

Atena
Editora
Ano 2021



*Carlos Augusto Zilli
(Organizador)*

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***

Atena
Editora

Ano 2021



Carlos Augusto Zilli
(Organizador)

***A visão sistêmica e integrada
das engenharias
e sua integração com a sociedade***

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências 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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Miraniilde 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

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a
sociedade

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V822 A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua
integração com a sociedade / Organizador Carlos
Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-404-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.044212508>

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.
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

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade”, em seu primeiro volume, apresenta 22 capítulos que abordam pesquisas relevantes que fazem emergir esta visão completa e abrangente típica das engenharias, revelando de que forma ela pode se integrar à sociedade para solucionar os desafios que surgem mundo afora, trazendo pesquisas relacionados à COVID, controle de segurança, saneamento básico, sismologia, interações socioespaciais, purificação de biogás, análise de vigas compósitas, pressão em estruturas, entre outros.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas às engenharias em suas mais diversas instâncias.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COVID-19 (SARS-COV-2): ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE TESTES DE DETECÇÃO DO CORONAVÍRUS EM HUMANOS

Paulo Cesar dos Santos Teixeira

Fábio dos Santos Teixeira

Carlos Alberto Machado da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125081>

CAPÍTULO 2..... 11

DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE

Carolina Rafaela Barroco Soares

Alaide de Oliveira Carvalho

Deborah Regina Alexandre

Jairo Rafael Machado Dias

Laysa Teles Vollbrecht

Micheli Leite Zanchetta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125082>

CAPÍTULO 3..... 18

ESTUDO DA PRESSÃO EFETIVA EM COBERTURAS COM PLATIBANDA CONFORME A NBR 6123 – FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Gean Henrique Sabino Freitas

Luiz Henrique Moreira de Carvalho

Nélison Ferreira Corrêa

Wilson Espindola Passos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125083>

CAPÍTULO 4..... 31

METODOLOGIA PARA ENSINO DA CONCORRÊNCIA ENTRE PROCESSOS COM EMPREGO DE SEMÁFOROS EM SISTEMAS OPERACIONAIS PREEMPTIVOS

Marco Aurélio de Souza Birchal

Viviane Santos Birchal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125084>

CAPÍTULO 5..... 41

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO: INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125085>

CAPÍTULO 6..... 58

APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PLANEJAMENTO DE FLUXO DE POTÊNCIA

REATIVA

Poliiana Schneider Durigon
Carlos Roberto Mendonça da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125086>

CAPÍTULO 7..... 69

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO LATERAL DE UM VEÍCULO EM UM SIMULADOR COM 9 GDL

Elyton Elias Prado Naves
Jánes Landre Júnior
José Tomich Bosco Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125087>

CAPÍTULO 8..... 79

ADEQUAÇÃO DE TRELIÇA EM AÇO FRENTE A UMA NOVA FINALIDADE

Gustavo de Oliveira Dumas
José Geraldo de Araújo Silva
Lucas Teixeira Araújo
Antônio Maria Claret de Gouveia
Hisashi Inoue
André Luiz Candian

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125088>

CAPÍTULO 9..... 86

PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ, BRASIL

Juan Carlos Alvarado Alcócer
Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto
Ciro de Miranda Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125089>

CAPÍTULO 10..... 100

ANÁLISE DE VIGAS COMPÓSITAS LAMINADAS DE TIMOSHENKO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GREEN

Leonardo Fellipe Prado Leite
Fabio Carlos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250810>

CAPÍTULO 11 114

ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA PESQUISAS DE EVAPORAÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO NORDESTE BRASILEIRO

Bárbara Hillary de Almeida Pinto
Cecília Roberta Barbosa da Silva
Maria Eduarda Medeiros Monteiro
Heloysa Helena Nunes de Oliveira
Efrain Pantaleón Matamoros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250811>

CAPÍTULO 12..... 124

AMBIÊNCIA E ENTORNO: INTERAÇÕES SOCIOESPACIAIS ENTRE IDOSOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO E A VIZINHANÇA

Luzia Cristina Antoniossi Monteiro

Vania Aparecida Gurian Varoto

Lucas Bueno de Campos

Ingrid Bernardinelli

Gabriely Grezele

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250812>

CAPÍTULO 13..... 136

METODOLOGIA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTO PARA ENCARGOS COMPLEMENTARES: EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Guilherme Martins Pereira

Regina Maria Germânio

Tiago Silveira Gontijo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250813>

CAPÍTULO 14..... 155

AVALIAÇÃO DE RISCOS E CONTROLE DE SEGURANÇA EM PEDREIRA

Michael José Batista dos Santos

Suzi Cardoso de Carvalho

Irineu Antônio Schadach de Brum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250814>

CAPÍTULO 15..... 174

POTENCIAL INOVADOR DAS PESQUISAS DE SISMOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA INTERFEROMETRIA SÍSMICA PARA IMAGEAMENTO 4D

Julia Alanne Silvino dos Santos

Marcelo dos Santos Vieira

Lenise Souza Cardoso de Andrade

Heloysa Helena Nunes de Oliveira

Zulmara Virgínia de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250815>

CAPÍTULO 16..... 184

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO FOSFATO DE CÁLCIO MONETITA PELA ROTA ÚMIDA DE NEUTRALIZAÇÃO RATHJE – HAYEK E NEWSELY

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Carlos Pérez Bergmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250816>

CAPÍTULO 17..... 196

ESTUDOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO MONOFÁSICAS

Emiliane Advincula Malheiros

Roberto Paulo Barbosa Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250817>

CAPÍTULO 18.....203

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO NA FASE DA HIDROXIAPATITA
OBTIDA PELO MÉTODO SOL-GEL**

Marilza Aguiar

José Brant de Campos

Bruno Cavalcante Di Lello

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Vitor Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250818>

CAPÍTULO 19.....209

**REDISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO AR EM MINA SUBTERRÂNEA PARA AUMENTO DE
HORAS DISPONÍVEIS EM OPERAÇÃO DE LAVRA**

Alisson Brasil

Renan Collantes Candia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250819>

CAPÍTULO 20.....225

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS LIMITES DA CAVA FINAL ÓTIMA COM BASE NA
VARIAÇÃO DO PREÇO DE MERCADO DA ROCHA FOSFÁTICA**

João Antônio da Silva Neto

Marcélio Prado Fontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250820>

CAPÍTULO 21.....238

**USO DA TECNOLOGIA DE MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA AEROESPACIAL:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Allisson Régis dos Santos Maia

