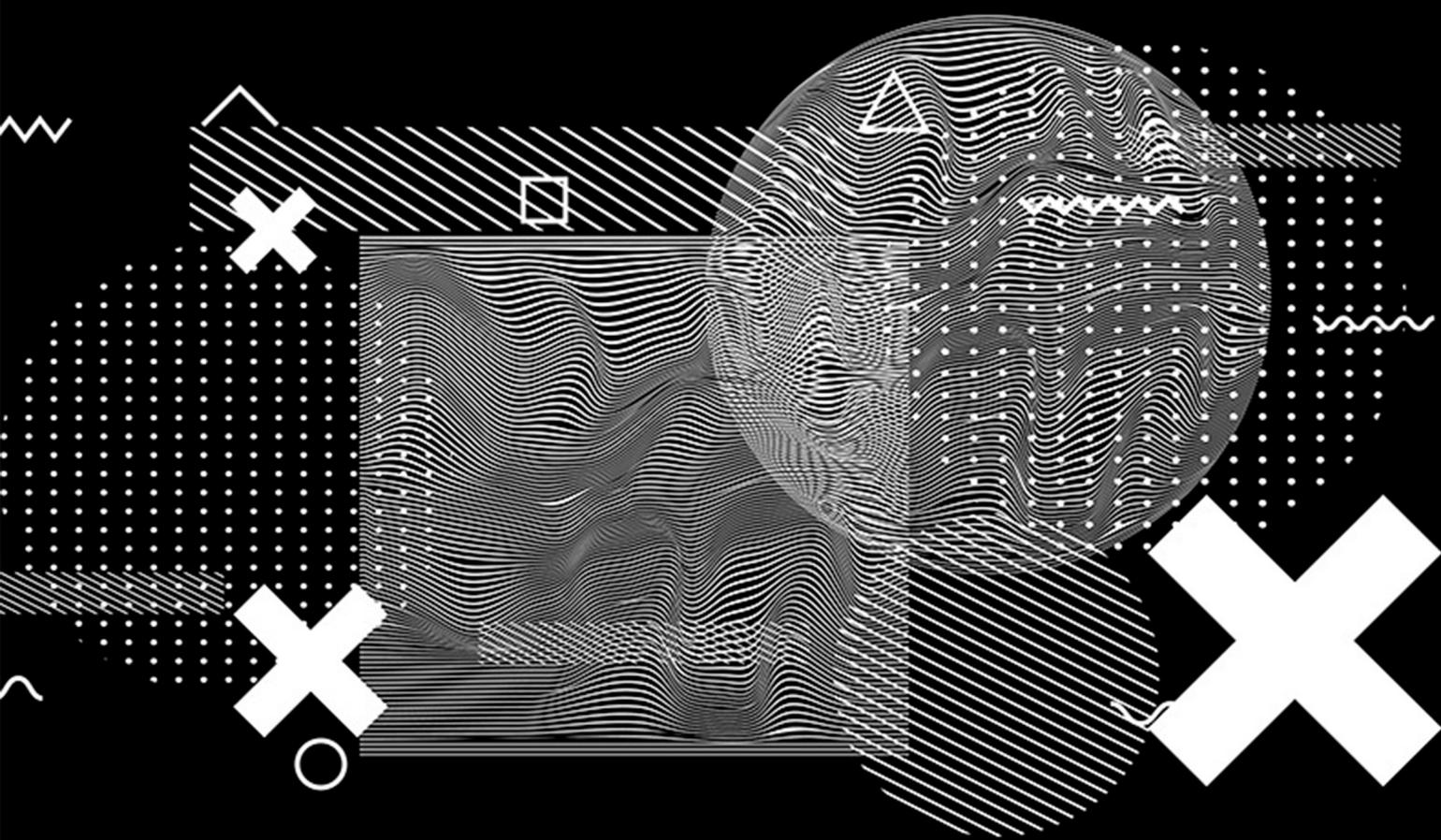


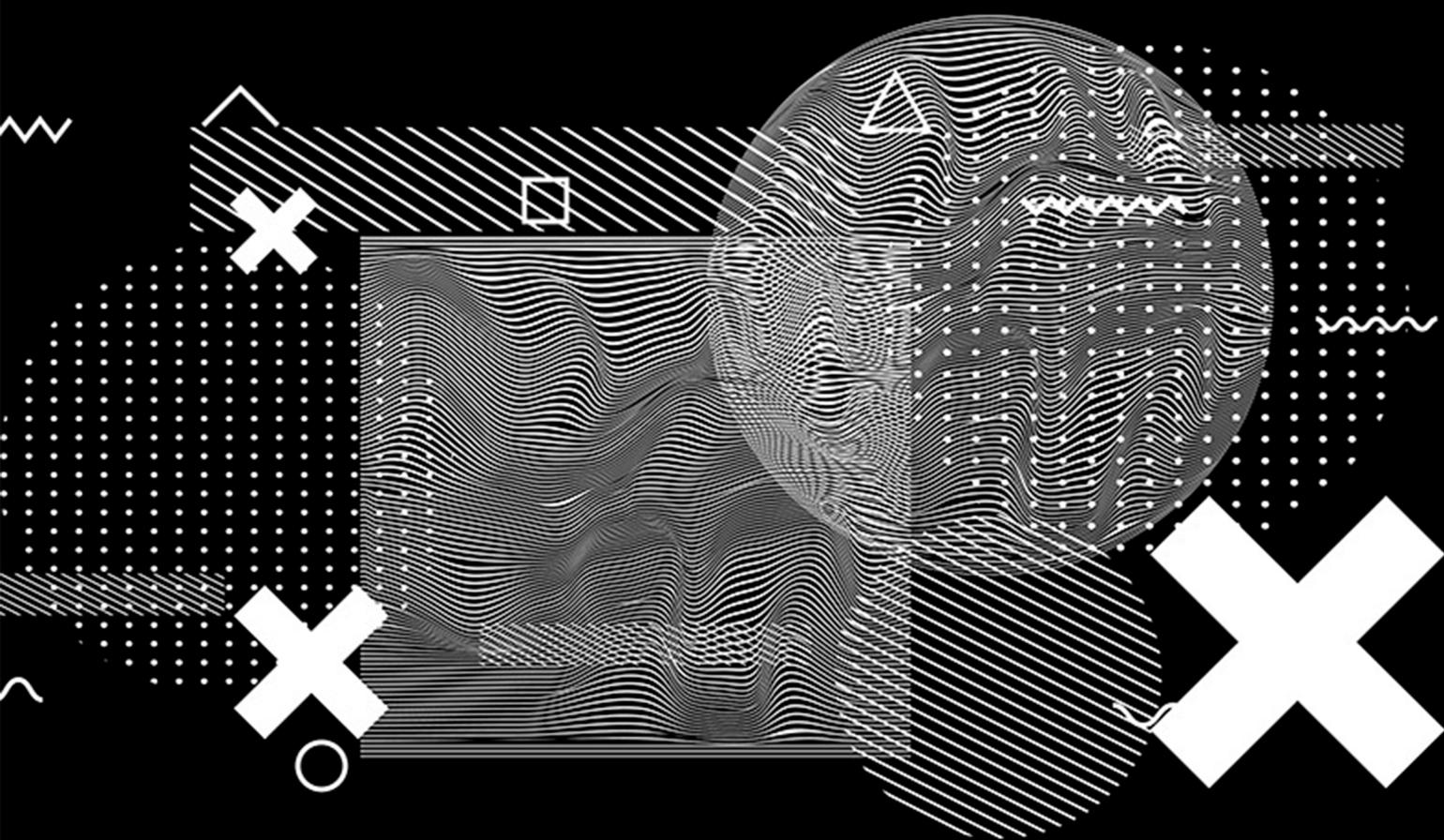
ESTUDOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS NAS CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS E DA TERRA



LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA
[ORGANIZADOR]

Atena
Editora
Ano 2020

ESTUDOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS NAS CIÊNCIAS EXATAS, TECNOLÓGICAS E DA TERRA



**LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA
(ORGANIZADOR)**

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E82 Estudos teórico-metodológicos nas ciências exatas, tecnológicas e da terra [recurso eletrônico] / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-79-9

DOI 10.22533/at.ed.799200904

1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. 3. Tecnologia.
I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da.

CDD 507

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná - Brasil

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “Estudos Teórico-Metodológicos nas Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra” é uma obra que tem como linha de discussão questões teóricas e metodológicas em diferentes áreas do conhecimento. A diversidade dos trabalhos é ponto positivo no livro, que acaba por abarcar uma diversidade de leitores das mais diversas formações.

A abertura do livro, com o capítulo “Jogos eletrônicos e sua evolução”, traz um registro da evolução das tecnologias e linguagens de programação utilizadas nos jogos eletrônicos. Apresenta ainda a diversidade de plataformas, como os PCs e consoles, que dinamiza a distribuição dos mesmos.

Nos capítulos 2, 3, 4 e 5 são discutidos aspectos importantes acerca de metodologias de ensino e suas aplicações em sala de aula. No capítulo 2 “A escola silencia o mundo experimental das ciências” é apresentada uma discussão que tem por objetivo pontuar os empecilhos na prática da ciência nas escolas, com foco principal na dificuldade do ensino e aprendizagem das disciplinas de química, física e biologia.

No capítulo 3 “A importância dos jogos no ensino-aprendizagem das geociências: o jogo do clima e sua abordagem sobre climatologia” apresenta um estudo sólido que procurou compreender a partir de levantamentos bibliográficos, como ocorre o ensino do conteúdo das Geociências, em especial, da Climatologia, na disciplina de Geografia.

No capítulo 4 “Jogo didático como ferramenta pedagógica no ensino de tabela periódica” é apresentada uma importante discussão sobre a importância da tabela periódica e suas propriedades, assim como os elementos químicos, com o objetivo de despertar a importância do assunto a partir da contextualização do conteúdo.

No capítulo 5 “Olimpíadas do conhecimento de matemática como instrumentos de avaliação diagnóstica” analisa a importância do papel dos conteúdos como meio para avaliar as potencialidades e fragilidades dos principais temas da matemática nos alunos.

Com ênfase nos estudos ambientais, os capítulos 6, 7 e 8 apresentam temáticas relevantes sobre qualidade ambiental em monumento natural e gênese de solo sob influência de intemperismo químico respectivamente. Por fim, no capítulo 8, é apresentado ao leitor um sistema piloto que visa apoiar a fase de triagem das propostas na definição dos estudos ambientais exigidos no licenciamento junto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

No capítulo 9 “Software olha o ônibus: uma alternativa colaborativa para usuários do transporte público” é apresentado um estudo que propõe um *software* de suporte à mobilidade urbana para dispositivos móveis. Também analisa a literatura

e o mercado de aplicativos móveis da plataforma Android, com intuito de mostrar a relevância do aplicativo proposto.

Na temática voltada para a cartografia, os capítulos 10 e 11 têm excelentes contribuições. O primeiro tem por proposta realizar uma análise dos mapas cartográficos produzidos por Marcgraf no século XVII a partir da produção holandesa no Brasil, e o segundo apresenta uma metodologia para avaliar o padrão de exatidão cartográfica em um ortomosaico digital obtido por meio de uma aeronave pilotada remotamente.

No capítulo 12 “Estudo de caso comparativo de métodos de dimensionamento de estacas do tipo escavada” é apresentado um estudo que consiste na comparação da capacidade de cargas de estacas do tipo escavada, analisadas por diferentes métodos de cálculo.

No capítulo 13 “Aplicação do método baldi para análise de risco em barragens” analisa a importância das técnicas de análise de risco como ferramentas importantes em uma abordagem probabilística. Avalia ainda menores e maiores probabilidades de uma determinada anomalia, verificadas em campo.

O capítulo 14 analisa os acidentes do tipo colisão com objeto fixo nas rodovias federais dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro no período de 2007-2015. No capítulo 15 “A probabilidade aplicada à Mega-sena” é analisada as variadas formas o jogo pode ser apresentado, com enfoque na probabilidade, mas considerando o histórico do processo.

Para o encerramento da presente obra, apresentamos ao leitor importante contribuição intitulada “Álcool x trânsito - transversalidade e interdisciplinaridade: estratégias para educar jovens no trânsito” onde apresenta um trabalho que procurou sensibilizar e orientar alunos do 3º ano do Ensino Médio sobre as consequências do consumo de bebida alcoólica no trânsito.

