

organizadores

Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire

Leonardo de Morais Vieira

Maria Uly Eduardo Martins

REJEITOS DE MINÉRIO NO BRASIL

UMA ANÁLISE INTERDISCIPLINAR



organizadores

Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire

Leonardo de Moraes Vieira

Maria Uly Eduardo Martins

REJEITOS DE MINÉRIO NO BRASIL

UMA ANÁLISE INTERDISCIPLINAR

| São Paulo | 2020 |



Copyright © Pimenta Cultural, alguns direitos reservados.

Copyright do texto © 2020 os autores e as autoras.

Copyright da edição © 2020 Pimenta Cultural.

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons: Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional - CC BY-NC (CC BY-NC-ND). Os termos desta licença estão disponíveis em: <<https://creativecommons.org/licenses/>>. Direitos para esta edição cedidos à Pimenta Cultural pela autora para esta obra. O conteúdo publicado é de inteira responsabilidade da autora, não representando a posição oficial da Pimenta Cultural.

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

Doutores e Doutoradas

| | |
|--|---|
| Airton Carlos Batistela <i>Universidade Católica do Paraná, Brasil</i> | Breno de Oliveira Ferreira <i>Universidade Federal do Amazonas, Brasil</i> |
| Alaim Souza Neto <i>Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil</i> | Carla Wanessa Caffagni <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i> |
| Alessandra Regina Müller Germani <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i> | Carlos Adriano Martins <i>Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil</i> |
| Alexandre Antonio Timbane <i>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil</i> | Caroline Chioquetta Lorenset <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> |
| Alexandre Silva Santos Filho <i>Universidade Federal de Goiás, Brasil</i> | Cláudia Samuel Kessler <i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil</i> |
| Aline Daiane Nunes Mascarenhas <i>Universidade Estadual da Bahia, Brasil</i> | Daniel Nascimento e Silva <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> |
| Aline Pires de Moraes <i>Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil</i> | Daniela Susana Segre Guertzenstein <i>Universidade de São Paulo, Brasil</i> |
| Aline Wendpap Nunes de Siqueira <i>Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil</i> | Danielle Aparecida Nascimento dos Santos <i>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil</i> |
| Ana Carolina Machado Ferrari <i>Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil</i> | Delton Aparecido Felipe <i>Universidade Estadual de Maringá, Brasil</i> |
| Andre Luiz Alvarenga de Souza <i>Emill Brunner World University, Estados Unidos</i> | Dorama de Miranda Carvalho <i>Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil</i> |
| Andreza Regina Lopes da Silva <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> | Doris Roncarelli <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> |
| Antonio Henrique Coutelo de Moraes <i>Universidade Católica de Pernambuco, Brasil</i> | Elena Maria Mallmann <i>Universidade Federal de Santa Maria, Brasil</i> |
| Arthur Vianna Ferreira <i>Universidade Católica de São Paulo, Brasil</i> | Emanoel Cesar Pires Assis <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> |
| Bárbara Amaral da Silva <i>Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil</i> | Erika Viviane Costa Vieira <i>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil</i> |
| Beatriz Braga Bezerra <i>Escola Superior de Propaganda e Marketing, Brasil</i> | Everly Pegoraro <i>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil</i> |
| Bernadette Beber <i>Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil</i> | Fábio Santos de Andrade <i>Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil</i> |

- Fauston Negreiros
Universidade Federal do Ceará, Brasil
- Felipe Henrique Monteiro Oliveira
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Fernando Barcellos Razuck
Universidade de Brasília, Brasil
- Francisca de Assiz Carvalho
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
- Gabriela da Cunha Barbosa Saldanha
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Gabrielle da Silva Forster
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Guilherme do Val Toledo Prado
Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Hebert Elias Lobo Sosa
Universidad de Los Andes, Venezuela
- Helciclever Barros da Silva Vitoriano
*Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
Anísio Teixeira, Brasil*
- Helen de Oliveira Faria
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Heloisa Candello
IBM e University of Brighton, Inglaterra
- Heloisa Juncklaus Preis Moraes
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil
- Ismael Montero Fernández,
Universidade Federal de Roraima, Brasil
- Jeronimo Becker Flores
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil
- Jorge Eschriqui Vieira Pinto
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- José Luís Giovanoni Fornos Pontifícia
Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil
- Josué Antunes de Macêdo
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
- Júlia Carolina da Costa Santos
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
- Julia Lourenço Costa
Universidade de São Paulo, Brasil
- Juliana de Oliveira Vicentini
Universidade de São Paulo, Brasil
- Juliana Tiburcio Silveira-Fossaluzza
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Julierme Sebastião Morais Souza
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
- Karlla Christine Araújo Souza
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Laionel Vieira da Silva
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Leandro Fabricio Campelo
Universidade de São Paulo, Brasil
- Leonardo Jose Leite da Rocha Vaz
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
- Leonardo Pinheiro Mozdzenski
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Lidia Oliveira
Universidade de Aveiro, Portugal
- Luan Gomes dos Santos de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Luciano Carlos Mendes Freitas Filho
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
- Lucila Romano Tragtenberg
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil
- Lucimara Rett
Universidade Metodista de São Paulo, Brasil
- Marceli Cherchiglia Aquino
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Marcia Raika Silva Lima
Universidade Federal do Piauí, Brasil
- Marcos Uzel Pereira da Silva
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Marcus Fernando da Silva Praxedes
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil
- Margareth de Souza Freitas Thomopoulos
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
- Maria Angelica Penatti Pipitone
Universidade Estadual de Campinas, Brasil
- Maria Cristina Giorgi
*Centro Federal de Educação Tecnológica
Celso Suckow da Fonseca, Brasil*
- Maria de Fátima Scaffo
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Maria Isabel Imbronito
Universidade de São Paulo, Brasil
- Maria Luzia da Silva Santana
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
- Maria Sandra Montenegro Silva Leão
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil
- Michele Marcelo Silva Bortolai
Universidade de São Paulo, Brasil
- Miguel Rodrigues Netto
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil
- Nara Oliveira Salles
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Neli Maria Mengalli
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil

Patricia Biegung
Universidade de São Paulo, Brasil

Patrícia Helena dos Santos Carneiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Patrícia Oliveira
Universidade de Aveiro, Portugal

Patricia Mara de Carvalho Costa Leite
Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil

Paulo Augusto Tamanini
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Priscilla Stuart da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Radamés Mesquita Rogério
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Ramofly Bicalho Dos Santos
Universidade de Campinas, Brasil

Ramon Taniguchi Piretti Brandao
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Rarielle Rodrigues Lima
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Raul Inácio Busarello
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Renatto Cesar Marcondes
Universidade de São Paulo, Brasil

Ricardo Luiz de Bittencourt
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Rita Oliveira
Universidade de Aveiro, Portugal

Robson Teles Gomes
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Rodiney Marcelo Braga dos Santos
Universidade Federal de Roraima, Brasil

Rodrigo Amancio de Assis
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Rodrigo Sarruge Molina
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Rosane de Fatima Antunes Obregon
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Sebastião Silva Soares
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Simone Alves de Carvalho
Universidade de São Paulo, Brasil

Stela Maris Vaucher Farias
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Tadeu João Ribeiro Baptista
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Tania Micheline Miorando
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Tarcisio Vanzin
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Thiago Barbosa Soares
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Thiago Camargo Iwamoto
Universidade de Brasília, Brasil

Thyana Farias Galvão
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Valdir Lamim Guedes Junior
Universidade de São Paulo, Brasil

Valeska Maria Fortes de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Vanessa Elisabete Raue Rodrigues
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Vania Ribas Ulbricht
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Wagner Corsino Enedino
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Wanderson Souza Rabello
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Washington Sales do Monte
Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Wellington Furtado Ramos
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

PARECERISTAS E REVISORES(AS) POR PARES

Avaliadores e avaliadoras Ad-Hoc

Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Adilson Cristiano Habowski
Universidade La Salle - Canoas, Brasil

Adriana Flavina Neu
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Aguimario Pimentel Silva
Instituto Federal de Alagoas, Brasil

Alessandra Dale Giacomini Terra
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Alessandra Figueiró Thorntom
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Alessandro Pinto Ribeiro
Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil

Alexandre João Appio
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Corso
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Aline Marques Marino
Centro Universitário Salesiano de São Paulo, Brasil

Aline Patrícia Campos de Tolentino Lima
Centro Universitário Moura Lacerda, Brasil

Ana Emidia Sousa Rocha
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Ana Iara Silva Deus
Universidade de Passo Fundo, Brasil

Ana Julia Bonzanini Bernardi
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Ana Rosa Gonçalves De Paula Guimarães
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

André Gobbo
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Andressa Antonio de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Andressa Wiebusch
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Angela Maria Farah
Universidade de São Paulo, Brasil

Anísio Batista Pereira
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Anne Karynne da Silva Barbosa
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Antônia de Jesus Alves dos Santos
Universidade Federal da Bahia, Brasil

Antonio Edson Alves da Silva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Ariane Maria Peronio Maria Fortes
Universidade de Passo Fundo, Brasil

Ary Albuquerque Cavalcanti Junior
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Bianca Gabriely Ferreira Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Bianka de Abreu Severo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Bruna Carolina de Lima Siqueira dos Santos
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

Bruna Donato Reche
Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Bruno Rafael Silva Nogueira Barbosa
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Camila Amaral Pereira
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carlos Eduardo Damian Leite
Universidade de São Paulo, Brasil

Carlos Jordan Lapa Alves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Carolina Fontana da Silva
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Carolina Fragoso Gonçalves
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Cássio Michel dos Santos Camargo
Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Faced, Brasil

Cecília Machado Henriques
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Cíntia Morales Camillo
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Claudia Dourado de Salces
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Cleonice de Fátima Martins
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Cristiane Silva Fontes
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Cristiano das Neves Vilela
Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Daniele Cristine Rodrigues
Universidade de São Paulo, Brasil

Daniella de Jesus Lima
Universidade Tiradentes, Brasil

Dayara Rosa Silva Vieira
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Dayse Rodrigues dos Santos
Universidade Federal de Goiás, Brasil

Dayse Sampaio Lopes Borges
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Deborah Susane Sampaio Sousa Lima
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil

Diego Pizarro
Instituto Federal de Brasília, Brasil

Diogo Luiz Lima Augusto
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil

Ederson Silveira
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Elaine Santana de Souza
*Universidade Estadual do Norte Fluminense
Darcy Ribeiro, Brasil*

Eleonora das Neves Simões
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Elias Theodoro Mateus
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

- Elisiene Borges Leal
Universidade Federal do Piauí, Brasil
- Elizabeth de Paula Pacheco
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
- Eliizânia Sousa do Nascimento
Universidade Federal do Piauí, Brasil
- Elton Simomukay
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
- Elvira Rodrigues de Santana
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Emanuella Silveira Vasconcelos
Universidade Estadual de Roraima, Brasil
- Érika Catarina de Melo Alves
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Everton Boff
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Fabiana Aparecida Vilaça
Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil
- Fabiano Antonio Melo
Universidade Nova de Lisboa, Portugal
- Fabricia Lopes Pinheiro
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Fabício Nascimento da Cruz
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Francisco Geová Goveia Silva Júnior
Universidade Potiguar, Brasil
- Francisco Isaac Dantas de Oliveira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Francisco Jeimes de Oliveira Paiva
Universidade Estadual do Ceará, Brasil
- Gabriella Eldereti Machado
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Gean Breda Queiros
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Germano Ehlert Pollnow
Universidade Federal de Pelotas, Brasil
- Glaucio Martins da Silva Bandeira
Universidade Federal Fluminense, Brasil
- Graciele Martins Lourenço
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Handerson Leylton Costa Damasceno
Universidade Federal da Bahia, Brasil
- Helena Azevedo Paulo de Almeida
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
- Heliton Diego Lau
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
- Hendy Barbosa Santos
Faculdade de Artes do Paraná, Brasil
- Inara Antunes Vieira Willerding
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Ivan Farias Barreto
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
- Jacqueline de Castro Rimá
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Jeane Carla Oliveira de Melo
Universidade Federal do Maranhão, Brasil
- João Eudes Portela de Sousa
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
- João Henriques de Sousa Junior
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Joelson Alves Onofre
Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil
- Juliana da Silva Paiva
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
- Junior César Ferreira de Castro
Universidade Federal de Goiás, Brasil
- Lais Braga Costa
Universidade de Cruz Alta, Brasil
- Leia Mayer Eying
Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Manoel Augusto Polastrelli Barbosa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Marcio Bernardino Sirino
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Marcos dos Reis Batista
Universidade Federal do Pará, Brasil
- Maria Edith Maroca de Avelar Rivelli de Oliveira
Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
- Michele de Oliveira Sampaio
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
- Miriam Leite Farias
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Natália de Borba Pugens
Universidade La Salle, Brasil
- Patricia Flavia Mota
Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
- Raick de Jesus Souza
Fundação Oswaldo Cruz, Brasil
- Railson Pereira Souza
Universidade Federal do Piauí, Brasil
- Rogério Rauber
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Samuel André Pompeo
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
- Simoni Urnau Bonfiglio
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

Tayson Ribeiro Teles
Universidade Federal do Acre, Brasil

Valdemar Valente Júnior
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Wallace da Silva Mello
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil

Wellton da Silva de Fátima
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Weyber Rodrigues de Souza
Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Brasil

Wilder Kleber Fernandes de Santana
Universidade Federal da Paraíba, Brasil

PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Pimenta Cultural, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

| | |
|-----------------------|--|
| Direção editorial | Patricia Biegging Raul Inácio Busarello |
| Diretor de sistemas | Marcelo Eying |
| Diretor de criação | Raul Inácio Busarello |
| Assistente de arte | Elson Morais |
| Editoração eletrônica | Ligia Andrade Machado |
| Imagens da capa | User12627046, Garrykillian - Freepik.com |
| Editora executiva | Patricia Biegging |
| Assistente editorial | Peter Valmorbida |
| Revisão | Os autores e as autoras |
| Organizadores | Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire Leonardo de Morais Vieira Maria Uly Eduardo Martins |

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R381 Rejeitos de minério no Brasil: uma análise interdisciplinar. Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire, Leonardo de Morais Vieira, Maria Uly Eduardo Martins. São Paulo: Pimenta Cultural, 2020. 151p..

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-65-88285-46-6

1. Rejeitos de minério. 2. Interdisciplinaridade. 3. Mineração. 4. Impactos ambientais. 5. Gestão ambiental. I. Freire, Geovana Maria Cartaxo de Arruda. II. Vieira, Leonardo de Morais. III. Martins, Maria Uly Eduardo. IV. Título.

CDU: 622
CDD: 622

DOI: 10.31560/pimentacultural/2020.466



AGRADECIMENTOS

Aos autores que com sua colaboração permitiram a concretização desse projeto.

À Editora Pimenta Cultural pelo espaço para divulgação de nosso trabalho.

SUMÁRIO

Apresentação..... 12

Leonardo de Moraes Vieira

Capítulo 1

**A responsabilização pelas barragens
de minério à luz da legislação pátria
e a construção de uma mineração
responsável e sustentável no Brasil 14**

Marcos Sousa França

Rainier Gomes Pereira da Silva

Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire

Capítulo 2

**A atividade mineradora: uma análise
da legislação internacional vigente
e dos novos usos dado aos rejeitos
de minérios no mundo..... 35**

Ana Carolina Batista do Nascimento

Andréa dos Santos Teixeira

Marcos Sousa França

Capítulo 3

**Impactos ambientais
da atividade de mineração 50**

Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho

Hermínio Sabino de Oliveira Junior

Clara Lúvia Câmara e Silva

Capítulo 4

**Gestão ambiental
da atividade de mineração 76**

*Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho
Hermínio Sabino de Oliveira Junior
Clara Lúvia Câmara e Silva*

Capítulo 5

**Resíduos de mineração e os sistemas
de disposição no Brasil 96**

*Carla Caroline Alves Carvalho
Manoel Mariano Neto da Silva
Maria Uly Eduardo Martins*

Capítulo 6

**Aproveitamento de rejeitos
de mineração: caracterização técnica
e análise sobre a evolução e o futuro
da destinação destes materiais 113**

*Leonardo de Moraes Vieira
Gertrudes de Sousa Regis
Cléscia Naiara Freitas Gomes*

Sobre os(as) organizadores(as) 144

Sobre os autores e as autoras 145

Índice remissivo 149

APRESENTAÇÃO

A atividade mineradora está intimamente ligada ao desenvolvimento do Brasil, do passado aos dias atuais, desenvolvendo papel importante na economia e no montante de importações do país. Entretanto, esta atividade é também geradora de imensa quantidade de resíduos, dentre estes, os rejeitos dispostos em barragens.

Levando em consideração que dentre os resíduos, os rejeitos são os que têm maior capacidade de impacto negativo, por ser a origem de desastre de largas proporções, ocasionando perdas de vidas humanas e sérios danos ambientais, é preciso trazer à tona o que se faz, como se faz e o que deve ser feito com estes materiais.

A fim de explorar a temática dos rejeitos de mineração de maneira crítica e ampla, nosso livro está dividido em seis capítulos que tratam, *grosso modo*, sobre a legislação da atividade mineradora, sobre metodologias de identificação e gerenciamento dos impactos ambientais ligados a esta atividade e sobre a caracterização e reutilização dos rejeitos no Brasil.

No primeiro capítulo, trata-se sobre a legislação que rege a atividade mineradora no Brasil. No segundo capítulo, trata-se da legislação desta atividade em âmbito internacional, para que haja uma análise comparativa sobre o que é feito em nosso país, de acordo com a existência ou não de políticas internacionais.

No capítulo três, adentra-se na questão da aplicação metodológica de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) para interpretação da atividade mineradora, tendo em vista que a AIA é instrumento para a regularização de atividades potencialmente poluidoras. No capítulo quatro, apresentam-se as diretrizes de gestão

ambiental, tomando como ponto norteador o fato de que, para que a atividade mineradora seja considerada viável ambientalmente, devem ser controlados e prevenidos os impactos inerentes a esta atividade.

No capítulo cinco, discorre-se sobre a caracterização da mineração e de seus resíduos, sendo, ainda, tratado sobre o sistema de disposição destes no Brasil. No capítulo seis, é feita uma revisão bibliográfica sobre como os rejeitos são atualmente aproveitados no Brasil, além da revisão técnica sobre as caracterizações dos rejeitos; além disso, espera-se que, a partir da leitura deste capítulo, pesquisadores possam ter em mãos uma ferramenta que norteie pesquisas futuras sobre aproveitamento dos rejeitos da atividade mineradora.

Tomando como base o percurso teórico-metodológico exposto ao longo deste livro, esperamos que leitores que tenham interesse específico na área de mineração encontrem aqui não somente textos que possam auxiliá-lo na compreensão desta atividade, mas também um convite para a reflexão crítica sobre o que é feito e o que deveria ser feito para melhorar as mais diversas nuances que permeiam o fazer da atividade mineradora no Brasil.

Leonardo de Moraes Vieira

1

MARCOS SOUSA FRANÇA
RAINIER GOMES PEREIRA DA SILVA
GEOVANA MARIA CARTAXO DE ARRUDA FREIRE

A RESPONSABILIZAÇÃO PELAS BARRAGENS DE MINÉRIO À LUZ DA LEGISLAÇÃO PÁTRIA E A CONSTRUÇÃO DE UMA MINERAÇÃO RESPONSÁVEL E SUSTENTÁVEL NO BRASIL

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.14-34



Resumo:

A atividade mineradora possui profunda ligação com o desenvolvimento do Brasil ao longo de toda a história. A mineração demanda construções de barragens que armazenam os rejeitos resultantes da atividade, o que ocasiona diversos impactos socioambientais. Sua regulação está disciplinada na Lei nº 12.334/2010 - Política Nacional de Segurança de Barragens, que se mostrou ineficiente diante dos desastres ocorridos em 2015, em Mariana, e em 2019, em Brumadinho, ambos no estado de Minas Gerais. Assim, necessário se faz analisar a legislação brasileira no tocante ao Direito Ambiental e a responsabilização dos empreendedores envolvidos na atividade. Por fim, importante pontuar as novas perspectivas que se desenham na legislação nacional para a efetivação da atividade mineradora sustentável e responsável no país.

Palavras-chave:

Atividade Mineradora; Impactos; Legislação; Novas perspectivas.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os desastres ocorridos em Brumadinho e Mariana (municípios situados em Minas Gerais) revelam uma face triste da negligência brasileira em diversas áreas estruturais básicas do país.

Inicialmente, cumpre destacar que a história brasileira possui grande relação com a atividade mineradora, principal atividade para a construção de barragens de resíduos no país, além disso, o país possui uma legislação atual e que traz como algo basilar a segurança nas barragens, desde o planejamento de criação até a sua desinstalação.

Nesse sentido, passaremos a análise desse contexto histórico e de suas repercussões nas searas socioambientais, além da análise do disposto na legislação pátria, principalmente no que se refere a Lei de Segurança de Barragens e nas resoluções dos órgãos competentes.

BREVE HISTÓRICO DA MINERAÇÃO NO BRASIL

A mineração constitui uma atividade muito importante para o desenvolvimento humano, e, antes de adentrar no histórico desta atividade no país, faz-se necessário definir o período que será brevemente analisado. Deste modo, abordaremos desde o período da colonização, excluindo as atividades mineradoras desenvolvidas pelos habitantes originários da terra, chegando até os dias de hoje.

Inicialmente, a mineração no Brasil foi praticada em escala muito reduzida, pois as necessidades dos produtos de origem mineral eram bastante incipientes em comparação aos dias atuais. Utilizava-se de técnicas rudimentares, sendo os principais produtos demandados: argila, areia e cascalho - os quais eram

destinados à construção civil. O principal local de extração eram os aluviões, que são depósitos de sedimentos nas costas ou praias, nas embocaduras ou margens dos rios, decorrentes de erosão em época geológica recente (GERMANY, 2002, pag. 06).

Os primeiros garimpos foram realizados em São Paulo, no Vale da Ribeira, e daí os bandeirantes paulistas espalharam-se depois por Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Relata-se que com a descoberta de ouro na região de Minas Gerais, realizadas por paulistas, entre 1693 e 1695, aconteceu uma migração em massa para a exploração desse minério na região. E para além dele, também foi descoberta a existência de diamante nessa e em outras regiões, como Bahia, Goiás e Mato Grosso (FIGUEIRÔA, 1994, pag. 02-03).

Nesse primeiro momento, os métodos de extração eram bastante rudimentares, por exemplo, eram retirados os materiais desagregados de afloramentos rochosos com cunhas ou cortados com ponteiros e marretas, e, quando necessário, perfurados e detonados com pólvoras caseiras (GERMANY, 2002, pag. 06). Por conta disso, vários textos da época alertavam para a necessidade de modernização das técnicas empregadas, requerendo que a ciência fosse empregada na atividade e corrigisse uma situação precária que “saltava aos olhos da razão”, tendo, até mesmo o príncipe regente, Dom João, ordenado a impressão de dois tratados de mineração e enviado, em 1790, três estudantes formados em Coimbra para adquirirem conhecimentos nos principais centros científicos e de mineração pela Europa, a fim de adquirirem novas técnicas que pudessem ser empregados no território português (FIGUEIRÔA, 1994, pag. 07).

Seguindo adiante na linha do tempo, mais precisamente ao longo do século XIX e século XX, tem-se que foram criadas várias minas e áreas de exploração por diferentes empresas tanto estrangeiras, quanto nacionais, em diferentes regiões do país, por exemplo, a *US Steel Co.* em Conselheiro Lafaiete (MG) que extraía manganês, e a

Companhia Siderúrgica Nacional – CSN - com operações de extração de carvão mineral em Siderópolis (SC).

Já no fim do século XX e início do século XXI, o Brasil passou a privatizar as empresas estatais sob o paradigma da economia neoliberal. Nesse ínterim, foram privatizadas duas gigantes no ramo da mineração, a saber, a Companhia Siderúrgica Nacional – CSN- em abril de 1993 e a Companhia Vale do Rio Doce em maio de 1997, que passou a se chamar Vale S.A. Deixando de mencionar as críticas que a privatização dessas empresas gerou, é importante dizer que ambas se encontram entre as maiores empresas do ramo no mundo inteiro.

Desde o século XIX, essas empresas, em contraste com o período anterior, já possuíam métodos de extração mais avançados, o que é positivo para o aumento da produtividade e da vida útil das minas, mas também acarretam grandes impactos sociais e ambientais (GERMANY, 2002, pag. 07).

Além dos impactos socioambientais imediatos da construção das usinas, como o aumento da poluição do ar e contaminação das águas, e da construção da infraestrutura para minerar, que perfura o solo e causa grande impacto visual, por exemplo, há também os riscos que esse tipo de atividade possui. Infelizmente, nos anos de 2015 e 2019, aconteceram dois grandes acidentes que abalaram a vida de milhares de pessoas, e prejudicaram fortemente a imagem da empresa Vale, os quais aconteceram, respectivamente, em Mariana (MG) e Brumadinho (MG). Esses acidentes foram considerados dois grandes desastres ambientais, e demonstraram que a fiscalização das barragens de minérios e a legislação vigente na época não eram suficientes para proteger o meio ambiente e as pessoas.

Diante desse contexto, será analisado no próximo tópico, quais são os principais impactos sociais e ambientais causados pela atividade de mineração.

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NEGATIVOS

É importante destacar que a extração dos recursos minerais presentes no Brasil é uma grande fonte de riqueza, uma vez que o solo brasileiro detém enorme patrimônio mineral. Portanto, embora com grandes impactos, como veremos a seguir, não seria inteligente dispensar essa fonte de geração de riquezas para o país. No entanto, as externalidades são muito comuns na atividade mineradora, tendo em vista o processo de desapropriação da população e desmatamento de grandes áreas, necessário a atividade, ou seja, a construção de barragens para os rejeitos do minério gera impactos sociais e ambientais (COSTA, 2015, pag. 88).

Segundo a Constituição Federal de 1988, os recursos minerais são bens da União, e cabe privativamente a União legislar sobre jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia, o que resulta numa extensão legislação ambiental a ser seguida como condicionante da atividade, com fito de impedir uma ação irresponsável.

Conforme preceitua Talden Farias, professor Universidade Federal da Paraíba:

De fato, são inúmeros os casos em que as catástrofes ambientais têm uma recuperação difícil e lenta ou que até não têm reparação, de modo que os seus efeitos acabam sendo sentidos principalmente pelas gerações futuras. O problema desse tipo de riscos é que os danos causados são de difícil ou mesmo de impossível recuperação, e a única forma de proteger efetivamente o patrimônio ambiental é evitando que tais danos ocorram.

Assim, princípio da prevenção constitui, portanto, um dos mais importantes na avaliação de impactos das barragens, visto que os danos pós atividade se revestem de irreversibilidade em grande parte dos casos.