Maria Elizete Kunkel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250821>

CAPÍTULO 22.....253

A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES NA MANUTENÇÃO

Alexandre Fernandes Santos

Heraldo José Lopes de Souza

Marcia Cristina de Oliveira

Sariah Torno

Darlo Torno

Sandro Adriano Zandoná

Tiago Rodrigues Carvalho

Natalia Tinti Ramos

Eliandro Barbosa de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250822>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	260
ÍNDICE REMISSIVO.....	261

REDISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO AR EM MINA SUBTERRÂNEA PARA AUMENTO DE HORAS DISPONÍVEIS EM OPERAÇÃO DE LAVRA

Data de aceite: 02/08/2021

Alisson Brasil

UFMG

Renan Collantes Candia

UFMG

RESUMO: A mineração vem gerando na economia brasileira uma média de 3,1% no Produto interno Bruto (PIB), durante o período 2013 a 2018 (IBRAM, 2015) [1], porém em recessões e cenários cada vez mais competitivos, torna-se essencial análise de gargalos operacionais para aumento da cadeia do fluxo de valor interno, fator importante à sobrevivência e longevidade das operações. Tendo como premissa, que desenvolvimentos contínuos há de serem fomentadas em quaisquer processos, desperdícios necessitam serem minimizados, e otimizar faz parte da indústria mineral, o estudo teve como principio a redução de desperdícios em processo de ventilação de mina, objetivando a otimização de distribuição de ar por uma ventilação sob demanda, equalização do circuito de ventilação, e como resultado final, a redução de horas impactadas em painéis de lavra, por motivos relacionados a temperatura, acima dos limites admissíveis pela NR15.

PALAVRAS-CHAVE: Ventilação de Mina. Gestão de Processos. Melhoria Continua.

ABSTRACT: Mining has been generating in the Brazilian economy an average of 3.1% in the Gross Domestic Product (GDP), during the

period 2013 to 2018 (IBRAM, 2015) [1], however in recessions and increasingly competitive scenarios, it has become essential analysis of operational bottlenecks to increase the internal value flow chain, an important factor for the survival and longevity of operations. Taking as a premise, that continuous developments must be fostered in any processes, waste needs to be minimized, and optimizing is part of the mineral industry, the study had the principle of reducing waste in the mine ventilation process, aiming at optimizing the distribution of air for ventilation on demand, equalization of the ventilation circuit, and as a final result, the reduction of hours impacted on mining panels, for reasons related to temperature, above the limits allowed by NR15.

KEYWORDS: Mine ventilation. Processes management. Continuous improvement.

INTRODUÇÃO

Nenhum processo é permanentemente adequado ou correto indefinidamente, e a mineração ao longo da história vem se reinventando com novos métodos e processos, a fim de contribuir para a evolução da humanidade em relação aos recursos minerais (Curi, 2017) [2]. Na era moderna, após a segunda guerra mundial, as indústrias, principalmente as do Japão, tiveram que buscar soluções para reconstrução do país, com pouco recurso disponível. Uma das empresas que conseguiram trazer soluções, reduzindo perdas, falhas e desperdícios foi a Toyota Motors

(Werkema, 2012) [3], injetando um pensamento enxuto ao redor do mundo nas indústrias manufatureiras e nos setores primários, inclusive o extrativista.

O modelo implementado nas indústrias manufatureiras/automobilísticas do Japão ficou conhecido como STP (Sistema Toyota de Produção) sendo sua filosofia amplamente difundida e até hoje adotada, conhecida como *Lean Manufacturing*, cujo pilar é o foco na identificação e posterior minimização de desperdícios (OHNO, 1991) [4], sendo alguns destes desperdícios conhecidos como: transporte desnecessário, defeitos, processamento inadequado, tempo de espera e movimento desnecessários.

Como processo dentro da mineração subterrânea, a ventilação de mina tem papel direto e correlacionado as questões de segurança, saúde, e performance, avaliada este último pelo rendimento do trabalhador ao fator temperatura (Massanés, 2015) [5]. Condições ambientais subterrâneas desfavoráveis causam efeitos no rendimento operacional do colaborador, devendo atender os normas reguladores vigentes e admissíveis inseridas na NR-15 [6] e NR-22) [7].

Segundo Hartmann (1982), os objetivos de um sistema de ventilação estão atrelados ao fornecimento de ar para os trabalhadores na quantidade e qualidade necessárias, diluindo e tornando inofensivos gases tóxicos e explosivos, produzidos no ambiente subterrâneo, fazendo com que haja a remoção de poeiras e gases, a uma velocidade adequada, mantendo a temperatura e umidade, dentro das condições exigidas pelas Normas regulamentadoras (NR).

Assim como em todo o processo de mineração, a área da ventilação de mina apresenta problemas. Os desperdícios na ventilação de mina são por vezes imperceptíveis, a menos que aconteçam interrupções nas atividades fins, como por exemplo, a elevação da temperatura acima das normas regulamentadoras em frentes de lavra, sondagem, oficinas de manutenção e apoio.

Dentre fatores que contribuem para o aumento de temperatura em uma mina subterrânea, podem ser considerados: fugas de ar geralmente em (cortinas, tapumes, portas, dutos rasgados), baixa capacidade dos ventiladores instalados, excesso de área aberta/lavrada, distância das frentes de lavra ao circuito de ventilação principal, dificuldade técnica de regulagem dos ventiladores, instalação de ventiladores fora ao projeto aumentando o curto circuito, cruzamento de fluxo de ar (*crossing*), obstrução de insuflação e exaustão. Todos estes fatores podem causar a redução do fluxo de ar (vazão) para os locais de atividade operacional, podendo ser um potencializador para aquecimento e interrupção das atividades.

O trabalho foi realizado na análise de desperdícios associadas à ventilação de mina, para estabilização do processo de ventilação de mina, gerando menores perdas produtivas (horas), por efeito do aumento de temperatura, em painéis de operação de lavra de mina subterrânea.

METODOLOGIA

O principal ponto para a escolha de um trabalho de melhoria contínua, consiste na escolha de situações que merecem tratativas, e que até então, são desconhecidas e/ou pouco elucidadas no âmbito operacional. Para uma boa assertividade do programa de melhoria, a definição dos projetos de estudo, é uma das atividades mais importantes do processo de implementação. Projetos bem selecionados conduzirão a resultados rápidos e significativos, e conseqüentemente contribuirão para o sucesso, e a consolidação da cultura na empresa. Por outro lado, projetos inadequados implicarão na ausência ou atraso de resultados, e frustração dos envolvidos, o que poderá determinar no sucesso projeto.

