



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (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](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. 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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri

Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

**CAPÍTULO 5..... 50**

**EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA**

Camila Baleiro Okado Tamashiro

Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva

Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

**CAPÍTULO 6..... 53**

**INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION**

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

**CAPÍTULO 7..... 62**

**ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO**

Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE**

Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>

**CAPÍTULO 9..... 78**

**EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2**

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

**CAPÍTULO 10..... 85**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)**

## SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

## **CAPÍTULO 11..... 100**

### PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

## **CAPÍTULO 12..... 112**

### ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

## **CAPÍTULO 13..... 125**

### USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>

## **CAPÍTULO 14..... 138**

### AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

## **CAPÍTULO 15..... 152**

### THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel

Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO**

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Gabriel Melzer Aquino  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

**CAPÍTULO 17..... 183**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Flávio de Moraes Vasconcelos  
Hairton Costa Ferreira  
Marcos Rogério Palma  
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

**CAPÍTULO 18..... 197**

**ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE**

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Igo de Souza Tavares  
Ernesto Machado Coelho Filho  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

**CAPÍTULO 19..... 204**

**MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)**

Renato Billia de Miranda  
Frederico Fábio Mauad  
Denise Parizotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

**CAPÍTULO 20..... 218**

**APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Carlos Christiano Lima dos Santos  
Poliana Sousa Epaminondas Lima  
João Jarllys Nóbrega de Souza  
Tainá Souza Silva  
Rodrigo Lira de Oliveira  
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima  
Ana Sabrina Barbosa Machado  
Maria Soraya Pereira Franco Adriano  
Alexandre Almeida Júnior  
Isabela Albuquerque Passos Farias  
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

**CAPÍTULO 21.....233**

**RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA**

Maria Andrea Atusparia Cierro  
Fredy Castillejo  
Gloria Valdivia  
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

**CAPÍTULO 22.....251**

**COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS**

Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Michael Milczarek  
Rodrigo Dhryell Santos  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

**CAPÍTULO 23.....258**

**SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO**

Heithor Syro Anacleto de Almeida  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Diego Ângelo de Araújo Gomes  
Rafael Stefano Costa Mallak,  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

**CAPÍTULO 24.....268**

**DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA**

Rafael Stefano Costa Mallak  
Heithor Syro Anacleto de Almeida,  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana  
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>280</b>
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DELA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425">https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>285</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>286</b>

## ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE

*Data de aceite: 01/02/2022*

*Data da submissão: 05/03/2022*

### **Flávio de Moraes Vasconcelos**

Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/1482366665858095>

### **Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho**

Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos  
Belo Horizonte – MG  
<http://lattes.cnpq.br/0842775933272753>

### **Igo de Souza Tavares**

Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos  
Belo Horizonte – MG

### **Ernesto Machado Coelho Filho**

Equinox Gold – Mineração Riacho dos  
Machados  
Riacho dos Machados - MG

### **Luiz Lourenço Fregadolli**

Equinox Gold – Mineração Riacho dos  
Machados  
Riacho dos Machados - MG

**RESUMO:** Devido ao grande volume pluviometria registrada no mês de março de 2021 na cava da Mineração Riacho dos Machados (MRDM), houve a interrupção das atividades de lavra mineral e foi necessário realizar um descarte emergencial da água acumulada na cava no Rio Piranga. Para que esta atividade ocorresse, o efluente em questão passou por testes de tratabilidade com o objetivo de adequação de alguns parâmetros tais como: pH e metais (Zn,

Mn e Ni), antes do seu descarte. O princípio de tratamento identificado como o mais eficaz foi o da adição de cal hidratada a 150 ppm a 10% (30 kg/h), 36 ppm PAC a 18% (40 L/h) e 1 ppm de polímero a 0,1% (200 g/h). Após a dosagem de reagentes, o efluente percorre um canal com brita calcária, na granulometria de 50 a 76 mm, de forma que os reagentes se misturem. Esse tipo de cenário é possível de ocorrer, em época de maior precipitação, em diversas atividades de extração de minério sulfetado e o presente trabalho apresenta os resultados deste tipo de tratamento ativo de efluente de mineração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratabilidade de Efluentes, Descarte Emergencial, Mineração de ouro e DAM.

