

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
 Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
 Henrique Ajuz Holzmann
 Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 3 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-5706-893-9
 DOI 10.22533/at.ed.939211603

1. Engenharia. I. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

SUMARIZAÇÃO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE TIPO MILITAR NO BRASIL PARA ADAPTÁ-LO A PRODUTOS ESPACIAIS

Daniel Rondon Pleffken

Marcelo Lopes de Oliveira e Souza

DOI 10.22533/at.ed.9392116031

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE SEGURANÇA NO LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES EM ÂMBITO NACIONAL E MUNDIAL

Jônatas Franco Campos da Mata

Amir Zacarias Mesquita

Bárbara Luísa Nunes Pereira Mendes

Bianca dos Santos Vales

Eliane Alves Souza

Emanuel Henrique Alves Azevedo

Enis de Campos Maciel Sobrinho

Ianca Alberta Caires Vieira

Jackson Ramon Silva Alcântara

Luiza Souza Vilane

Matheus Jesus Soares

Pedro Henrique Gomes do Nascimento

Thalles Rômulo Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9392116032

CAPÍTULO 3..... 20

PROPOSTA DE UM CUBESAT UNIVERSITÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS ESPACIAIS NACIONAIS

Eduardo Henrique da Silva

João Luiz Dallamuta Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9392116033

CAPÍTULO 4..... 29

ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO NA LOCALIZAÇÃO DE UM TERMINAL PORTUÁRIO PARA O CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA – MA

Michelle Carvalho Galvão da Silva Pinto Bandeira

Marcelo Xavier Guterres

Anderson Ribeiro Correia

Paulo Cesar Marques Doval

DOI 10.22533/at.ed.9392116034

CAPÍTULO 5..... 46

TWO-PHASE TANK EMPTYING AND BURNBACK COUPLED INTERNAL BALLISTICS PREDICTION ON HYBRID ROCKET MOTORS

Maurício Sá Gontijo

Renato de Brito do Nascimento Filho

DOI 10.22533/at.ed.9392116035

CAPÍTULO 6.....57

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO CABO COBERTO DUPLA CAMADA NAS REDES COMPACTAS DA CEMIG D: GESTÃO EFICIENTE DO ATIVO – CAPEX/OPEX

Edmilson José Dias

Willian Alves de Souza

Fabio Lelis dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.9392116036

CAPÍTULO 7.....77

ANÁLISE DA SEGURANÇA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE UMA EDIFICAÇÃO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TEÓFILO OTONI-MG

Nadson Coimbra Amaral

Keytiane Iolanda Moura

DOI 10.22533/at.ed.9392116037

CAPÍTULO 8.....87

A MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO E OS SEUS REQUISITOS MÍNIMOS REGULATÓRIOS

Tito Ricardo Vaz da Costa

Isabela Sales Vieira

Thompson Sobreira Rolim Júnior

Felipe Gabriel Guimarães de Sousa

Saulo Rabelo de Martins Custódio

José Moisés Machado da Silva

Clarissa Melo Lima

DOI 10.22533/at.ed.9392116038

CAPÍTULO 9.....99

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA ARTICULADA PARA SIMULAÇÃO DE MOVIMENTO DE VEÍCULO AUTOMOTOR

Douglas Lucas dos Reis

João Vitor da Costa da Silva

Diego Tiburcio Fabre

Périson Pavei Uggioni

DOI 10.22533/at.ed.9392116039

CAPÍTULO 10.....112

MÉTODO HÍBRIDO PARA DETECÇÃO E REMOÇÃO DE SOMBRAS EM IMAGENS

Marcos Batista Figueredo

Eugenio Rocha Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.93921160310

CAPÍTULO 11.....120

MELHORIAS NO DESEMPENHO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA VIA PEQUENAS MUDANÇAS NO FLUXO DE CARGA CONTINUADO BASEADO NO PLANO

DETERMINADO PELAS VARIÁVEIS ÂNGULO E MAGNITUDE DA TENSÃO

Alfredo Bonini Neto
Jhonatan Cabrera Piazentin
Cristina Coutinho de Oliveira
Dilson Amancio Alves

DOI 10.22533/at.ed.93921160311

CAPÍTULO 12..... 136

UMA REVISÃO SOBRE AS TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE SINAL E CLASSIFICADORES INTELIGENTES UTILIZADOS PARA A DETECÇÃO DE ILHAMENTO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Viviane Barrozo da Silva
Ghendy Cardoso Júnior
Gustavo Marchesan
Júlio Cesar Ribeiro
Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão
Hebert Sancho Linhares Garcez Militão
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira
Inarê Roberto Rodrigues Poeta e Silva