Foram realizadas coletas de vazão de ar e temperatura, em locais estratégicos das rampas principais da mina, no período 28/01/20 à 02/03/20, para instalação de reguladores, visando uma redução do impacto nas horas paradas da mina, por efeito da temperatura.

Estudo de Caso

A mina do estudo está situada na região centro-leste do estado de Sergipe, no município de Rosário do Catete, distando 45 km da capital Aracaju. A operação é realizada por lavra subterrânea, com método de extração por câmaras e pilares (*room and pillar*). O ciclo operacional, tanto para lavra de estéril quanto para o minério, é composto por: desmonte mecânico por minerador contínuo, carregamento e transporte por *shuttle car*, fragmentador primário tipo *feeder brake*, transporte por correia transportadora e içamento de material por sistema de poço.

Em 2019, a produção de material desmontado foi -12 % em relação ao orçado, e para buscar ganhos nos processos produtivos, foi necessário a análise dos *KPI's* para nortear as perdas. O termo *KPI*, vem do inglês *Key Performance Indicator* (indicador chave de desempenho), que indicam o desempenho, e, permitem o acompanhamento do processo que precisa ser acompanhado.

A maior vantagem do uso destes indicadores, é a transformação de números avulsos em conhecimento sobre o negócio. Com esses dados, se conseguem fazer previsões e identificação de problemas, ao andamento das atividades, possibilitando fazer ajustes na estratégia caso sejam necessários. Em outras palavras, os *KPI's* oferecem um diagnóstico preciso da organização, o que torna os erros no planejamento cada vez menos frequentes.

Estratificando os principais indicadores de performance de desempenho em 2019, o indicador da utilização (%), foi a de maior impacto no processo de operação da mina, em cerca de 79 %, visualizada pela Figura 1. A equação (1) mostra, o cálculo de utilização comumente adotado.

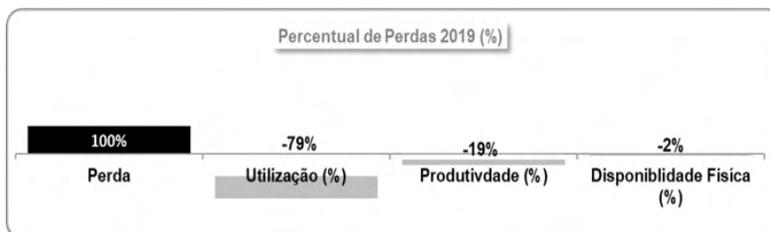


Figura 1- Perdas acumuladas em percentual de R.O.M.

$$Utilização (\%) = (H.T)/(H.P - H.O) \quad (1)$$

Sendo:

H.T= Total de horas efetivamente trabalhadas.

HP= Corresponde às horas calculadas por ano, na base de turnos previstos, já definido em conta a disponibilidade física dos equipamentos.

HO= Corresponde às horas de reparos de manutenção, incluindo a falta de peças no estoque ou falta de equipamentos auxiliares.

Sendo a utilização (%), o indicador responsável pelas maiores perdas na operação de lavra, foi necessário o entendimento das causas que a impactaram, subdivididas em horas paradas planejadas (orçadas para o ano base 2019), e não planejadas (não orçadas para o ano base 2019), conforme Tabela 1.

Área	Causas	Horas Paradas (h)		
		Não Planejadas	Planejadas	Total
Geomecânica	Atirantamento de rocha	314	838	1.152
Geomecânica	Abatimento de rocha	206	772	978
Produção	Troca de bit's	360	605	965
Geologia	Emanação de gás	847	0	847
Ventilação	Aumento de temperatura do painel	639	0	639
Produção	Falta de operador	476	0	476
Manutenção	Falta equipamento de apoio	473	0	473
Produção	Inspeção de equipamento	350	24	374
Produção	Falta de caminhonete	332	0	332
Geomecânica	Piso irregular	322	0	322
Ventilação	Prolongamento de Duto	217	19	236
Total		4.536	2.258	6.794

Tabela 1- Paradas planejadas e não planejadas relacionadas ao fator da utilização.

As horas paradas não planejadas representam cerca de 66,8 % (4.536 h), do total de horas paradas totais relacionados à operação de lavra, sendo as de maior representatividade: emanção de gás (847 h), aumento de temperatura do painel (639 h) e falta de operador (476 h). Tendo como premissa da assertividade da escolha do projeto, será priorizado como estudo a avaliação do aumento de temperatura no painel de lavra, pela maior disposição de dados. Este problema associado à ventilação de mina representou uma perda de 5.071 t de KCL (produto de venda), com perdas estimadas em R\$ 5.120.000,00, conforme Figura 2.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DE PERDA			
Métricas Financeiras			
	Métrica	Unidade	2.019
Planejado	Volume Programado KCI	kt	484,877
	Margem	R\$/t	1.010
Métricas Técnicas			
	Métrica	Unidade	2.019
Perdas 2019	Horas Paradas Painel	h	639
	Disponibilidade Física	%	73%
	Utilização	%	28%
	Horas Efetivas Paradas	h	131
	Produtividade	t/h	173
	ROM	t	22.596
	Teor	%	25%
	Recuperação Met. KCI	%	82%
	KCI	t	5.071
Resultados Financeiros 2019:			
	Item	Unidade	2.019
Perda	Δ Receita	R\$	5.120.000
	Δ Custo	R\$	0
	Δ EBITDA	R\$	5.120.000
	Δ Investimento Corrente	R\$	0

Figura 2- Estimativas de perdas financeiras.

Para a ventilação de mina o principal indicador de paradas de atividades, está relacionado à temperatura medida para ambiente subterrâneo dado em IBUTG (°C). O Índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) foi desenvolvido inicialmente como um método simples para avaliar sobrecarga térmica em contingentes militares. Esse índice também permite o cálculo de períodos adequados de trabalho-descanso, no caso em que o índice ultrapasse os limites estabelecidos. O cálculo da temperatura IBUTG é feita com carga solar (superfície) e sem carga solar (ambientes subterrâneos), neste caso as fórmulas (1) e (2), mostram o cálculo respectivamente para com carga solar (superfície) e sem carga solar subsolo/ambiente subterrâneo.

$$IBUTG=0,7t_{bn}+0,3 t_g+0,1 t_{bs} \quad (1)$$

$$IBUTG=0,7t_{bn}+0,3 t_g \quad (2)$$

Em que:

- tbn - Temperatura de bulbo úmido natural (em °C).
- tg - Temperatura de globo (em °C).
- tbs – Temperatura de bulbo seco (em °C).