### STUDY OF MINING WATER TREATABILITY FROM RIACHO DOS MACHADOS MINING FOR EFFLUENT DISPOSAL

**ABSTRACT:** Due to the large volume of rainfall recorded in March of 2021 in open pit of the Mineração Riacho dos Machados (MRDM), mineral mining activities were interrupted, and it was necessary to carry out an emergency discharge of the water accumulated in the open pit into Piranga River. For this activity to occur, the effluent in question was submitted to a treatment test with the objective of compliance of some chemical parameters before disposal, such as: pH and metals (Zn, Mn and Ni). The treatment principle identified as the most effective was the addition of hydrated lime at 150 ppm at 10% (30 kg/h), 36 ppm PAC at 18% (40 L/h) and 1 ppm polymer at 0.1 % (200 g/h). After the dosage of

reagents, the effluent goes through a water drainage with a substrate of limestone, with a particle size of 50 to 76 mm, so the effluent can be mixed. This type of scenario is possible to occur, during raining season, in several sulphide ore mines and this work presents the results of this type of activity developed for mining effluent treatment before discharge.

**KEYWORDS:** Effluent Treatability, Emergency effluent discharge, Gold Mining and AMD.

## 1 | INTRODUÇÃO

O descarte da água da cava é feito normalmente na barragem de rejeito da Mineração Riacho dos Machados (MRDM). Entretanto, devido ao grande volume de água na cava ocasionado pelo intenso período chuvoso dos meses de fevereiro e março de 2021, necessitou-se de um descarte emergencial desta água no Rio Piranga. Para autorização deste descarte, é necessário que seja realizado um estudo ambiental antes do descarte de forma que efluente atenda a legislação local para o descarte em curso de água classe 2, conforme regulamenta Deliberação Normativa Estadual de Minas Gerais (DN COPAM/CERH 01/2008) (COPAM, 2008).

### 1.1 Área de estudo

A Mineração Riacho dos Machados está localizada na região norte do Estado de Minas Gerais, a aproximadamente 145 km da cidade de Montes Claros e a sudoeste do município de Riacho dos Machados.

### 1.2 Estudos de tratabilidade

A adequada caracterização da água da cava em termos de qualidade e vazão ( $m^3/h$ ) assim como a área disponível para tratamento é de fundamental importância para a avaliação das possíveis técnicas de tratamento. A gestão do efluente a ser descartado deve se atentar a três aspectos técnicos necessário para a avaliação de sistemas de tratamento: qualidade do efluente, tempo das reações ocorrerem e a área disponível para a instalação de um sistema de tratamento de efluente.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Amostragem

Foram coletadas amostras de água em dois pontos da cava, sendo uma no lago da cava norte a outra no lago da cava sul visando a caracterização de parâmetros inorgânicos conforme o CONAMA 430 (CONAMA, 2011). As amostras foram coletadas no dia 16/03/2021 entre as 10 e 17 h, em uma profundidade 0,50 m utilizando o equipamento garrafa de van dorn. Foram coletados também 30 litros deste efluente para ensaios de tratabilidade por método ativo.

No local de amostragem foram realizados ensaios físico-químicos utilizando a sonda

multiparâmetro Hanna Modelo HI 98.194. As amostras foram coletadas em recipientes adequados e preservadas com reagentes específicos para cada análise a ser realizada. A preservação das amostras tem por objetivo retardar a ação biológica e a alteração dos compostos químicos; reduzir a volatilidade ou precipitação dos constituintes e os efeitos de adsorção; e/ou preservar organismos, evitando ou minimizando alterações morfológicas, fisiológicas e de densidades populacionais, em todas as etapas da amostragem (coleta, acondicionamento, transporte, armazenamento, até o momento do ensaio).

As amostras foram enviadas para os laboratórios, acondicionadas com gelo, dentro do prazo de análise dos parâmetros. Os laboratórios são acreditados pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17.025 (ABNT, 2017) para os parâmetros analisados.

## **2.2 Caracterização química do efluente bruto**

Para a caracterização do efluente bruto, foi realizada a análise química, segundo a resolução CONAMA 430 (CONAMA, 2011), contemplando os seguintes parâmetros: pH; sulfato; metais totais e dissolvidos (arsênio, alumínio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobre dissolvido, bromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, zinco).

## **2.3 Estudo de tratabilidade de efluente pelo método ativo**

A utilização da cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) para o tratamento de efluente de mineração é uma das técnicas mais empregadas. Cerca de 75% das operações de mineração que apresentam problemas com a acidez e a solubilização de metais utilizam esse tipo de reagente para aumentar a alcalinidade do efluente e conseqüentemente causar a precipitação de metais (INAP, 2009).

Os testes de tratabilidade determinaram a quantidade de reagente utilizada no tratamento do efluente e o volume de lodo gerado. Para este caso, estima-se cerca de 3% de lodo a ser gerado neste tratamento. A cal hidratada é normalmente adquirida na forma de pó a granel. A cal pode ser adicionada como uma dispersão controlada de pó na água ou como uma pasta de cal. A cal hidratada é particularmente útil e econômica em situações de grande fluxo e alta acidez, onde uma planta de tratamento de cal com um misturador / aerador é construída para ajudar a dispensar e misturar o produto químico com a água (INAP, 2009).