O impacto causado pela atividade mineradora se encontra desde a lavra do minério até o transporte, e, às vezes, até depois do encerramento das atividades da mina. Destaca-se, também, a profunda alteração no meio físico em que se dá a mineração, como desmatamentos, erosão, contaminação dos rios e lençóis freáticos, aumento da dispersão de metais pesados, alterações da paisagem, do solo, além de comprometer a fauna e a flora.

Além da alteração no ambiente natural, possui impactos, também, no ambiente antrópico, como as conseqüentes mudanças na qualidade de vida e modo de viver da população que se encontra próxima às áreas em que são desenvolvidas as atividades mineradoras (MCTIC, 2014, pag. 16).

Como exemplo desses impactos negativos, há vários casos de minas abandonadas, datadas de centenas de anos, e que até hoje são fontes de poluição; depois do desastre ocorrido em Brumadinho, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM- detectou cerca de 400 minas abandonadas ou desativadas no estado de Minas Gerais (CORREIO BRAZILIENSE, 2019), e, além disso, podemos mencionar que há estimativas de que existam mais de mil bocas de minas de extração de carvão mineral antigas abandonadas na Bacia Carbonífera Sulcatarinense, com cerca de 50 a 80 anos (MCTIC, 2014, pag. 16). A esses exemplos de impactos ambientais negativos, que não são localizados e tratados, dá-se o nome de passivos ambientais.

Esses exemplos demonstram que mesmo após o encerramento das atividades, permanecem os impactos no meio.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A introdução no Brasil da temática de Segurança de Barragens ocorreu com a promulgação da Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, incumbindo a diversos órgãos a execução do disposto na legislação, como, por exemplo, a Agência Nacional de Águas – ANA, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA- e a Agência Nacional de Mineração – ANM (NEVES, 2018, pag. 06).

Passaremos a analisar o disposto na Lei de Segurança de Barragens, principalmente no tocante aos Planos de Segurança da Barragem; ao Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens – SNISB - e sobre as responsabilidades nesses empreendimentos. Assim, importante uma análise inicial da Lei de Segurança de Barragens para analisar seus instrumentos, destacando as resoluções dos órgãos competentes.

NOÇÕES GERAIS

Precipuamente, a Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, ao instituir a Política Nacional de Segurança de Barragens - PNSB estabelece sua destinação e seus conceitos básicos.

Nesse sentido, oportuno destacar que tal legislação se refere às barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais (Art. 1º). Nesse ponto, é interesse destacar o que se refere à disposição final ou temporária de rejeitos, o que nos interessa no presente trabalho.

A PNSB conceitua barragem como qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas e segurança de barragem como condição que vise a manter a sua integridade estrutural e operacional e a preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente. Além disso, a Política traz o conceito de gestão de riscos que seriam as ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos envolvendo essas barragens (Art. 2º).

Importante frisar que a Política Nacional de Segurança de Barragens trata das diversas barragens no país, porém iremos analisar mais propriamente o que se refere às barragens advindas da atividade mineradora.

A Política traz como objetivos garantir a observância de padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidente e suas consequências, além de regulamentar as ações de segurança a serem adotadas nas fases de planejamento, projeto, construção, primeiro enchimento e primeiro vertimento, operação, desativação e de usos futuros de barragens em todo o território nacional, ou seja, trata de todas as fases desde o planejamento para implementação de uma barragem até a sua desativação, objetivando também o fomento a cultura de segurança de barragens e gestão de riscos (Art. 3º).

Uma das importantes novidades trazida pela Lei nº 12.334/2010 diz respeito ao controle da sociedade por meio da informação da população e a promoção de mecanismos de participação e controle social. Além disso, um dos seus principais fundamentos para a segurança das barragens diz respeito a sua sustentabilidade e ao alcance de seus potenciais efeitos sociais e ambientais, além da responsabilização do empreendedor, que é visto como o responsável

legal pela segurança da barragem, cabendo-lhe o desenvolvimento de ações para garanti-la (Ar. 5º).

Alguns importantes instrumentos da Política referem-se ao sistema de classificação de barragens por categoria de risco e por dano potencial associado onde as barragens serão classificadas em todo o país pelo seu volume e pelo dano potencial associado (potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem), com base em critérios gerais estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (Art. 7). Por isso, faz-se necessário um estudo sobre esses impactos socioambientais.

Alguns outros instrumentos merecem uma análise mais aprofundada, tendo em vista que possui uma grande relevância para a garantia do objetivo principal desta política, a segurança das barragens. Por isso, sua repercussão se dá de maneira mais abrangente, como é o caso dos Planos de Segurança de Barragem - PSB, do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB- e da responsabilidade do empreendedor.

PLANOS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

O Plano de Segurança de Barragem – PSB- deve compreender as informações fundamentais para dar suporte à fiscalização e responsabilização por eventual dano, como a identificação do empreendedor e os dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem. Além da estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da

barragem e dos manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem.

Um ponto importante refere-se ao Plano de Ação de Emergência – PAE - que estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência (Art. 12). O PAE poderá ser exigido em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para a barragem classificada como de dano potencial associado alto (Art. 11).

Segundo a Política Nacional, deverá ser realizada Revisão Periódica de Segurança de Barragem com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem. Tal revisão deve indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança da barragem (Art. 10).

No dia 2 de abril de 2012 a Agência Nacional das Águas – ANA publicou a Resolução nº 91/2012, que estabelece a periodicidade de atualização, a qualificação do responsável técnico, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem e da Revisão Periódica de Segurança da Barragem. Essa Revisão tem por objetivo verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem (Art. 11).

Nesse sentido, o Plano de Segurança da Barragem deverá ser elaborado até o início da operação da barragem (Art. 7). Além disso, a Resolução da ANA traz pontos importantes para a implementação dos Planos de Segurança de Barragens, tais como a ações a serem adotadas pelo Empreendedor para a manutenção da segurança (Art.

12); a periodicidade mínima da Revisão em função da Categoria de Risco e Dano Potencial da barragem (Art. 14); e a qualificação da equipe técnica responsável pela Revisão (Art. 15).

Por fim, quanto aos Planos de Segurança de Barragem – PSB- importante destacar a Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017, do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, que cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração.

O PSB deverá ser elaborado até o início do primeiro enchimento da barragem, devendo estar disponível em formato físico ou eletrônico (Art. 11). A sua Revisão deverá indicar as ações a serem adotadas pelo empreendedor para a manutenção da segurança (Art. 13). A portaria ainda dispõe sobre a Inspeção de Segurança Regular – ISR - de Barragem que deve ser realizada pelo empreendedor (Art. 16), com o preenchimento da Ficha de Inspeção Regular - FIR (Art. 19) e do Relatório de Inspeção de Segurança Regular – RISR (Art. 21).

FISCALIZAÇÃO

A fiscalização das barragens de rejeitos de mineração era feita pelo extinto Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, que foi gestor do patrimônio mineral no país desde 1934, cabendo atualmente a Agência Nacional de Mineração – ANM, órgão recém-criado em 2018. A ANM é a responsável pela fiscalização de todos

os empreendimentos de pesquisa e lavra para aproveitamento mineral do país, incluindo as barragens de rejeitos operadas por cada mineradora (ANM). Assim, a regra imposta pela Lei de Segurança de Barragens é que o órgão que outorgou os direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos concedeu é o órgão responsável pela fiscalização, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA (Art. 5º).

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A PNSB instituiu o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB- para registro informatizado das condições de segurança de barragens em todo o território nacional. O SNISB compreenderá um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de suas informações, devendo contemplar barragens em construção, em operação e desativadas (Ar. 13). São princípios básicos para o funcionamento do SNISB: a descentralização da obtenção e produção de dados e informações; a coordenação unificada do sistema; e o acesso a dados e informações garantido a toda a sociedade (Ar. 14).

A Agência Nacional de Águas – ANA- é a gestora e fiscalizadora do Sistema de Informação, tendo apoio de outros responsáveis diretos pelas informações do SNISB são, tais como os órgãos fiscalizadores e os empreendedores. Ou seja, compete à ANA a organização, implantação e gestão o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB, devendo promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores de barragens e os órgãos estaduais de meio ambiente. Além disso, o SNISB deverá

trabalhar de forma integrada, a partir da troca de informações, no que couber, com o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente - SINIMA; o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental; o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais; o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e demais sistemas relacionados com segurança de barragens (ANA, Curso Segurança de Barragens).

A disponibilização de tais informações garante a implementação de alguns dos fundamentos constante da PNSB em seu artigo 4º que se referem a participação popular quando dispõe que a população deve ser informada e estimulada a participar, direta ou indiretamente, das ações preventivas e emergenciais e que devem ser promovidos mecanismos de participação e controle social (MACHADO, p. 595, 2013).

Importante destacar algumas inovações trazidas pela Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017, do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, já tratada acima no aspecto dos Planos de Segurança de Barragens, principalmente relacionado a criação do Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e do Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração, além da manutenção de fiscalização das barragens.

Um dos principais pontos refere-se à necessidade de detalhamento do empreendedor do mapa de inundação, ou seja, um estudo de inundação após um possível rompimento, compreendendo a delimitação geográfica georreferenciada das áreas potencialmente afetadas por uma eventual ruptura da Barragem e seus possíveis cenários associados, que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por esta situação (Art. 2).

Nesse sentido, o empreendedor é obrigado a cadastrar todas as barragens de mineração em construção, em operação e desativadas sob sua responsabilidade no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração – SIGBM, integrando o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (Art. 3). Da mesma forma, o empreendedor é obrigado a elaborar o mapa de inundação para auxílio na classificação referente ao Dano Potencial Associado (DPA) de todas as suas barragens de mineração (Art. 6). Além de ser obrigado a implementar sistema de monitoramento de segurança de barragem (Ar. 7).

OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADE DO EMPREENDEDOR

A PNSB traz ainda as obrigações do empreendedor de prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem; manter serviço especializado em segurança de barragem, conforme estabelecido no Plano de Segurança da Barragem; providenciar a elaboração e a atualização do Plano de Segurança da Barragem; realizar as inspeções de segurança; elaborar as revisões periódicas de segurança; elaborar o PAE, quando exigido; cadastrar e manter atualizadas as informações relativas à barragem no SNISB, entre outras (Art. 17). A barragem que não atender aos requisitos de segurança nos termos da legislação pertinente deverá ser recuperada ou desativada pelo seu empreendedor. A recuperação ou a desativação da barragem deverá ser objeto de projeto específico (Art. 18).

No tocante as obrigações do empreendedor importante destacar o pensamento do renomado ambientalista Paulo Afonso Leme Machado (2013, p. 598) que faz algumas críticas à liberdade dado ao empreendedor de se autofiscalizar:

Procura-se valorizar a segurança das barragens e a lei aponta que deve ser fomentada “a cultura da segurança”. Contudo, é incomum e causa perplexidade dar-se tanto poder ao empreendedor de se autofiscalizar, pois é ele que vai realizar as inspeções de segurança e elaborar as revisões periódicas de segurança (art. 17, VIII e IX). Assim, as partes da lei que dizem que os órgãos públicos indicarão comportamentos do empreendedor cairão no vazio, o que contraria frontalmente a obrigação constitucional do Poder Público de controlar o risco (art. 225, § 1º, V. da CF).

Quanto às responsabilidades, segundo a PNSB, cabe ao empreendedor à responsabilidade legal pelo desenvolvimento de ações para garantir a Segurança da Barragem (art. 4). Nesse sentido, a Política de Segurança de Barragens confere ao empreendedor e aos responsáveis técnicos por ele escolhidos a responsabilidade por desenvolver e implementar o Plano de Segurança da Barragem, com as metodologias e os procedimentos adequados a garantir as condições de segurança necessárias. Uma vez que são responsáveis por todas as fases desde o planejamento e projeto, a construção e o primeiro enchimento, a operação e a desativação da barragem (ANA, 2016, p. 10).

Nesse mesmo sentido importante destacar a Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019, da Agência Nacional de Mineração – ANM, que estabelece que o empreendedor é o responsável pelas barragens de mineração inseridas na PNSB, independentemente do método construtivo adotado (Art. 3), sendo de responsabilidade do empreendedor a definição da tecnologia, dos instrumentos e dos processos de monitoramento da barragem, visando sua interligação com o Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração - SIGBM da ANM (Art. 14).

Nesse sentido, compreende-se uma responsabilidade objetiva do empreendedor destas atividades, uma vez que ao executarem suas atividades assumem o perigo por dano ao meio

ambiente. Importante destacar a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei nº 6.938/1981), que dispõe no seu artigo 14, § 1º, que a responsabilidade pelo dano ambiental é objetiva, fundamentando-se na teoria do risco integral (SILVA, 2014, pag. 32). Isto significa que não é discutida a culpa do agente, pois o fato de desenvolver uma atividade de risco ao meio ambiente e a terceiros, mesmo que legalmente, já consagra a responsabilidade do agente poluidor. Complementando esse pensamento é fundamental destacar o artigo 927 do Código Civil Brasileiro de 2002 que traz a obrigação de reparar o dano, independentemente de culpa, nos casos especificados em lei, ou quando a atividade normalmente desenvolvida pelo autor do dano implicar, por sua natureza, risco para os direitos de outrem. Assim, aquele que polui e causa dano ambiental, poderá responder na escala administrativa e concomitantemente, nos âmbitos civil e penal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os desastres ocorridos no estado de Minas Gerais nas cidades de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) a questão da situação das barragens no país ficou em voga. A criação da Agência Nacional de Mineração em 2018 após o desastre de Mariana foi importante para o estabelecimento de novas medidas a serem adotadas por barragens em todo país. Merece destaque a Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019, da ANM, publicada somente após o desastre de Brumadinho, que estabeleceu a proibição da utilização do método de alteamento de barragens de mineração denominado “a montante” em todo o território nacional (Art. 2). Tal método de alteamento é construído degraus com o próprio material de rejeito, ou seja, a barragem vai sendo elevada conforme vai aumentando o volume dos rejeitos, este era o método usado em Brumadinho que resultou no maior desastre ambiental e humano envolvendo barragens de minério no país.

A Resolução também se preocupa com a comunicação do empreendimento com a população em caso de desastre, devendo os empreendimentos com maior risco, conforme Portaria DNPM nº 70.389, contar com sistemas automatizados de acionamento de sirenes instaladas fora da mancha de inundação, instalados em lugar seguro e dotados de modo contra falhas em caso de rompimento da estrutura, complementando os sistemas de acionamento manual e remoto (Art. 7). A ausência de comunicação adequada foi bastante criticada nos dois desastres de Minas Gerais, cuidado que poderia ter salvado várias vidas ao longo da inundação.

Com a entrada em vigor da Resolução as barragens de mineração alteadas pelo método a montante ou desconhecido que estejam em operação poderão permanecer ativas até 15 de setembro de 2021 (Art. 9).

Por outro lado, diversos Projetos de Lei – PL- foram protocolados na Câmara dos Deputados e no Senado Federal visando alterar a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. No Senado, um exemplo é o Projeto de Lei nº 3913, de 2019, que visa proibir o licenciamento ambiental de barragens de rejeitos e de barragens de resíduos industriais novas, além de instituir a Taxa de Fiscalização de Segurança de Barragens de Rejeitos para garantir amplo funcionamento da ANM para efetuar as fiscalizações necessárias e instituir expressamente a responsabilidade objetiva do empreendedor. Já na Câmara dos Deputados diversos projetos visam proibir a utilização do método de alteamento a montante e a definição de procedimentos emergenciais a serem adotados em caso de acidente ou desastre, além da instauração da Comissão Parlamentar de Inquérito – CPI – em 2019, sobre os desastres.

Algumas das principais tendências da mineração para os próximos anos são pautadas na sustentabilidade, segundo um estudo do Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM. Assim, essas ações pautadas na melhoria ambiental, reaproveitamento dos rejeitos e

garantia dos direitos humanos as populações afetadas pelas barragens são um grande passo para a transformação dessa atividade em um processo sustentável (IBRAM 2012, pag. 55).

O possível fim das barragens de Minério no país é um importante instrumento para a efetivação de uma atividade mineradora sustentável, levando em consideração os impactos socioambientais, como ocorre em diversos lugares do mundo, onde os rejeitos são sólidos e é possível o reflorestamento sobre a barragem totalmente preenchida. Assim, muito ainda se precisa pensar e agir no país na garantia de uma atividade mineradora sustentável e responsável.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Curso *Segurança de Barragens*. Módulo I – Barragens: Aspectos Legais, Técnicos e Socioambientais. Unidade 1: Diretrizes, Legislação e Regulamentação. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/110/2/Unidade_1-modulo1.pdf. Acesso em: 20. Mar. 2020.

_____. *Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem*. 3º v. Brasília, 2016. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/cadastros/barragens/ManualEmpreendedor/GuiaRevisaoPeriodicaSegurancaBarragem.PDF>. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. *Resolução nº 91, de 02 de abril de 2012*. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2012/91-2012.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO - ANM. *Perguntas e Respostas sobre Barragens de Mineração e o caso de Brumadinho*. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/assuntos/barragens/perguntas-e-respostas-sobre-barragens-de-mineracao-e-o-caso-de-brumadinho>. Acesso em: 21 mar. 2020.

_____. *Resolução nº 4, de 15 de fevereiro de 2019*. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/63799094/do1-2019-02-18-resolucao-n-4-de-15-de-fevereiro-de-2019-63799056. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. *Resolução nº 13, de 8 de agosto de 2019*. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-13-de-8-de-agosto-de-2019-210037027>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. *Código Civil de 2002*. Lei nº 10.406/2002 de 10 de janeiro de 2002. Brasília, DF, Senado Federal, 2002.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Lei de Política Nacional do Meio Ambiente*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. *Lei da Política Nacional de Segurança de Barragens*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 20 mar. 2020.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. *Oito Projetos de Lei Propõem Alterações na Política de Segurança de Barragens*. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/551328-oito-projetos-de-lei-propoe-alteracoes-na-politica-de-seguranca-de-barragens/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

CORREIO BRAZILIENSE. *MG tem 400 minas abandonadas ou desativadas; especialistas falam em bomba-relógio*. Brasília: Diários Associados (DA), 2019 - Diário. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/02/11/interna-brasil,736713/mg-tem-400-minas-abandonadas-ou-desativadas-especialistas-bomba.shtml>. Acesso em: 21 mar. 2020.

COSTA, Ana Cláudia Cunha. *Regulação do setor minerário: uma abordagem histórica e análise dos aspectos jurídicos e econômicos a serem considerados em uma proposta de reforma*. Trabalho de Conclusão do Curso (graduação). Graduação em Direito - Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17101/ANA%20CL%C3%81UDIA%20CUNHA%20COSTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 mar. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. *Portaria nº 70.389, de 17 de Maio de 2017*. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/documentos/portaria-dnpm-n-70389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens/view>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FARIAS, Talden. *Política Nacional de Segurança de Barragens*. *Revista Consultor Jurídico*. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-fev-09/talden-farias-politica-nacional-seguranca-barragens>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FIGUEIRÔA, Sílvia Fernanda de Mendonça. Mineração no Brasil: aspectos técnico-científicos de sua história na Colônia e no Império (sécs. XVIII e XIX). *América Latina em la Historia Económica*, México, v. 1, p. 41-55, 1994.

GERMANY, Darcy José. *A Mineração no Brasil*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020.

Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM. *Mineração e economia verde*. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002708.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2020.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro*. 21. Ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - MCTIC. *Recursos Minerais e Comunidade: Impactos humanos, socioambientais, econômicos*. Rio de Janeiro: 2014.

NEVES, Luiz Paniago. *Segurança de Barragens – Legislação federal brasileira em segurança de barragens comentada*. Brasília, 2018.

SENADO FEDERAL. *Projeto de Lei nº 3913, de 2019*. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7975763&ts=1571777119441&disposition=inline>. Acesso em: 21 mar, 2020. Texto original.

SILVA, F. M. P.; VIEIRA, E. G. Responsabilidade Civil por Dano Ambiental: Discussões Acerca das Teorias do Risco Criado e do Risco Integral. *Fórum de Direito Urbano e Ambiental*. V. 01, p. 103-129, 2014.

2

ANA CAROLINA BATISTA DO NASCIMENTO
ANDRÉA DOS SANTOS TEIXEIRA
MARCOS SOUSA FRANÇA

A ATIVIDADE MINERADORA: UMA ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL VIGENTE E DOS NOVOS USOS DADO AOS REJEITOS DE MINÉRIOS NO MUNDO

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.35-49



Resumo:

Os impactos ambientais no planeta criaram novos paradigmas, de modo que é possível observar uma nova economia circular. Nesta última, rejeitos e resíduos tornam-se parte integrante do processo produtivo, passíveis de reutilização. Estima-se pouco mais de 56 mil barragens no mundo. A maior parte se encontra na China, após, tem-se os Estados Unidos, Japão, e Brasil. A China possui destaque por inovar no aproveitamento de rejeitos e resíduos. Tais inovações passaram a ser buscadas por outros países. Entretanto, apesar da importância, poucos são os instrumentos internacionais que versam sobre essa questão. Deste modo iremos realizar no presente capítulo um estudo sobre o uso de rejeitos em âmbito internacional, analisando seu uso e a atuação da legislação internacional.

Palavras-chave:

Atividade Mineradora; Direito Internacional; Novas perspectivas.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Brasil é um dos países com uma das maiores quantidades de barragens no mundo. Segundo o Instituto Tecnológico do Vale - ITV, existem um pouco mais de 56 mil barragens no planeta, sendo a maior parte na China, seguido dos Estados Unidos, Índia, Japão e depois o Brasil com mais de 1400 barragens.

As mineradoras utilizam as barragens que são estruturas para depositar os rejeitos de processos industriais, no caso da mineração são os materiais sem valor no mercado. Esses rejeitos contaminam a água e o solo por conterem metais tóxicos, como arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr) e mercúrio (Hg), (MUNIZ; OLIVEIRA FILHO, 2006). O método mais comum de construção de uma barragem é o chamado “alçamento a montante”, onde a altura das encostas das barragens vai aumentando à medida que aumenta a quantidade do material depositado, e todo esse processo deve ter manutenção e fiscalização das autoridades responsáveis. Diante desse cenário o Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM – estima que ocorra ao menos um desastre envolvendo barragens de minério ao ano em todo o mundo (IBRAM, 2016, pág. 25).

No Brasil existem leis e normas tanto no âmbito estadual como federal sobre a gestão e segurança dessas estruturas de armazenamento, o principal texto normativo na área é a Lei nº 12.334/2010 que trata da Política Nacional de Segurança de Barragens, ficando a fiscalização das barragens de minério por conta da Agência Nacional de Mineração - ANM, criada em 2018 após o desastre de Mariana. No entanto, a nossa legislação ainda é muito incipiente no tocante a sustentabilidade das barragens de minério no país.

Por outro lado, a China se destaca por inovar na reutilização desses resíduos, implantando o modelo de economia circular, dando

um reaproveitamento aos rejeitos advindos da mineração. Nessa perspectiva, as técnicas usadas na China para esse reaproveitamento vêm servindo de modelo e de base para novas pesquisas. Por isso surgiram Projetos de Lei – PL- com novas propostas de uso, como a reutilização dos resíduos de minérios para a construção civil, usando esse material para a fabricação de tijolos, cerâmicas, telhas, um exemplo é o PL nº 1496/2019 do Senado Federal.

Entretanto, diante dos últimos desastres ocorridos nas cidades de Mariana e Brumadinho, ambas no estado de Minas Gerais, que resultaram na morte de centenas de pessoas e em um prejuízo ambiental incalculável, aumentaram as preocupações tanto dos governantes quanto da própria sociedade civil sobre tal problemática, visto que ficou claro a falta de segurança que essas estruturas oferecem para a população que vive em seu entorno, ficando caracterizada a falta de alternativas sustentáveis ao problema.

Assim, passaremos à análise da legislação referente às barragens de minério, tanto na seara nacional, quanto a legislação internacional vigente.

OS REJEITOS DE MINÉRIOS EM UM CONTEXTO MUNDIAL

Em várias partes do mundo há uma grande produção de rejeitos minerais decorrentes da atividade mineradora que possuem um grande valor para economia dos países. No objetivo de conter e armazenar esses rejeitos são criadas as barragens.

De acordo com o Instituto Tecnológico Vale – ITV- essas estruturas podem ser feitas de concreto e outros materiais como terra, além do próprio rejeito advindo da mineração, e são construídas

para armazenar os resíduos dos processos industriais de mineração, quando tais rejeitos são separados da matéria com valor econômico. Por funcionarem como barreiras, elas precisam ser planejadas de forma que não haja um acúmulo que permita o rompimento dessas barragens que causam desastres ambientais com perdas incalculáveis.

Nos últimos anos, ocorreram alguns desastres que causaram um grande impacto em seus respectivos países, entre eles o rompimento em 2015 da barragem conhecida como “Fundão” situada na cidade de Mariana, no Brasil, em que foram derramados 62 milhões de metros cúbicos de lama, como afirma o pesquisador Marcos Freitas, do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais em reportagem ao jornal O Globo. Um ano antes, houve também o rompimento do reservatório de rejeitos tóxicos de cobre e ouro da mina de Mount Polley localizada no Canadá. E em 2016 houve a falha na barragem de da mineradora Luoyang Xiangjian Wanji que inundou duas vilas na China. (GUEDES; SCHNEIDER, 2017)

Dentro dos países citados, a China vem se destacando ao inovar na criação de destinos adequados dos rejeitos de minérios, ao desenvolver o conceito de economia circular. Este novo modelo, ao invés de simplesmente retirar, transformar e depositar a matéria, também pensa na reutilização desses resíduos, criando estratégias com governos e empresas que dão um destino ao material, como é o caso do uso desses rejeitos para a reutilização na construção civil.

O Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2012, pág. 55) apontou em um de seus estudos as principais tendências internacionais pautadas pela sustentabilidade da indústria mineral:

- implementar e manter práticas comerciais éticas e sistemas íntegros de governança corporativa;
- **integrar as considerações sobre o desenvolvimento sustentável ao processo de tomada de decisões corporativas;**

- contribuir para a conservação da biodiversidade e das abordagens integradas ao planejamento do uso do território;
- facilitar e incentivar o desenvolvimento, a utilização, a reutilização, a reciclagem e o descarte de produtos de maneira responsável;
- contribuir para o desenvolvimento social, econômico e institucional das comunidades onde as atividades são exercidas;
- estabelecer acordos efetivos e transparentes com as partes interessadas para o comprometimento, a comunicação e a verificação independente das informações;
- defender os direitos humanos fundamentais e respeitar a cultura, os costumes e os valores no trato com funcionários e outras pessoas afetadas por suas atividades;
- implementar estratégias de gestão de riscos baseadas em dados válidos e na ciência bem fundamentada;
- buscar a melhoria contínua de sua atuação nas áreas de saúde e segurança;
- buscar a melhoria contínua de sua atuação na área ambiental.