Assim, a coleção de artigos dessa obra abre um leque de possibilidades de análise e estimula futuras contribuições de autores que serão bem vindas nas discussões teóricas e metodológicas que a presente coletânea venha a incentivar.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
JOGOS ELETRÔNICOS E SUA EVOLUÇÃO	
Anderson Cassio Francisco Fernanda Maria de Souza Alessandro Arraes Rodrigues Hudson Sérgio de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.7992009041	
CAPÍTULO 2	7
A ESCOLA SILENCIA O MUNDO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS	
Maria Janes de Oliveira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7992009042	
CAPÍTULO 3	19
A IMPORTÂNCIA DOS JOGOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DAS GEOCIÊNCIAS: O JOGO DO CLIMA E SUA ABORDAGEM SOBRE CLIMATOLOGIA	
Larissa Vieira Zezzo Jessica Patrícia de Oliveira Priscila Pereira Coltri	
DOI 10.22533/at.ed.7992009043	
CAPÍTULO 4	34
JOGO DIDÁTICO COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE TABELA PERIÓDICA	
Isaque Gemaque de Medeiros Jose de Arimateia Rodrigues do Rego Renato Araujo da Costa José Maria dos Santos Lobato Júnior José Francisco da Silva Costa João Henrique Vogado Abrahão Jamille Gabriela Cunha da Silva Alan Sena Pinheiro Herley Machado Nahum João Augusto Pereira da Rocha Jorddy Neves da Cruz Sebastião Gomes Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7992009044	
CAPÍTULO 5	47
OLIMPÍADAS DO CONHECIMENTO DE MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	
Hênio Delfino Ferreira de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7992009045	
CAPÍTULO 6	62
ESTUDOS DA QUALIDADE AMBIENTAL DO MONUMENTO NATURAL TRÊS MORRINHOS	
Danilo de Oliveira Lucas César Frediani Sant' Ana	
DOI 10.22533/at.ed.7992009046	

CAPÍTULO 7	67
INTEMPERISMO QUÍMICO E SUA INFLUÊNCIA NA FORMAÇÃO E MORFOLOGIA DO SOLO	
<ul style="list-style-type: none"> Raulene Wanzeler Maciel Debora Ricardo Ferreira Fernando Da Silva Carvalho Neto Angelo Hartmann Pires 	
DOI 10.22533/at.ed.7992009047	
CAPÍTULO 8	72
SISTEMAS FUZZY PARA AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO EM LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS RODOVIÁRIOS	
<ul style="list-style-type: none"> Lucirene Vitória Góes França Adriano Bressane Thales Andrés Carra Sandra Regina Monteiro Masalskiene Roveda José Arnaldo Frutuoso Roveda 	
DOI 10.22533/at.ed.7992009048	
CAPÍTULO 9	82
SOFTWARE OLHA O ÔNIBUS: UMA ALTERNATIVA COLABORATIVA PARA USUÁRIOS DO TRANSPORTE PÚBLICO	
<ul style="list-style-type: none"> Joiner dos Santos Sá Leonardo Nunes Gonçalves Laciene Alves Melo Edinho do Nascimento da Silva Alexandre Reis Fernandes Fabricio de Souza Farias 	
DOI 10.22533/at.ed.7992009049	
CAPÍTULO 10	96
ARTE E CARTOGRAFIA: UMA ANÁLISE DO MAPA “BRASILIA QUA PARTE PARET BELGIS” DE GEORG MARCGRAF	
<ul style="list-style-type: none"> Ronaldo André Rodrigues da Silva 	
DOI 10.22533/at.ed.79920090410	
CAPÍTULO 11	115
METODOLOGIA PARA AVALIAR O PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA EM ORTOMOSAICOS OBTIDOS POR MEIO DE RPA COM OS APLICATIVOS E-FOTO E GEOPEC	
<ul style="list-style-type: none"> Sérgio Roberto Horst Gamba Edson Eyji Sano 	
DOI 10.22533/at.ed.79920090411	
CAPÍTULO 12	129
ESTUDO DE CASO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS DO TIPO ESCAVADA	
<ul style="list-style-type: none"> Geraldo Magela Gonçalves Filho Matheus Henrique Morato de Moraes Paola Mundim de Souza Gabriel Mendes de Menezes 	

Victor de Castro Mundim
Guilherme Henrique Mota Gonçalves
DOI 10.22533/at.ed.79920090412

CAPÍTULO 13 138

APLICAÇÃO DO MÉTODO BALDI PARA ANÁLISE DE RISCO EM BARRAGENS
POR RAFAELA BALDI FERNANDES

Rafaela Baldi Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.79920090413

CAPÍTULO 14 149

ANÁLISE DOS ACIDENTES DO TIPO COLISÃO COM OBJETO FIXO NAS RODOVIAS
FEDERAIS DOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E RIO DE JANEIRO NO PERÍODO
DE 2007-2015

Peolla Paula Stein
Gabriela Pereira Faustino
Agmar Bento Teodoro

DOI 10.22533/at.ed.79920090414

CAPÍTULO 15 161

A PROBABILIDADE APLICADA À MEGA-SENA

Rafael Thé Bonifácio de Andrade
Maíra de Faria Barros Medeiros Andrade

DOI 10.22533/at.ed.79920090415

CAPÍTULO 16 168

ÁLCOOL X TRÂNSITO - TRANSVERSALIDADE E INTERDISCIPLINARIDADE:
ESTRATÉGIAS PARA EDUCAR JOVENS NO TRÂNSITO

Maria das Graças Cirino Franca
Andréia Cirina Barbosa de Paiva
Rosely Fantoni
Vânia Paula de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.79920090416