O tratamento ativo do efluente tem como objetivos (i) a redução de sólidos totais dissolvidos e (ii) redução das concentrações de metais, em especial níquel e manganês. A Figura 1 representa o esquema de tratamento utilizado em laboratório para os ensaios de tratabilidade.

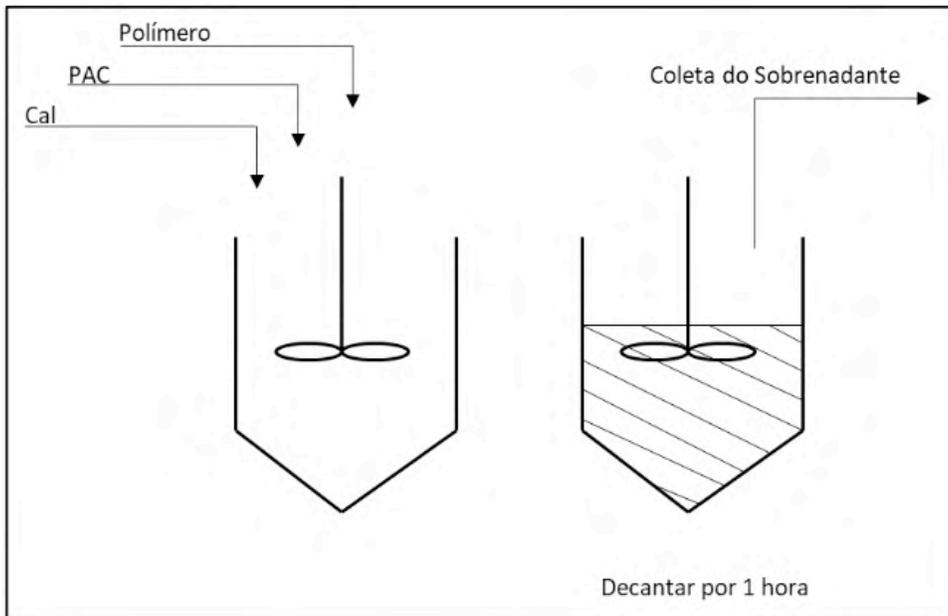


Figura 1: Desenho esquemático dos testes de tratabilidade.

A amostra foi testada em três condições, com quantidades diferentes dos insumos químicos flocculantes/coagulantes, sendo eles:

Características	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Cal hidratada a 10% (mL)	2,0	1,5	2,0
PAC (mL)	0,3	0,2	0,1
Floculante Polímero 0,1% (mL)	1,0	1,0	1,0
Agitação durante a adição (min)	5	5	5
Decantação (min)	60	60	60
Geração de lodo (mL/L)	20,0	15,0	-

Tabela 1: Características dos ensaios de tratabilidade realizados.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Amostragem

Na Tabela 2 estão apresentados os dados de georreferenciamento dos pontos de coleta das amostras.

Localização	Identificação	Coordenadas UTM Datum WGS-84 Zona 23K		
		mE	mN	Cota (m)
Cava Sul	AM-01-CS	699199	8223305	709 m
Cava Sul*	AM-02-CS	699199	8223305	709 m
Cava Norte	AM-03-CN	699319	8223854	725 m
Dique de Finos	AM-04-DQ	698509	8223587	842 m

Tabela 2: Identificação dos pontos de amostragem.

\* Amostra para o estudo de tratabilidade.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das análises físico-químicas realizados no efluente em campo.

Parâmetro	Unidade	AM-01-CS	AM-03-CN	AM-04-DQ
pH	-	6,87	7,40	6,83
ORP	mV	188,0	204	269,3
OD	mg/L	1,67	1,60	1,67
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S/cm}$	1.878	2.712	484
Sólidos Totais Dissolvidos	ppmtds	940	1.357	242
Temperatura	°C	27,29	29,81	28,18

Tabela 3: Análises físico-químicas realizados em campo.

### 3.2 Caracterização química do efluente bruto e estudo de tratabilidade

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de caracterização química do efluente bruto, o qual apresentou concentrações elevadas de zinco, manganês e níquel, e os resultados destes parâmetros em cada condição de teste de tratabilidade do efluente.