(Grifo nosso)

A análise desse panorama é fundamental para entender como a mineração caminha para a sustentabilidade de seus métodos. Como a atividade mineradora é crucial para a economia global, a sua extinção geraria um colapso a nível mundial; no entanto, também não podemos aturar o atual cenário de insegurança e irresponsabilidade. Assim, essas ações pautadas na melhoria ambiental, reaproveitamento dos rejeitos e garantia dos direitos humanos à população afetada pelas barragens é um grande passo para a transformação dessa atividade em um processo sustentável.

Assim, diversos desafios se impõem para o setor no marco do desenvolvimento sustentável, como, por exemplo, a garantia de saúde

e segurança dos trabalhadores, pois a mineração é uma atividade que, por suas próprias características, expõe seus trabalhadores a diversas formas de riscos; a Mineração em áreas protegidas com o aumento da demanda prevista para os próximos anos; e o fechamento de minas inutilizadas para minimizar os riscos que o final da vida útil da mina causa ao local e à comunidade onde a atividade está instalada (IBRAM, 2012).

Nesse contexto, as soluções das mais diversas formas mostram-se como alternativas que podem ser realmente eficazes se atuarem em conjunto com a legislação. Por isso, é importante uma análise comparativa entre as legislações, analisando a importância desses instrumentos normativos.

LEGISLAÇÕES INTERNAS DE ALGUNS PAÍSES

Nos EUA, cada estado possui uma legislação específica, contanto que respeite as normas gerais da Agência Federal de Gestão de Emergências - FEMA (Federal Emergency Management Agency). Entre os órgãos que atuam com a FEMA, alguns possuem uma atuação mais forte, entre eles:

“[...] estão o Conselho de Revisão de Segurança de Barragens (Review Board) e o Comitê de Interagências sobre Segurança de Barragens (ICODS – Interagency Committee on Dam Safety). Este último, instituído e criado pelo Ato de Recursos Hídricos aprovado em 1996.” (PEREIRA, 2019)

Outro ponto forte que merece ser destacado, é o trabalho que tem a ASDSO, que em português, sua sigla significa Associação dos Estados Oficiais de Seguranças de Barragens, organização sem fins lucrativos que conscientiza a população dos riscos dessas barragens

e a importância da legislação para prevenir possíveis acidentes, bem como apoia criação de programas de segurança. (PEREIRA, 2019)

Em Portugal, existem como órgãos de fiscalização às atividades a Agência Portuguesa do Ambiente - APA, a Comissão de Segurança de Barragens – CSB- e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC. Também merece destaque O Regulamento de Segurança de Barragens e o Regulamento de Pequenas Barragens, originados pelo Decreto-Lei nº 21 de 2018 (PEREIRA, 2019). A partir desses regulamentos é que surgem as classificações das barragens para definir as técnicas de segurança e analisar o nível de periculosidade à população. A segurança é feita desde o projeto inicial com o dono da obra e depois com as organizações civis.

Na África do Sul um importante documento é o Nacional Water Act criado em 1998 que trata sobre a gestão da água no país e seu uso sustentável, bem como medidas de segurança para prevenir falhas mínimas. Tal Ato instrui os donos das barragens a apresentarem seus projetos de construção, manutenção e segurança ao Ministério do Meio Ambiente (PEREIRA, 2019).

A LEGISLAÇÃO NO ÂMBITO INTERNACIONAL

No âmbito internacional não existe uma legislação que abranja os países em termos específicos sobre a questão dos resíduos da exploração mineral e nem tratados que forcem os países a se responsabilizarem pelos seus materiais sem valor econômico. Dessa forma, é possível contar apenas com leis internas e com alguns esforços de comunidades internacionais, como veremos.

O Conselho Internacional de Mineração e Metais – ICMM - é a organização internacional que apoia a indústria da mineração e

após os acidentes de Mount Polley e da Samarco iniciou uma revisão global do gerenciamento de instalação de rejeitos e examinou a melhor forma de manter a segurança das barragens. Assim, o grupo se comprometeu a minimizar os riscos de falhas catastróficas de barragens de rejeitos adotando elementos de gestão e governança, conforme aponta a ICMM.

Nesse sentido, uma das medidas tomadas é a preparação da população que vive nas proximidades para situações emergenciais em casos de acidentes e contaminações, desenvolvendo um trabalho com o Programa das Nações Unidas para meio ambiente. Por isso foi criado um documento intitulado “Boas práticas na preparação e resposta a emergências”.

Além disso, novamente junto com a ONU Meio Ambiente, a ICMM está trabalhando no sentido de criar padrões internacionais para a instalação dessas estruturas que armazenam os resíduos de minérios. O que poderá incentivar os países que são membros da ONU a seguir um padrão mais rigoroso em relação a um bom planejamento desse material sem valor econômico. Assim, essa parceria também estimula que as empresas, juntamente aos governos criem tecnologias que reaproveitem esse material, integrando a comunidade local a economia, posto que os recursos são finitos e precisam ser transformados em formas produtivas de capital.

A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA COMPARADA A OUTROS INSTRUMENTOS NORMATIVOS INTERNACIONAIS

Primordialmente, faz-se necessário salientar que há países que não possuem legislações específicas referentes à segurança

de barragens. Dentre os países com legislações mais referenciadas, podemos destacar China, Estados Unidos e Portugal. A Europa e os Estados Unidos criaram suas legislações em meados de 1970 e 1990, seguindo as particularidades das barragens de cada região.

No Brasil, o instrumento normativo que trata acerca da segurança de barragens é a Política Nacional de Segurança de Barragens, Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 - PNSB. A referida lei foi instituída com o objetivo de reduzir a possibilidade de acidentes e as consequências decorrentes destes.

A PNSB atribui à Agência Nacional de Águas – ANA- a responsabilidade por organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens - SNISB, fiscalizando a segurança das barragens. Além disso, cabe à ANA manter atualizado um cadastro de barragens existentes em cursos d'água sob sua jurisdição. A Lei nº 12.334 também delegou que a ANA implementasse novas medidas para gerir o Sistema Nacional de Segurança de Barragens, como a criação do Relatório de Segurança de Barragens.

Em paralelo ao cadastro de barragens administrado pela Agência Nacional das Águas, tem-se o Registro Mundial de Barragens (Comissão Internacional de Grandes Barragens - ICOLD, 2018); referido instrumento classifica apenas as barragens consideradas de grande porte, totalizando 59.071 barragens construídas. Para a Comissão Internacional de Grandes Barragens, são consideradas de “grande porte” as barragens que possuem altura igual ou superior a 15 metros ou que possuam altura entre 5 e 10 metros e acumulem mais de 3 milhões de metros cúbicos de água, rejeitos ou resíduos. O Brasil ocupa a quinta posição no ranking de maior quantidade de barragens de grande porte.

No Brasil, as estruturas das barragens devem atender a pelo menos um dos seguintes requisitos:

- Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
- Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m³ (três milhões de metros cúbicos);
- Reservatório que contenha resíduos perigosos;
- Categoria de dano potencial associado médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perdas de vidas humanas.

Já nos Estados Unidos, as barragens devem preencher pelo menos um dos seguintes requisitos:

- Altura, considerada desde o leito natural do curso hídrico a jusante ou desde o ponto mais baixo do maciço até o nível máximo do volume represado, igual ou superior a 25 pés (7,62 m);
- Capacidade de armazenamento volumétrico igual ou superior a 50 acre-pés (61.674 m³);
- Risco a jusante potencialmente significativa, independente das dimensões.

Tais direcionamentos não se aplicam, porém, às barragens que não ultrapassem 6 pés (1,83m) de altura - independente de capacidade volumétrica, ou cuja capacidade volumétrica não ultrapasse 15 acre-pés (18.502m³) - independente de altura.

Na China, as diretrizes para avaliação da segurança das barragens se aplicam apenas àquelas com altura mínima de 15 metros, ou com volume maior ou igual a um milhão de metros cúbicos. A avaliação das características técnicas é dividida em três níveis: A (seguro e confiável), B (segurança mínima) ou C (inseguro).

Com relação aos órgãos e instrumentos responsáveis por regular e monitorar as atividades de barragens, no Brasil, a Política Nacional de Segurança de Barragens é regida pela Agência Nacional de Águas, que teve sua responsabilidade atribuída pela Lei nº 12.334; a Agência Nacional de Águas trabalha em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica, Agência Nacional de Mineração, Conselho Nacional de Recursos Hídricos, entre outros órgãos, para desenvolver as resoluções e diretrizes acerca do assunto.

Nos Estados Unidos, a regulação de barragens é regida por programas de segurança de barragens vinculados à legislações e instituições que se submetem à Agência Federal de Gestão de Emergências.

Já na China, a responsabilidade primária é do próprio dono da barragem, enquanto o governo possui a função de supervisionar e orientar. A legislação aplicável no país é uma atualização das “Diretrizes para Avaliação de Segurança de Barragens”, documento com publicação inicial no ano de 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da observação de alguns pontos em comuns entre as diversas legislações, é possível destacar que elas apresentam classificações sobre o tamanho e o porte das barragens para definir técnicas de segurança e apresentar projetos de manutenção e proteção à população que fica ao redor das estruturas de contenção dos resíduos. Entretanto, alguns desses países, tais como Brasil e China apresentam uma preocupação menor com as barragens de menor porte, e isso apresenta um risco, pois elas ainda podem inundar localidades e contaminar a fauna e a flora.

Nesse aspecto, as ações da ONU já mostram uma proteção internacional que poderá ser base para uma legislação internacional integrada. Alguns países apresentam diferentes planos de ação para acidentes com barragens de grande e pequeno porte, o que já seria um diferencial. Outra medida que se apresenta importante é a criação de simulações de acidente e meios de alerta para a população que vive ao redor das barragens. Além disso, é necessário aumentar a fiscalização da segurança das barragens.

Investimentos em pesquisa e tecnologia seriam um diferencial para desenvolver softwares que identificassem as áreas de insegurança dentro das barragens e pudessem prever desastres ambientais, bem como para auxiliar nos cálculos de projeção e proteção da infraestrutura desses locais de armazenagem de resíduos. Com tais investimentos em pesquisa, poderiam ser criados novos destinos aos resíduos de minérios, ao invés de virar lama, o que evitaria custos e investimentos com a construção de novas barragens e pedidos de licenças ambientais.

Em termos de responsabilização, um dos poucos mecanismos presentes é a Corte Interamericana de Direitos Humanos que pode responsabilizar os crimes que são considerados desrespeito a dignidade humana de comunidades afetadas.

Portanto, não há legislação internacional que trate do tema dos resíduos de minérios, apenas organizações que tentam manter padrões de desenvolvimento e segurança. As legislações internas de alguns países são mais eficazes quanto a sustentabilidade e responsabilização dos empreendimentos. Nesse sentido, os pontos positivos devem ser incorporados para uma otimização da produção mineral global.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. *Lei da Política Nacional de Segurança de Barragens*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 20 mar. 2020.

GUEDES, G. B. 1, SCHNEIDER, C. Disposição de Rejeitos de Mineração: as Opções Tecnológicas para a Redução dos Riscos em Barragens. *XXVII ENTMME*, Belém, out./2017. Disponível em: <https://cetem.gov.br/images/congressos/2017/CAC0028-00-17.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. *Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração*. 1.ed. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006222.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2020.

_____. *Mineração e economia verde*. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002708.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2020.

INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE - ITV. *Tecnologia de Barragens e Disposição de Rejeitos*. Disponível em: <http://www.itv.org/linha-de-pesquisa/tecnologia-de-barragens-e-disposicao-de-rejeitos/>. Acesso em: 07 jan. 2020.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND Metals - ICMM. *Emergency preparedness*. Disponível em: <https://www.icmm.com/pt/health-and-safety/safety/emergency-preparedness-response>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MUNIZ, D. H. D. F; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas*, v. 4, n. 1, p. 83-100, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/andre/Downloads/24-94-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.

O GLOBO. *Acidente em Mariana é o maior da História com barragens de rejeitos*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/acidente-em-mariana-o-maior-da-historia-com-barragens-de-rejeitos-18067899>. Acesso em: 16 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *ONU apoia criação de padrões globais para barragens de mineração*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-apoia-criacao-de-padroes-globais-para-barragens-de-mineracao/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

PEREIRA, Ludmilla Freitas. *Segurança de Barragens no Brasil: um Breve Comparativo com a Legislação Internacional e Análise da Influência da Cobertura do Solo de APPs Sobre Manchas de Inundação (Estudo de Caso da PCH Pedra Furada, Ribeirão – PE)*. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/183530>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD/MG. *Mineiros conhecem modelo chinês de economia circular na mineração*. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/3704-mineiros-conhecem-modelo-chines-de-economia-circular-na-mineracao>. Acesso em: 11 fev. 2020.

SENADO FEDERAL. *Projeto de Lei nº 1496/2019*. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7927462&ts=1567533813634&disposition=inline>. Acesso em: 21 mar. 2020.

ZATELLI, Katucia Sandra. *Segurança das Barragens de Mineração ao Redor do Mundo: Arcabouço legal*. Disponível em: <https://www.matanativa.com.br/blog/seguranca-barragens-mineracao-mundo/>. Acesso em: 19 mar. 2020.

3

JORGE LUÍS DE OLIVEIRA PINTO FILHO
HERMÍNIO SABINO DE OLIVEIRA JUNIOR
CLARA LÍVIA CÂMARA E SILVA

IMPACTOS AMBIENTAIS DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.50-75



Resumo:

Este trabalho tem por objetivo arrolar os impactos ambientais significativos da atividade de mineração. Para isso, adotou-se de fundamentação teórica e metodológica de Avaliação de Impactos Ambientais – AIA com a utilização da ferramenta de matriz de interação. Observou-se que os principais impactos ambientais positivos deste processo produtivo são geração de emprego e renda, arrecadação financeira, extração de recursos naturais, fabricação de produtos, produção de energia combustível e, projeção da região. Evidenciou-se que os aspectos e impactos ambientais negativos mais significativos da mineração são nos sistemas físicos, bióticos e, antrópicos. Portanto, para desenvolver esta atividade de forma sustentável faz se necessário plano de gestão ambiental.

Palavras-chave:

Mineração; conflitos ambientais; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A relação Ambiente e Sociedade, ao longo da trajetória humana, é marcada por momentos intrínsecos e conflituosos, sendo compreendida em quatro fases: Antiguidade (400 a.C. – 476); Idade Média (476 – 1453); Idade Moderna (1453 – 1789); e Idade Contemporânea (a partir de 1789), sendo esta última a que ocorrem as maiores transformações, com a revolução industrial, marcada por uma sociedade urbana, novas formas de produção, de matrizes energéticas, de meios de comunicação e transportes e, de revolução digital (SHIGUNOV NETO, CAMPOS e SHIGUNOV, 2009).

A partir deste cenário de transformação do ambiente pela sociedade, surgiu uma crise ambiental, que Braga (2005) explica através da interação do crescimento exponencial da população, da maior demanda de consumo dos recursos naturais e dos processos de poluição e contaminação ambiental. Com isso, iniciou-se a epistemologia ambiental, em que Leff (2003) afirma que é preciso pensar o mundo a partir de uma visão holística, já que a referida crise é a crise do tempo atual, pois apresenta o limite do crescimento econômico e populacional, dos desequilíbrios ecológicos e das capacidades de sustentação da vida, da pobreza e da desigualdade social.

Neste ensejo de transformações atuais da sociedade, surge a atividade econômica de mineração, que visa a exploração das minas subterrâneas e de superfície, utilizando-se de bens não renováveis, proporcionando a disponibilidade de produtos com múltiplos usos para sociedade, sendo especificamente no Brasil marcada desde o seu próprio processo de colonização, com a exploração de riquezas minerais, para atender o mercado externo (DNPM, 2020).

Desta forma, percebe-se a vocação da atividade de mineração, sendo atualmente responsável por gerar 180 mil empregos diretos,

exportar US\$ 46,4 bilhões em 2017, com um superávit de US\$ 23,4 bilhões, o que significa 25% do saldo comercial do país e, representa 4% do Produto Interno Bruto – PIB do Brasil (DNPM, 2020). Cabe ressaltar ainda que este setor, possibilita impactos positivos relacionados com oferta de produtos, valor agregado aos recursos naturais, arrecadação de impostos, investimento de infraestrutura e, projeção da região (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Apesar deste dinamismo econômico, o setor da mineração é responsável por gerar grandes impactos ambientais negativos bem como suas atividades podem ocasionar alteração dos compartimentos ambientais; consumo de recursos não renováveis; geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas; pressão socioeconômica; comprometimento de atividades tradicionais e, processos poluição ambiental (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Nesta perspectiva de compreender a mineração brasileira de forma holística, torna-se necessário realizar estudos que busquem investigar os processos, atividades e serviços da referida atividade econômica, com alterações nas dimensões ambientais, sociais e econômicas.

Diante da lacuna destes estudos sistêmicos, justifica-se desenvolver uma interpretação do setor de mineração a partir de metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais, visto que são usuais no atendimento dos aspectos legais das atividades potencial ou efetivamente poluidoras e usuárias dos recursos naturais.

Desta forma, este estudo torna-se relevante e inovador, na medida em que possibilitará orientar profissionais da área de Ciências Ambientais e afins, interpretar a influência da mineração nos sistemas ambientais, permitindo desenvolver mecanismos de ações corretivas e preventivas, com vistas ao aperfeiçoamento do desempenho ambiental da referida atividade econômica.

Neste sentido, o presente capítulo de livro tem por objetivo arrolar os impactos ambientais da atividade de mineração, a partir da metodologia de Check List e Matriz de Interação.

Para tanto, esse trabalho está dividido em cinco partes. A seção 1 Introdução, a seção 2 os materiais e métodos, a seção 3 Os resultados e discussão: os impactos ambientais da atividade de mineração, a seção 4 conclusão do estudo e, e por fim a seção 5 as referências citadas no texto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

A pesquisa classifica-se conforme sua finalidade em descritiva (descreve as características de dada população ou fenômeno em estudo) e, exploratória (torna o problema mais explícito). Quanto aos meios utilizados, enquadra-se estudo bibliográfico (levantamento de informações sobre o setor de mineração) e pesquisa documental, através da Avaliação dos Impactos Ambientais – AIA da atividade de mineração (GIL, 2019).

Sendo assim, inicialmente conceitua-se que Impacto Ambiental – IA conforme a Resolução nº 001 de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiental – CONAMA como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente: à saúde, a segurança, e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias ambientais e; a qualidade dos recursos ambientais.

Ainda nesta linha de compreensão de IA é toda alteração gerada no ambiente natural e social decorrente de atividade humanas, que podem ser do tipo positiva ou negativa, real ou potencial. Sendo complementado como toda atividade que altere o ambiente físico, biótico e social e, que permite sustentabilidade econômica, social e ambiental ao empreendedorismo atual (BARBIERI, 2011).

Desta forma, os IA são caracterizados a partir dos seus atributos, que são: natureza, probabilidade, prazo, espacialidade, forma de interferência, duração, magnitude, grau de resolução e relevância (Quadro 01).

Quadro 01: Atributos e parâmetros dos IA.

| ATRIBUTO | PARÂMETRO |
|------------------------|--|
| Natureza | <ul style="list-style-type: none"> • Positivo: Impactos considerados positivos do ponto de vista ambiental. • Negativo: Impactos com efeitos negativos prejudiciais ao meio ambiente. |
| Probabilidade | <ul style="list-style-type: none"> • Certo: certeza de ocorrência de IA. • Provável: quando a possibilidade da ocorrência de IA. |
| Prazo | <ul style="list-style-type: none"> • Curto prazo: quando a efeitos de IA logo após a geração da ação causadora. Inferior a 3 anos. • Médio prazo: quando a efeitos de IA gradativamente após a ação geradora de impactos. (3 a 6 anos). • Longo prazo: quando os efeitos de IA custam longos períodos após ação geradora (Mas de 6 anos). |
| Espacialidade | <ul style="list-style-type: none"> • Localizado: impactos próximos das ações. • Disperso: impactos dispersos e simultâneos. |
| Forma de Interferência | <ul style="list-style-type: none"> • Causador: o empreendimento causa um impacto que antes não existia no local. • Intensificador: empreendimento aumenta os impactos já ocorrentes no local. |
| Duração | <ul style="list-style-type: none"> • Temporário: impacto com tempo conhecido e limitado após interrupção das causas geradas. • Permanente: impacto com tempo indeterminado sem limite de tempo mesmo após cessar as causas. |

| | |
|-------------------|--|
| Magnitude | <ul style="list-style-type: none"> • Grande: impactos com efeitos significativos no meio ambiente • Média: impacto com efeitos em determinados aspectos, podendo atingir parcialmente o ambiente. • Pequena: impacto com poucos efeitos, com alterações desprezíveis. |
| Grau de resolução | O grau de resolução é uma variável que mede a eficiência das implantações de medidas de controle, podendo variar o grau de medida entre: alto, médio ou baixo. |
| Relevância | A relevância é o atributo que depende dos outros para poder chegar a uma qualificação final e geral dos impactos produzidos, podendo variar entre: alto, médio ou baixo. |

Fonte: Baseado em SANCHEZ (2012).

Nesta perspectiva, a mensuração dos referidos IA se dá com a AIA, que permite uma análise sistemática dos IA, apresentando como objetivo garantir que responsáveis pela tomada de decisão apresentem soluções adequadas à população e ao meio ambiente, gerando medidas de controle e proteção, medidas mitigadoras e compensatórias, conforme o impacto (SÁNCHEZ, 2012).

Para isso, estabelece que as metodologias de AIA são aplicadas em seus respectivos casos, visto que cada empreendimento possui suas peculiaridades, sendo necessário a adaptação entre duas ou mais metodologias, a partir da definição de vários fatores, a saber: a disponibilidade de dados, os requisitos legais dos termos de referência, recursos técnicos e financeiros, tempo e características dos empreendimentos (SÁNCHEZ, 2012).

Sendo assim, os principais métodos de AIA são: Métodos espontâneos (Ad hoc), Listas de controle (Check-list), Matrizes, Matrizes de interações, Matriz de Leopold, Redes de interações (Networks), Modelos de simulação, Superposição de mapas, Battelle e, Diagrama de fluxos (Quadro 02).

Quadro 02: Conceitos, vantagens e desvantagens dos métodos de AIA.

| MÉTODOS | CONCEITUAÇÃO | VANTAGENS | DESvantagens |
|------------------------|--|--|--|
| Ah doc | AIA por parecer profissional | Uso rápido e, abordagem simples e compreensiva | Subjetivo e superficial |
| Listas de controle | AIA por verificação de ocorrência de alterações | Uso rápido e, abordagem qualitativa | Separação dos componentes ambientais |
| Matrizes | AIA por combinações de fatores | Interação de atividades com fatores bióticos e abióticos | Restringe aplicação para determinadas atividades |
| Matrizes de interações | AIA por combinação de fatores bidimensionais | Fácil organização e, possibilidade de comparação | Limitação de aplicação e subjetividade |
| Matriz de Leopold | AIA por combinações de fatores quali-quantitativos | Baixo curso, múltiplos usos e, abordagem compreensiva | Aplicação para impactos ambientais locais |
| Redes de interações | AIA por cadeia de impactos diretos e indiretos | Abordagem integrada e com interações | Não abordam a significância dos impactos |
| Modelos de simulações | AIA por modelos matemáticos não lineares | Possibilita identificar relações indiretas | Análise especializada e custo elevado |
| Superposição de mapas | AIA por modelos comparativos e extensivos | Possibilita identificar melhor situação | Análise limitada da área e custo razoável |
| Battelle | AIA por modelos subjetivos | Equipe multidisciplinar e impactos futuros previsíveis | Demanda tempo na organização |
| Diagrama de fluxos | AIA por modelos de tendências | Possibilita determinação de extensão de impactos | Análise especializada e variadas interpretações |

Fonte: Baseado em SANCHEZ (2012).

Com isso, a aplicação destes métodos no Brasil, se dá através da operacionalização da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, coordenada e estabelecida pelo CONAMA, órgão consultivo e deliberativo criado através da Lei nº 6.938/81, que estabelece os instrumentos de gestão ambiental (art. 9º), entre os quais a Avaliação de Impactos Ambientais (inciso III) e o Licenciamento de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (inciso IV), regulamentado pelos decretos 88.351/83 e 99.274/90.

Diante deste cenário de múltiplos procedimentos sequenciais de AIA, delimitou-se a utilização do Check List e Matriz de Interação para determinar os Aspectos Ambientais da Atividade de Mineração, por permitir através de forma lógica, realizar assim um diagnóstico sistemático dos IA, que ao final, servirá de subsídio para a tomada de decisão em relação as medidas preventivas e corretivas ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO

A cadeia produtiva da atividade da mineração é organizada nas fases Upstream (prospecção, avaliação da área, exploração da área, desmonte da área, carregamento e, transporte), Midstream (produção) e Downstream (armazenamento, distribuição e comercialização).

A atividade de mineração só inicia-se com viabilidade ambiental, econômica e social, neste caso a exploração da área só pode ser iniciada com conhecimento da extensão e valor de depósito de minério. Com isso, a Fase de Prospecção consiste em obter as informações sobre o localização e valor do depósito mineral, sendo incluso nessa fase inspeções, estudos de campo, perfurações de teste e outras análises exploratórias. Portanto, esta fase tem como os principais aspectos

ambientais o mapeamento de áreas, cadastramento das áreas, indenização dos proprietários, estudos de campos e perfurações.

A Fase de Avaliação da Área baseia-se em estudos de viabilidade estrutural, sendo definido o tipo e métodos de mineração utilizados, para isso tem como os principais aspectos ambientais: a construção de vias de acesso, instalação de canteiros de obras, tráfego de veículos e máquinas e, preparação do solo.

A Fase de Exploração da área, é iniciada, a partir da viabilidade do depósito mineral de dimensões e grau, sendo assim o projeto começa a ser planejado, para o desenvolvimento da mina, sendo contemplados os seguintes aspectos ambientais: limpeza da área de vegetação (geralmente na forma de linhas, para permitir a entrada de veículos pesados em que as plataformas de perfuração são montadas), construção das estradas, preparação do local e, instalação do sistema de exploração.

O Desmonte da área ocorre com a extração mineral, sendo possível através das técnicas utilizadas da extração do minério, denominadas de lavra, e as mesmas são escolhidas segundo as características do local selecionado para realização da atividade mineradora, a forma e a profundidade da jazida, com isso, existem diversos tipos de lavra, sendo os principais a lavra a céu aberto e, a lavra subterrânea. Nesse sentido, o material estéril é retirado, através do uso de equipamentos e máquinas pesadas especializada (escavadeiras, empilhadeiras, guindastes e, caminhões que transportam o minério para instalações de processamento próximas).

No Carregamento consiste em deslocar o material retirado até o armazenamento interno, para triagem inicial, sendo realizado com auxílio de maquinário pesados através de estradas e estruturas automatizadas.