SOBRE O ORGANIZADOR 175

ÍNDICE REMISSIVO 176

APLICAÇÃO DO MÉTODO BALDI PARA ANÁLISE DE RISCO EM BARRAGENS POR RAFAELA BALDI FERNANDES

Data de aceite: 26/03/2020

Rafaela Baldi Fernandes

RESUMO: As barragens são, geralmente, estruturas críticas e essenciais em processos de captação de água, armazenamento de resíduos, tratamento de efluentes, dentre outros. Nos últimos anos, tem-se ampliado as discussões acerca do conhecimento do risco e do dano associado a estas estruturas, como uma forma melhorar o sistema de gestão de segurança de barragens com técnicas mais assertivas e aplicáveis para cada caso. Nesse contexto, as técnicas de análise de risco são ferramentas importantes em uma abordagem probabilística à medida em que avalia exaustivamente menores e maiores probabilidades de uma determinada anomalia, verificada na inspeção de campo, estar mais próxima ou não da progressão para uma falha. A metodologia de aplicação baseada na Árvore de Eventos evidencia a viabilidade de avaliação das anomalias em fases, abrangendo a análise preliminar para o uso em barragens, seguida pelas análises formais e individuais de risco para as anomalias mais críticas. Os resultados ratificam a aplicabilidade das técnicas de análise de risco como essenciais no processo de avaliação de risco de barragens.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Risco, Árvore

de Eventos, Barragens

ABSTRACT: Dams are generally critical and essential structures in water reservoirs, tailings management, waste treatment processes and others. In recent years, discussions about the knowledge of the risk and damage associated with these structures have expanded, as a way to improve the dam safety management system with more assertive and applicable techniques for each case. In this context, risk analysis techniques are important tools in a probabilistic approach as they exhaustively assess the lower and higher probabilities of a given anomaly, verified in the field inspection, whether or not they are closer to progression to failure. The application methodology based on the Event Tree shows the feasibility of assessing anomalies in phases, covering the preliminary analysis for use in dams, followed by formal and individual risk analyzes for the most critical anomalies. The results confirm the applicability of risk analysis techniques as essential in the dam risk assessment process.

1 | INTRODUÇÃO

Algumas empresas aceitam o risco passivamente e outras, criam vantagem competitiva pela exposição aos risco de forma

prudente e fundamentada. A definição de risco contempla a possibilidade de perda, dano, desvantagem, impacto negativo, perigo ou ameaça de um determinado evento. Não existe risco zero e todas as atividades envolvem um determinado grau de risco, que deve ser compreendido e gerenciado, para que seja minimizado ao máximo. A concepção de risco adquiriu amplo destaque social e industrial, constituindo um conceito operacional amplamente utilizado na engenharia e na gestão. Segundo a ABNT NBR ISO 31000, de 2018, está associado a um evento ou acontecimento, sendo uma grandeza que resulta da combinação da probabilidade e da severidade de consequências devido a falhas potenciais.

Dentro da análise de risco é essencial analisar todos os possíveis modos de falha determinar a probabilidade da ocorrência de cada cenário. O objetivo das análises de risco é obter a probabilidade de ruptura ou de falha da barragem, para cada modo de falha, identificando os caminhos mais críticos, ou seja, os eventos probabilisticamente mais favoráveis de ocorrência.

Existe uma gama de ferramentas e metodologias de análise de risco que podem ser utilizadas para estes propósitos, auxiliando na definição de um modelo sólido e aplicável. Independente do modelo aplicado, as técnicas de análise podem ser caracterizadas em relação ao aspecto qualitativo e quantitativo do estudo. As técnicas qualitativas são fundamentadas no conhecimento das variáveis envolvidas no processo a ser investigado, podendo-se fazer o uso de bancos de dados para o levantamento dos acontecimentos indesejados; entretanto, a severidade de tais acontecimentos não é calculada.

É válido considerar que a aplicação as metodologias de análise de risco devem considerar o nível estratégico de uma instituição, com a alta cúpula administrativa e cenários de longo prazo, preparando as empresas para o crescimento. Também devem contemplar um nível tático, com as gerências e análises de curto prazo e, um terceiro nível, operacional, com os riscos imediatos e mais visíveis em função de maiores exposições.

As técnicas qualitativas e indutivas são HAZOP, HACCP HAZID, e What if, sendo a APR e APP análises qualitativas indutivas. Para as análises quantitativas e indutivas, tem-se a SIL. A seguir serão descritas quatro das principais ferramentas utilizadas para as análises de risco: APP, APR, “What if”, HAZOP e Árvore de eventos.

A árvore de eventos é uma das ferramentas mais utilizadas, pela facilidade de sua aplicação, versatilidade e precisão, sendo o princípio básico a definição de uma árvore com nós de incerteza e, cada ramificação, tem uma flexibilidade para se adaptar a situação inicial. Uma das vantagens desse método é a flexibilidade em função destas ramificações mas, se forem muitos extensas, dificultam a avaliação. Uma árvore do evento começa com uma condição identificada de falha e prossegue com uma análise para diante, indutiva, dos relacionamentos causais envolvidos no

sistema em consideração. Esta análise para diante segue todas as sequencias de eventos possíveis que conjuntamente descrevem todas as consequência possíveis do evento da falha. A estrutura diagramática que descreve estes resultados em uma série de eventos discretos conectados entre si constitui-se em uma árvore do evento. Cada ramo representa um estado possível do sistema.

A sequencia de eventos nesta análise de consequências permite que sejam identificados os possíveis cenários (sequencias de eventos) resultantes de um dado evento inicial. O aprofundamento da árvore em certas direções reflete o grau de detalhamento desejado. Após a definição do evento inicial e dos sistemas de segurança (ações) que podem amortecer o efeito do evento inicial, executa-se a combinação em uma árvore lógica de decisão com as várias sequências de acontecimentos que podem surgir a partir do evento inicial. Uma vez construída a árvore, calcula-se as probabilidades associadas em cada ramo do sistema, que sempre deve fechar em 1, ou seja, 100%. Geralmente é difícil determinar as probabilidades de forma objetiva por tratar-se de probabilidades condicionais, dependentes da ocorrência dos eventos precedentes. A natureza inerentemente binária do método, com cada ramo indicando uma dicotomia “falha, não-falha” poderia, em princípio, ser superada. Mesmo assim, o método continuaria limitado, pois sistemas degradam frequentemente sem experimentar falha repentina. Nesse caso, é fundamental que as análises de risco sejam atualizadas frequentemente e, de preferência, a cada inspeção de barragem.

O risco aceitável, ou tolerável, é uma exposição ao risco que é considerada aceitável para um indivíduo, organização, comunidade ou parcela ambiental. Os riscos aceitáveis são definidos em termos de probabilidade e impacto de um risco particular, permitindo definir práticas de gerenciamento de risco.