Parâmetros	Limites	Efluente bruto	Teste 1	Teste 2	Teste 3
pH (unid. de pH)	6,0 – 9,0	7,8	8,10	8,89	<b>9,93</b>
Zinco (mg/L)	0,18	0,30	0,1	0,02	---
Manganês (mg/L)	0,1	2,05	0,57	0,02	0,04
Níquel (mg/L)	0,025	1,19	0,11	0,06	<0,02

Tabela 4: Análise físico-química do efluente bruto e após o tratamento nas diferentes condições experimentais.

### 3.3 Projeto conceitual de tratabilidade do efluente

A MRDM forneceu os dados do volume da água da cava ao longo do ano de 2020. A partir das informações dimensionou-se a tratabilidade de 200 m<sup>3</sup>/hora do efluente e os seguintes reagentes utilizados:

- 150 ppm Cal a 10% – 30 kg/h de cal;
- 36 ppm PAC a 18% – 40 L/h de PAC;
- 1 ppm de polímero a 0,1% – 200 g/h de polímero.

Em suma o processo se resume em:

1. O ponto de dosagem será localizado a montante da barragem e após o bombeamento do efluente da cava;
2. Serão dosados a cal, PAC e polímero em quantidades definidas;
3. Será utilizado a cal em gel pois não necessita nem preparo;
4. As dosagens serão feitas com intervalo de cerca de 2 metros entre um ponto e outro;
5. Os primeiros 50 metros da canaleta de drenagem serão revestidos com brita calcária, na granulometria de 50 a 76 mm, de forma que a água da cava possa percorrer esse material e se misture com a cal hidratada e o polímero;
6. Espera-se que haja um acúmulo de lodo na canaleta, porém não é relevante, uma vez que este procedimento diminuirá o assoreamento no dique de finos.

Na Figura 2 está apresentado o esquema de tratabilidade e descarte do efluente da cava da MRDM.

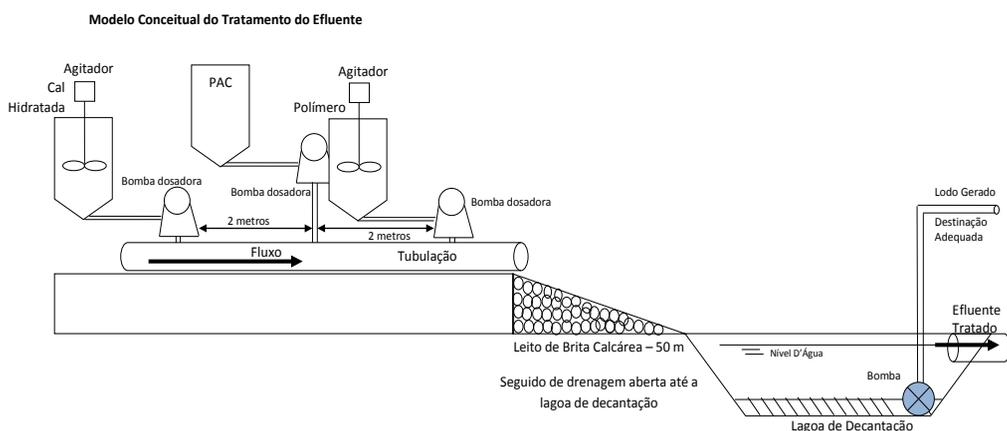


Figura 2: Modelo conceitual do tratamento da água da cava.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados das análises químicas da água da cava, juntamente com a série histórica de dados do efluente, indicaram que o método mais apropriado para o tratamento da água da cava Sul e Norte é a partir da adição de cal hidratada, polímeros e floculantes (PAC).

O modelo conceitual de tratabilidade do efluente da cava da MRDM foi definido e após a dosagem dos reagentes, este efluente irá percorrer um leito de brita calcária (50 a 76 mm) de 50 m, que poderá promover a agitação do efluente e a mistura dos reagentes. Assim, o efluente deverá chegar ao dique de finos em condições para descarte. O tratamento proposto deverá atingir eficiência na redução significativa para metais possibilitando o seu descarte no dique de finos e em seguida no Rio Piranga.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 17.025**: Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. Rio de Janeiro: ABNT. 2017.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 13 abr. 2011.

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/ CERH-MG N° 1, de 05 de Maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 05 mai. 2008.

INAP - International Network for Acid Prevention. **Global Acid Rock Drainage Guide**. Skellefteå, Sweden. 2009.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

### B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

### C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

### D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252

## **E**

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

## **F**

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

## **I**

IoT 2, 27, 28, 29, 33

## **L**

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

## **M**

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

## **N**

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

## **O**

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

## **P**

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

## **Q**

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

## **R**

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

## **S**

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

## **T**

Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

## **V**

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

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



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

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