Após a triagem inicial, o material é transportado para o beneficiamento, na Fase de Transporte dos produtos, que tem a função de tratamento da matéria-prima e seus produtos.

A Produção na mineração consiste no beneficiamento dos produtos, que tem por objetivo a separação física dos materiais úteis e não úteis, sendo realizado através diversos processos físico-químicos, sendo contemplados com os aspectos ambientais: fragmentação primária, granulação, moagem, classificação, concentração e, descomissionamento de mina.

Com o produto obtido na fase final de Produção (concentração), inicia-se a Fase de Armazenamento do produto para comercialização, um processo importante, visto que permite agregar valor as mercadorias e, direcionar para os comerciantes, conforme as características específicas exigidas.

A partir desta etapa inicia-se a Distribuição dos produtos com valor agregados, sendo realizado a logística conforme as características dos produtos e, os locais de comercialização, através do processo de transporte externo.

Finalmente se tem a Comercialização dos produtos conforme as suas respectivas finalidades, sendo um processo de oferta fracionado ou em grandes quantidades.

Diante do exposto pode-se afirmar que a mineração é uma atividade econômica potencial ou efetivamente poluidora e usuária dos recursos naturais, necessitando assim a determinação de seus impactos socioeconômicos e ambientais, a partir da verificação de ocorrência da influência das etapas do seu processo produtivo nos meios físico, biótico e antrópico (Quadro 03).

Quadro 03: Matriz de Aspectos e impactos ambientais da atividade de mineração¹.

| | FASES DA MINERAÇÃO ¹ | ASPECTO AMBIENTAL ² | INDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS ³ | | | | | | | | | | |
|----|---------------------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------|--|--|-----------------------------------|
| | | | MEIO FÍSICO | | | | | | | | | | |
| | | | SOLO | | | | AR | | | | ÁGUA | | |
| | | | Alteração das propriedades biológicas | Alteração das propriedades físicas | Alteração das propriedades químicas | Indução de processos erosivos | Geração de ruídos | Emissões Atmosféricas | Poluição Sonora | Alteração microclimática | Alteração da qualidade da água superficial | Alteração da qualidade da água subterrânea | Alteração do regime de escoamento |
| 1 | A | | X | X | X | X | | X | | | | X | |
| 2 | B | | X | X | X | X | | X | | | | X | |
| 3 | C | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | |
| 4 | D | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 5 | E | | X | X | X | X | X | X | | | | X | |
| 6 | F | | | | | X | X | X | | | | X | |
| 7 | G | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 8 | H | | | | | | X | X | X | | | | |
| 9 | I | | | | | X | X | X | | | | | |
| 10 | J | | | | | | | | | | | | |

1 (1) Fases da atividade de mineração: 1 – Prospecção, 2 – Avaliação da área, 3 – Exploração da área, 4 – Desmonte da rocha, 5 – Carregamento, 6 – Transporte, 7 – Produção (beneficiamento), 8 – Armazenamento, 9 – Distribuição e, 10 – Comercialização. (2) Aspectos ambientais das fases da atividade de mineração: A – Prospecção, B – Avaliação da área, C – Exploração da área, D – Desmonte da rocha, E – Carregamento, F – Transporte, G – Produção, H – Armazenamento, I – Distribuição e, J – Comercialização. (3) Indicadores de impactos ambientais da atividade de mineração: ocorrência (x), não ocorrência (0) e, não se aplica ().

| MEIO BIÓTICO | | | MEIO ANTRÓPICO | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|---|--------------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|--|
| | | | COLABORADOR | | | VIZINHAÇA | | | | | | SOCIEDADE | | | | |
| Interferência na Fauna Local | Interferência na Flora Local | Alteração da estabilidade do ecossistema | Alteração nas condições de segurança | Alteração nas condições de saúde | Riscos ambientais | Alteração da paisagem | Alteração na estrutura de bens edificados | Alteração das condições de segurança | Incômodos à comunidade | Tráfego de máquinas pesadas | Geração de impostos | Geração de emprego e renda | Utilização da mão de obra local | Pressão na infraestrutura dos serviços públicos | Geração de produtos beneficiados | Projeção da região no cenário nacional |
| X | X | | | | X | | | | | X | X | X | | | | |
| X | X | X | | | X | | | | | X | X | X | | | | X |
| X | X | X | X | | X | | | | | X | X | X | | | | X |
| X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| X | X | | | | X | | | | X | X | X | X | | | | |
| X | X | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | |
| X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | | |
| | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | | | |
| | | | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | X | X | X |

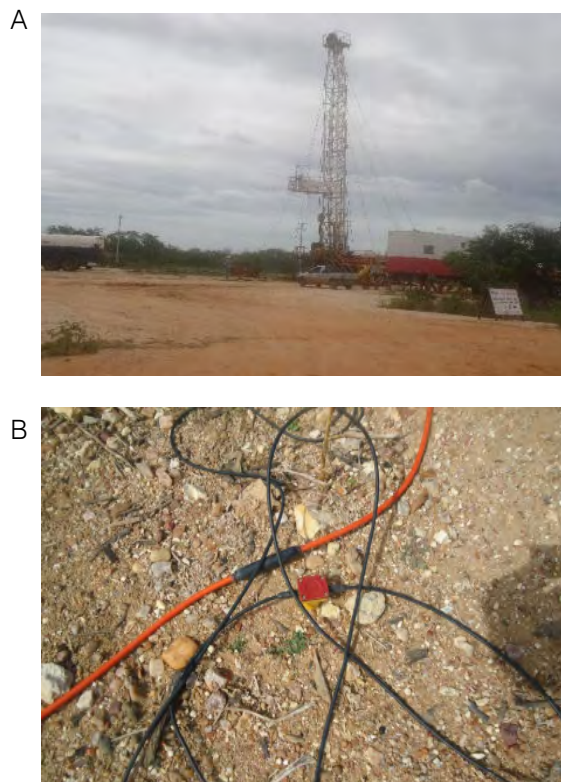
Fonte: Elaborado pelos autores.

Com isso, para compreender de forma sistêmica a mineração, descreveu-se de forma qualitativa os impactos benéficos e adversos da referida atividade a partir do seu processo produtivo.

A fase de Prospecção propulsiona a valorização econômica (Figura 01.A), geração de emprego e renda, geração de impostos e, expectativa na população; entretanto verificam-se também impactos ambientais significativos adversos como a especulação financeira,

pressão sobre as propriedades da região e, geração de emissões, resíduos sólidos e, ruídos (Figura 01.B).

Figura 01: Impactos ambientais mais recorrentes na fase de prospecção da mineração², 2020.



Fonte: Autores.

Na fase de Atividade de Avaliação da área observa-se geração de emprego e renda, impulsiona os impostos locais (Figura 02.A), oferta de serviços locais e, aquecimento do comércio local como

² A – Emissões atmosféricas de tráfego de veículos. B – Geração de ruídos dos cabos e geofones.

fatores positivos; porém tem alteração da flora e fauna, compactação do solo e erosão, geração de resíduos, efluentes, emissões e, ruídos, pressão nos serviços públicos (Figura 02.B), alteração da infraestrutura e, especulação financeira como fatores negativos.

Figura 02: Impactos ambientais na fase de avaliação da mineração³, 2020.



Fonte: EMBU (2019).

Na Exploração da área os benefícios se expandem em relação às fases anteriores, com a maior possibilidade da utilização da mão de

3 A – Empreendimento de mineração em Mugi das Cruzes/SP. B – Alteração da paisagem pela mineração.

obra em algumas atividades específicas (Figura 03.A), geração de renda e impostos, aumento da arrecadação local, maior comercialização local, desenvolvimento local e, projeção local. Os impactos ambientais negativos mais significativos são alterações em: flora e fauna, solo e erosão, paisagem natural (Figura 03.B), microhabitats, regime hídrico, microclima, infraestrutura, serviços e, comunidades locais.

Figura 03: Impactos ambientais na fase de exploração da área da mineração⁴, 2020.

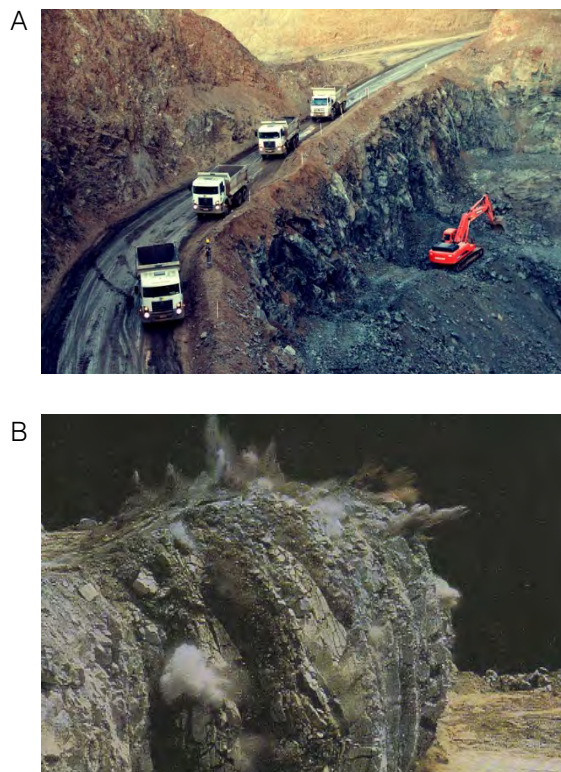


Fonte: a. SAMARCO (2016); b. Autores.

4 A – Colaboradores executando limpeza manual. B – Impacto na paisagem natural.

O Desmonte da rocha ocorre constatam-se efeitos benéficos na geração de royalties, emprego e renda, oferta de serviços especializados e, disponibilidade de produtos (Figura 04.A). Porém, a utilização da rocha tem aspectos negativos de alteração do solo, água e ar, alteração da fauna e flora, geração de resíduos, efluentes e emissões, poluição sonora, riscos para colaboradores (Figura 04.B) e, conflitos territoriais.

Figura 04: Impactos ambientais na fase de desmonte da rocha da mineração⁵, 2020.



Fonte: a. SENADO (2017); b. Autores.

5 A – Caminhões em área de extração mineral. B – Desmontes em mina de basalto.

No Carregamento evidenciam-se a geração de impostos, a geração de renda e empregos, maior comercialização local (Figura 05.A), oferta de serviços especializados e, desenvolvimento local. Porém, tem consequências negativas com a pressão em serviços, pressão em infraestrutura, especulação (Figura 05.B), riscos antrópicos e, conflitos territoriais.

Figura 05: Impactos ambientais na fase de carregamento interno da mineração⁶, 2020.



Fonte: Autores.

6 A – Carregamento de minério. B – Movimentação na área de extração de minério.

O Transporte dos produtos tem impactos positivos relacionados com geração de emprego e renda, oferta de serviços especializados (Figura 06.A), maior comercialização local, aumento na arrecadação e, desenvolvimento local. Entretanto, gera-se efeitos negativos de geração de resíduos, efluentes e emissões (Figura 06.B), poluição ambiental, pressão em serviços e infraestrutura, conflitos ambientais e territoriais e, riscos para colaboradores.

Figura 06: Impactos ambientais na fase de transporte dos produtos na mineração⁷, 2020.

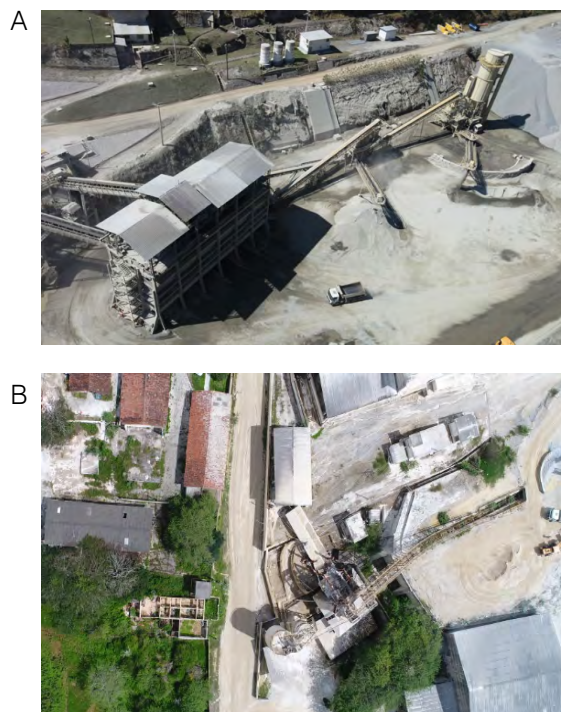


Fonte: a. EMBUSA (2013); b. Correio de Minas (2016).

7 A – Transporte do material detonado. B – Caminhões em trechos urbanos.

A Produção na mineração consiste em aspectos benéficos para oferta de serviços especializados, geração de emprego e renda, maior comercialização local, aumento na arrecadação, valor agregado (Figura 07.A) e, descomissionamento de minas. Porém, se limita com os maléficos de geração de riscos antrópicos (Figura 07.B), geração de resíduos, efluentes e emissões, conflitos ambientais e territoriais, especulação financeira, pressão em serviços e infraestrutura, poluição e contaminação ambiental.

Figura 07: Impactos ambientais na fase de produção da mineração⁸, 2020.

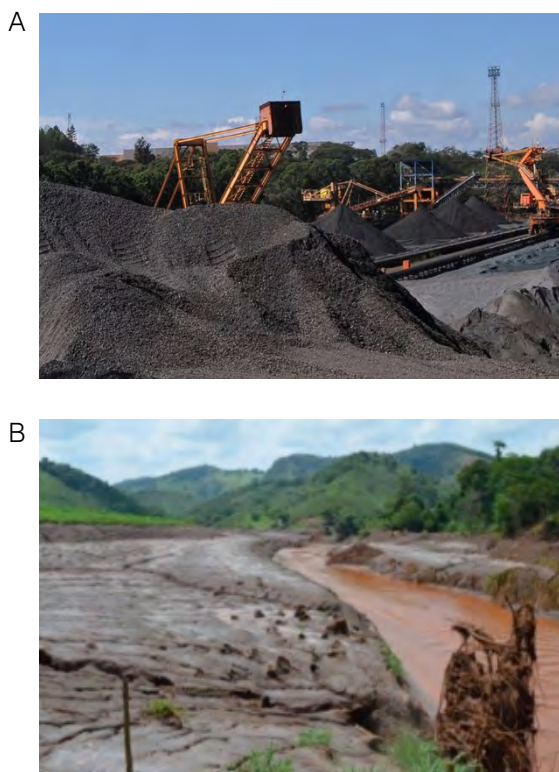


Fonte: a. EMBU (2019); b. Autores.

8 A – Beneficiamento do minério. B – Unidade de beneficiamento em Verde do Lério/PE.

Na fase de Armazenamento tem impactos positivos de geração de emprego, renda e serviços, oferta de serviços especializados (Figura 08.A) e, aumento de arrecadação. No entanto, evidencia-se impactos negativos de riscos antrópicos, geração de resíduos, efluentes e emissões e, conflitos territoriais (Figura 08.B).

Figura 08: Impactos ambientais na fase de armazenamento da mineração⁹, 2020.



Fonte: a. SAMARCO (2017); b. IBAMA (2015).

A partir desta etapa inicia-se a Distribuição dos produtos, gerando efeitos positivos de consumo de materiais, geração de

9 A – Armazenamento de minério. B – Processo de ravinamento.

emprego e renda, projeção da região, aumento na arrecadação, maior comercialização, oferta de serviços especializados e, disponibilidade de produtos (Figura 09.A). Todavia, limita-se com efeitos negativos de geração de riscos tecnológicos, geração de resíduos, efluentes e emissões, modificação da malha viária (Figura 09.B), poluição ambiental, pressão em serviços e infraestrutura, conflitos ambientais e territoriais, e riscos para colaboradores.

Figura 09: Impactos ambientais na fase de distribuição dos produtos da mineração¹⁰, 2020.



Fonte: IBAMA (2015).

10 A – Transporte de produtos da mineração. B – Rejeito de mineração em Minas Gerais.

Por fim, se tem a Comercialização que proporciona benefícios com geração de emprego e renda, arrecadação de impostos, dinamização da economia regional, fortalecimento do setor e, oferta de produtos (Figura 10.A). Todavia, se tem efeitos adversos com a geração de resíduos, efluentes e emissões, pressão em serviços e infraestrutura, geração de riscos, conflitos ambientais e territoriais e, especulação financeira (Figura 10.B).

Figura 10: Impactos ambientais na fase de comercialização da mineração¹¹, 2020.



Fonte: Autores.

11 A – Comercialização de produtos da extração de minério. B – Estoque de produtos minerais para a comercialização. Fonte: Autores.

A partir dos impactos ambientais da atividade de mineração faz-se necessário desenvolver modelos de gestão ambiental, com a finalidade de prevenir e controlar os efeitos adversos e potencializar os efeitos benéficos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de mineração, tem importância indiscutível neste Século XXI, visto que disponibiliza produtos com múltiplos usos para sociedade, sendo realizada a partir da exploração de minas subterrâneas e de superfície.

Para isso, utiliza-se de bens não renováveis, através de uma cadeia produtiva da organizada em três fases: Upstream (prospecção, avaliação da área, exploração da área, desmonte da área, carregamento e, transporte), Midstream (produção) e Downstream (armazenamento, distribuição e comercialização).

As atividades, processos e produtos desenvolvidos na mineração resultam em impactos ambientais positivos, relacionados com geração de emprego e renda, geração de impostos, aquecimento no comércio local, aumento na arrecadação, valorização econômica, expectativa na população, maior oferta de serviços, desenvolvimento local, oferta de produtos, projeção da região e, fortalecimento do setor. Entretanto, esta mesma atividade gerar efeitos adversos que se relacionam com: especulação financeira, pressão sobre as atividades locais, geração de lama e cascalho, geração de resíduos sólidos, geração de emissões atmosféricas, geração de ruídos, poluição sonora, geração de efluentes líquidos, pressão na infraestrutura, pressão nos serviços, desmatamento, supressão vegetal, afugentamento da fauna, alteração da estabilidade do ecossistema, remoção da cobertura do

solo, erosão, alteração das propriedades do solo, degradação do solo, alterações na dinâmica de uso e ocupação do solo, contaminação da água, alteração dos sistemas ambientais, interferência na fauna local e flora local, poluição visual, conflitos ambientais, riscos naturais e tecnológicos e, riscos à saúde dos trabalhadores.

Portanto, diante da vulnerabilidade socioambiental e econômica da atividade investigada faz-se necessário desenvolver propostas de gestão ambiental que aborde planos, programas e projetos para a manutenção, a prevenção, a correção e o controle das atividades, processos e produtos desenvolvidos pela mineração.

REFERÊNCIAS

BANCO DO NORDESTE. *Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais das atividades produtivas*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999, p. 297.

BARBIERI, J. C. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 2011. 3ª ed.

BRAGA, B. Et al. *Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Política Nacional de Meio Ambiente. *Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981*. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm >. Acesso em: 13 Mar. 2020.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral (2020). *Dados*. <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/site/admin/visualizarRelacoes.aspx>. Acesso em: 13 Mar. 2020.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2015). *Lauda técnico preliminar impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, 2015*.

LEFF, E. *Pensar a Complexidade Ambiental*. In: LEFF, E. (org). *A Complexidade Ambiental*. São Paulo: Cortez, 2003. p. 15-6.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2019.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SHIGUNOV NETO, A.; CAMPOS, L. M. F. SHIGUNOV, T. *Fundamentos da Gestão Ambiental*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2009.

PEDREIRAS EMBU S.A. *Dados*. Disponível em: www.embusa.com.br/index.php/pedreiras/. Acesso em: 12 Mar. de 2020.

SENADO FEDERAL. *Sancionada lei que altera royalties pagos por mineradoras*. Brasília. 08/01/2018. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/12/19/sancionada-lei-que-altera-royalties-pagos-por-mineradoras>. Acesso em: 12 Mar. de 2020.

SAMARCO. *Relatório de impacto ambiental – RIMA-EIA integrado do complexo Germano*. 2017. Disponível em: <https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2017/11/rima-samarco-2017.pdf>. Acesso em: 12 Mar. de 2020.

4

JORGE LUÍS DE OLIVEIRA PINTO FILHO
HERMÍNIO SABINO DE OLIVEIRA JUNIOR
CLARA LÍVIA CÂMARA E SILVA

GESTÃO AMBIENTAL DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.76-95



Resumo:

Este trabalho tem por objetivo apontar as diretrizes de gestão ambiental para os impactos ambientais da mineração. Como procedimentos adotou-se fundamentação teórica e metodológica baseado no conceito de Gestão Ambiental definido por Santos (2004), sendo composto por diagnóstico ambiental, planejamento ambiental e gerenciamento ambiental. Constatou-se que a mineração ocasiona impactos positivos que precisam ser potencializados para atingir desenvolvimento econômico e incluyente. Evidenciou-se ainda que este sistema de produção proporciona impactos negativos no meio físico, biótico e antrópico que necessitam ser controlados e prevenidos para conseguir viabilidade. Para tanto, o caminho da sustentabilidade deste setor se faz com uma matriz de Gestão Ambiental.

Palavras-chave:

Atividade de mineração; aspectos e impactos ambientais; justiça ambiental.

INTRODUÇÃO

A mineração é uma importante atividade econômica no Brasil, visto que proporciona a geração de emprego e renda, oferta produtos com múltiplos usos, dinamiza a econômica nacional e, possibilita a projeção em cenário internacional (DNPM, 2020). Entretanto, este setor é responsável por gerar grandes aspectos ambientais negativos, relacionados com alteração dos compartimentos ambientais; consumo de recursos não renováveis; geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas; pressão socioeconômica; comprometimento de atividades tradicionais e, processos poluição ambiental (BANCO DO NORDESTE, 1999).

Nesta perspectiva, faz-se necessário elaborar mecanismos que atuem para prevenir e/ou controlar os impactos socioeconômicos e ambientais da referida atividade econômica permitindo assim a possibilidade de diminuição dos conflitos sociais, econômicos, ambientais, políticos, territoriais e, saúde pública.

Sendo assim, a redução dos conflitos do setor de mineração, se efetuará através de um planejamento e gestão ambiental das suas atividades, processos e serviços, uma vez que entende-se que a Gestão Ambiental objetiva o planejamento, o monitoramento, o licenciamento, a fiscalização e a administração, destinados ao cumprimento dos padrões de qualidade ambiental e a incorporação da dimensão ambiental, economia e social, levados a cabo por meio de uma ampla gama de instrumentos administrativos, econômicos e legais (PORTO E SCHÜTZ, 2012).

Para isso, define-se a gestão ambiental como uma integração entre a diagnóstico ambiental (conhecimento da realidade); planejamento ambiental (elaboração de propostas para consolidação e/ou alteração parcial e/ou total da realidade) e; gerenciamento ambiental (monitoramento das propostas) (SANTOS, 2004).

Neste sentido, delinea-se que a Gestão Ambiental da atividade de mineração deve-se ser realizada estruturada em conhecimento do processo produtivo, identificação dos impactos ambientais, propostas de ações de prevenção e correção da poluição ambiental e, acompanhamento da sustentabilidade.

Neste contexto de aperfeiçoar a eficiência da atividade de mineração brasileira, torna-se necessário realizar estudos que busquem diagnosticar os processos, atividades e serviços da referida atividade econômica, com proposições de ações corretivas e preventivas da poluição ambiental.

A partir da carência destes estudos de aperfeiçoamento do desempenho ambiental empresarial, justifica-se desenvolver uma proposta para o setor de mineração, a partir do desenvolvimento de modelo de Gestão Ambiental, visto que são adequadas para melhoria contínua, atendimento aos aspectos legais e, prevenção e controle ambiental.

Isto posto, esta investigação ganha notoriedade, ao passo em que possibilitará orientar profissionais da área de Ciências Ambientais e afins, desenvolver ferramentas de gestão ambiental, com a finalidade de aperfeiçoamento do desempenho ambiental da referida atividade econômica.

Neste sentido, o presente capítulo de livro tem por objetivo desenvolver uma proposta de gestão ambiental para a atividade de mineração.

Para tanto, esse trabalho está dividido em cinco partes. A seção 1 Introdução, a seção 2 os materiais e métodos, a seção 3 Os resultados e discussão: gestão ambiental da atividade de mineração, a seção 4 conclusão do estudo e, e por fim a seção 5 as referências citadas no texto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA

A pesquisa classifica-se conforme sua finalidade em descritiva (descreve as características de dada população ou fenômeno em estudo) e, exploratória (torna o problema mais explícito). Quanto aos meios utilizados, enquadra-se estudo bibliográfico (levantamento de informações sobre os impactos do setor de mineração) e pesquisa documental, através da Gestão Ambiental da atividade de mineração (GIL, 2019).

Nesta perspectiva, gestão ambiental é entendida como uma integração entre a diagnóstico ambiental (conhecimento da realidade); planejamento ambiental (elaboração de propostas para consolidação e/ou alteração parcial e/ou total da realidade) e; gerenciamento ambiental (monitoramento das propostas) (SANTOS, 2004).

Sendo assim, a proposição de ações de gestão ambiental para a atividade de mineração baseado em Santos (2004) se deu com coleta de dados da seguinte forma: fase 01 - diagnóstico ambiental (descrição do processo produtivo da atividade econômica e seus respectivos impactos ambientais); fase 02 – planejamento ambiental (definição das ações de gestão ambiental para atenuar os impactos ambientais determinados na fase anterior); e; fase 03 – gerenciamento ambiental (propor aspectos de monitoramento das ações de gestão ambiental).

Fase 01 – Diagnóstico Ambiental

A Fase 01 - Diagnóstico Ambiental consiste no reconhecimento do processo produtivo da atividade de mineração, para isso é

composta por três etapas sequenciais: Etapa 01 – inventário do setor investigado; Etapa 02 – determinação do processo produtivo e; Etapa 03 – identificação dos impactos ambientais.

Etapa 01 – Inventário

O inventário do setor de mineração, consiste na sua caracterização, através de levantamento de dados secundários junto aos órgãos oficiais das características: aspectos socioeconômicos da mineração no Brasil.

Etapa 02 – Determinação do processo produtivo

A identificação do processo produtivo da atividade de mineração será baseada junto aos órgãos oficiais da área, que contempla as etapas: Upstream (prospecção, avaliação da área, exploração da área, desmonte da área, carregamento e, transporte interno), Midstream (produção) e Downstream (armazenamento, distribuição e comercialização).

Etapa 03 – Identificação dos Impactos Ambientais

Nessa fase são identificados os aspectos e impactos ambientais em função das atividades, processos e produtos desenvolvidos na atividade de mineração. Assim, com auxílio dos métodos de Avaliação de Impactos Ambientais – AIA Checklist e Matriz de Interação determinou-se os impactos ambientais na temática de estudo levando em consideração os aspectos ambientais, econômicos e sociais com relação ao processo produtivo. Ressalta ainda que a escolha dessas

ferramentas deve-se ao fato de ser considerado um método rápido e conciso (SÁNCHEZ, 2012).