DOI 10.22533/at.ed.93921160312

CAPÍTULO 13..... 170

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTABILIDADE E INÉRCIA DA REDE ELÉTRICA E DE CAIXA DE ENGRENAGENS DE AEROGERADORES COM TRANSMISSÃO CVT MAGNÉTICA

Antonio Carlos de Barros Neiva
Fabricio Lucas Lório
George Alves Soares

DOI 10.22533/at.ed.93921160313

CAPÍTULO 14..... 187

ANÁLISE DA OBTENÇÃO DE RESULTADOS DE UMA REDE MALHADA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM UM BAIRRO NA CIDADE DE CACOAL/RO UTILIZANDO O EPANET E PLANILHA ELETRÔNICA

Renato Gomes Lima
Jhonata Silva Nink
Caciano Batista Pacheco
Klinsman Enggleston Emerick Franco
Martina Tamires Lins Cezano
Helton Pires Morais

DOI 10.22533/at.ed.93921160314

CAPÍTULO 15..... 198

CORRELAÇÃO CRUZADA NA APRENDIZAGEM MOTORA: UM ESTUDO COM SINAIS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAFIA) VIA ESTATÍSTICA DE SINAIS

Florêncio Mendes Oliveira Filho
Gilney Figueira Zebende
Juan Alberto Leyva Cruz

Arleys Pereira Nunes de Castro
Everaldo Freitas Guedes
Aloísio Machado da Silva Filho
Andrea de Almeida Brito
Basílio Fernandez Fernandez

DOI 10.22533/at.ed.93921160315

CAPÍTULO 16.....206

DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS DE INSTRUMENTAÇÃO

Luis Fernando Tolentino de Brito

DOI 10.22533/at.ed.93921160316

CAPÍTULO 17.....218

**GESTÃO DO CONHECIMENTO EMPREGANDO BPMN E PRÁTICAS DO GUIA PMBOK:
ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO PATRIMONIAL**

Marcelo Ferreira Albano

Pablo Dantas Evangelista dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93921160317

CAPÍTULO 18.....233

**OS DESAFIOS NO TRANSPORTE DE CARGAS INDIVISÍVEIS NO TRAJETO ANCHIETA/
IMIGRANTES AO PORTO DE SANTOS**

Rafael Martins Gomes

Daniel Henrique Godoy Michel

Igor Alexandre de Carvalho Bonifácio

Kethely Vytória Rodrigues de Sousa

Noemi Damasceno de Santana

Yan Lima dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93921160318

CAPÍTULO 19.....242

**UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVO IDR EM FERRAMENTAS ELÉTRICAS DE BAIXA
POTÊNCIA, EXTENSÕES E MÁQUINAS DE SOLDA**

Marco Antonio Munhoz Sagasetta

Francisco de Assis da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.93921160319

CAPÍTULO 20.....251

**VOICE TRAINING: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA TREINAMENTO DA
AVALIAÇÃO PERCEPTIVA-AUDITIVA DA VOZ**

Adilson Franke Neia Júnior

Maria Eugenia Dajer

Nathan Antônio Guerreiro

DOI 10.22533/at.ed.93921160320

CAPÍTULO 21.....260

VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS

LED NO SETOR INDUSTRIAL

Bruno Sousa de Castro

Antonio Manoel Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.93921160321

CAPÍTULO 22..... 274

CROWDFUNDING: O CASO DA CLOUD IMPERIUM GAMES CORPORATION

Luciane Ribeiro Dias Pinheiro

Matheus Ferreira Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.93921160322

SOBRE OS ORGANIZADORES 289

ÍNDICE REMISSIVO..... 290

CAPÍTULO 2

ANÁLISE COMPARATIVA DA UTILIZAÇÃO DE ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE SEGURANÇA NO LICENCIAMENTO DE CENTRAIS NUCLEARES EM ÂMBITO NACIONAL E MUNDIAL

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 11/01/2021

Jônatas Franco Campos da Mata

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8385118400138330>

Amir Zacarias Mesquita

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6461195671708122>

Bárbara Luísa Nunes Pereira Mendes

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8492020399236838>

Bianca dos Santos Vales

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1746904350619207>

Eliane Alves Souza

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6771225479030874>

Emanuel Henrique Alves Azevedo

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5553807074882141>

Enis de Campos Maciel Sobrinho

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6755665414551415>

Ianca Alberta Caires Vieira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1957662943794239>