Pela NR15, é estabelecido que temperaturas com medições maiores ou iguais a 31,1 °C, as atividades devem ser paralisadas, até estabilização. Das horas totais paradas não planejadas em 2019, especificamente 2 (dois) locais/painéis denominados 1 (um) e 2 (dois) representaram 80 % (503 horas) do impacto, conforme Figura 3.

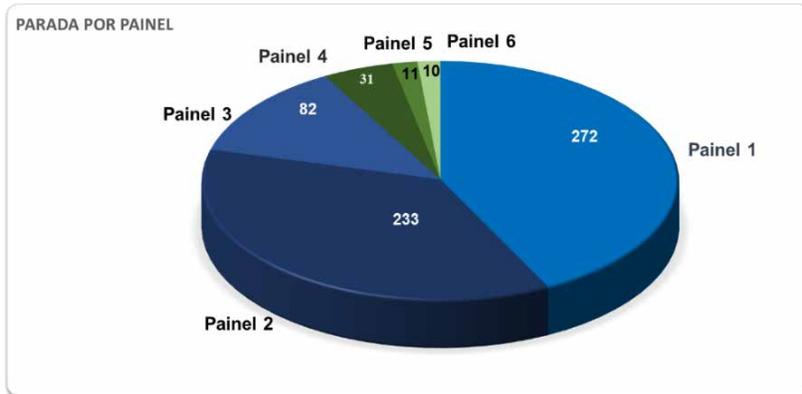


Figura 3- Tempo de parada de painel de lavra em horas, por aumento de temperatura em 2019.

A Tabela 2, é demonstrado os setores/regiões da mina com vazão de ar (m^3/s) além da necessidade (área norte e sul), enquanto outro local com deficiência teórica de vazão de ar (área nordeste).

Vazão: (Sem Regulador e Portas)

Painel	Área	Vazão Medida (Kg/m ³)	Vazão Necessária (Kg/m ³)	Diferen (m ³ /s)
1	NE	22	26	-4
2	NE	19	24	-5
3	N	61	33	+28
4	N	72	23	+49
5	S	46	38	+8
6	S	64	45	+19
Total		284	189	+95

Tabela 2- Vazão simulada x vazão necessária por área.

Com as coletas de vazão de ar (m^3/s) nos painéis 1 e 2 da área nordeste (NE), foi verificado que a quantidade de ar conjunta foi de $41 \text{ m}^3/\text{s}$, e necessidade operacional de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, portanto deficiência de $-9 \text{ m}^3/\text{s}$ da vazão total de ar. Para os painéis da área norte (N) 3 e 4, havia uma oferta de $133 \text{ m}^3/\text{s}$, e necessidade de $56 \text{ m}^3/\text{s}$ ($+77 \text{ m}^3/\text{s}$). Já para os painéis de lavra 5 e 6 (área sul), foi ofertado $110 \text{ m}^3/\text{s}$ da vazão de ar, com necessidade operacional de $83 \text{ m}^3/\text{s}$ ($+27 \text{ m}^3/\text{s}$). Todas as quantidades de vazões de ar, foram consideradas para o atendimento das temperaturas admissíveis em ambiente subterrâneo, considerado como atividade moderada.

A simulação foi efetuado com uso do *software* de ventilação de mina conhecido como VUMA [9], (*Ventilation of Underground Mine Atmospheres*). Teve como premissa, o estudo do redirecionamento forçado/induzido de parte da vazão de ar, saindo do ventilador central para a área NE, que contemplava os painéis 1 e 2, fazendo com que uma maior oferta de vazão de ar, contribuía para a adequação da temperatura admissíveis pela NR15, havendo uma ventilação sob demanda.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise visou realizar a redistribuição de vazão de ar, e manutenibilidade da temperatura dentro dos limites estabelecidos pela NR, fazendo com que se reduzam as paradas de painéis de lavra por temperatura acima das admissíveis.

Com uso do *software* de simulação Vuma foi realizada uma validação em três cruzamentos na distribuição do fluxo das áreas: norte, nordeste e sul. Esses trechos foram usados para determinar alguns dos parâmetros fundamentais da mina relacionados ao direcionamento do fluxo de ar, sempre com efeito dos parâmetros dos ventiladores principais conforme Figura esquemática 4.

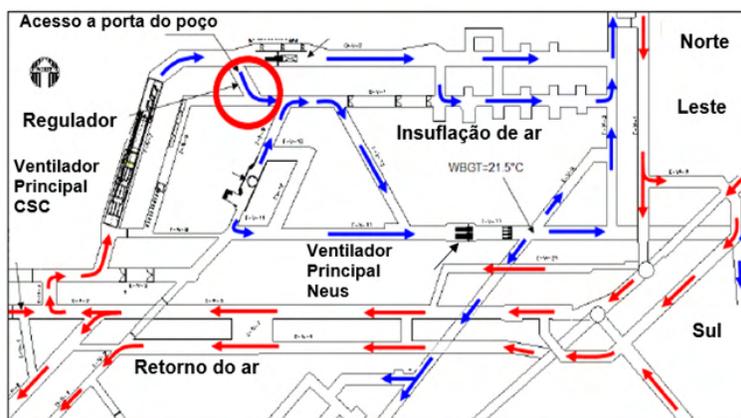


Figura 4- Exemplo de calibração para simulação de redistribuição de ar, com uso de *software*.

Além da verificação dos ventiladores a modelagem necessita de alguns parâmetros e características para a realização da simulação com utilização do software VUMA, para a qual foi preciso assumir algumas simplificações, e os valores adotados descritos na Tabela 3.

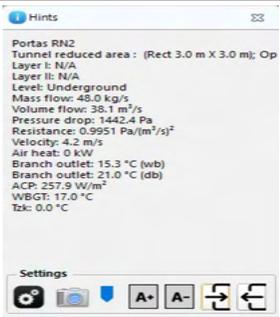
Principais informações para simulação do VUMA			
Descrição	Unid	Valores adotados	Informações Software
Área	m ²	9,0	 <p>Portas RN2 Tunnel reduced area: (Rect 3.0 m X 3.0 m); Op Layer I: N/A Layer II: N/A Level: Underground Mass flow: 48.0 kg/s Volume flow: 38.1 m³/s Pressure drop: 1442.4 Pa Resistance: 0.9951 Pa/(m³/s)² Velocity: 4.2 m/s Air heat: 0 kW Branch outlet: 15.3 °C (wb) Branch outlet: 21.0 °C (db) ACP: 257.9 W/m² WBT: 17.0 °C Tsk: 0.0 °C</p>
Fluxo de massa	Kg/s	48,0	
Volume Massa	M ³ /s	38,1	
Queda de pressão	Pa	1.442	
Resistência	Pa/(m ³ /s) ²	0,9951	
Velocidade	m/s	4,2	
Temperatura úmida	°C	15,3	
Temperatura seca	°C	21,0	

Tabela 3- Dados para calibração do modelo do circuito de ventilação.