Fase 02 – Planejamento Ambiental

A Fase 02 – Planejamento Ambiental tem por finalidade a elaboração de propostas para consolidação e/ou alteração parcial e/ou total da realidade visando atingir a gestão ambiental da área investigada.

O conceito de planejamento vem sendo discutido corriqueiramente no meio científico, apresentando definições com enfoque em diversas variáveis. Para Friedmann (1987), planejamento corresponde à coleta e análise de informações disponibilizadas a serviço do interesse público, com a finalidade de direcionar as diversas atividades econômicas e o desenvolvimento social. Aliando a este conceito observou-se a abordagem de Conyers e Hills (1984), onde o planejamento corresponde à escolha de alternativas acerca da utilização dos recursos disponíveis, visando ao cumprimento de metas específicas dentro de um determinado prazo. Corroborando tal pensamento, Fidalgo (2003) refere-se às metas e aos objetivos como sendo a expressão das prioridades do planejamento.

O planejamento ambiental deve levar em consideração aspectos sobre área, escala e temporalidade. Para Santos e Pivello (1998) a definição da unidade de trabalho deve iniciar com a compreensão das interações e pressões sobre os sistemas naturais ou antrópicos a serem estudados; com isso, a delimitação da área temática deste artigo consiste no setor de mineração e suas possíveis áreas circunvizinhas. Em termos de escala, o estudo focou os limites geográficos de uma mineradora, que neste caso configura-se como escala local, que poderá ter influência em uma microbacia; tendo em vista que diversos estudos vêm utilizando a microbacia como escala,

como por exemplo, Young (2000) e Lagrotti (2000), devido ser uma unidade geográfica natural e possibilita a identificação de fatores socioeconômicos e ambientais homogêneos. Quanto à temporalidade, Santos (2004) afirma que é representada por meio da construção de cenários: o cenário passado (o que foi), o cenário real (o que é) e o cenário futuro (o que será); assim, construiu-se uma proposta com base na realidade atual, onde buscará o desenvolvimento de ações projetar um novo cenário de uma mineradora.

Dentro de uma perspectiva holística, Slocombe (1993) evidencia que planejamento ambiental enfoca o ambiente biofísico onde vivem as pessoas e comunidades, analisa os efeitos de atividades de desenvolvimento, por um processo baseado em metas, planos e regulamentos. Sendo assim, para elaborar o planejamento ambiental, Santos (2004) enfatiza que deve ter a adequação de ações à potencialidade, vocação e à capacidade de suporte, através do desenvolvimento da região e a manutenção da qualidade do ambiente físico, biológico e social.

Diante das definições expostas, pode configurar que abordagem de planejamento ambiental utilizada neste trabalho, evidencia que se trata de um processo, que inclui: objetivo, ação, responsabilidade, meta e prazo, por meio da atenuação da problemática socioeconômica e ambiental da área temática.

Fase 03 – Gerenciamento Ambiental

Para garantir o acompanhamento das ações propostas na fase anterior, realizou-se a proposição de aspectos de gerenciamento ambiental com finalidade da avaliação da eficiência e/ou a eficácia das ações, que deverão ser implementadas a curto, médio e longo prazo, onde envolve os critérios de: etapas, monitoramento, indicadores e, responsável pela análise.

GESTÃO AMBIENTAL DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO

O processo produtivo da atividade da mineração, composto por fases Upstream (prospecção, avaliação da área, exploração da área, desmonte da área, carregamento e, transporte), Midstream (produção) e Downstream (armazenamento, distribuição e comercialização), geram aspectos ambientais, que resultam em impactos ambientais positivos e negativos (QUADRO 01).

Quadro 01: Matriz de correlação de aspectos e impactos ambientais da mineração.

| ATIVIDADES | ASPECTOS AMBIENTAIS | IMPACTOS POSITIVOS | IMPACTOS NEGATIVOS |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|
| Prospecção | Mapeamento de áreas | Valorização econômica | Especulação financeira |
| | Cadastramento das áreas | Expectativa da população | Especulação financeira |
| | Indenização dos proprietários | Geração de impostos | Pressão sobre as propriedades da região |
| | Estudos de campos e perfurações | Geração de empregos e renda | Emissões, resíduos sólidos e ruídos |
| Avaliação da Área | Construção de vias de acesso | Impostos locais | Especulação financeira |
| | | Geração de emprego da população local | Alteração da flora e fauna |
| | | Aquecimento do comércio local | Compactação do solo e erosão |
| | | Serviços locais | Geração de ruídos e particulados |

| | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| | Instalação de canteiro de obras | Impostos | Pressão nos serviços públicos |
| | | Geração de emprego e renda | Geração de resíduos e efluentes |
| | Tráfego de veículos e máquinas | Oferta de serviços | Pressão na infraestrutura |
| | | Geração de emprego e renda | Ruídos e emissões atmosféricas |
| | Preparação do solo | Oferta de serviços | Pressão nos serviços públicos |
| | | Geração de emprego | Desmatamento |
| Exploração da área | Limpeza da área | Geração de emprego, renda e impostos | Alteração da flora e fauna |
| | Construção das estradas internas | Geração de emprego, renda e serviços | Alteração do solo e erosão |
| | Preparação do local | Geração de emprego, renda e serviços | Alteração da paisagem natural |
| | | Aumento de arrecadação local | Alteração de microhabitats |
| | | Maior comercialização local | Alteração do regime hídrico |
| | | Desenvolvimento local | Alterações no microclima |
| Implantação do sistema de exploração | Geração de emprego e renda | Alteração do solo, água e ar | |
| | Aumento nos serviços e arrecadação | Alteração da fauna e flora | |
| | Oferta de serviços especializados | Pressão nos serviços e infraestrutura | |
| | Projeção da região | Resíduos, efluentes e emissões | |
| | Desenvolvimento local e regional | Conflitos socioeconômicos e ambientais | |

| | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| Desmonte da Área | Desmonte da Rocha | Geração de emprego, renda e serviços | Alteração do solo, água e ar Alteração da fauna e flora |
| | | Oferta de serviços especializados | Resíduos, efluentes e emissões Riscos para colaboradores |
| | | Oferta de serviços especializados | Conflitos territoriais |
| Carregamento | Carregamento Interno | Geração de emprego, renda e serviços | Pressão em serviços |
| | | Maior comercialização local | Pressão em infraestrutura |
| | | Desenvolvimento local | Especulação |
| | Armazenamento Interno | Geração de emprego, renda e serviços | Riscos antrópicos |
| Oferta de serviços especializados | | Conflitos territoriais | |
| Transportes de produtos | Transporte dos produtos para beneficiamento | Geração de emprego e renda | Poluição ambiental |
| | | Maior comercialização local | Pressão em serviços e infraestrutura |
| | | Desenvolvimento local | Conflitos ambientais e territoriais |
| | | Aumento de arrecadação | Resíduos, efluentes e emissões |
| | | Oferta de serviços especializados | Riscos para colaboradores |

| | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Produção | Fragmentação primária | Oferta de serviços especializados | Geração de riscos antrópicos |
| | Granulação | Geração de emprego e renda | Resíduos, efluentes e emissões |
| | Moagem | Maior comercialização local | Conflitos ambientais e territoriais |
| | Classificação | Aumento de arrecadação | Especulação financeira |
| | Concentração | Valor agregado | Pressão em serviços e infraestrutura |
| | Descomissionamento de mina | Desativação | Poluição |
| | | Fechamento | Contaminação |
| Armazenamento | Acondicionamento | Geração de emprego, renda e serviços | Riscos antrópicos |
| | Embalagem | Oferta de serviços especializados | Resíduos, efluentes e emissões |
| | Inspeção | Aumento de arrecadação | Conflitos territoriais |
| Distribuição | Transporte externo | Geração de emprego e renda | Geração de riscos tecnológicos |
| | | Consumo de materiais | Resíduos, efluentes e emissões |
| | | Projeção da região | Modificação da malha viária |
| | | Maior comercialização local | Poluição ambiental |
| | | Desenvolvimento local | Pressão em serviços e infraestrutura |
| | | Aumento de arrecadação | Conflitos ambientais e territoriais |
| | | Oferta de serviços especializados | Resíduos, efluentes e emissões |
| | | Oferta de produtos | Riscos para colaboradores |

| | | | |
|------------------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Comercialização dos produtos | Escoamento da produção | Fortalecimento do setor | Geração de riscos |
| | | Arrecadação de impostos | Pressão em serviços e infraestrutura |
| | | Geração de emprego e renda | Conflitos ambientais e territoriais |
| | | Dinamização da economia regional | Resíduos, efluentes e emissões |
| | | Oferta de produtos | Especulação financeira |

Fonte: Autores.

Diante deste cenário, faz se necessário uma proposta de planejamento e gerenciamento ambiental da mineração, que consiste na determinação dos planos, programas e projetos para a manutenção, a prevenção, a correção e o controle das atividades, processos e produtos desenvolvidos do referido setor (QUADRO 02).

Quadro 02: Matriz de gestão ambiental da mineração.

| FASE | Aspecto Ambiental | Impacto Ambiental Negativo | PLANEJAMENTO AMBIENTAL | | | | | GERENCIAMENTO AMBIENTAL | | | |
|------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|--|------------------------|---------------------|------------------------------|
| | | | Objetivo | Ação | Responsável | Meta | Prazo | Etapa | Monitoramento | Indicador | Análise |
| PROSPECÇÃO | Mapeamento de áreas | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de empresas | Áreas Exploradas | Agências de Regulação |
| | Cadastramento das áreas | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de áreas | Quantidade e, valor | Órgãos de Controle e empresa |
| | Indenização dos proprietários | Pressão nas propriedades da região | Otimizar usos | Diagnosticar área afetadas | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, indenizar | Número de áreas | Quantidade e, valor | Órgãos de Controle e empresa |
| | Estudos de campos e perfurações | Emissões, resíduos e ruídos | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos atributos | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---|---------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| AVALIAÇÃO DA ÁREA | Construção de vias de acesso | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de empresas | Áreas Exploradas | Agências de Regulação |
| | | Alteração da flora e fauna | Controlar a alteração | Reintrodução de espécies | Empresa | 100% da área | Fluxo contínuo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Flora e Fauna | Quantidade e, diversidade | Órgãos Ambientais |
| | | Compactação do solo e erosão | Restabelecer condições do solo | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos do solo | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | Instalação de canteiro de obras | Pressão nos serviços públicos | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Geração de resíduos e efluentes | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Tráfego de veículos e máquinas | Pressão na infraestrutura | Otimizar usos | Diagnosticar infraestrutura afetadas | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de estrutura | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Ruídos e emissões atmosféricas | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Preparação do solo | Pressão nos serviços públicos | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Supressão vegetal | Controlar desmatamento | Reflorestamento | Empresa | 100% da área | Fluxo contínuo | Escopo, objetivos, justificativa, área, usos, zoneamento, recursos, técnicas, custos e, métodos | Solo, Água, Fauna e Flora | Composição dos sistemas ambientais | Órgãos Ambientais |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| EXPLORAÇÃO DA ÁREA | Limpeza da área | Alteração da flora e fauna | Controlar a alteração | Reintrodução de espécies | Empresa | 100% da área | Fluxo contínuo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos. | Flora e Fauna | Quantidade e, diversidade | Órgãos Ambientais |
| | Construção das estradas internas | Alteração do solo e erosão | Restabelecer condições do solo | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos do solo | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | Preparação do local | Paisagem | Restabelecer a paisagem | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos da paisagem | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | | Habitats | Restabelecer os habitats | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos dos habitats | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | | Reg. Hídrico | Restabelecer o regime | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos do regime hídrico | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | | Microclima | Restabelecer o microclima | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos do clima | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | Implantação do sistema de exploração | Solo, Água e Ar | Restabelecer os sistemas ambientais | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos dos sistemas | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | | Alteração da flora e fauna | Controlar a alteração | Reintrodução de espécies | Empresa | 100% da área | Fluxo contínuo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Flora e Fauna | Quantidade, diversidade | Órgãos Ambientais |
| | | Pressão nos serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Conflitos ambientais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | DESMONTE DA ÁREA | Solo, Água e Ar | Restabelecer os sistemas ambientais | Plano de manejo | Empresa | 100% da área afetada | Médio e longo prazo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos | Atributos dos sistemas | Qualidade e quantidade | Órgãos Ambientais |
| | | Alteração da flora e fauna | Controlar a alteração | Reintrodução de espécies | Empresa | 100% da área | Fluxo contínuo | Escopo, objetivo, justificativa, área, ações e, custos. | Flora e Fauna | Quantidade, diversidade | Órgãos Ambientais |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Riscos para colaboradores | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| Conflitos territoriais | | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| CARREGAMENTO | Carregamento Interno | Pressão em serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Pressão em infraestrutura | Otimizar usos | Diagnosticar infraestrutura afetadas | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de estrutura | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de empresas | Áreas Exploradas | Agências de Regulação |
| | Armazenamento Interno | Riscos Antrópicos | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Conflitos territoriais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| TRANSPORTES DE PRODUTOS | Transporte dos produtos para beneficiamento | Poluição Ambiental | Controlar a poluição | Diagnosticar a poluição | Empresa | Mapear poluição | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições da poluição | Quantidade e qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Pressão em serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Conflitos territoriais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Riscos para colaboradores | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| PRODUÇÃO | Fragmentação primária | Riscos Antrópicos | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Granulação | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Moagem | Conflitos ambientais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Classificação | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de empresas | Áreas Exploradas | Agências de Regulação |
| | Concentração | Pressão em Serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | Descomissionamento de mina | Poluição | Controlar a poluição | Diagnosticar a poluição | Empresa | Mapear poluição | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições da poluição | Quantidade e qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| Contaminação | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| ARMAZENAMENTO | Acondicionamento | Riscos Antrópicos | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Embalagem | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | Inspeção | Conflitos territoriais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| DISTRIBUIÇÃO | Transporte externo | Riscos tecnológicos | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Modificação malha viária | Controlar a modificação | Diagnosticar a malha viária | Parceria Público Privado | Mapear malha | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições das alterações | Quantidade e qualidade | Órgãos e empresa |
| | | Poliuição ambiental | Controlar a poluição | Diagnosticar a poluição | Empresa | Mapear poluição | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições da poluição | Quantidade e qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Pressão em serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Conflitos ambientais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Riscos para colaboradores | Identificar os riscos | Controlar os riscos | Empresa | Mapear os riscos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| COMERCIALIZAÇÃO DOS PRODUTOS | Escoamento da produção | Geração de riscos | Identificar as fontes | Controlar a geração | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir | Medições dos riscos | Quantidade e Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Pressão em serviços | Otimizar usos | Diagnosticar serviços afetados | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, gerir | Tipos de serviços | Tipos de usos | Órgãos e empresa |
| | | Conflitos ambientais | Mediar conflitos | Diagnosticar conflitos | Empresa e, Estado | Mapear conflitos | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, e, gerir. | Medições dos conflitos | Quantidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Resíduos, efluentes e emissões | Controlar aspectos ambientais | Gerenciar aspectos ambientais | Empresa | Mapear fontes | Fluxo contínuo | Identificar, caracterizar, quantificar, classificar e, gerir. | Medições dos atributos. | Qualidade | Órgãos Ambientais e empresa |
| | | Especulação Financeira | Viabilizar usos | Diagnosticar área potenciais | Parceria Público Privado | 100% da área | Médio e longo prazo | Identificar, caracterizar e, cadastrar | Número de empresas | Áreas Exploradas | Agências de Regulação |

Fonte: Autores.

Portanto, os modelos propostos de gestão ambiental da atividade de mineração, com a finalidade de prevenir e controlar os efeitos adversos e potencializar os efeitos benéficos, necessitam para seu aprimoramento de mecanismos de acompanhamento da melhoria contínua do desempenho ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mineração vem ganhando importância mundial nos últimos anos, principalmente devido as transformações de consumo neste Século XXI, visto que exigem uma enorme diversidade de produtos. Com isso, esta atividade econômica proporciona a geração de impactos positivos, relacionados com as dimensões econômicas, políticas e financeiras. Entretanto, este mesmo setor econômico provoca impactos ambientais negativos, no que diz respeito com as abordagens ambientais, sociais, territoriais e, saúde pública.

Para aperfeiçoar o processo produtivo da mineração faz-se necessário desenvolver ações de gestão ambiental, em especial para potencializar os aspectos econômicos e, prevenir e controlar os processos ambientais.

Sendo assim, sugere-se a elaboração de planos, programas e projetos voltados para controlar a especulação econômica e financeira; adaptações das pressões nas propriedades; capacidade de suporte dos serviços públicos; arbitrariedades de conflitos ambientais, sociais e territoriais; controle de riscos antrópicos; adaptações da malha viária; restabelecimento da flora e fauna; controle da compactação e erosão do solo; controle de ruídos; gestão de emissões, resíduos e efluentes; estabilização da supressão vegetal; regeneração da paisagem natural e habitats e; favorecimento das condições do regime hídrico e do microclima local.

Para tanto, a eficiência das propostas elencadas deverá ser atingida a partir de um planejamento que envolve os critérios de: ação, responsabilidade, meta e prazos; sendo avaliada de forma contínua por meio de um sistema de gerenciamento ambiental que contempla os aspectos de: etapas das ações; forma de monitoramento das ações; indicador da eficiência das ações e; responsável pela análise das ações.

REFERÊNCIAS

BANCO DO NORDESTE. *Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais das atividades produtivas*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999, p. 297.

CONYERS, D.; HILLS, P. *An introduction to development planning in the third world*. New York: John Wiley & Sons, 1984. (Public Administration in developing Countries).

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral (2020). *Dados*. <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/site/admin/visualizarRelacoes.aspx>. Acesso em: 13 Mar. 2020.

FIDALGO, E.C.C. Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais. Campinas, 2003. *Tese* (Doutorado Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais.

FRIEDMANN, J. *Planning in the public domain: from knowledge to action*. Princeton, New Jersey: Princelar University, 1987.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7ª Ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LAGROTTI, C. A. A. Planejamento Agroambiental do Município de Santo Antônio do Jardim – SP: Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim. Campinas, 2000. *Tese* (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2000.

PORTO, M. F. de S.; SCHUTZ, G. E. Gestão ambiental e democracia: análise crítica, cenários e desafios. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, 2012.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos*. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SANTOS, R. F. *Planejamento Ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, R. F.; PIVELLO, V. R. *Planejamento Ambiental*. Apostila do Curso Planejamento Ambiental – IC – 755 – UNICAMP, 1998.

SLOCOMBE, D. S. Environmental planning, ecosystem Science and ecosystem approaches integrating environment and development. *In*. Environmental Management. New York, v. 17, n. 03, 1993.

YOUNG, A. F. Qualidade ambiental em microbacias urbanas – rurais: um estudo comparado entre as bacias Ribeirão das Cabras e Piracicamirim. Campinas, 2000. *Dissertação* (Mestrado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2000.

5

CARLA CAROLINE ALVES CARVALHO
MANOEL MARIANO NETO DA SILVA
MARIA ULLY EDUARDO MARTINS

RESÍDUOS DE MINERAÇÃO E OS SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO BRASIL

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.96-112



Resumo:

A mineração é uma atividade que detém importante valor econômico e social para o país. No Brasil são produzidos minerais metálicos e não metálicos, dentre os metálicos o minério de ferro é que possui maior volume de produção, e conseqüentemente de resíduos, enquanto que entre os não metálicos os agregados utilizados na construção civil são os mais produzidos, como a brita, cascalho, areias e calcário. A atividade gera os resíduos sólidos de extração, chamados de estéril e os resíduos do tratamento ou do beneficiamento, chamado de rejeitos. Diante disso, esse capítulo tem como objetivo apresentar uma caracterização da mineração e os respectivos resíduos produzidos no Brasil, apontando os sistemas de disposição. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental para respaldar a análise desenvolvida.

Palavras-chave:

Rejeitos de mineração; sistemas de disposição; risco ambiental.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da civilização humana se relaciona com a exploração de recursos minerais e transformação em bens úteis para sua sobrevivência. Os recursos minerais são fontes de materiais fundamentais para a sociedade industrial moderna, sendo utilizados em diversas aplicações, como é o caso dos objetos metálicos, dos insumos para a construção civil, dos fios de transmissão de energia elétrica, adição de adubos minerais e corretivos de solo (TEXEIRA, 2012; IBRAM, 2014).

Na América-latina, enquanto território fortemente marcado pelas colônias de exploração, o extrativismo mineral se inicia para atender aos interesses dos países colonizadores perpassando pelos anos, de modo que no final dos anos de 1990, com a expansão da globalização e o crescimento do consumo de metais, a indústria mineral tem se expandido em ritmo acelerado, tanto no que se refere aos volumes extraídos quanto pela abertura de novas minas (GONÇALVES, 2016; FERNANDES; ARAUJO, 2016).

O Brasil é um dos maiores produtores minerais do mundo, estando em nona posição no ranking dos 20 principais países com maior valor na produção de minerais metálicos e carvão (ICMM, 2018). É um setor de significativa representação na economia nacional, gerando emprego e ocupando um importante espaço nas exportações do país com alta comercialização de commodities (CUNHA, et. al., 2019).

O setor mineral compreende a mineração e a indústria da transformação mineral, sendo que essa atividade representou 20,8% mediante o total de exportações brasileiras em 2018, que corresponde a cerca de US\$ 239,9 bilhões. O setor mineral, incluindo petróleo e

gás representou 4,69% do Produto Interno Bruto – PIB no ano de 2017 (BRASIL, 2019).

De acordo com o Anuário Mineral Brasileiro, em 2017 as substâncias metálicas representaram cerca de 80% da produção mineral comercializada do país, desse valor 99,6% são correspondentes ao comércio de onze substâncias: alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel, ouro, vanádio e zinco. O mineral de ferro concentra 71,1% desse volume (Brasil, 2019).

No tocante ao destino das exportações dos onze principais minerais brasileiros os maiores compradores são a China (28,50%), Estados Unidos (11,38%), Japão (4,87%) e os Países Baixos (4,42%). Quanto aos países de onde o Brasil realiza importações vale ressaltar o Chile (23,05%), China (14,35%), Peru (11,52%) e Rússia (5,44%).

A tendência é de que a mineração continue crescendo em termos de produção e importância econômica. Conseqüentemente também aumentam os impactos socioambientais, dos quais o tamanho de determinadas operações minerais, o volume de carga movimentada e a quantidade de resíduos gerados são os principais riscos às populações e regiões, em virtude de acidentes e ineficiência nos mecanismos de deposição de monitoramento dos rejeitos, principalmente no caso do minério de ferro que do qual o Brasil é destaque mundial em produção (CARVALHO *et al.*, 2018). Os resíduos sólidos de extração, denominados estéril e os resíduos do tratamento ou do beneficiamento, chamado de rejeitos. Mediante tal contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar uma caracterização da mineração e os respectivos resíduos produzidos no Brasil, apontando os sistemas de disposição.

A PRODUÇÃO MINERAL BRASILEIRA E ETAPAS DA MINERAÇÃO

Os minerais são substâncias inorgânicas sólidas e homogêneas desenvolvidos no planeta de maneira natural, apresentando uma composição química definida e arranjo cristalino ordenado, podendo ser divididos em metálicos e não-metálicos (TEIXEIRA, 2012). A classificação dos minerais não metálicos pode ser dada conforme mostra a Figura 01:

Figura 01: Classificação de minerais não metálicos



Fonte: Carvalho, et. al., 2018

Vale ressaltar que alguns autores consideram os minerais energéticos como uma terceira classificação, entre os metálicos e não metálicos (TEXEIRA, 2012; MACEDO, 1998). Os minerais não metálicos podem ser utilizados diretamente na construção civil, somente com o

beneficiamento na mina, como é o caso dos agregados para concreto (areia, cascalho, brita) essenciais para a obras diversas, a exemplo das de infraestrutura urbana, saneamento e moradias (IBRAM, 2014).

A produção dos minerais não metálicos é lucrativa e boa parte dela é consumida localmente. No que se refere os impactos ambientais, a lavra e o beneficiamento dos não metálicos apresenta uma maior extensão, mas de gravidade menor do que os provenientes da mineração de minerais metálicos e os energéticos. Porém, em virtude de as minas encontrarem-se dispersas é difícil controlar e medir os impactos gerados (MACEDO, 1998; IBRAM, 2014). Quanto aos minerais metálicos distribuem-se em três categorias principais, Figura 02:

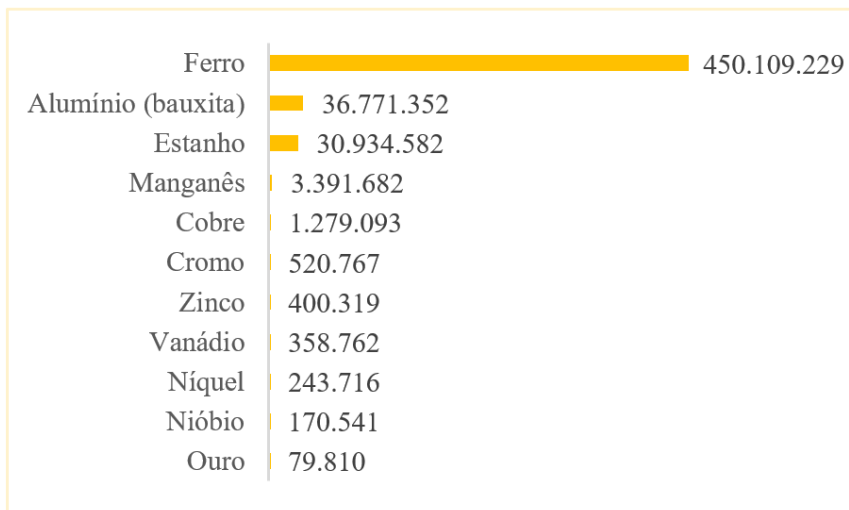
Figura 2: Principais categorias

| | |
|---------------------|--|
| Ferrosos | Ex.: ferro, nióbio, manganês e cromo |
| Não-Ferrosos | Ex.: alumínio, cobalto, cobre, chumbo, estanho, metais do grupo da platina, tálio, tântalo, terras-raras, titânio, vanádio, molibdênio e zinco |
| Preciosos | Ex.: ouro e prata |

Fonte: Carvalho, et. al., 2018

O Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2019) disponibiliza informações para alguns minerais sobre a produção de minério bruta, ou seja, tal como saiu da mina e a produção do minério que passou por algum tipo de beneficiamento, sendo que esta última é evidenciada na Figura 03:

Figura 03: Produção dos principais minerais metálicos (toneladas)



Fonte: DNPM, 2019.