2 | A ÁRVORE DE EVENTOS NA INSPEÇÃO GEOTÉCNICA

A metodologia da Árvore de Eventos tem sido bem útil para a avaliação de riscos em barragens à medida em que utiliza os dados provenientes das Fichas de Inspeção de Campo, que são rotinas padronizadas e com uma periodicidade razoável. Desta forma, pode ser atualizada frequentemente, gerando parâmetros cada vez mais assertivos e diretivos para a estrutura que está sendo considerada, além de ser orientativo para as questões gerenciais de segurança de barragens.

O primeiro passo é ter uma Ficha de Inspeção bem definida, com todas as áreas da estrutura mapeadas, bem como uma lista aplicada de possíveis anomalias. No Livro “Manual para elaboração de planos de ação emergencial para barragens de mineração – Fernandes, 2017), apresenta-se um modelo de Ficha, ressaltando-

se que deve ser personalizado em função da particularidade de cada barragem. Tal metodologia será denominada de “Método Baldi” que consiste, basicamente, no cálculo de um Risco Probabilístico (RP), baseado em Eventos e Probabilidades decorrentes da progressão de uma anomalia identificada em Fichas de Inspeção (denominados de Probabilidade de Inspeção-PI), seguindo um ordenamento lógico e numérico, em função da Magnitude (M), do Nível de Perigo (NP), da Probabilidade da Anomalia (PA) e do Modo de Falha selecionado. Além disso, considera um descritivo probabilístico da Anomalia (DPR), que permite uma melhor visualização dos riscos associados. Geralmente, divide-se a estrutura por códigos, sendo um exemplo listado a seguir:

A. Infraestrutura Operacional e Acessos

B. Barragem

1. Talude de Montante (separado por talude, ou seja, talude de Montante 1, 2, etc.)

2. Coroamento ou Crista

3. Talude de Jusante (separado por talude, ou seja, talude de Jusante 1, 2, etc.)

4. Região a jusante

a. Instrumentação

C. Vertedouro

1. Canais de aproximação e restituição

2. Muros laterais

3. Comportas

D. Reservatório

E. Torre da Tomada D`água

1. Entrada e Acionamento

2. Comportas

F. Caixa de Montante

G. Galeria

H. Estrutura de Saída

I. Drenagem Interna

J. Medidor de Vazão

K. Drenos de Segurança

L. Sistema de aspersores

M. Estações de bombeamento

N. Outros

Para cada região da barragem são listadas as prováveis anomalias, que possuem codificação subsequente, como o exemplo a seguir, ainda sendo definidas, para cada uma delas, a Magnitude e o Nível de Perigo:

B – Barragem

B.1 – Barragem-Talude de Montante 1

B.1.1 – Erosões

B.1.2 – Escorregamentos

B.1.3 – Rachaduras e Trincas

A Magnitude (M) define a dimensão e a evolução desta anomalia, comparativamente às inspeções anteriores e, com base no que foi verificado em campo na inspeção utilizada como base para a Análise de Risco. Para magnitude, tem-se as seguintes categorias:

- I. Insignificante**, anomalia de pequenas dimensões, sem aparente evolução
- P. Pequena**, anomalia de pequena dimensão, com evolução ao longo do tempo
- M. Média**, anomalia de média dimensão, sem aparente evolução
- G. Grande**, anomalia de média dimensão, com evidente evolução, ou anomalia de grande dimensão

O nível de perigo (NP) apresenta uma classificação numérica para a anomalia identificada, baseando-se no grau de comprometimento da estabilidade e segurança da estrutura, sendo:

- 0. Normal**, anomalia não compromete a segurança da barragem
- 1. Atenção**, anomalia não compromete de imediato a segurança da barragem mas, caso venha a progredir, pode comprometê-la, devendo ser controlada, monitorada ou reparada
- 2. Alerta**, anomalia compromete a segurança da barragem, devendo ser tomadas providências imediatas para sua eliminação
- 3. Emergência**, anomalia representa alta probabilidade de ruptura da barragem

Desta forma, ao final da avaliação, será possível estabelecer um sequenciamento de anomalias, por região, que irão apresentar uma magnitude e um nível de perigo, conforme exemplificado na Tabela 2.1.

CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO/ANOMALIA	SITUAÇÃO	MAGNITUDE (M)	NÍVEL DE PERIGO (NP)
A.1	INFRAESTRUTURA OPERACIONAL	Falta de documentação sobre barragem	M	1
A.8		Falta ou deficiência nas placas de aviso	P	0
B.1.1	TALUDE DE MONTANTE	Erosões	M	1
B.1.2		Escorregamentos	M	1
B.1.4		Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	M	1
B.1.6		Árvores e arbustos	P	1
B.1.9		Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	P	1
B.1.10		Sinais de movimento	M	1
B.2.4	COROAMENTO	Falha no revestimento	P	0
B.2.5		Afundamentos e buracos	P	1
B.2.6		Árvores e arbustos	M	1
B.2.9		Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	P	1
B.2.12		Ameaça de transbordamento da barragem	G	1
B.3.5	TALUDE DE JUSANTE	Falha na proteção vegetal	P	1
B.3.7		Árvores e arbustos	M	1
B.3.11		Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	P	1

Tabela 2.1 – Exemplo de Lista de Anomalias, magnitudes e níveis de perigo

Para a Árvore de Eventos, é necessário definir alguns intervalos probabilísticos, bem como modos de falha a serem considerados, número de eventos, dentre outros. Nessa etapa, é importante que se faça uma avaliação multidisciplinar do histórico da estrutura, para que os intervalos definidos sejam coerentes e aplicáveis.