Para simplificação do estudo foram adotadas algumas considerações:

- Na análise analítica não foram consideradas as perdas de carga para os reguladores, por meio da resistência equivalente;
- Os painéis de lavra conservam as mesmas características e concepções do planejamento de mina de 2019;
- Não ocorreram mudanças nos equipamentos de lavra e de apoio da mina;
- A produção planejada em 2019, continua em linha com a produção planejada de 2020;
- Não foram consideradas variações da temperatura na superfície, assumindo o valor de 27,2 °C;
- Foram desconsideradas obstruções de máquinas e equipamentos
- Os valores de emissão de gases e poeira não foram considerados;
- O fator de atrito de Atkinson foi considerado constante e para a situação do escoamento turbulento e totalmente desenvolvido;
- As perdas de choque não foram utilizadas, em virtude da grande variedade na natureza de perdas e tempo para análise deste cálculo; Obs: As perdas de choque desconsideradas podem levar a resultados superestimados, porém válidos para o estudo inicial.
- A redistribuição da vazão de ar com uso de portas e reguladores torna-se para

o cálculo ideal, a não perda de vazão de ar, devido às resistências criadas pelas portas e reguladores.

As coletas de vazão em campo permitem verificar que a quantidade de ar disponibilizado para os dois painéis de lavra com maiores interrupções por temperatura (1 e 2), esteve em torno de $41 \text{ m}^3/\text{s}$, com necessidade mínima simulada de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Com a utilização do software VUMA, foi estudada e avaliada a instalação de um regulador e portas, para redistribuição do fluxo de ar na região de entroncamento das três áreas da mina (norte, nordeste e sul). A Figura 5, é indicado que o fluxo de ar pode ser redistribuído na mina com uso de reguladores e portas, utilizando o princípio da ventilação sob demanda.

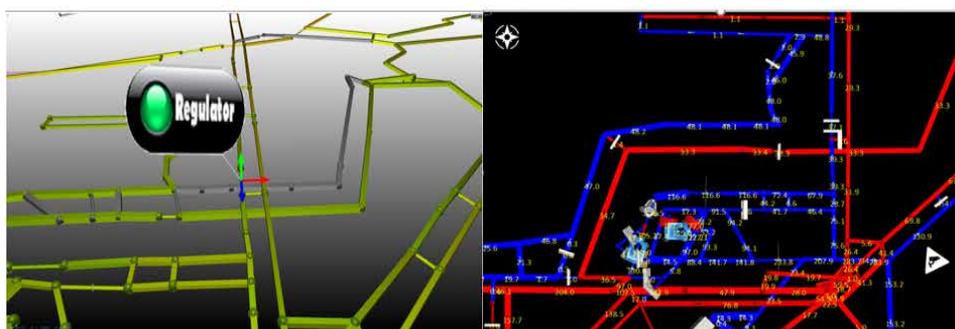


Figura 5- Simulação de vazão de ar atual para os painéis de lavra 1 e 2 com uso de reguladores/portas.

A Tabela 4, confirma que a instalação do direcionador da vazão de ar juntamente com as portas, garantem uma equalização do circuito de ventilação nas áreas norte, nordeste e sul, adotando como ponto importante, a redução da ineficiência do processo no circuito de ventilação.

Vazão: (Com Regulador e Portas)

Painel	Área	Vazão Medida (Kg/m ³)	Vazão Necessária (Kg/m ³)	Diferença (m ³ /s)
1	NE	42	26	+16
2	NE	36	24	+12
3	N	53	33	+20
4	N	43	23	+20
5	S	46	38	+8
6	S	64	45	+19
Total		284	189	+95

Tabela 4- Simulação de vazão com uso de reguladores.

A área nordeste (NE) terá uma vazão conjunta inicial de 78 m³/s com instalação de reguladores/portas, e anteriormente 50 m³/s sem o estudo de redistribuição de ar. Foi considerado as mesmas taxas de vazão de ar, esquematizado pela Figura 6.

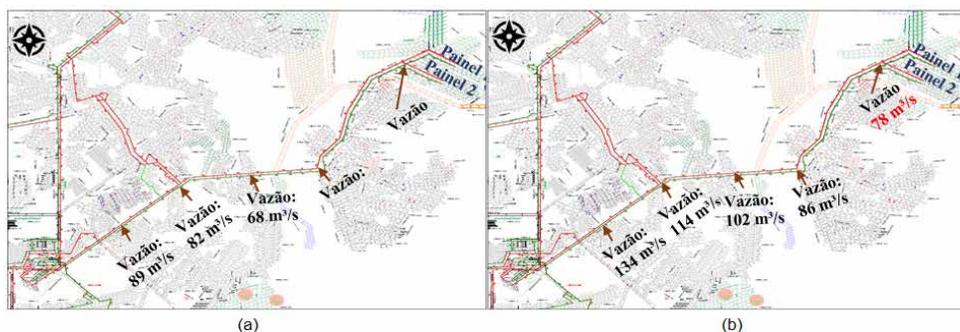


Figura 6- (a) vazão atual (m³/s) para os painéis 1 e 2, (b) vazão simulada para os painéis 1 e 2 (Contribuição do autor, 2020).

O uso da simulação, apresenta que:

- Área nordeste (NE): atualmente sem regulador de ar, os painéis (1 e 2) tem vazão de ar insuficiente para operação de lavra. Caso mantenha a vazão de ar atual, haverá interrupções na operação de lavra pelo efeito de aumento de temperatura, conforme ocorrido em 2019.
- Área norte (N) e (S): sem problemas atrelados a vazão mínima de ar. Os painéis atendem aos parâmetros admissíveis pela NR 15, mesmo após a simulação de redistribuição de vazão de ar.

A Figura 7, ilustra a instalação das portas e reguladores (dutos) para redistribuição da vazão de ar da mina, e ventilação sob demanda.



Figura 7- (a) local sem direcionador de fluxo de ar, (b) instalação de porta e reguladores.