O Ferro é mineral metálico de maior produção no Brasil, fazendo do país o maior produtor mundial em (18,9%) em 2017. As reservas mundiais de minério de ferro são estimadas em 170 bilhões de toneladas, as reservas brasileiras representam 19,8% das reservas mundiais, com minério em teor médio de 46,2% de ferro (JESUS; JOAQUIM, 2018). No tocante aos minerais não metálicos os insumos para a construção civil como areia, brita, cascalho e calcário são os de maior volume, com produção acima de quatrocentos milhões de toneladas em 2015 (DNPM, 2016).

Um exemplo, é a produção de cimento, um dos materiais mais consumidos pela construção civil, o qual tem como principais insumos argilas e calcários. O Brasil é o maior produtor de cimento na América Latina, ofertando 55 Mt, o que representa 1,3% da produção mundial. Entre as restrições para a utilização

dos insumos na produção do cimento está a composição química e as longas distâncias entre as jazidas e o mercado consumidor, o que contribui para que 90% do cimento produzido no mundo seja consumido no país em que foi produzido. (QUEIROZ FILHO, AMORIN NETO, 2018).

A atividade de mineração abrange a pesquisa, a lavra, o desenvolvimento da mina, o beneficiamento, a comercialização dos minérios, o aproveitamento de rejeitos e estéréis e o fechamento da mina, conforme definido pelo Decreto nº 9.406/2019.

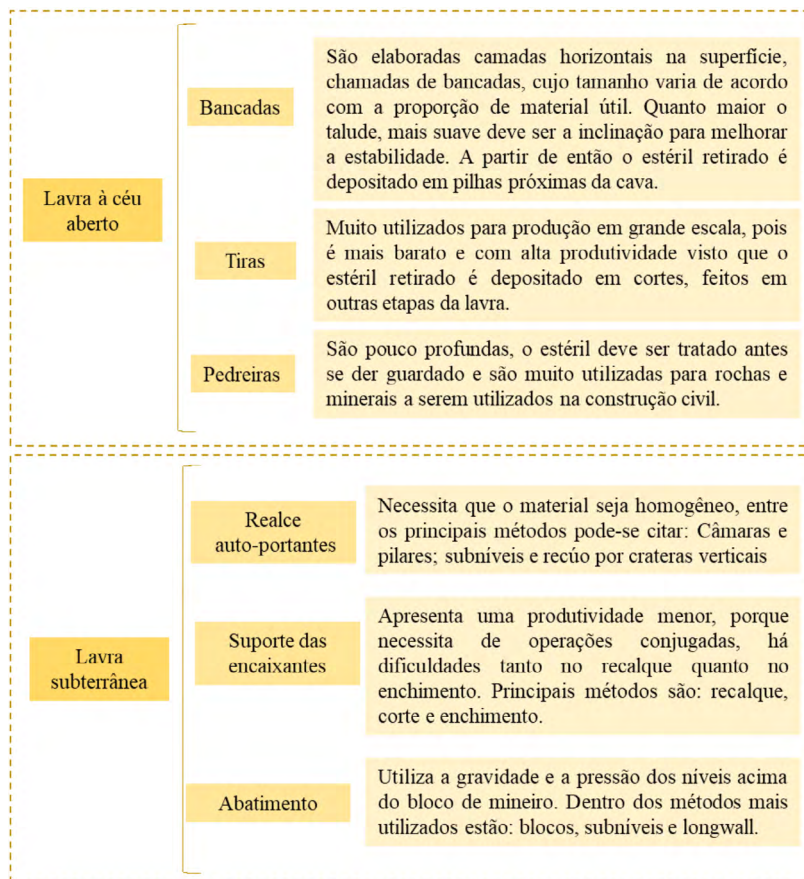
A pesquisa é fundamental para identificação geológica, mapeamento e estudos preliminares capazes de caracterizar a ocorrência mineral, o depósito e a jazida, bem como a sua viabilidade econômica (CARVALHO *et al.*, 2018).

De acordo com o Código de mineração (Brasil, 2011) a lavra é o conjunto de operações coordenadas que têm o objetivo de realizar o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração dos minerais até o seu beneficiamento.

Carvalho *et al.* (2018) ressaltam que a lavra é a etapa mais intensa no que se refere a geração de efluentes (sólidos, líquidos e gasosos), inclui as seguintes tarefas: projeto e desenvolvimento da mina, preparação das frentes de lavra; abertura da mina; extração do minério e beneficiamento.

Os métodos de lavra são divididos, superficial (a céu aberto) e subterrânea, no Brasil a maioria das minas são superficiais. Os métodos de lavra são descritos na Figura 04:

Figura 04: Métodos de Lavra.



Fonte: Minas Jr – consultoria mineral, 2019.

Quando comparadas entre si, a lavra a céu aberto apresenta vantagens como se apresentar um menor custo de produção, mais fácil de ser supervisionada, melhores condições de trabalho, uso mais racional e eficiente de explosivos, menores riscos, maior nível de produção e utilização de equipamentos de grande porte. Enquanto que como desvantagem exige uma maior movimentação de materiais,

imobiliza uma grande quantidade de áreas, assim como expõe os trabalhadores às intempéries e limita a profundidade da lavra (DUTRA, 2017). As operações de lavra são, Figura 04:

Figura 04: Operações de lavra



Fonte: Carvalho *et al.* (2018)

O decapamento é realizado na abertura e desenvolvimento da mina, se remove o material superficial para atingir a rocha, que é chamado de estéril. Na perfuração são utilizadas máquinas-hidráulicas que executam furos com diâmetro, comprimento e distâncias previamente calculados. Os desvios na perfuração podem gerar problemas e danos estruturais na fase de desmorte. O desmorte por sua vez pode ser executado de maneira mecânica ou utilizando-se a junção perfuração-detonação. O minério fragmentado, com conteúdo econômico, chamado de *run of mine*, é transportado para a unidade de beneficiamento, na qual são realizados processo com os objetivos de promover a separação física do *run of mine* da ganga, ou seja, da parte que não apresenta interesse econômico ou que que é rejeitada, para obter um concentrado com maior teor de concentração mineral (CARVALHO *et al.*, 2018). Nessa fase há produção de uma elevada quantidade de resíduos, que quando misturada a água, dá se o nome de rejeito (DNPM, 2012).

O fechamento da mina pressupõe o descomissionamento, o qual inclui as operações necessárias para a sua desativação:

desmobilização, fechamento e a recuperação ambiental, com o intuito de devolver o local para outros usos pela comunidade. É importante manter o acompanhamento de efeitos posteriores, mesmo após a reabilitação da área (CARVALHO *et al.*, 2018).

RESÍDUOS SÓLIDOS E MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO DE REJEITOS

A atividade de mineração exige uma grande movimentação de massas e volumes de materiais, de maneira que a quantidade de resíduos decorrentes da atividade está diretamente associada ao processo utilizado para a extração do minério, com a concentração da substância mineral estocada na rocha matriz bem como com a localização da jazida em relação a superfície (THOMÉ, LAGO, 2017). Existem dois tipos de resíduos: os estéreis e os rejeitos. Os estéreis, conforme já mencionado, são os materiais gerados pela extração na lavra e no decepamento que não representam um valor econômico, os rejeitos, por sua vez, são provenientes dos processos de beneficiamento. Vale ressaltar que existem ainda os resíduos como os efluentes do esgoto gerados nas plantas de mineração, carcaças de baterias e os pneus utilizados pelos veículos (SILVA; VIANA; CAVALCANTE, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – LPNRS, definida pela Lei 12.305/2010, tem os resíduos de mineração como sendo uma das categorias dos resíduos sólidos, em seu art. 13, I, alínea k. Assim, as mineradoras são consideradas geradoras desse tipo de resíduo e, portanto, estão submetidas as disposições da LPNRS.

No Brasil, os projetos e as práticas de operação de depósitos ou pilhas de estéreis têm adotado critérios geotécnicos de prevenção e controle, assim como também a recuperação na fase de fechamento

destes, de modo que os volumes dos depósitos de estéreis têm diminuído, assim como também é crescente a sua utilização na recuperação de voçorocas e preenchimento de cavas exauridas das minas (IBRAM, 2016). Dessa forma, o Brasil apresenta uma baixa taxa de geração de estéril em relação aos demais países produtores (CARVALHO *et al.*, 2018). Os autores (*op. cit.*) ressaltam ainda que as características dos rejeitos variam de acordo com o tipo de mineral, tratamento e da planta de beneficiamento, podendo ser finos, com compostos de siltes e argilas, depositados na forma de lama ou polpa, como podem ser constituídos de materiais arenosos, com uma granulometria mais grossa, chamados de rejeitos granulares.

A seleção do método de disposição do rejeito depende: da natureza do processo de mineração, das condições geológicas e topográficas da região, das propriedades mecânicas dos materiais, do poder de impacto ambiental de contaminantes dos rejeitos, e das condições climáticas da região (IBRAM, 2016).

Na disposição dos rejeitos, o período de tempo entre as camadas de rejeitos deve ser o suficiente para que aconteça o ressecamento da camada anteriormente lançada, o que aumenta a resistência do material. Caso não seja respeitado esse intervalo, pode-se alterar as propriedades do depósito, dado o ressecamento parcial, tornando-o menos resistente ao cisalhamento e suscetível a rupturas (CARVALHO *et al.*, 2018).

A maneiras em que a disposição pode ser feita é à céu aberto, subterrânea ou subaquática. A disposição mais utilizada é a céu aberto, se dão através de pilhas controladas ou por meio de estruturas de contenção situadas em bacias ou vales. A disposição subterrânea é realizada por meio de câmaras abertas após a extração do minério, de modo que os rejeitos são bombeados para preenche-las. A disposição subaquática não é muito utilizada

porque gera muitos impactos negativos nesses ecossistemas, sendo até irreversíveis (LOZANO, 2006).

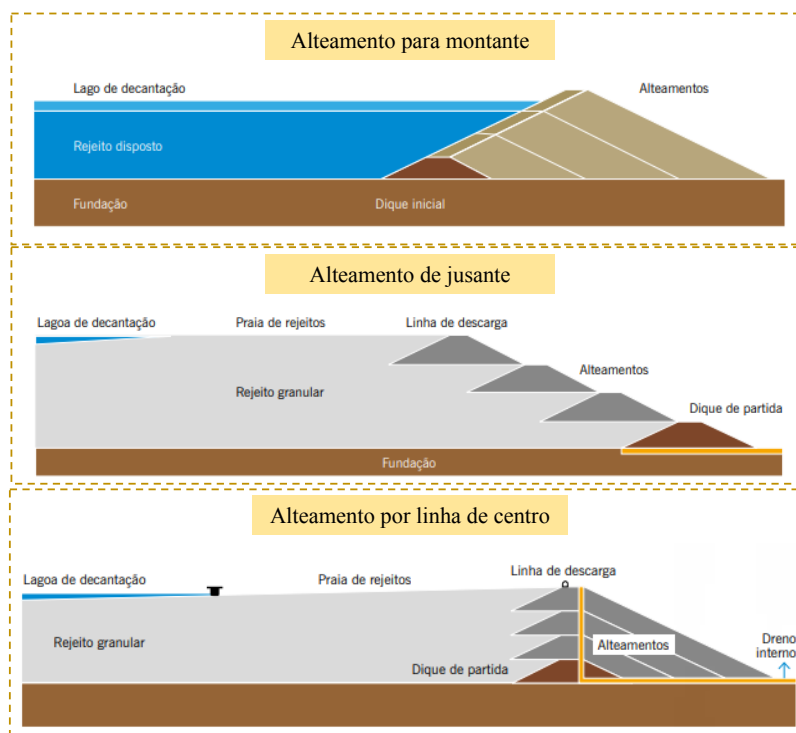
Comumente os rejeitos são dispostos em: minas subterrâneas, em cavas exauridas de minas, em pilhas, por empilhamento a seco (método “dry stacking”), por disposição em pasta, e em barragens de contenção de rejeitos (IBRAM, 2016).

As barragens constituem-se como mais utilizados para a disposição de rejeitos por meio do aterro hidráulico, em virtude da possibilidade de conter um grande volume de material com custos menores (THOMÉ; LAGO, 2017). De acordo com a NBR 13028/2017 as barragens são definidas como:

Barragens, barramentos, diques, reservatórios, cavas exauridas com barramentos construídos, associados às atividades desenvolvidas com base em direito minerário, utilizados para fins de contenção, acumulação ou decantação de rejeito de mineração ou descarga de sedimentos provenientes de atividades em mineração, com ou sem captação de água associada, compreendendo a estrutura do barramento e suas estruturas associadas. (ABNT, 2017)

Diferentemente das barragens convencionais, construídas para acumular água, as barragens de rejeitos reservam materiais provenientes do beneficiamento, que apresentam composições iônicas diferentes. Essas composições além de serem nocivas ao homem e ao meio ambiente também negativas à obra em virtude de poderem interagir com os materiais construtivos do aterro, alterando a sua permeabilidade (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016). Além disso, o barramento não é construído de uma única só vez, como nas obras comuns, o alteamento do dique de partida se dá em etapas sucessivas de acordo com o avanço da lavra e logo, fazendo uso de materiais de área de empréstimo ou do próprio rejeito. Os métodos mais utilizados para o alteamento são: montante, jusante ou linha de centro, Figura 05:

Figura 05: Métodos de alteamento.



Fonte: IBRAM, 2016.

O método a montante é o mais antigo, econômico e simples, por esse motivo é o mais utilizado pelas empresas. Porém existe um maior cuidado com a manutenção, em virtude da possibilidade de apresentar rupturas por percolação, está associado ao maior número de casos de rompimento de barragens. É executado a partir da construção de um dique de partida, de modo que os rejeitos são depositados a partir da crista do dique inicial formando um lago de rejeito que com o passar do tempo se adensa e serve de fundação para os futuros diques (IBRAM, 2016, CAVARLHO *et al.*, 2016).

No método de alteamento de jusante há um maior custo para as mineradoras, os degraus da barragem são apoiados sobre eles mesmos, de forma a melhor sustentar a massa de resíduos armazenada, enquanto que no método de linha de centro mescla os modelos a montante e a jusante (THOMÉ; LAGO, 2017). A escolha do método a ser utilizado depende de diversos fatores, como o tipo de rejeito, área disponibilizada, abalos sísmicos. Dessa maneira, a Tabela 01 mostra um comparativo entre esses três métodos:

Tabela 01: Resumo comparativo dos principais métodos construtivos de barragens de rejeito.

| | Montante | Jusante | Linha de Centro |
|-------------------------------|---|---|--|
| Tipo de Rejeito | Baixa densidade para que ocorra segregação | Qualquer tipo | Areias de lamas de baixa plasticidade |
| Descarga de rejeitos | Periférica | Independente | Periférica |
| Armazenamento de água | Não recomendável para grandes volumes | Bom | Aceitável |
| Resistência a abalos sísmicos | Baixa | Boa | Aceitável |
| Alteamentos | Ideal menos 10m/ano | Nenhuma restrição | Pouca restrição |
| Vantagens | Menor custo, utilizado onde há restrição de área | Maior segurança | Flexibilidade construtiva |
| Desvantagens | Baixa segurança suscetibilidade a liquefação e piping | Grande quantidade de material requerido proteção do talude a jusante apenas na configuração final | Necessidade de eficiente sistema de drenagem |

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Este material por ter passado por processos de beneficiamento, no qual normalmente envolve reações químicas, apresentam composições iônicas variadas. As quais além de por vezes serem nocivas ao homem e meio ambiente são de um ponto de vista construtivo negativas pela possibilidade de interação e reação química com os materiais construtivos do aterro, assim alterando a permeabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mineração é uma atividade que engloba todos os serviços necessários para extração de minerais e beneficiamento dos mesmos, ressaltando a pesquisa como fonte de dados cruciais para planejamento e controle desses serviços, que também envolvem a comercialização dos minérios e o aproveitamento de rejeitos e estéreis, além de serviços posteriores como desmobilização, fechamento e a recuperação ambiental.

A forma de disposição mais comumente utilizada é a céu aberto, como por exemplo as barragens de rejeitos, que reservam materiais provenientes do beneficiamento, na qual são presentes composições nocivas tanto ao meio ambiente, como a própria obra, pois há uma interação com os materiais de construção do aterro, o que pode acarretar na alteração da sua permeabilidade.

Comparando os métodos para construção de barragem de rejeitos, o método a montante é o mais utilizado pelas empresas, principalmente pelo fator custo, porém no quesito eficiência e segurança o mais vantajoso é o método a jusante. Sendo necessário então, a compatibilidade de vários pontos para escolha de um dos métodos, enfocando não apenas no custo para execução, mas nas atividades de operação, manutenção e controle, evitando acidentes e

a bom desempenho do sistema tanto na fase de operação como na de desativação, caso ocorra.

Em cunho econômico e social, as atividades de mineração são essenciais para o país. Logo, no decorrer do trabalho pôde-se constatar a necessidade de aprofundamento em pesquisas relacionadas à escolha dos métodos de disposição dos rejeitos, ofertando assim o menor fator de risco possível ao meio ambiente e sociedade.

6

LEONARDO DE MORAIS VIEIRA
GERTRUDES DE SOUSA REGIS
CLÉSCIA NAIARA FREITAS GOMES

APROVEITAMENTO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E ANÁLISE SOBRE A EVOLUÇÃO E O FUTURO DA DESTINAÇÃO DESTES MATERIAIS

DOI: 10.31560/PIMENTACULTURAL/2020.466.113-143



Resumo:

O Brasil se destaca como um grande produtor de insumos de origem mineral, contudo as empresas geralmente não adotam métodos eficazes de tratamento, disposição e aproveitamento dos seus rejeitos. Logo, tem-se uma lacuna no que diz respeito ao reconhecimento do potencial produtivo destes materiais, além dos riscos que trazem para a sociedade e para o meio ambiente. Portanto, almeja-se a obtenção de um panorama sobre a necessidade de estudos acerca dos rejeitos minerais e de seu aproveitamento, tendo em vista a variabilidade de suas características e do seu potencial produtivo. Deste modo, utilizou-se de pesquisa bibliográfica para análise do cenário minerador e compilação de informações relevantes na área.

Palavras-chave:

Aproveitamento de rejeitos; rejeitos de mineração; variabilidade de rejeitos.

INTRODUÇÃO

A atividade mineradora produz insumos que permeiam demasiados setores da sociedade, apesar de sua presença geralmente não ser tão clara. Responsável direta por movimentar a cadeia produtiva, tanto da indústria quanto de outros setores importantes, como o da construção civil, é marcada principalmente por seus acidentes causadores de impactos sociais, ambientais, econômicos e diversos outros.

Com a pouca visibilidade, os desastres geralmente são a única forma de contato que a sociedade tem com a atividade. Por isso, há distorção quanto a necessidade de sua presença no desenvolvimento de países e comunidades, como no Brasil, onde os recentes rompimentos de barragens de rejeitos, que atingiram grandes proporções, são a principal fonte de informação sobre a mineração.

Apesar do conhecimento parcial da população acerca do contexto do setor, é inegável a ocorrência de problemas, pois embora exista fiscalização, normas regulamentadoras e legislação, atualmente ainda há um número alarmante de falhas tanto no âmbito nacional quanto internacional. Somente no Brasil, segundo o site Wise Uranium Project (WORLD INFORMATION SERVICE ON ENERGY, 2020), nos últimos dez anos um número superior a 44 milhões de m³ de rejeitos vazaram das suas contenções, alguns atingindo áreas urbanas e corpos hídricos em grande extensão.

Logo, demonstra-se a necessidade de se discutir sobre a temática, com o intuito de informar e instigar o conhecimento por profissionais, bem como pela população civil. Ademais, no que concerne a existência das barragens de rejeitos, justifica-se o aproveitamento como uma alternativa que se destaca das demais, por promover a destinação final dos rejeitos, reinserindo-os na cadeia produtiva.

Visando um panorama a respeito da mineração, foram investigados documentos de ordem acadêmica, de instituições governamentais e de organizações diversas, que fornecessem dados e informações do setor minerador e do seu desenvolvimento científico na área do aproveitamento de rejeitos.

Nessa direção, o objetivo é discorrer sobre as etapas necessárias para a realização de pesquisas na área do aproveitamento de rejeitos, norteando o desenvolvimento de estudos futuros e, posteriormente, apresentar um panorama sobre a situação das barragens de rejeitos, mostrando a importância de se desenvolver alternativas de destinação.

APROVEITAMENTO DE REJEITOS: UMA ABORDAGEM GENÉRICA

Pode-se notar um número crescente de pesquisas voltadas para o desenvolvimento de técnicas na área de gestão de processos, bem como na área de reaproveitamento dos resíduos. Verifica-se, no entanto, que esse panorama não se restringe apenas a academia, pois a partir da Lei nº 12.305/10, responsável por estabelecer a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), esse interesse passa a ser da sociedade civil, profissional e acadêmica.

A PNRS (BRASIL, 2010a) passou a responsabilizar o conjunto de todos os geradores de resíduos da sociedade que inclui fabricantes, comerciantes, cidadãos, distribuidores entre outros.

Essa Política Nacional não apenas tem como proposta a redução na geração dos resíduos, mas também oferecer instrumentos para o aumento da reutilização e destinação ambientalmente correta daqueles que não podem ser reutilizados.

No que diz respeito a mineração, recentemente, devido aos prejuízos causados pelos desastres da Barragem do Fundão, em Mariana e pela barragem da Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho, nota-se aumento de interesse da população e do poder legislativo em reduzir os riscos da atividade mineradora. O que fica evidenciado pelo Projeto de Lei nº 1496 (BRASIL, 2019), que consiste em uma tentativa de realizar ementa a PNRS (BRASIL, 2010a) com o propósito de estabelecer indicações para eliminação e beneficiamento de rejeitos gerados pela mineração.

A produção mineral nacional é de grande porte, sendo alavancada pelo estado de Minas Gerais. Segundo o Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM-2030), formulado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e publicado em 2011, o setor obteve o valor de US\$ 69 bilhões em 2008, totalizando 4,2% do PIB nacional naquele ano. No que concerne às exportações do país, em 2019, a atividade minerária contribuiu com 20,8% em relação ao total de bens exportados.

Simultaneamente a essa produção, têm-se a geração de grandes volumes de rejeito. Esse volume expressivo de materiais é responsável por formar um grande passivo ambiental não apenas no Brasil, mas também no mundo, de modo a exigir áreas extensas para a sua deposição. Além da ocupação dessas áreas, de acordo com Bezerra (2017), este passivo ambiental causa ainda diversos impactos negativos, tal como seu enorme potencial de contaminação do solo e de corpos hídricos, riscos de ruptura e falha em barragens, além de custo elevado para manutenção e fiscalização dessas obras de contenção.

Segundo o Inventário de Resíduos Industriais e Minerários de 2017 da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), só no estado de Minas Gerais foram gerados 3,745 milhões

de toneladas de rejeitos¹, que em sua maioria são depositados em barragens, desconsiderando seu potencial de uso. Nessa direção, a reinserção dos rejeitos de forma ambientalmente adequada em cadeias de produção se faz necessária a longo prazo para a continuidade da atividade mineradora (BEZERRA, 2017).

Paralelo a essa geração de rejeitos, há um enorme consumo pelo setor da construção civil de matérias primas não-renováveis, abrindo-se uma lacuna para aplicação de tais rejeitos no ciclo construtivo. Diante deste cenário, dá-se início a revisão sobre quais os pontos de partida para pesquisas sobre esse tema de aproveitamento de rejeitos de mineração em alguns setores da construção civil.

ORIGEM, CARACTERÍSTICAS E BENEFICIAMENTO DOS REJEITOS

No que diz respeito à aplicação alternativa de resíduos ou de rejeitos em insumos da construção civil ou diretamente em obras de engenharia, é importante salientar que esses novos usos não devem promover transferência de um problema na área ambiental para o setor da construção civil. Portanto, o reaproveitamento deve ser aplicado de tal maneira que não traga danos ambientais e/ou técnicos (APAZA *et. al*, 2018).

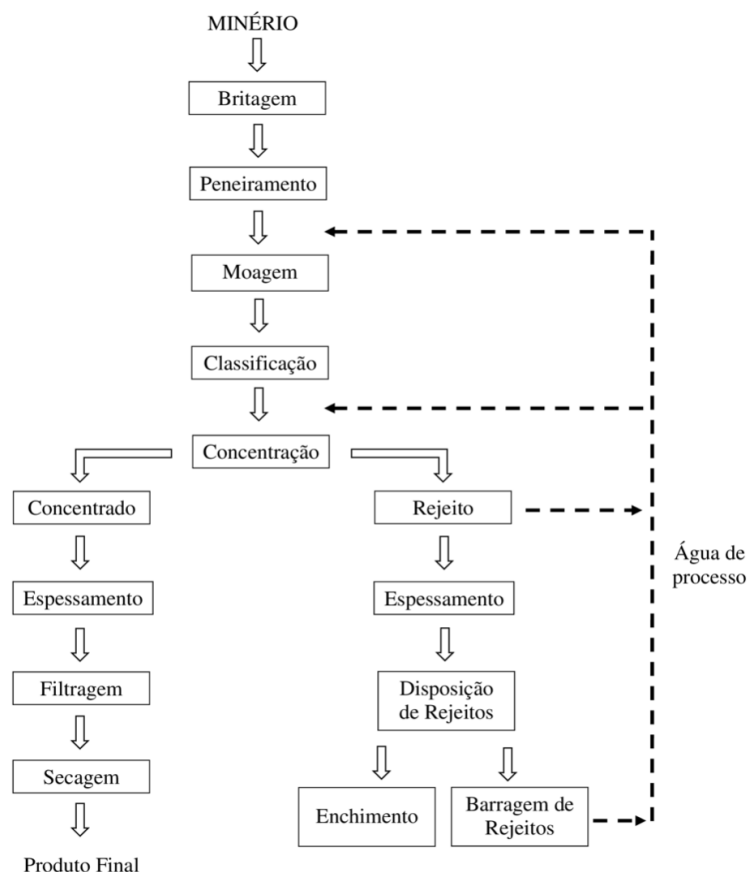
Vale evidenciar, portanto, que é indispensável a caracterização do rejeito que será utilizado nas novas aplicações, de modo a verificar a consonância do seu uso com os documentos normativos formulados tanto por órgãos de normatização técnica quanto por órgãos governamentais. Desse processo de análise, os resíduos de produção industrial, geralmente, possuem maior padronização de suas propriedades e são, por conseguinte, mais facilmente caracterizados e

1 Rejeito da concentração mineral relativo somente aos metais não ferrosos.

classificados a partir dos documentos normatizadores, enquanto que os rejeitos de minério têm maior variabilidade de suas propriedades por conta de diversos fatores, desde a composição da jazida, até o processo utilizado no beneficiamento.