A Probabilidade da Anomalia (PA) varia de 1 a 100%, sendo apresentada em decimais. Sendo assim, haverá variações entre 0 e 1,0, dependendo da composição de magnitude e do nível de perigo apresentados na Ficha de Inspeção. Ressalta-se que os valores 0% e 100% podem ser desconsiderados por se tratar de extremos e, para garantir uma margem de segurança em relação a subjetividade no preenchimento da Ficha de Inspeção. As faixas devem ser definidas com base nas análises de estabilidade e, de acordo com as potenciais falhas da estrutura verificado o histórico de inspeções regulares. Como exemplo, pode-se ter:

- a. Magnitude Insignificante (I) com:
 - i. Nível de Perigo Normal (0) – Probabilidade de 0,10
 - ii. Nível de Perigo Atenção (1) – Probabilidade de 0,15
 - iii. Nível de Perigo Alerta (2) – Probabilidade de 0,20
 - iv. Nível de Perigo Emergência (3) – Probabilidade de 0,25
- b. Magnitude Pequena (P) com:
 - i. Nível de Perigo Normal (0) – Probabilidade de 0,30
 - ii. Nível de Perigo Atenção (1) – Probabilidade de 0,40
 - iii. Nível de Perigo Alerta (2) – Probabilidade de 0,50
 - iv. Nível de Perigo Emergência (3) – Probabilidade de 0,55
- c. Magnitude Média (M) com:

- i. Nível de Perigo Normal (0) – Probabilidade de 0,60
 - ii. Nível de Perigo Atenção (1) – Probabilidade de 0,65
 - iii. Nível de Perigo Alerta (2) – Probabilidade de 0,70
 - iv. Nível de Perigo Emergência (3) – Probabilidade de 0,75
- d. Magnitude Grande (G) com:
- i. Nível de Perigo Normal (0) – Probabilidade de 0,80
 - ii. Nível de Perigo Atenção (1) – Probabilidade de 0,85
 - iii. Nível de Perigo Alerta (2) – Probabilidade de 0,90
 - iv. Nível de Perigo Emergência (3) – Probabilidade de 0,95

O Modo de Falha (MF), também definido como Consequência, consiste no evento último, subsequente a progressão da anomalia, que leva a estrutura a uma condição de ruptura. Existem diversos modos de falha que podem ser considerados, tais como:

- Galgamento
- Piping
- Problemas Estruturais
- Gestão

Os eventos são o desdobramento das observações feitas na Ficha de Inspeção, bem como análise do relatório fotográfico, com o sequenciamento possível e provável de progressão da anomalia, até o modo de falha considerado. Os eventos são sucessivos, ou seja, o Evento 5, é um desdobramento do Evento 4 que, por consequência, é desdobramento do Evento 3, e assim por diante. Os eventos são definidos em número suficientes para a total descrição da progressão da anomalia ao modo de falha. Geralmente, os eventos são definidos como os “nós” da árvore, e se desdobram em duas ramificações, ou mais.

A Probabilidade da Inspeção (PI) é o produto da Probabilidade da Anomalia (PA) pelo percentual probabilístico atribuído a cada evento. Sendo assim, $PI_1 = PA \times \text{Probabilidade do Evento 1}$, $PI_2 = PI_1 \times \text{Probabilidade do Evento 2}$, e assim por diante.

A relação numérica da probabilidade de ocorrência de cada evento analisado, com base no relatório fotográfico e nas observações da Ficha de Inspeção. Os eventos são complementares, ou seja, a soma dos ramos de cada nó deve ser 100%. Ainda, para cada evento, o somatório das probabilidades de todos os ramos é 100%.

Caso a Análise de Risco seja usada como pré-requisito para uma Análise de Falha, como por exemplo tipo FMEA, é essencial que o Evento Final da árvore considere processos de instabilidade local e global.

O Risco Probabilístico (RP) é o produto da Probabilidade da Anomalia (PA) pelas probabilidades da Inspeção (PI) para cada Evento. Ou seja, é a probabilidade de cada ramo da árvore. É interessante organizá-los em ordem prioritária, ou seja, da maior para a menor probabilidade.

Na Tabela 2.2 tem-se um exemplo das Probabilidades (PA) e os Modos de Falha (MF) para determinadas anomalias. É importante que haja um ordenamento crescente em termos de Magnitude e Nível de Perigo, para auxiliar no processo do cálculo do Risco. Na Tabela 2.3 tem-se um exemplo de árvore de eventos para a anomalia B.1.1, de erosões no Talude de Montante.

MAGNITUDE (M)	NÍVEL DE PERIGO (NP)	CÓDIGO	PROBABILIDADE (PA)	MODO DE FALHA (MF)
I	0	D.3	0,10	Gestão
P	0	A.8	0,30	Gestão
P	0	B.2.4	0,30	Problemas Estruturais
P	1	B.1.6	0,40	Problemas Estruturais
P	1	B.1.9	0,40	Problemas Estruturais
P	1	B.2.5	0,40	Problemas Estruturais
P	1	B.2.9	0,40	Problemas Estruturais
P	1	B.3.5	0,40	Problemas Estruturais
P	1	B.3.11	0,40	Problemas Estruturais
P	1	C.1.2	0,40	Galgamento
P	1	C.2.3	0,40	Galgamento
P	1	C.3.3	0,40	Problemas Estruturais
P	1	C.3.9	0,40	Problemas Estruturais
P	1	C.4.5	0,40	Problemas Estruturais
P	1	C.4.6	0,40	Problemas Estruturais
M	1	A.1	0,65	Problemas Estruturais
M	1	B.1.1	0,65	Piping

Tabela 2.2 – Exemplo de Probabilidades (PA) e os Modos de Falha (MF) para determinadas anomalias