A instalação das portas e reguladores foi realizada durante o período de 25/03/20 à 27/03/20, sendo coletadas diariamente as vazões e temperaturas a partir de 01/04/20 à 30/06/20, conforme Figuras 8 e 9.

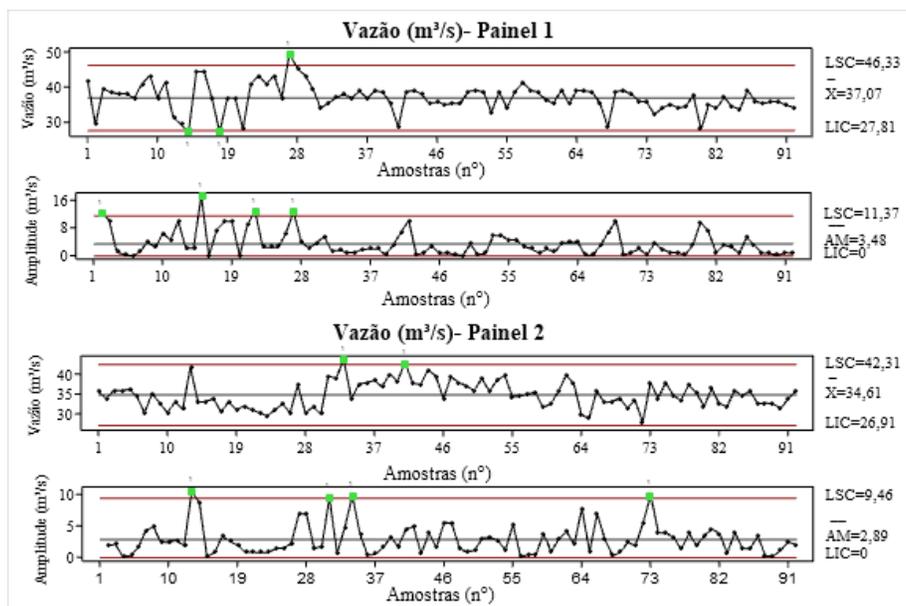


Figura 8- Carta de controle para vazão de ar referente aos painéis 1 e 2, após a instalação de portas e reguladores.

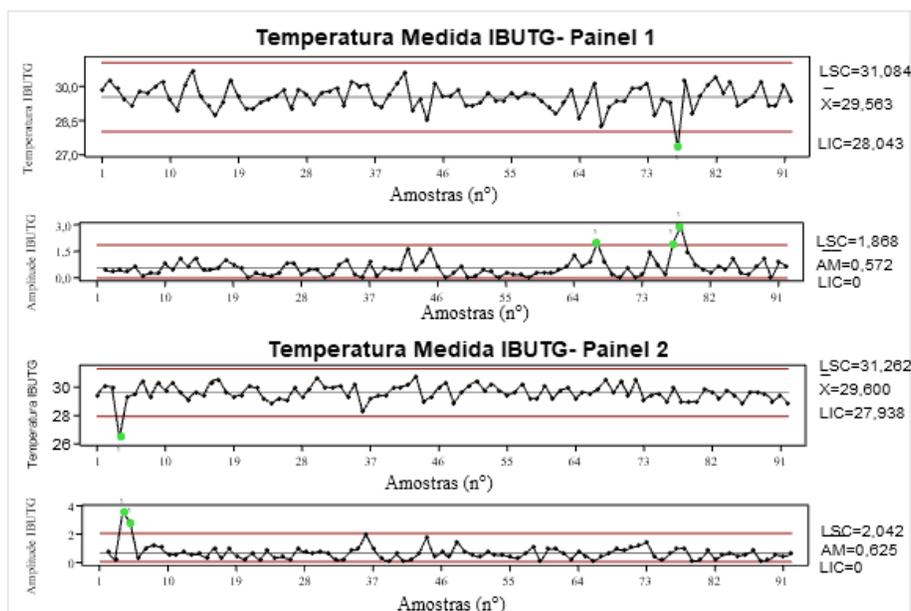


Figura 9- Carta de controle para temperatura referente aos painéis 1 e 2, após a instalação de portas e reguladores.

Em que:

- LSC (Limite superior central): trata-se do maior valor encontrado/medido/coletado dentre as 91 amostras. Neste caso a maior vazão de ar do painel 1 e 2 foram respectivamente 46,33 m³/s e 42,31 m³/s, e para a temperatura IBUTG foi de 31,1 °C para o painel 1, e 31, 3 °C para o painel 2.
- LIC (Limite inferior de controle): trata-se do menor valor encontrado/medido/coletado dentre as 91 amostras. Neste caso a menor vazão de ar do painel 1 e 2 foram respectivamente 27,81 m³/s e 26,91 m³/s, e para a temperatura IBUTG foi de 28,0 °C para o painel 1, e 27,9 °C para o painel 2.
- AM (Amplitude): diferença entre o maior valor encontrado da amostra e o menor.
- \bar{x} (Média): valor médio das amostras coletadas.

Com a instalação do regulador para distribuição e equalização do circuito, foram comparadas as vazões e temperatura dos painéis 1 e 2 referentes à média de 2019 sem uso de portas e reguladores, e a média 2020 com uso de portas e reguladores (após sua instalação), e valores simulados com uso do software Vuma, demonstradas pelas Figuras 10 e 11.

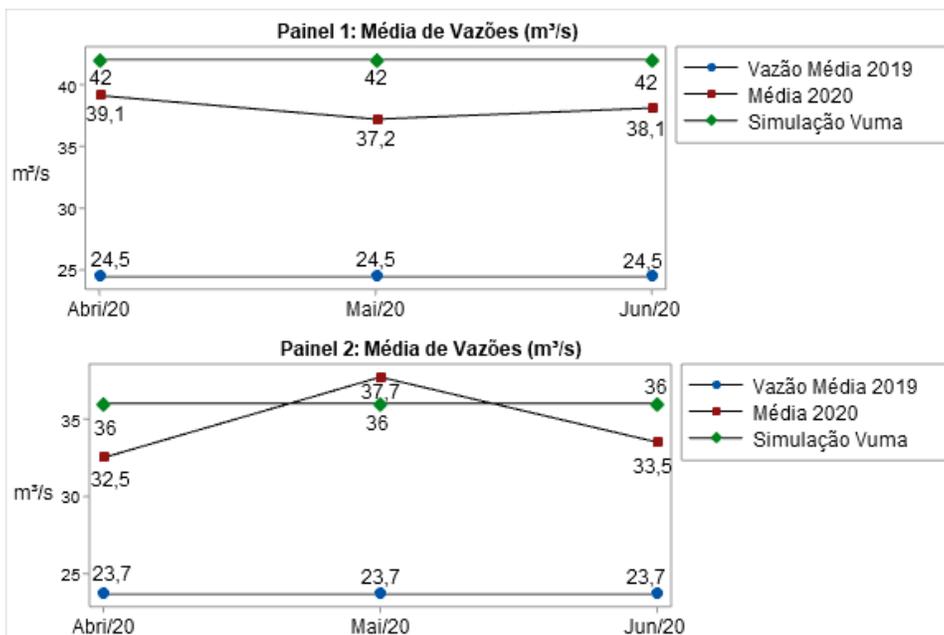


Figura 10- Comparativo da vazão média de 2019, 2020 e simulada, referente aos painéis 1 e 2, após a instalação de portas e reguladores.