Para ilustrar o processo de tratamento de minérios e o porquê da variabilidade das propriedades dos rejeitos, o fluxograma 1 traz de forma sucinta um processo típico de beneficiamento.

Fluxograma 1: Tratamento de minérios.



Fonte: Adaptado a partir do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM, 2010).

Em uma mina de produção mineral, o material extraído da jazida consiste em um agrupamento de minerais, onde geralmente apenas uma parcela destes é dotada de valor econômico. Dessa maneira, o processo de beneficiamento tem como finalidade a obtenção do mineral de interesse livre das impurezas originalmente associadas a ele. A exemplo de uma mina de minério² de ferro, onde a hematita é o mineral valioso e o quartzo é a ganga³. Desse modo, a primeira influência que o rejeito sofre em suas características advém do tipo de mineral que compõe a ganga (CETEM, 2010).

Seguindo com a explanação das etapas mais significativas na definição das propriedades dos rejeitos, de acordo com o CETEM (2010), tem-se a britagem e moagem que possibilitam a liberação física entre espécies distintas de minerais, onde o processo leva o material a variar de centímetros até micrômetros. Deste modo, essa etapa é responsável direta pela granulometria do resíduo que posteriormente será depositado nas barragens.

O peneiramento incluso na etapa seguinte é feito de modo a impedir que ocorra uma diminuição superior àquela necessária para a separação física. Por conseguinte, ocorrem os processos que visam obter, de forma simplificada, um material concentrado e o rejeito em si. Estes procedimentos podem ser variados e definidos a partir da divergência entre as propriedades do mineral de interesse e os minerais da ganga (CETEM, 2010).

Salienta-se, de maneira breve, algumas propriedades que têm variabilidade entre espécies minerais, tais como massa específica, condutividade elétrica, cor, forma dentre outras. Dessa maneira, tem-

2 "Minério é toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente." Centro de Tecnologia em Mineração (CETEM).

3 "O mineral ou conjunto de minerais não aproveitados de um minério é denominado ganga." Centro de Tecnologia em Mineração (CETEM).

se a flotação e a eletrometalurgia como exemplos, onde o primeiro processo faz a adição de reagentes químicos com a intenção de hidrofobizar a superfície do mineral e, assim, aumentar seu teor de concentração posterior, enquanto o segundo, faz uso de células eletrolíticas para a recuperação de metais puros presentes em solução aquosa, acumulando o metal de interesse em um cátodo, enquanto ocorre a oxidação do ânodo de metal impuro (MINAS JR, 2018).

Muitos desses processos de concentração são realizados a úmido e fazem adição de substâncias químicas, conforme o supracitado, de forma que tais substâncias passam a compor o rejeito, assim modificando suas características. Vale lembrar, de acordo com o fluxograma 1, que a água dos rejeitos, mesmo após sua deposição na barragem, volta a ser inserida no processo de tratamento. Essa recirculação da água, bem como a distância entre os pontos da barragem e o ponto de deposição podem levar a variabilidade do rejeito em um mesmo represamento (CETEM, 2010).

Independentemente dos métodos empregados para realizar o beneficiamento, o rejeito sempre contará com uma parcela do mineral de maior riqueza, devido à impossibilidade técnica ou econômica de se realizar a separação completa dos materiais.

Diante da explanação acerca do beneficiamento, fica evidente a necessidade de definição técnica das classificações química, física, mineralógica e ambiental de cada rejeito que será fonte de aplicação alternativa, conseqüentemente, essa definição é imprescindível para determinação da utilização mais adequada.

NORMAS TÉCNICAS E ENSAIOS EMPREGADOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE REJEITOS

O processo de controle para utilização de um rejeito tem início na fase de amostragem, onde esta deve ser feita seguindo o disposto na NBR 10007 (ABNT, 2004a). O preparo da amostra passa ainda por etapas que são específicas da aplicação desejada, analogamente ao que Aristimunho (2012) fez ao seguir a NBR NM 27 (ABNT, 2001), quando almejou a aplicação de rejeito como substituição ao agregado utilizado na confecção de concretos.

Após o programa de amostragem, dá-se início à fase de caracterizações. Para a caracterização física podem ser realizados os ensaios de granulometria, massa específica e condutividade elétrica, por exemplo.

Tomando Apaza *et. al* (2018) como referência, menciona-se o ensaio utilizado para determinação da granulometria por meio de peneiramento, ensaio este regulamentado pela NBR 7181 (ABNT, 1986) que prescreve o método para análise da granulometria de solos. Os autores, nessa circunstância, visavam analisar a aplicação do rejeito em pavimentação asfáltica.

Já a caracterização da composição química do rejeito possibilita identificar os elementos presentes na amostra e seus quantitativos. Tal análise é importante para que não haja comprometimento das propriedades físico-químicas da aplicação. Um exemplo de aplicação que poderia ser comprometida é a confecção de concreto com a utilização de rejeito de minério de ferro.

Nesse sentido, Xavier (2019) fez uso do ensaio de Fluorescência de Raio-X para detectar a presença de elementos

que poderiam levar a reações álcali-agregado ou carbonatação, de modo a garantir a aplicabilidade do material sem o risco do surgimento de patologias futuras.

O estudo mineralógico, por sua vez, é realizado como forma de identificar e quantificar espécies minerais, para que desse modo possam ser avaliadas as melhores aplicações. Assim como fez Xavier (2019) através do uso do ensaio de Difração de Raio X, encontrando Quartzo (SiO_2), Hematita (Fe_2O_3), Caulinita (SO_3) e Gipsita (CaO) no material avaliado. Xavier (2019) orienta, a partir disso, a aplicação do quartzo como agregado fino, gipsita para fabricação do cimento⁴, caulinita para uso em concreto por sua função pozolânica⁵ e hematita para composição da matriz de cimento.

A classificação ambiental do material é realizada por meio do uso da NBR 10004 (ABNT, 2004b) relativa à classificação dos resíduos sólidos em resíduos classe I (perigosos) e resíduos classe II (não perigosos). Para tal classificação, outras normas são utilizadas como prescrição para a realização de ensaios e obtenção de valores, de modo a enquadrar o material analisado em uma das classes supracitadas, conforme limites máximos tabelados e prescritos pela referida norma. A tabela 1 apresenta as normas prescritivas mais corriqueiramente utilizadas por autores para análise de rejeitos.

4 Xavier (2019) apud Sobrinho *et. al* (2001)

5 Xavier (2019) apud Abrão (2019)

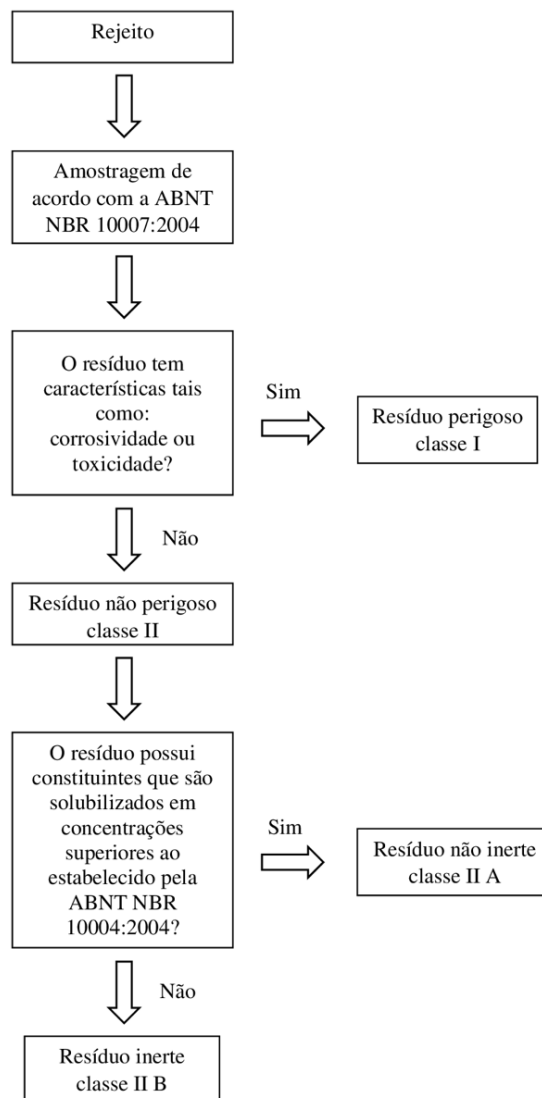
Tabela 1: Principais normas prescritivas para caracterização de rejeitos.

| Norma para Classificação | Normas Prescritivas | Objetivos |
|---|---|--|
| ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação. | ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos. | Fixar os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos, sejam estes: líquidos, lodos, sólidos granulares, sólidos em pó e resíduos secos. |
| | ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. | Fixar os requisitos exigíveis para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados pela ABNT NBR 10004 como classe I – perigosos – e classe II – não perigosos. |
| | ABNT NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. | Fixar os requisitos exigíveis para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, visando diferenciar os resíduos classificados na ABNT NBR 10004 como classe II A – não inertes – e classe II B – inertes. |

Fonte: Elaborada a partir da ABNT NBR 10004:2004

De modo a ilustrar o processo de classificação ambiental dos rejeitos, o fluxograma 2 representa, ainda, o encadeamento de análises e procedimentos que devem ser realizados.

Fluxograma 2 - Classificação das classes I e II.



Fonte: Elaborado a partir da ABNT NBR 10004:2004.

A partir do exposto, deve-se também reconhecer no cenário nacional o surgimento da atividade mineradora e a sua atual realidade, em dimensões tanto qualitativas quanto quantitativas, para que se possa enfatizar, além da necessidade do aproveitamento, os riscos existentes e como a produção do setor influencia os estudos realizados na área.

DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS

A grande produção de minérios como conhecemos hoje, teve impulso com a Revolução Industrial, que além de demandar esse aumento também forneceu as técnicas que possibilitaram o atendimento dessa nova demanda. Como consequência, houve aumento também na geração de rejeitos. No entanto, as técnicas de disposição não se desenvolveram na mesma velocidade, sendo os rejeitos depositados em volumes cada vez maiores em cursos d'água. (IBRAM, 2016)

A forma de disposição até então utilizada tornou-se inviável do ponto de vista ambiental, dando margem ao surgimento das primeiras barragens de contenção de rejeitos, que eram construídas pelas próprias empresas mineradoras. No Brasil, não havia controle tecnológico acerca da técnica construtiva desses reservatórios, sendo por muitos anos utilizados os materiais estéreis removidos da própria mina. (*Idem*)

As barragens tornaram-se então a forma de destinação mais usada para os rejeitos de mineração. Apesar desta ser uma atividade há muito tempo desenvolvida no país, somente em 2010 houve melhoria no controle das técnicas construtivas empregadas, por conta da instituição da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) feita através da Lei 12.334 (BRASIL, 2010b).

Tratando das barragens com diferentes usos, a PNSB (BRASIL, 2010b) aborda, dentre outros, o gerenciamento dos riscos das barragens de rejeitos, trazendo padrões de segurança e elaboração de documentos normativos, além de instituir o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB).

As exigências normativas a serem atendidas nas barragens passaram então a depender da sua categoria de risco e do seu dano potencial associado, exigindo que seja feita sua classificação. A Lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010b) define em seu art. 7º que “a classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem”, ou seja, o risco não está associado diretamente à ruptura, e sim à possibilidade ou não de atendimento dos requisitos técnicos mínimos.

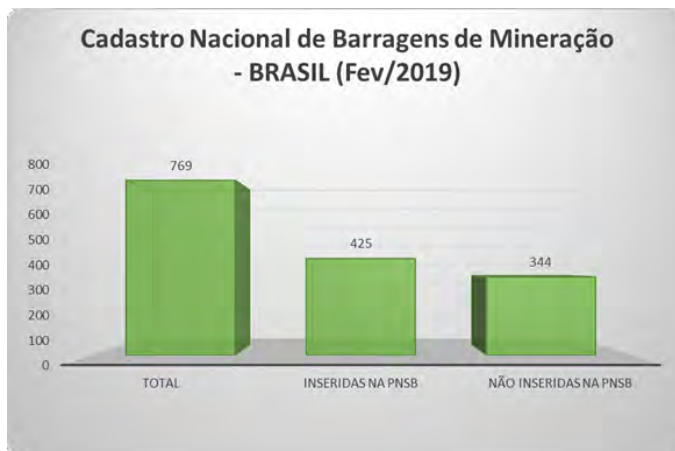
A Lei 12.334/2010 (BRASIL, 2010b) define, ainda em seu art. 7º, que a forma de classificação da barragem com respeito ao seu dano potencial associado entre alto, médio ou baixo se dá “[...] em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem”, portanto, levando em consideração as possíveis consequências pós rompimento.

Em atendimento ao artigo citado, através da Resolução N° 143 de 2012, o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH) estabelece os critérios usados para classificar as barragens. Posteriormente associando-as na Matriz de Categoria de Risco e Dano Potencial Associado da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2017).

Nesse contexto, de acordo com o gráfico disponibilizado pela ANM (2019a), das 769 barragens de rejeitos catalogadas, um total de 55,27% se insere nos requisitos da PNSB (BRASIL, 2010b). Trata-se de uma porcentagem alarmante, tendo em vista que na PNSB (BRASIL, 2010b) são enquadradas as barragens de dano potencial associado

médio e alto, salvo algumas exceções como elevada altura do maciço, grande volume e periculosidade do material contido.

Figura 1: Cadastro Nacional de Barragens de Mineração.

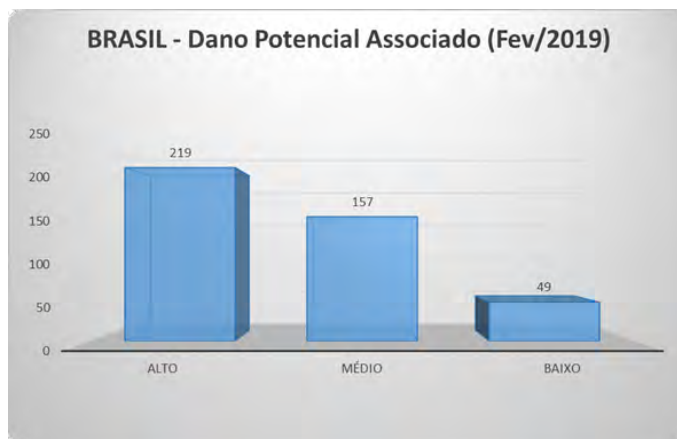


Fonte: Agência Nacional de Mineração (2019a).

Ainda segundo a ANM (2019a), conforme o gráfico abaixo, do montante inserido na PNSB (BRASIL, 2010b), 51,53% está na categoria de dano potencial alto, totalizando um volume em torno de 3 bilhões de m³ de rejeitos.

Um exemplo da capacidade de destruição dessas barragens é o desastre ocorrido no ano de 2019 na Mina de Córrego do Feijão, em Brumadinho – MG, onde segundo o site Wise Uranium Project (WORLD INFORMATION SERVICE ON ENERGY, 2020), um volume de 12 milhões de m³ de rejeitos foram liberados causando perdas humanas e ambientais.

Figura 2: Dano Potencial Associado.



Fonte: Agência Nacional de Mineração (2019a).

Esse quadro demonstra que, assim como as barragens de rejeitos surgiram com o intuito de diminuir o impacto ambiental devido ao descarte direto nos cursos d'água, faz-se necessária uma evolução no atual cenário, tendo em vista o grande volume de rejeitos armazenados e sem nenhuma utilidade. Pois, como salientado por Bezerra (2017), embora a legislação tenha evoluído e melhorado ao longo dos anos, exigindo assim maior segurança nas contenções, o país ainda conta com grandes acidentes decorrentes de falhas, situação esta que é agravada em grande parte pela ineficiência dos órgãos fiscalizadores.

Portanto, essa conjuntura abre uma lacuna para o aproveitamento dos rejeitos, que se mostra como uma destinação final e uma forma positiva de se inserir esses materiais na cadeia produtiva, sendo o setor da construção civil um dos mais promissores à sua aplicação.

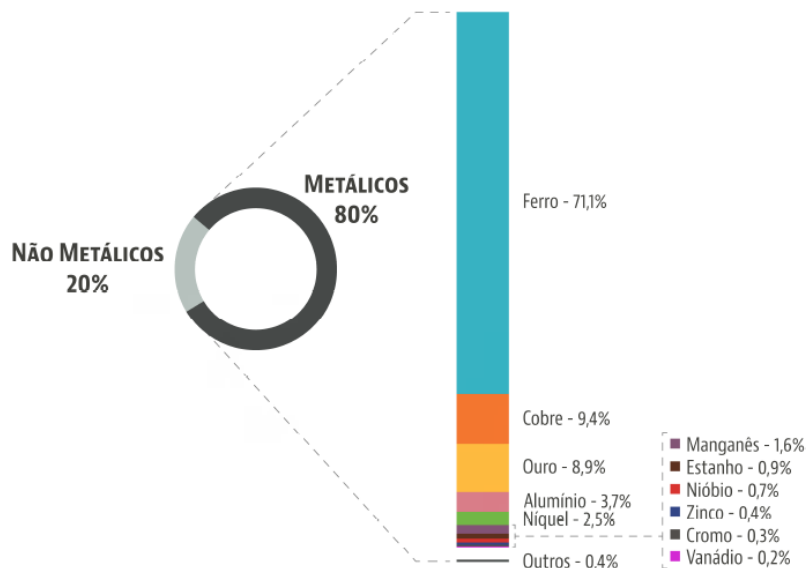
REJEITOS DE MINÉRIO DE FERRO

Dentro da diversidade da produção mineral brasileira, que gira em torno de 80 substâncias minerais (IPEA, 2012), identifica-se como inviável a análise de todas as suas substâncias para o aproveitamento de rejeitos de forma representativa. Isso se deve ao fato de que cada mineral origina um rejeito com características distintas, havendo também variabilidade entre rejeitos de um mesmo minério diante da mudança de alguns fatores, tais como o local da jazida e o processo de beneficiamento. Neste contexto, para que se possa analisar as particularidades do rejeito, faz-se necessário destinar-se a apenas um tipo, que deve ser escolhido conforme sua importância no setor da mineração.

A pesquisa realizada em documentos sobre a produção mineral nacional aponta para a importância do minério de ferro. Os resultados econômicos advindos de sua extração são bastante significativos quando comparados aos de outros minerais, além disso, ele compõe grande parte de todo o rejeito armazenado nas barragens nacionais catalogadas.

Dados fornecidos pelo Anuário Mineral Brasileiro 2018 (ANM, 2019b) mostram que, dentre os nove principais minerais metálicos produzidos, o ferro é a substância mais representativa, como evidenciado na figura 3, alcançando 71,1% do montante produzido no país em termos financeiros. Em relação à produção mundial, o Brasil é responsável por 18,9% da oferta, ocupando o segundo lugar no ranking de produção de ferro, segundo dados do Sumário Mineral 2017 da ANM (2019c).

Figura 3 - Participação das principais substâncias metálicas na produção comercializada em 2017.



Fonte: Anuário Mineral Brasileiro (ANM, 2019b).

Conforme dados do Anuário Mineral Brasileiro de 2018 (ANM, 2019b), durante o processo de beneficiamento, o teor médio de ferro contido no minério é de 63,72%, sendo o restante do material resultante geralmente sem valor comercial, conhecido como rejeito. Conseqüentemente, a grande produção anual brasileira de ferro traz consigo um grande volume de rejeitos de minério de ferro, que representa 35% do volume total armazenado nas barragens (ANM, 2019a).

Vale ressaltar ainda que, das barragens de rejeitos registradas na PNSB (BRASIL, 2010b), 34,12% são de minério de ferro, sendo estas também expressivas no quesito dano potencial alto, onde das 219 barragens referentes a essa classificação, 90 são originadas da produção de minério de ferro.

Deste modo, centra-se o estudo em trabalhos direcionados ao aproveitamento de rejeitos de minérios de ferro. Para isso, consultamos revistas de maior impacto de acordo com a classificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e os repositórios de universidades que se destacam no âmbito nacional em termos de pesquisas. Sendo importante salientar que os dados utilizados como referência numérica acerca da mineração nacional estão disponíveis online nas plataformas dos diferentes órgãos do governo que tratam sobre o setor, sendo de livre acesso a toda a população. A tabela 2 ilustra algumas das fontes relevantes em relação às informações do setor, e de forma usual o restante estará referenciado ao final do capítulo.

Tabela 2 – Principais Fontes Governamentais sobre Mineração.

| Órgão/Instituição | Documento | Periodicidade | Assunto abordado |
|---|---|---------------|--|
| Agência Nacional de Mineração (ANM) | Anuário Mineral Brasileiro (AMB) | Anual | Divulgar as informações referentes ao desempenho da mineração no país. |
| Agência Nacional de Mineração (ANM) | Sumário Mineral | Anual | Comportamento do mercado dos principais bens minerais (interno e mundial). |
| Agência Nacional de Mineração (ANM) | Classificação das Barragens de Mineração Brasileiras | - | Informações gerais sobre as barragens de rejeitos. |
| Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) | Gestão e Manejo de Rejeitos de Mineração | - | Evolução das práticas de gestão e manejo de rejeitos de mineração. |
| Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) | Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas | - | Geração de rejeitos provenientes das substâncias correspondentes a 90% da produção total bruta brasileira. |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

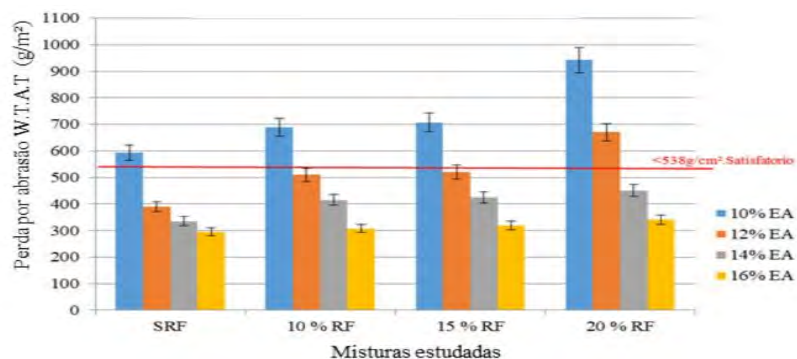
APROVEITAMENTO DOS REJEITOS DE MINÉRIO DE FERRO

O trabalho desenvolvido por Apaza *et. al* (2018) apresenta como proposta a utilização do resíduo de minério de ferro como agregado miúdo em microrrevestimento asfáltico (MRAF), com o objetivo de dar uma destinação ambientalmente adequada ao resíduo e atribuir a ele um valor econômico. Segundo o autor, como a área da pavimentação é uma grande consumidora de recursos, ela é passível de consumir grande quantidade de resíduos, aliando a diminuição da extração natural à redução do montante de rejeitos existentes.

Na aplicação do rejeito de minério de ferro como agregado na mistura asfáltica, verificou-se a sua durabilidade, indicando boa resistência ao intemperismo químico. Além disso, sua granulometria contribui para a estabilidade da mistura com o intertravamento das partículas, e para o atrito, devido ao resíduo apresentar um alto teor de material fino, o que indica uma maior superfície específica e consequente aumento no atrito.

Ademais, a figura 4 ilustra os resultados do ensaio de perda por abrasão úmida, onde verifica-se a resistência da mistura ao efeito de arraste do tráfego e qual o menor teor de ligante asfáltico para atingir uma resistência satisfatória. Como pode-se observar, a perda por abrasão foi aumentada à medida que se aumentava o teor de ferro incorporado na mistura. Além disso, nota-se que um aumento no teor de resíduo de minério de ferro exige um aumento no teor de ligante da mistura, por conta da maior superfície específica do resíduo. Entretanto, os resultados são satisfatórios, tendo em vista que a maioria das misturas testadas se encontram abaixo do valor máximo.

Figura 4: Resultados do ensaio de Perda por Abrasão Úmida.



Fonte: Apaza *et. al* (2018).

De um modo geral, Apaza *et. al* (2018) conclui que o resíduo se apresentou técnica e ambientalmente vantajoso, podendo ser empregado como agregado no MRAF. Deste modo, o autor recomenda o uso da mistura com o teor máximo testado no trabalho (20%), possibilitando maior consumo de resíduos de minério de ferro.

Aristimunho (2012) avaliou em seu estudo a aplicação da lama de lavagem de rejeito de minério de ferro na forma de pó em argamassa, como substituição a areia, ao cimento Portland e como adição mineral, em diferentes porcentagens.

Os dados obtidos para a utilização da lama de rejeito de minério de ferro como adição estão na tabela 3. Os resultados mostraram-se satisfatórios em termos de resistência à compressão para porcentagens de 6% e 8% de adição de pó de rejeito de minério de ferro. Porém, mantendo-se a/c constante, observa-se que o índice de consistência tende a cair com o aumento da adição, exceto para a de 8%, que pode estar ligada ao comportamento auto-adensável do pó.

Tabela 3: Resistência à compressão, relações a/c e índices de consistência das adições e da referência.

| Composição | Relação a/c | Resistência à compressão (Mpa) | | | Flow Table (mm) |
|------------|-------------|--------------------------------|---------|---------|-----------------|
| | | 7 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Referência | 0,6 | 16,14 | 24,55 | 24,36 | 243 |
| Adição 4% | 0,6 | 12,52 | 23,59 | 21,82 | 231 |
| Adição 6% | 0,6 | 18,75 | 30,69 | 30,00 | 231 |
| Adição 8% | 0,6 | 17,45 | 26,57 | 34,56 | 234 |
| Adição 20% | 0,6 | 12,03 | 21,75 | 20,60 | 212 |

Fonte: Adaptado de Aristimunho (2012).

Para a substituição da areia, conforme mostrado na tabela 4, o autor observou que o aumento na quantidade de pó de rejeito de minério de ferro dificultou a trabalhabilidade, sendo necessário o acréscimo de água de amassamento e conseqüente alteração na relação a/c. Ademais, no quesito resistência à compressão, quase todas as substituições se mostraram superiores à argamassa de referência.

Tabela 4 – Resistência à compressão, relações a/c e índices de consistência das substituições da areia e da referência.

| Composição | Relação a/c | Resistência à compressão (Mpa) | | | Flow Table (mm) |
|-------------------|-------------|--------------------------------|---------|---------|-----------------|
| | | 7 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Referência | 0,6 | 16,14 | 24,55 | 24,36 | 243 |
| Substituição 20% | 0,6 | 19,14 | 20,59 | 30,23 | 242 |
| Substituição 60% | 0,65 | 21,84 | 30,48 | 32,65 | 243 |
| Substituição 100% | 0,76 | 14,82 | 30,98 | 36,98 | 213 |

Fonte: Adaptado de Aristimunho (2012).

Já na substituição do cimento Portland, pode-se verificar que o índice de consistência e a relação a/c quase não se alteraram. Entretanto, todas as resistências foram inferiores à referência, sendo menor quanto maior a substituição, como pode ser visto a seguir.