Jackson Ramon Silva Alcântara

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5496170969141385>

Luiza Souza Vilane

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3268100988612172>

Matheus Jesus Soares

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4775644051521630>

Pedro Henrique Gomes do Nascimento

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7118423372217383>

Thalles Rômulo Silva Lopes

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3427034528058599>

RESUMO: Nos últimos anos, a partir do acidente da usina nuclear Fukushima Daiichi, ocorrido no Japão em 2011, pode-se perceber a busca crescente pelo aperfeiçoamento das metodologias de avaliação de segurança e gerenciamento de riscos de centrais nucleares, notadamente quanto ao tratamento de acidentes severos. As autoridades regulatórias governamentais têm exigido a utilização conjunta de métodos determinísticos e probabilísticos para avaliar e garantir a segurança das instalações e a proteção às pessoas e ao meio ambiente. No Brasil, o modelo adotado pelos órgãos regulatórios ambiental (IBAMA) e nuclear (CNEN) é essencialmente determinístico. Entretanto, adotando a prática internacional de utilização da Análise Probabilística de Segurança (APS) em conjunto com a Análise de Acidentes Além da Base de Projeto, a CNEN passou a exigir, a partir de 2010, a apresentação de um estudo de APS no licenciamento da usina nuclear de Angra 3. A APS é utilizada, no âmbito do licenciamento nuclear, para analisar o comportamento da central frente a eventos iniciadores de sequências acidentais, os quais podem acarretar a fusão do núcleo do reator. Em relação ao licenciamento ambiental, Estudos de Análise de Risco (EAR) são também exigidos para efetuar avaliações probabilísticas de diversos cenários acidentais. O presente trabalho apresenta uma análise do estado da arte da utilização de metodologias determinísticas e probabilísticas nos licenciamentos ambiental e nuclear, no Brasil e em outros países. Entre as principais aplicações da APS podem ser destacadas: a avaliação sistemática do risco associado ao projeto, à construção e à operação das centrais nucleares de forma a identificar a robustez do projeto e os níveis da defesa em profundidade; e a avaliação da tolerância da central nuclear em relação aos acidentes severos. Comparando as abordagens de avaliações probabilísticas dos órgãos ambientais e nucleares, o trabalho efetua proposições para aperfeiçoar a utilização de APS e EAR no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Análise Probabilística de Segurança, Centrais Nucleares, Confiabilidade, Segurança Operacional, Risco Nuclear

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF PROBABILISTIC SAFETY ANALYSIS IN THE LICENSING OF NUCLEAR POWER PLANTS IN BRAZILIAN AND WORLD SCOPE

ABSTRACT: In the last few years, since the accident at the Fukushima Daiichi nuclear power plant, which occurred on Japan in 2011, one can perceive the growing search for the improvement of the safety assessment and risk management methodologies of nuclear power plants, notably regarding the treatment of severe accidents. Governmental regulatory authorities have demanded the joint use of deterministic and probabilistic methods to assess and guarantee the safety of facilities, protection of people and environment. In Brazil, the model adopted by the environmental (IBAMA) and nuclear (CNEN) regulatory bodies is essentially deterministic. However, adopting the international practice of using Probabilistic Safety Assessment (APS) in conjunction with the Beyond the Design Bases Accident, CNEN started to require, from 2010, the presentation of a APS study in the nuclear licensing of Angra 3 nuclear power plant. The APS is used, within the scope of nuclear licensing, to analyze the behavior of the plant in the face of initiating events of accidental sequences, which can lead to the fusion of the reactor core. In relation to environmental licensing, Risk Analysis Studies (EAR) are also required to carry out probabilistic assessments of various accidental scenarios. This work presents an analysis of the state of art of deterministic and probabilistic

methodologies in environmental and nuclear licensing, in Brazil and other countries. Among the main applications of APS can be highlighted: the systematic assessment of the risk associated with the design, construction and operation of nuclear power plants in order to identify the robustness of the project and the levels of defense in depth; and the assessment of the nuclear power plant tolerance in relation to severe accidents. Comparing the approaches of environmental and nuclear agencies in relation of probabilistic assessments, this work makes proposals to improve the use of APS and EAR in Brazil.

KEYWORDS: Probabilistic Safety Assessment, Nuclear Power Plants, Reliability, Operational Safety, Nuclear Risk.

1 | INTRODUÇÃO

O licenciamento de uma usina nuclear envolve a análise sistemática dos riscos envolvidos durante as fases de projeto, construção, operação e manutenção. Riscos, segundo a U. S. NRC (2021), são traduzidos pela resposta associada a três perguntas: a) o que pode falhar? b) com que frequência a falha pode ocorrer? c) quais são as possíveis consequências da falha? Tais riscos devem ser quantificados em diversos cenários, de tal forma a permitir a elaboração do Plano de Gerenciamento de Riscos e o Plano de Atendimento a Emergências do empreendimento nuclear. Os riscos de uma usina nuclear devem ser analisados tanto sob o ponto de vista ambiental, quanto em relação à segurança das instalações e pessoas, sejam trabalhadores ou indivíduos do público.