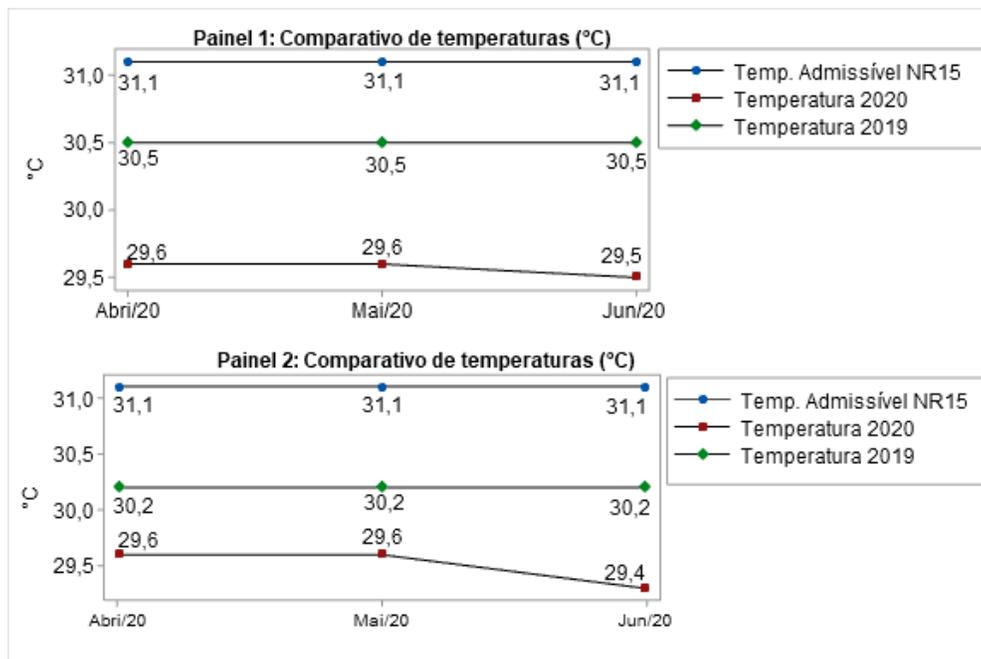


Figura 11- Comparativo de temperatura média de 2019, 2020 e simulada, referente aos painéis 1 e 2, após a instalação de portas e reguladores.

Com a instalação do regulador e portas, foi comparado as paradas das frentes de lavra no período de abril a junho de 2019 e 2020. É demonstrado o efeito positivo na instalação de reguladores e portas, obtendo redução de -78% no tempo total de paradas por temperatura, conforme Figura 19.



Figura 19- Comparativo do número de horas paradas de painéis de lavra, por temperatura durante o trimestre de 2019 e 2020.

Comparando--se o trimestre de abril á junho de 2019 e 2020 ocorreu uma redução

de -145 h em horas paradas por aumento de temperatura, gerando um retorno financeiro estimado de R\$ 1.164.000,00, pelo maior número de horas disponíveis a operação de lavra.

MEMÓRIA DE CÁLCULO DO RETORNO					
Descrição		Unidade	abr/20	mai/20	jun/20
Sem Iniciativa	Horas em paradas do painel	h	43	52	71
Com iniciativa	Horas em paradas do painel	h	11	16	9
Resultados Financeiros:					
Item		Unidade	abr/20	mai/20	jun/20
Sem iniciativa	Receita Total	R\$ mil	46.871	46.871	46.871
Com iniciativa	Receita Total	R\$ mil	47.157	47.196	47.425
Resultado	Δ Receita	R\$ mil	286	325	553
	Δ Custo	R\$ mil	0	0	0

Figura 20- Cálculo financeiro de retorno com redução do número de horas paradas por temperatura em painéis de lavra.

CONCLUSÃO

O indicador de performance utilização em 2019 representou o maior percentual de perdas do ROM em 79%. A análise de perdas por paradas não planejadas mostra que a ventilação de mina representou impacto 639 horas/ano na disponibilidade de horas/ utilização para a operação de lavra. Estas horas resultaram em perdas produtivas de 22.596 t de ROM, equivalendo a R\$ 5.120.000,00 de produto comercializado. Ações em curto espaço de tempo e alto impacto eram necessárias para redução de paradas na operação de lavra, minimizando desperdícios/horas de paradas a serem disponíveis.

A análise realizada da oferta e demanda da vazão de de ar para os painéis de lavra, atestou que a mina não se atentou para o desperdício de recursos, representado neste caso pela vazão de ar. Observa-se que a vazão atual disponível de 284 m³/s (já eliminada as perdas) é suficiente para atendimento aos painéis de lavra, sendo necessidade estimada de 189 m³/s.

A análise de dados relacionados ao circuito de ventilação em 2019, demonstra que o valor da vazão mínima para não ocorrer paradas por temperaturas nos painéis 1 e 2 é de 50 m³/s, e valores medidos em campo indicam uma vazão conjunta que chega a estes painéis de de 41 m³/s, tornando insuficiente a vazão de ar para estes locais, tendo como consequência parada das operações para ações corretivas de estabilização de temperatura. As perdas atuais do circuito por fugas/perdas de ar estão acima de 30 %.

A simulação com uso do software Vuma, demonstrou uma possibilidade de redistribuição da vazão de ar nos seis painéis de lavra, com uso de reguladores e portas, no qual haverá uma disponibilidade de ar em torno de 42 m³/s e 36 m³/s para os painéis 1 e 2, totalizando 78 m³/s. Os valores medidos em campo no período de abril a junho de 2020 após a instalação do regulador, foi de 38 m³/s e de 33 m³/s para os painéis de lavra 1 e 2 com vazão conjunta de 71 m³/s, significando uma aderência de 91 % entre os dados medidos em campo e simulados, é verificado também que a redistribuição de vazão de ar da mina é suficiente para atendimento aos seis painéis de lavra no que se refere a vazão mínima necessária para a operação de lavra.

