das partículas, respectivamente, apresentaram dimensão máxima inferior a 750 e 630 mm. Este resultado motivou a expansão da malha de 1,6 x 3,2 metros para 1,8 x 3,4 metros, com conseqüente redução de razão de carga de 0,98 a 0,83 Kg/m³.

Logo foi proposto que a Bancada 1N fosse perfurada com a nova malha. Não houve análise dos perfis, mas foi verificado que os fragmentos da pilha desmontada apresentaram fragmentos ainda menores que os da Bancada 2N, mesmo com uma malha mais larga, sendo o provável motivo a diferença entre as alturas das bancadas, que proporciona na 2N uma perda de carga e redução da velocidade de detonação do explosivo, reduzindo assim sua efetividade. Portanto, foi proposto que a nova perfuração executada nesta bancada fosse expandida da malha de 1,8 x 3,4 metros para 1,9 x 3,7 metros, com conseqüente redução de razão de carga de 0,78 a 0,72 Kg/m³.

Embora não tenha havido a continuidade formal do estudo, a malha que era utilizada na empresa foi expandida de 1,6 x 3,2 metros para 2,0 x 4,0 metros, sendo esta utilizada ainda hoje, onde a razão de carga média foi reduzida de 1,0 kg/m³ para 0,6 kg/m³. Esta modificação proporcionou economia de combustível, material de desgaste na perfuração, explosivos e acessórios, sem que houvesse o comprometimento da operação global, visto que a maior parcela dos fragmentos produzidos nos desmontes ainda é passante no britador primário, de modo que pode-se considerar que o estudo atingiu seu objetivo.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. M.; AHMED, S. S. **A comparison study to determine the mean of particle size distribution for truthful characterization of environmental data** - Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 36, No. 1, 2008. pp. 147- 166.

CUNNINGHAM, C.V.B. **Fragmentation Estimations and The Kuz-Ram Model – Four Years On**. In Proceedings 2nd Int. Symp on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, 1987. p. 475 – 487.

DJORDJEVIC, N. **A two-component model of blast fragmentation**. In: The AusIMM Proceedings, Austrália: Brisbane, 1999, p. 9-13.

HUSTRULID, W. **Blasting Principles for Open Pit Mining**. Vol 1. Rotterdam: Balkema, 1999. 301p.

JKMRC. **Mine-to-Mill: Increasing Mine-Site Profitability Through Optimisation of Mining and Processing Operations**, 2002. 7p.

KUZNETSOV, V.M. **The mean diameter of the fragments formed by blasting rock**. Soviet Mining Science, 1973. p. 144-148.

LILLY, P.A. **An empirical method of assessing rock massing blastability**. Large Open Pit Mining Conference, the AusIMM/IE Aust Newman Comnined Group, Austrália: 1986. p. 89-92.

MILIOLI, Geraldo. **Abordagem ecossistêmica para a mineração: uma perspectiva comparativa para Brasil e Canadá**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Engenharia de Produção. Florianópolis, 1999.

MORAIS, J. L. **Simulação da fragmentação dos desmontes de rocha por explosivos**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Engenharia Metalúrgica e de Minas. Belo Horizonte, 2004.

ROSIN, P.; RAMMLER, E. **Laws governing the fineness of powdered coal**, Inst. Coal, V. 7, 1933. pp 29-36.

SILVA, A. C. S. **Simulação e análise da fragmentação do desmonte de rochas na Pedreira Herval – Barreiros – PE**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Engenharia de Minas. Recife, 2015.

SOUZA, W. B. L. **Análise do desmonte de rochas realizado na Pedreira Esperança – Vitória de Santo Antão-PE**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. Engenharia de Minas. Recife, 2016.

TIDMAN J. P. **Target for blast fragmentation models**. In: International Society of Explosives Engineers. Proceedings of 7th Annual Symposium of Explosives and Blasting Research; ISEE. Las Vegas, Nevada, 1991. p. 159-166.

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

Macizo 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 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 