Tabela 5: Resistência à compressão, relações a/c e índices de consistência das substituições do cimento e da referência.

| Composição | Relação a/c | Resistência à compressão (Mpa) | | | Flow Table (mm) |
|------------------|-------------|--------------------------------|---------|---------|-----------------|
| | | 7 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Referência | 0,6 | 16,14 | 24,55 | 24,36 | 243 |
| Substituição 10% | 0,6 | 11,56 | 15,66 | 17,15 | 243 |
| Substituição 20% | 0,6 | 10,10 | 8,75 | 16,51 | 242 |
| Substituição 30% | 0,6 | 9,46 | 8,79 | 11,16 | 241 |

Fonte: Adaptado de Aristimunho (2012).

Diante dos testes, Aristimunho (2012) recomenda o uso do pó da lama de rejeito de minério de ferro em argamassa, tendo os melhores resultados mecânicos quando utilizado como adição de 8% e em substituição da areia em 20%. As substituições de areia em 60% e 100% apresentaram grandes valores de massas específicas, não sendo recomendadas para uso em pisos e pavimentos, além da trabalhabilidade ruim, mas que pode ser corrigida com produtos químicos.

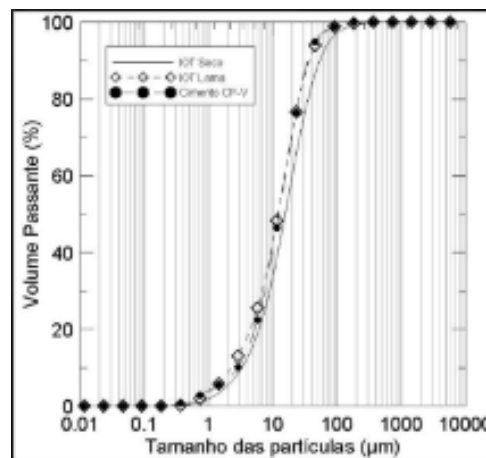
Além das características de desempenho dos elementos com a utilização do rejeito de minério de ferro, o autor ainda destaca a questão estética das peças produzidas. A concentração de ferro presente no rejeito proporciona um acabamento avermelhado, eliminando a necessidade de pinturas externas.

No estudo realizado por Bezerra (2017), o enfoque está na análise da influência da lama de rejeito de minério de ferro (IOT) nas

propriedades físico-químico-mecânicas das pastas de cimento, feita por meio da substituição do cimento Portland pela lama antes e depois de sua secagem. Segundo a autora, a preocupação crescente em destinar adequadamente os rejeitos de mineração vem desenvolvendo técnicas que visem a reutilização desses materiais.

Os procedimentos de caracterização do rejeito, tanto antes quanto depois da secagem, mostraram que ele possui granulometria semelhante à do cimento e seu potencial como *filler*, como mostrado na figura 5. Além disso, a alta concentração de ferro e silício indicam sua viabilidade na aplicação como aditivo mineral.

Figura 5 – Curvas granulométricas do rejeito em forma de lama, do rejeito seco e do cimento Portland.

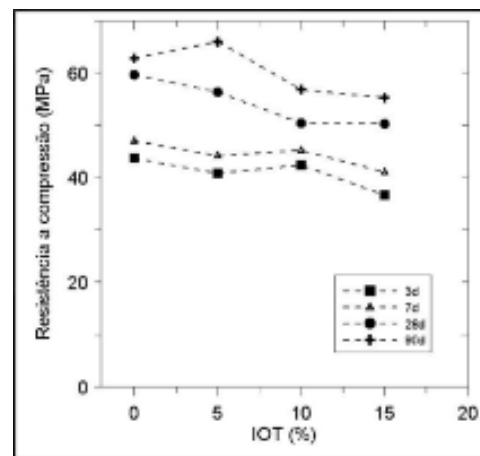


Fonte: Bezerra (2017).

Quanto às propriedades mecânicas da pasta, as quais os resultados são mostrados na figura 6, observa-se que o aumento no teor de rejeito de minério de ferro acarretou numa diminuição da resistência à compressão, exceto para a substituição de 5%, que se mostrou superior à referência (em cerca de 6%) para a idade de 90

dias. A redução da resistência à compressão para as substituições pode ser explicada pelo fato de se ter reduzido a quantidade de material cimentício na mistura e pela não reatividade do IOT.

Figura 6 – Resistência à compressão das pastas de referência e das pastas com 5%, 10% e 15% de substituição do cimento pelo rejeito de minério de ferro, com mesma relação a/c.



Fonte: Bezerra (2017).

De forma geral, o estudo do desempenho do rejeito de minério de ferro em matrizes cimentícias e os experimentos realizados por Bezerra (2017), mostraram o potencial de aplicação do rejeito como adição do tipo *filler* no cimento.

Guerra (2014) disserta sobre a viabilidade técnica da utilização do rejeito de minério de ferro *pellet feed* na produção de pavimento de blocos de concreto intertravados, alternativa de aplicação até então pouco explorada, segundo o autor.

Abaixo, a tabela 6 mostra os resultados obtidos por Guerra (2014) para fins de comparação. Nota-se que todos os traços apresentaram resistência média com pequenos desvios. No entanto, os traços

contendo 5% de adição do rejeito obtiveram os melhores resultados de resistência média à compressão, superando aproximadamente em 3,7% o traço de referência. Já para a adição de 10%, a resistência média foi inferior à referência, com perda aproximada de 1,7%.

Tabela 6: Resultados de resistência à compressão para os concretos de referência e com adições.

| Concreto | Resistência Média | Resistência Característica estimada |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|
| Referência | 30,01 MPa | 27,25 MPa |
| Adição de 5% | 31,11 MPa | 29,06 MPa |
| Adição de 10% | 29,51 MPa | 28,01 MPa |

Fonte: Adaptado de Guerra (2014).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 9781 – Peças de concreto para pavimentação – especificação e métodos de ensaio (2013), exige uma resistência característica mínima (fck) de 35 MPa, sendo o concreto com adição de 5% o que mais se aproximou desse requisito, com uma resistência maior que os demais traços, como é possível ver na tabela anterior.

Quanto à absorção de água, os concretos com adição de rejeito de minério de ferro apresentaram resultados superiores ao de referência, o que também aconteceu quando comparados no quesito desgaste por abrasão.

Embora os resultados apontem para um desempenho menor nos ensaios de absorção de água e desgaste por abrasão, Guerra (2014) concluiu como viável a aplicação de rejeito de minério de ferro como um material *filler*, pois melhorou as características mecânicas do concreto no estado endurecido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa pôde-se acompanhar a evolução do setor minerário, tanto no que diz respeito ao aumento da produção e o surgimento dos primeiros problemas com a destinação dos rejeitos, quanto às práticas vigentes em cada uma dessas etapas.

Atrelado a esses pontos também estava o aparecimento e a consolidação da legislação que visava garantir a continuidade da atividade e a minimização de possíveis consequências negativas.

Nessa perspectiva, o aproveitamento configura o próximo estágio para a destinação final dos rejeitos gerados em larga escala pela indústria da mineração. No entanto, como salientado no decorrer deste capítulo, esse aproveitamento depende de inúmeras variáveis inerentes do próprio rejeito, bem como da possível aplicação, havendo desse modo a necessidade da realização de estudos.

A construção civil, como grande consumidora de recursos naturais, é a principal destinação almejada para aplicação desse volume de rejeitos. Contudo, para que essa substituição seja efetiva, não basta apenas a garantia da melhoria ou da manutenção das propriedades da aplicação, mas também um incentivo ou obrigação legal para que o mercado minerário se adeque e se alie ao setor construtivo nesse sentido.

Destarte, assim como houve o surgimento de uma legislação mais restritiva no que diz respeito à segurança das barragens de rejeito, a exemplo da PNSB (BRASIL, 2010b), considera-se necessária uma regulamentação para obrigatoriedade do uso do rejeito gerado, de modo que as empresas pudessem ser orientadas a promover o aproveitamento dos seus rejeitos através de aplicações alternativas.

Assim, através de parcerias com as instituições de ensino superior, seriam alavancadas as pesquisas e as aplicações dos rejeitos, a fim de diminuir os impactos ambientais e sociais advindos da mineração, por meio de incremento desses materiais na construção civil.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). *Anuário Mineral Brasileiro 2018*. Brasília, DF, 2019b.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). *Classificação das Barragens de Mineração Brasileiras*. Brasília, DF, 2019a.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). *Sumário Mineral 2017*. Brasília, DF, 2019c.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). *Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017*. Versão com retificações de 05/06/2017, 10/11/2017 e Resolução ANM nº 13/2019, Brasília, DF, mai. 2017.

APAZA, F. R. et al. *Estudo sobre a utilização de Resíduo de Minério de Ferro em microrrevestimento asfáltico*. Revista Transportes, v. 26, n. 2, 2018. Publicada no DOI:10.14295/transportes.v26i2.1254. Disponível em: <https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1254>. Acesso em: 21 fev. 2020.

ARISTIMUNHO, P. B; BERTOCINI, S. R.. *Aplicação de lama de minério de ferro em forma de pó na presença de cimento Portland*. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, v. 5, n. 2, p. 153-165, abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório*. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7181: Solo - Análise granulométrica*. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004a.

BEZERRA, C. G.. *Caracterização do rejeito de minério de ferro (IOT) e avaliação da sua influência no comportamento físico-químico e mecânico de pastas de cimento*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF, agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 mar. 2020a.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. *IPi incidente sobre os produtos que menciona*, Brasília, DF, set. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm. Acesso em: 14 mar. 2020b.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Mineração 2030*. Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Projeto de Lei nº 1.496, de 2019. *Dispõe sobre aplicações alternativas e sustentáveis aos resíduos e rejeitos decorrentes da exploração mineral*. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135717>. Acesso em: 12 mar. 2020.

CENTRO DE TECNOLOGIA EM MINERAÇÃO (Brasil). *Tratamento de Minérios*. Rio de Janeiro, RJ, 2010.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Resolução nº 143, de 10 de julho de 2012. *Diário Oficial da União*, em 04 set. 2012. Brasília, DF, jul. 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Minas Gerais. *Inventário de Resíduos Industriais e Minerários*. Belo Horizonte, MG, 2018.

GUERRA, A. N. L. P. *Caracterização e utilização de rejeito de minério de ferro pellet feed em pavimentos de blocos intertravados de concreto*. Dissertação

de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (Brasil). *Gestão e manejo de rejeitos de mineração*. Brasília, DF, 2016.

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

MINAS JR. *Beneficiamento: O que você precisa saber*. Empresa Júnior, UFMG, 2018. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/beneficiamento-o-que-voce-precisa-saber/#>. Acesso em: 15 mar. 2020.

WORLD INFORMATION SERVICE ON ENERGY. Wise Uranium Project. *Chronology of major tailings dam failures*. Disponível em: <https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>. Acesso em 14 mar. 2020.

XAVIER, F. G. *Estudo do potencial tecnológico de uso de rejeitos de minério de ferro em blocos destinados para paramento de estruturas de solo reforçado por geossintéticos em Ouro Preto - MG*. Monografia - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

SOBRE OS(AS) ORGANIZADORES(AS)

Geovana Maria Cartaxo de Arruda Freire

Professora da Universidade Federal do Ceará na Faculdade de Direito e na Faculdade de Arquitetura, nas disciplinas de Direito Ambiental e Direito Urbanístico. Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), quando foi bolsista de doutorado pelo CNPq. Possui graduação em Direito pela Universidade Federal do Ceará (1993), foi bolsista no Programa de Iniciação à Pesquisa Científica do CNPq, cursou mestrado em Direito (Direito e Desenvolvimento) pela Universidade Federal do Ceará (1998) foi bolsista do CNPq,. Desenvolve pesquisa na área de Ciberdemocracia e Judiciário. Atua principalmente nos seguintes temas: ciberdemocracia, direito ambiental, plano diretor, legislação urbana e desenvolvimento sustentável. Participou do Conselho Nacional do Meio Ambiente como representante das organizações não governamentais do Nordeste.

E-mail: geovana.cartaxo@ufc.br

Leonardo de Moraes Vieira

Graduando do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará. Bolsista do projeto de extensão intitulado Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis, durante o ano de 2017. Tem trabalho publicado e interesse na área de reutilização de resíduos em substituição a materiais convencionais para aplicações em Engenharia Civil.

E-mail: leonardo.morais@alu.ufc.br

Maria Uly Eduardo Martins

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (Área de estudo: Energias Renováveis com ênfase em Energia Eólica) na Universidade Federal do Ceará. Graduada em Engenharia Civil na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2017). Possui também graduação em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2015). Especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias (2018). Foi monitora da disciplina Equações Diferenciais de abril de 2014 à fevereiro de 2015. Estagiária no setor de Infraestrutura da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Campus Pau dos Ferros/RN, de maio de 2015 à maio de 2017. Participante do projeto de pesquisa Desempenho das edificações, de agosto de 2014 à agosto de 2016. Foi Professora Auxiliar do Setor de Materiais e Construção Civil na Universidade Federal do Ceará Campus Russas/CE, de fevereiro de 2018 à dezembro de 2019.

E-mail: ully.martins@ufc.br

SOBRE OS AUTORES E AS AUTORAS

Ana Carolina Batista do Nascimento

Graduanda do curso de Direito da Universidade Federal do Ceará. Pesquisadora da linha de Direito Internacional e Meio Ambiente e Vice-Diretora Geral do GEDAI - Grupo de Estudos em Direito e Assuntos Internacionais.

E-mail: acarolbn@gmail.com

Andréa dos Santos Teixeira

Graduanda do curso de Direito da Universidade Federal do Ceará. Pesquisadora da linha de Direito Internacional e Meio Ambiente do GEDAI - Grupo de Estudos em Direito e Assuntos Internacionais. Integrante do Corpo Editorial da Revista Dizer.

E-mail: teixeira.andrea@hotmail.com

Carla Caroline Alves Carvalho

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. Mestra em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Bacharela em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Bacharela em Ciência e Tecnologia - UFERSA. Na referida instituição de ensino participou de grupos de pesquisa e extensão voltados para o estudo do semiárido nordestino no tocante ao planejamento urbano, políticas públicas, e regularização fundiária. Durante a formação do ensino médio participou de projetos de iniciação científica vinculados ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

E-mail: carvcarolc@gmail.com

Clara Lúvia Câmara e Silva

Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semiárido (2012), pós-graduada em Gestão Ambiental com ênfase em Auditoria e Perícia pela Faculdade Vale do Jaguaribe (2014) e Mestre em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (2016). Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas - PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Atua nas áreas de meio ambiente, saneamento, recursos hídricos e geotecnologias.

E-mail: claraluvia_sga@hotmail.com

Clécia Naiara Freitas Gomes

Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará, com ingresso em 2017. Bolsista do Programa de Iniciação à Docência (PID) no ano de 2018, com o projeto “Monitoria: ferramenta de apoio didático à disciplina de Química Geral e aprimoramento do manual de experimentos para a formação básica nas engenharias”. Vice-presidente do Centro Acadêmico de Engenharia Civil de Russas (CAECIR) na gestão 2018-2019, e atual Diretora de Assuntos Estudantis. Diretora da II Semana de Engenharias de Russas (II SER) no ano de 2019. Publicação de artigos em 2019 no XLVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), com enfoque na experiência como bolsista PID, e no 61° Congresso Brasileiro do Concreto do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), na área de materiais de construção. Atualmente, integrante voluntária nos projetos de extensão Grupo de Desenvolvimento em Sustentabilidade (GDS) e Filhas de Edwiges, e bolsista do Programa de Acolhimento e Incentivo à Permanência (PAIP) com o projeto “Boas Vindas”.

E-mail: clescianaiara@outlook.com

Gertrudes de Sousa Regis

Graduanda do curso de Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará - Campus de Russas. Integrante do projeto de extensão Grupo de Desenvolvimento em Sustentabilidade da UFC.

E-mail: gertrudesregis@alu.ufc.br

Hermínio sabino de Oliveira Junior

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas - PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Bacharel em Gestão Ambiental (UERN), com mestrado em Manejo de Solo e Água (UFERSA) com ênfase em Geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos. Especialista em Geoprocessamento. Possui experiência em gestão dos recursos hídricos, geoprocessamento aplicado, manejo do solo e planejamento urbano. Suas recentes experiências profissionais foram como colaborador no setor de geoprocessamento na Subsecretaria de Gestão Ambiental (Mossoró/RN), pesquisador líder da área de geoprocessamento na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH/RN) e Consultor ambiental na empresa AGRIAMBIENTAL.

E-mail: herminiosabino@gmail.com

Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho

Técnico em Saneamento pelo CEFET-RN (2005-2007). Bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte-UERN (2003-2007). Mestre em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA (2008-2010). Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN (2012-2016), com período sanduíche em Technische Universität Bergakademie Freiberg-TUBF (2014-2015) sob orientação de Jörg Matschullat. Pós Doutorado no Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território-CEGOT da Universidade de Coimbra-UC (2019-2020) sob orientação de Lúcio Cunha. Atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Engenharias e Tecnologia-DETEC, do Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros-CMPF (UFERSA) e, Pesquisador Permanente no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido-PLANDITES (UERN), atuando na linha de pesquisa de Dinâmicas Territoriais no Semiárido. Possui experiência em pesquisas científicas nas áreas de Ciências Ambientais, Políticas Ambientais, Percepção Ambiental, Poluição Ambiental e, Gestão Ambiental e; atuação profissional no âmbito de Gestão Ambiental Empresarial.

E-mail: jorge.filho@ufersa.edu.br

Manoel Mariano Neto da Silva

Bacharel em Ciência e Tecnologia e em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mestre em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido (Plandites-UERN). Na graduação participou de pesquisas acerca da gestão de resíduos sólidos em cidades e empreendimentos do semiárido, também pesquisou sobre os reflexos das condições de esgotamento sanitário na saúde pública e a qualidade da água em corpos hídricos urbanos. No mestrado estudou os aspectos de habitabilidade e saneamento ambiental nos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida, no Estado do Rio Grande do Norte. Atualmente, é aluno a nível de doutorado no programa de pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN), na Universidade Federal de Campina Grande.

E-mail: marianop.paiva2@gmail.com

Marcos Sousa França

Graduando do curso de Direito da Universidade Federal do Ceará. Pesquisador da linha de Direito Internacional e Meio Ambiente e Diretor Geral do GEDAI - Grupo de Estudos em Direito e Assuntos Internacionais. Membro do Corpo Editorial da

Revista Dizer. Voluntário do Instituto Verdeliz, ONG socioambiental de Fortaleza e Integrante do Abraço a Cidade, projeto da Faculdade de Direito da UFC.

E-mail: marcosfranca1612@gmail.com

Rainier Gomes Pereira da Silva

Graduando do curso de Direito da Universidade Federal do Ceará. Pesquisador da linha de Direito Internacional e Meio Ambiente e Diretor de Comunicação do GEDAI - Grupo de Estudos em Direito e Assuntos Internacionais. Integrante do Abraço a Cidade, projeto da Faculdade de Direito da UFC.

E-mail: gomesrainier@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

agregados 60, 97, 101
 aproveitamento 13, 26, 36, 103, 111, 114,
 115, 116, 118, 126, 129, 130, 132, 140
 areias 97
 arrecadação 51, 53, 65, 68, 69, 70, 71, 72,
 73, 85, 86, 87
 atividade 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22,
 30, 32, 35, 38, 40, 41, 50, 51, 52, 53, 54,
 55, 58, 59, 60, 61, 62, 73, 74, 76, 78, 79,
 80, 81, 84, 93, 97, 98, 103, 106, 111, 115,
 117, 118, 126, 140, 142
 atividade mineradora 12, 13, 15, 16, 19, 20,
 22, 32, 35, 38, 40, 59, 115, 117, 118, 126

B

barragens 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23,
 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36,
 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47,
 48, 49, 108, 109, 110, 111, 115, 116, 117,
 118, 120, 126, 127, 128, 129, 130, 131,
 132, 140
 beneficiamento 60, 61, 69, 86, 97, 99, 101,
 103, 105, 106, 107, 108, 111, 117, 118,
 119, 120, 121, 130, 131, 143
 Brasil 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 34, 36,
 37, 39, 44, 46, 49, 52, 53, 58, 78, 81, 96,
 97, 98, 99, 102, 103, 106, 107, 114, 115,
 117, 126, 130, 141, 142, 143
 brita 97, 101, 102

C

calcário 97, 102
 cascalho 16, 73, 97, 101, 102
 combustível 51

construção 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 28,
 29, 37, 38, 39, 42, 47, 59, 83, 97, 98, 100,
 102, 109, 111, 115, 118, 129, 140, 141, 146
 construção civil 17, 38, 39, 97, 98, 100,
 102, 115, 118, 129, 140, 141
 construções 15

D

demanda 15, 41, 52, 126
 desastres 15, 16, 18, 30, 31, 38, 39, 47,
 115, 117
 desenvolvimento 12, 15, 16, 23, 29, 39, 40,
 47, 59, 65, 67, 68, 73, 74, 77, 79, 82, 83,
 98, 103, 105, 115, 116, 144
 desenvolvimento econômico 77
 destinação 21, 113, 115, 116, 126, 129,
 133, 140
 diagnóstico 58, 77, 78, 80, 94
 diagnóstico ambiental 77, 78, 80
 Direito Ambiental 15, 34, 144
 disposição 13, 21, 26, 96, 97, 99, 106, 107,
 108, 111, 112, 114, 126

E

economia 12, 18, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 43,
 48, 49, 72, 78, 88, 98
 efetivação 15, 32
 empreendedores 15, 26
 emprego 51, 62, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72,
 73, 78, 84, 85, 86, 87, 88, 98
 energia 51, 54, 98
 estéril 59, 97, 99, 105, 107
 evolução 113, 129, 140
 extração 17, 18, 19, 20, 51, 59, 66, 67, 72,
 97, 99, 103, 106, 107, 111, 130, 133

F

fabricação 38, 51, 123
futuro 83, 113

G

geração de emprego 51, 62, 63, 68, 69, 70, 72, 73, 78
gerenciamento 12, 43, 77, 78, 80, 83, 88, 94, 127
gerenciamento ambiental 77, 78, 80, 83, 88, 94
gestão 12, 22, 26, 37, 40, 42, 43, 51, 58, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 88, 93, 116, 132, 146, 147
gestão ambiental 12, 51, 58, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 88, 93
Gestão Ambiental 75, 77, 78, 79, 80, 145, 146, 147

H

história 15, 16, 34

I

impactos 12, 13, 15, 18, 19, 20, 23, 32, 36, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 65, 68, 70, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 93, 99, 101, 108, 115, 117, 127, 141
Impactos ambientais 50, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72
impactos negativos 20, 70, 77, 108, 117
impactos positivos 53, 68, 70, 77, 93
impactos socioambientais 15, 18, 23, 32, 99
instrumentos 21, 23, 29, 36, 41, 43, 46, 58, 74, 78, 116
insumos 98, 102, 103, 114, 115, 118
interação 51, 52, 111

L

legislação 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 28, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 46, 47, 115, 129, 140, 144
legislação internacional 35, 36, 38, 47
legislação nacional 15

M

materiais 12, 17, 37, 38, 42, 54, 60, 70, 79, 87, 98, 102, 104, 106, 107, 108, 111, 113, 114, 117, 121, 126, 129, 137, 141, 144, 146
meio ambiente 18, 22, 26, 29, 30, 43, 48, 54, 55, 56, 108, 111, 112, 114, 145
mineração 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 88, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 126, 130, 132, 137, 140, 141, 143
minerais 19, 38, 52, 72, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 111, 114, 120, 123, 130, 132
minério de ferro 97, 99, 102, 122, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143
minérios 18, 35, 38, 39, 43, 47, 103, 111, 119, 126, 132

O

origem mineral 16, 114

P

países 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 98, 99, 107, 115
paradigmas 36
perspectivas 15, 36
planejamento 16, 22, 29, 40, 43, 77, 78, 80, 82, 83, 88, 94, 111, 145, 146
planejamento ambiental 77, 78, 80, 82, 83
planeta 36, 37, 100
potencial 23, 24, 45, 53, 55, 60, 114, 117, 118, 127, 128, 131, 137, 138, 143
potencial produtivo 114
processo produtivo 36, 51, 60, 62, 79, 80, 81, 84, 93
produção 26, 38, 47, 51, 52, 58, 69, 73, 77, 81, 84, 88, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103,

104, 105, 117, 118, 120, 126, 130, 131,
132, 138, 140
projeção 47, 51, 53, 65, 71, 73, 78

R

recursos 19, 28, 43, 51, 52, 53, 54, 56, 60,
78, 82, 98, 133, 140, 145, 146
recursos naturais 51, 52, 53, 60, 140
regulação 15, 46
rejeitos 12, 13, 15, 19, 21, 25, 26, 30, 31,
32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 48, 97,
99, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112,
113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120,
121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129,
130, 131, 132, 133, 137, 140, 141, 142, 143
renda 51, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 73, 78, 84, 85, 86, 87, 88
resíduos 12, 13, 16, 21, 31, 36, 37, 38, 39,
42, 43, 44, 45, 46, 47, 53, 63, 64, 66, 68,
69, 70, 71, 72, 73, 78, 84, 85, 93, 97, 99,
105, 106, 110, 116, 118, 123, 124, 126,
133, 134, 142, 144, 147
responsabilização 14, 15, 22, 23, 47
responsável 14, 15, 22, 24, 25, 26, 29, 32,
40, 52, 53, 78, 83, 94, 116, 117, 120, 130
reutilização 12, 36, 37, 38, 39, 40, 116,
137, 144
riscos 18, 19, 22, 40, 41, 43, 66, 67, 68,
69, 70, 71, 72, 74, 87, 88, 93, 99, 104, 114,
117, 126, 127

S

Segurança 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 37, 41, 42, 44,
46, 48, 49, 126, 127
sistema de produção 77
sistemas 27, 31, 39, 51, 53, 74, 82, 94, 96,
97, 99
social 22, 27, 40, 52, 55, 58, 75, 78, 82, 83,
94, 97, 112
sociedade 22, 26, 38, 52, 73, 98, 112, 114,
115, 116
sustentabilidade 22, 31, 37, 39, 40, 47, 51,
55, 77, 79
sustentável 14, 15, 32, 39, 40, 42, 51, 74, 144

T


tratamento 26, 60, 97, 99, 107, 114, 119, 121

U

usos 21, 22, 35, 52, 57, 73, 78, 106, 118, 127

V

variabilidade 114, 119, 120, 121, 130
viabilidade 58, 59, 77, 103, 137, 138
volume 23, 30, 45, 97, 99, 102, 108, 117,
128, 129, 131, 140



www.pimentacultural.com

REJEITOS DE MINÉRIO NO BRASIL

UMA ANÁLISE INTERDISCIPLINAR