REGIÃO DA BARRAGEM		ANOMALIA		MODO DE FALHA (MF)	PROBABILIDADE DA INSPEÇÃO (PI)										RISCO PROBABILÍSTICO (RP)	ORDEN																																																								
					EVENTO 1	PROBABILIDADE P1	EVENTO 2	PROBABILIDADE P2	EVENTO 3	PROBABILIDADE P3	EVENTO 4	PROBABILIDADE P4	EVENTO 5	PROBABILIDADE P5																																																										
Barragem	Talude de Montante	Erosões	Probabilidade da anomalia (PA)	Piping	Ocorrem erosões superficiais ou na proteção vegetal?	0,1	0,065	Solo: erosões isoladas	0,039	0,0312	Presença de água	0,00312	0,000312	0,000312	13																																																									
(B)	(B.1)	(B.1.1)	0,55								0,8							Desenvolvimento progressivo das erosões	0,1	0,00312	0,1	Sem carregamento de sedimentos	0,9	0,000312	0,000312	13b																																														
																														0,2	Sem desenvolvimento progressivo das erosões	0,2	0,000312	0,9	0,000312	0,000312	0,000312	5																																		
																																										0,4	Solo: erosões múltiplas	0,026	0,0208	0,1	0,00208	0,1	0,000208	0,000208	14																					
																																																							0,2	Desenvolvimento progressivo das erosões	0,8	0,0208	0,1	0,00208	0,1	0,000208	0,000208	14b								
																																																																				0,2	Sem desenvolvimento progressivo das erosões	0,2	0,000208	0,9
								0,4	Solo: erosões isoladas	0,351		0,2808	0,1	0,02808	0,1	0,002808	0,002808																																																							
											0,8							Desenvolvimento progressivo das erosões	0,8	0,2808	0,1	0,02808	0,1	0,002808	0,002808	6																																														
																														0,2	Sem desenvolvimento progressivo das erosões	0,2	0,002808	0,9	0,002808	0,9	0,002808	0,002808	1																																	
																																										0,2	Solo: erosões isoladas	0,6	0,0702	0,2	0,0702	0,2	0,0702	0,0702	3																					
																																																							0,2	Sem desenvolvimento progressivo das erosões	0,2	0,0702	0,2	0,0702	0,2	0,0702	0,0702	3								

		Ocorrem erosões em profundidade ou abaixo da proteção	0,185					Presença de água		Carreamento de sedimentos	0,001872	0,001872	17a
								0,1	0,01872	0,1		0,001872	
										0,9		0,016848	8
												0,16848	2
												0,0068	4

Tabela 2.3 – Árvore de Eventos para Anomalia B.1.1 da Tabela 2.2

Após o cálculo do Risco Probabilístico (RP) de cada anomalia, realiza-se o Descritivo Probabilístico da Anomalia (DPR), organizando o RP de cada árvore em um sequenciamento, do maior para o menor, conforme exemplo apresentado na Tabela 2.4.

RP	CÓDIGO	DESCRITIVO PROBABILÍSTICO DA ANOMALIA (DPR)	
1	0,25272	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água, em sulcos erosivos isolados em profundidade, ou abaixo da proteção
2	0,16848	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água, em sulcos erosivos múltiplos em profundidade, ou abaixo da proteção
3	0,0702	B.1.1	Erosões em sulcos erosivos isolados em profundidade, ou abaixo da proteção
4	0,0468	B.1.1	Erosões em sulcos erosivos múltiplos em profundidade, ou abaixo da proteção
5	0,02808	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água, em sulcos erosivos isolados superficiais, ou na proteção
6	0,025272	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos isolados em profundidade, ou abaixo da proteção
7	0,01872	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água, em sulcos erosivos múltiplos superficiais, ou na proteção
8	0,016848	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, sem presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos múltiplos em profundidade, ou abaixo da proteção
9	0,0078	B.1.1	Erosões em sulcos erosivos isolados superficiais, ou na proteção
10	0,0052	B.1.1	Erosões em sulcos erosivos múltiplos superficiais, ou na proteção
11	0,002808	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos isolados em profundidade, ou abaixo da proteção
12	0,002808	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e sem carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos isolados superficiais, ou na proteção
13	0,001872	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos múltiplos em profundidade, ou abaixo da proteção
14	0,001872	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e sem carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos múltiplos superficiais, ou na proteção
15	0,000312	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos isolados superficiais, ou na proteção
16	0,000208	B.1.1	Desenvolvimento progressivo de erosões, com presença de água e carreamento de sedimentos, em sulcos erosivos múltiplos superficiais, ou na proteção

Tabela 2.4 – Descritivo probabilístico para Anomalia B.1.1, com base na Árvore de Eventos

Ao final, todas as RP's das árvores são compiladas e, ao final, tem-se o sequenciamento prioritário para tratamento das anomalias, com base na probabilidade de falha. Esse produto do Método Baldi é a Análise de Risco ou seja, a definição dos riscos probabilísticos do sequenciamento progressivo de cada anomalia, para determinados modos de falha.

As RP's podem ser agrupadas conforme proposto por Brazendale e Bell (1994), que define as consequências como uma margem entre aceitável e intolerável, sendo a interface intermediária denominada de ALARP, e atribuída aos eventos com maior probabilidade de acontecer e que devem ter os níveis mais baixos possíveis. Os riscos inaceitáveis são aqueles que ameaçam a vida humana e onde o sistema deve ser projetado de modo que tais riscos não possam surgir ou, se o ocorrerem, os recursos do sistema garantam que sejam detectados antes que causem um grande dano. Os riscos tão baixos quanto razoavelmente práticos (ALARP) são aqueles que têm

consequências menos sérias ou que são sérias, mas têm uma probabilidade muito baixa de ocorrência. O sistema deve ser projetado de forma que a probabilidade de uma ruptura surgir devido a um risco seja minimizada, sujeita a outras considerações, como custo e entrega. Os riscos aceitáveis são aqueles em que as falhas associadas normalmente resultam em danos menores. Os projetistas devem tomar todas as medidas possíveis para reduzir os riscos “aceitáveis”, desde que não aumentem os custos, o tempo de entrega ou outros atributos. Para os inaceitáveis, a consequência é uma falha com danos severos e, para o nível aceitável, deve-se evitar que surjam erros, conforme Figura 2.1.

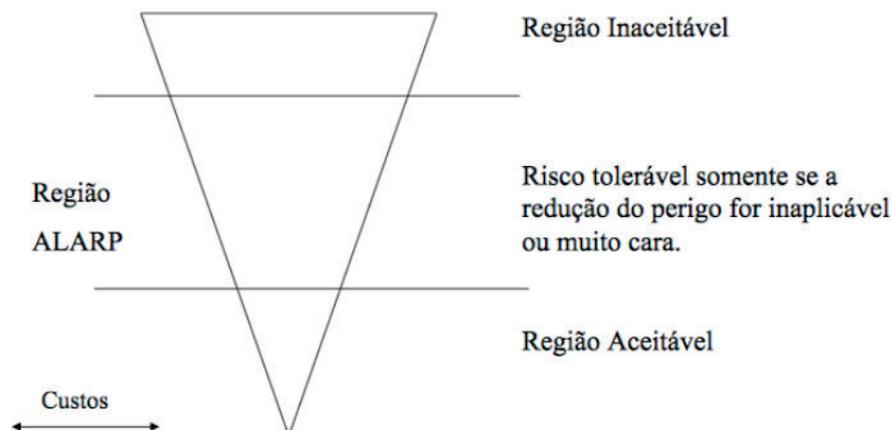


Figura 2.1 – Triângulo de riscos. Adaptado de Brazendale e Bell (1994)