Foi evidenciado um efeito positivo com a instalação dos reguladores na mina, para uma melhor redistribuição da vazão de ar e manutenção da temperatura °C admissível nas frentes de lavra, obtendo como resultado menores interrupções nas atividades de operação de lavra pelo efeito de aumento de temperatura. Com a instalação das portas e regulador de fluxo de vazão de ar, foi verificado que mantendo os parâmetros e perdas do circuito de ventilação em 2019, a temperatura média no período de abril a junho/20 foi de 29,5 e 29,6 °C, respectivamente nos painéis 1 e 2, gerando uma redução de -0,6 °C e -0,9 °C para temperatura nas frentes de lavra em relação ao mesmo trimestre de 2019 nestes dois painéis de lavra.

A temperatura dentro dos limites admissíveis durante o período de abril a junho/20, representa -78 % em horas paradas por ventilação confrontando os anos de 2019 à 2020 durante os meses de abril à maio, gerando incremento de 4.485 t de ROM, e receita estimada em R\$ 1.164.000,00, atrelada as horas disponíveis e sendo utilizadas para operação de lavra.

REFERÊNCIAS

1. Coura, J.F. (2015). Panorama da Mineração em Minas Gerais. Instituto Brasileiro De Mineração, Sindicato Nacional da Indústria Da Extração do Ferro de Metais, p.280.
2. Curi, A. (2017).Lavra de Minas. Oficina de Textos, v.1, p.19-28.
3. Werkema, C. (1995). As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. Fundação Christiano Ottoni, v.1, p. 22-64.
4. Ohno, T. O Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Bookman, v.1, p. 23-39.
5. Massanés, M.B. (2015). Some approaches to improve the ventilation system in underground potash mines. Thesis for the Doctor, University of Catalonia, Catalonia, Spain, p.315.
6. Ministério do Trabalho e Emprego. (1978). NR15- Atividades e Operações Insalubres. Ministério do Trabalho e Emprego. Acesso disponível <<http://www.mte.gov.br/temas/segau/legislacao/normas/conteudo/nr15>>. Data de acesso: 10/02/2020.

7. Ministério do Trabalho e Emprego. (1999). NR22- Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Ministério do Trabalho e Emprego. Acesso disponível <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr22>>. Data de acesso: 23/02/2021.
8. Hartman, H.L. (1982). Mine ventilation and air conditioning. Wiley Interscience, v.2, p.3-67.
9. VUMA. Software for the ventilacion of underground atmospheres - Help function. 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

9GDL 70

A

Algoritmos 31, 35, 36, 58, 226, 237

Ambiência 124, 126, 127, 129, 132, 133, 134, 135

Análise de sensibilidade 153, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

B

Biocombustível 86

Biodigestor 86, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Biomaterial 184, 185, 194

Bowtie 155, 162, 166, 168, 169, 172

C

Casca de ovos de galinha 184

Cava final 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

Confiabilidade 147, 240, 247, 249, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259

Coronavírus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

Covid-19 1, 2, 4, 9, 10, 256

D

Data centers 253

Descarga atmosférica e ATPDraw 196

Dinâmica 20, 22, 24, 25, 26, 35, 69, 70, 71, 72, 74, 120, 133

Disponibilidade 39, 88, 115, 116, 120, 212, 222, 223, 239, 246, 249, 253, 255, 256, 258

E

Encargos complementares 136, 137, 151

Engenharia de custo 136, 140

Equipamentos de proteção individual-(EPI) 136, 141, 146, 151, 152

Escalonamento 31, 32, 33, 39

Essências florestais 11, 12

Evaporação 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

F

FCA 69, 70, 71, 72

Filtração 86

Física do solo 11

G

Gestão de processos 209

I

Idoso 132, 134

Índice de qualidade de Dickson 11, 13, 14

Indústria aeroespacial 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Integrado e sustentável 41, 47, 55

L

Laminados 100, 102

Linhas de transmissão 196, 197, 199, 201

M

Manufatura aditiva 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251

Melhoria continua 209

Metano 86, 89, 90, 91, 95

Método das funções de Green 100

Monetita 184, 185, 189, 190, 191, 192

Moradia adequada 124, 126, 127, 133, 135

Motion cueing 70, 72, 73, 75, 77

N

Nordeste 23, 114, 115, 116, 121, 123, 172, 214, 215, 217, 218

O

Orçamento de obra 136

Otimização 58, 59, 183, 209, 226, 230, 235

P

Pandemia 1, 4, 9, 10, 256, 259

Pedreira 155, 156, 157, 159, 161, 162, 168, 169, 172

Planejamento de lavra 225, 228

Planejamento participativo 41, 46, 47, 55

Plano municipal de saneamento básico 41, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56

Platibandas 18, 20, 25, 26

Políticas públicas 41, 42, 43, 45, 46, 54, 57, 132

Potência reativa 58, 59, 63, 64, 67

Preço da rocha fosfática 225, 228, 229, 233

Pressão efetiva 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27

Processos 8, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 79, 87, 89, 92, 93, 121, 128, 141, 151, 163, 164, 175, 193, 204, 209, 211, 223, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Projeto de cobertura 18

Prospecção 1, 3, 8, 116, 117, 174, 177, 178, 179, 182

Q

Qualidade de mudas 11, 12, 15, 16

R

Regiões críticas 31

Relações socioespaciais 124, 132, 133

Reservatórios superficiais 114, 116, 117, 119, 121, 122

Revisão sistemática da literatura 238, 240

Rota úmida 184, 187, 188

S

Segurança de mina 155, 172

Semáforos 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

Simulador 31, 36, 37, 38, 39, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77

Síntese 134, 140, 184, 185, 186, 187, 194, 203, 204, 205, 206, 208

Sísmica 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183

Sistemas de potência 58

Substrato 11, 13, 14, 15, 88, 89

T

Timoshenko 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 113

V

Ventilação de mina 209, 210, 213, 215, 222

Vigas 100, 101, 102, 103, 104, 106, 112

W

WRAC 155, 156, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 172

Atena
Editora

Ano 2021



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

***A visão sistêmica e integrada
das engenharias
e sua integração com a sociedade***

Atena
Editora

Ano 2021



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

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***