3 | CONCLUSÃO

O gerenciamento do risco deve ser elaborado em etapas, partindo do princípio do conhecimento de qual o risco está sendo considerado. A etapa seguinte, de análise do risco, considera que deve haver a identificação do perigo e suas causas, bem como a estimativa do risco em função da gravidade do dano e da sua frequência de ocorrência. A Avaliação do risco identifica o que pode ser feito para a redução dos cenários de risco, sendo seguida da etapa de controle, onde são elaborados e implementados os procedimentos desenvolvidos para redução e mitigação do evento. Por fim, deve-se fazer uma análise dos resultados obtidos, reavaliando as etapas anteriores e verificando se o modelo é satisfatório. Há várias metodologias desenvolvidas para elaboração do gerenciamento de riscos e, a escolha é realizada conforme a preferência do autor.

Há evidências crescentes de que nossa compreensão dos mecanismos de falha nas barragens de rejeitos pode ser imperfeita. Em particular para o caso das barragens de rejeito, onde o conceito prévio é de que a estabilidade dos rejeitos aumenta com o tempo, e, ainda, apresenta valores de fatores de segurança consideráveis. Parte do desafio consiste em replicar nos processos de laboratório as condições reais ao longo de anos ou mesmo, em décadas. Ainda no caso de rejeitos,

alguns minerais podem sofrer alterações químicas logo após a deposição, levando os grãos a se solidificarem e preservarem a alta porosidade. Com isso, o material se torna quebradiço e propenso a colapsar, induzindo um processo de liquefação generalizada.

Apesar dessa compreensão imperfeita, tem-se que a maioria das falhas nas barragens de rejeitos é o resultado de má gestão e regulação. Em diversas barragens, o enchimento do reservatório prossegue sem diretrizes muito claras de descarte, sendo um afastamento visível da prática e da engenharia consolidada nas boas práticas. Há uma crise associada à preocupação com a segurança das barragens de rejeitos e a falta de confiança no seu projeto e desempenho, sendo que a inserção de conceitos de risco e confiabilidade auxiliam na percepção e cálculo dos fatores de segurança, permitindo atuação nas anomalias e processos que requerem uma atenção mais imediata. Além disso, as avaliações devem ser ajustadas ao longo de toda a vida útil de uma barragem para avaliar as mudanças em relação à melhoria das condições instáveis ou sua deterioração. A probabilidade de falha nunca será zero e o fator de segurança, sozinho, não é o suficiente para se conhecer a segurança real de uma estrutura, sendo necessário quantificar e lidar com as incertezas. As análises probabilísticas são fundamentais para uma boa análise determinística, reduzindo incertezas e permitindo decisões pautadas em argumentos assertivos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 31000. Gestão de Risco – Princípios e Diretrizes. 19 páginas. 2018

Brazendale, J. and Bell, R. (1994). 'Safety-related control and protection systems: standards update'. IEE Computing and Control Engineering J., 5 (1), 6–12.

Fernandes, R.B. Manual para elaboração de planos de ação emergencial para barragens de mineração. Editor Melt Comunicação - 2017. 308 páginas. ISBN: 978-85-69859-02-4

ÍNDICE REMISSIVO

A

Álcool 168, 171, 173

Análise química 69

Arte 11, 12, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 112, 113, 171

B

Brasília 31, 47, 57, 66, 113, 114, 115, 159, 174

C

Cadastro territorial multifinalitário 117

Cartografia 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 108, 110, 112, 113, 114, 126, 127

Ciências 1, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 44, 45, 46, 55, 67, 68, 127, 128, 159, 171

D

Dimensionamento 129, 131, 132, 134, 136

DNIT 150, 151, 152, 153, 159

Drenos de segurança 141

E

Ensino médio 10, 11, 16, 21, 23, 25, 29, 35, 37, 38, 47, 49, 56, 57, 168, 170

Escola 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 31, 35, 37, 39, 45, 47, 50, 53, 57, 160, 168, 170, 171, 172, 173

Estaca 131, 133, 134, 136, 137

Estudo de caso 62, 65, 82, 84, 85, 91, 129, 132, 133

F

Ficha cadastral 74, 75, 76, 81

I

Inspeção geotécnica 140

Intemperismo químico 67, 68

J

Jogos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 19, 22, 23, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 40, 42, 44, 45, 161, 162, 166, 167

Jovens 12, 21, 23, 30, 37, 38, 168, 169, 170, 172, 173, 174

L

Licenciamento ambiental 72, 73, 76, 81

Loteria 161, 162, 163, 167

M

Maricá 117

Método baldi 138, 141, 146

Minas gerais 149, 150, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 168, 171

Monumento natural 62, 63, 64, 65

O

OBMEP 47, 48, 51, 53, 55, 56, 61

Organização mundial de saúde 168, 169, 170

Ortomosaicos 115, 117, 122, 125, 128

P

Paraná 1, 18, 62, 63, 64, 66, 67, 69, 70, 160

PISA 47, 48, 50, 51, 61

Probabilidade 47, 57, 59, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 156, 161, 163, 164, 165, 166, 167

Q

Questões ambientais 20

Química 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 25, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 67, 69, 70, 171

R

Recursos didáticos 15, 21, 36

S

São Paulo 18, 19, 31, 32, 55, 61, 70, 71, 72, 73, 80, 81, 83, 95, 113, 126, 137, 157, 160

Sistema fuzzy 72, 78

Software 3, 25, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 116, 123, 126, 127, 128, 155

Solo 67, 68, 69, 70, 75, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137

T

Tabela periódica 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Tecnologia 1, 2, 5, 7, 22, 45, 56, 72, 84, 95, 158, 159

Trânsito 84, 149, 150, 151, 152, 159, 160, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Transporte público 82, 83, 84, 85, 91, 94, 95

Transversalidade 18, 168

U

União matemática internacional 51

Unidade de conservação 62, 63, 64

 **Atena**
Editora

2 0 2 0