1.1 Abordagem determinística de avaliação dos riscos

Conforme a IAEA (2009), a análise determinística de riscos considera, como premissas, as condições estabelecidas nas bases de projeto do reator nuclear. Devem ser definidas as margens aceitáveis de trabalho, através do estudo dos fenômenos envolvidos na operação da usina, bem como a experiência prática adquirida na operação de empreendimentos similares ao projetado. Os possíveis acidentes, em cada cenário, e a sequência de eventos, são analisados e quantificados segundo suas consequências, não havendo preocupações com relação às frequências de ocorrência de cada evento. A Defesa em Profundidade se traduz na implementação de diferentes níveis de barreiras físicas, sistemas de segurança e procedimentos, garantindo assim a robustez das instalações e reduzindo os riscos de pessoas serem atingidas por emissões radioativas. No âmbito da segurança das instalações e pessoas, tal análise é denominada de Análise Determinística de Segurança, e considera a análise das sequências acidentais previstas na base do projeto, que desafiam os sistemas de segurança de um reator nuclear.

No caso de avaliação dos riscos ao meio ambiente, o Estudo de Análise de Risco (EAR) analisa os riscos e quantifica as suas consequências, considerando-se os acidentes ambientais previstos na base de projeto e utilizando-se fontes de consulta, tais como manuais técnicos e análises de histórico de acidentes (CETESB, 2011).

1.2 Análise Probabilística de Segurança (APS)

A APS traduz-se em uma evolução das abordagens determinísticas de risco, tradicionalmente aceitas na investigação e tratamento dos riscos de acidentes em usinas nucleares. A APS utiliza técnicas probabilísticas para estimar as frequências de ocorrência e as consequências dos cenários acidentais em condições além das bases do projeto, atuando de forma complementar a abordagens determinísticas. Neste caso, efetua o estudo dos Acidentes Severos, que englobam as sequências acidentais que podem causar o derretimento do núcleo radioativo do reator, tais como o Acidente de Perda de Refrigerante (LOCA) (IAEA, 2010).

A APS possui três níveis de estudos: Nível 1 (sequências dos acidentes severos; pontos fortes e fracos dos sistemas de segurança; definição de ações preventivas e corretivas); Nível 2 (progressão das sequências dos danos ao núcleo do reator; relações entre os eventos ocorrentes no reator nuclear e dados adicionais sobre frequências e consequências dos danos, incluindo as liberações de material radioativo); Nível 3 (consequências externas da emissão dos radionuclídeos quanto a: saúde das pessoas; impactos socioeconômicos; e outros efeitos) (IAEA, 2010).

A utilização da APS em avaliações ambientais de riscos foi regulamentada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos no início da década de 2000 (EPA, 2001).

2 | METODOLOGIA

Foram definidos alguns critérios para selecionar os países que participariam da pesquisa aplicada, em comparação com o Brasil, com relação à utilização da APS. Tais critérios são os seguintes: geração anual de energia elétrica acima de 50×10^{12} Watts.hora, advinda de reatores nucleares; participação relativa acima de 10% da geração de energia elétrica proveniente de reatores nucleares, em relação a outras fontes utilizadas a nível federal; tendência atual de expansão ou estabilidade da matriz nucleoeleétrica em relação a outras fontes de energia; existência de projetos de novos reatores nucleares; e países pertencentes aos continentes americano e europeu, e que integrem a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD). A Tabela 1 exibe dados relativos ao período de 2010 e 2014, relativos aos países com geração nucleoeleétrica acima de 50×10^{12} Watts.hora (WNA, 2016).

País	Participação Relativa (%)					Geração (10 ¹² Watts.hora)		Reatores em Projeto
	2010	2011	2012	2013	2014	2013	2014	
Estados Unidos	19,6	19,2	19,0	19,4	19,5	790,2	798,6	5
França	74,1	77,7	74,8	73,3	76,9	405,9	418,0	1
Rússia	17,1	17,6	17,8	17,5	18,6	161,7	169,1	33
Coreia do Sul	32,2	34,6	30,4	27,6	30,4	132,5	149,2	12
China	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	104,8	123,8	64
Canadá	15,1	15,3	15,3	16,0	16,8	94,3	98,6	1
Alemanha	28,4	17,8	16,1	15,5	15,8	92,1	91,8	-
Ucrânia	48,1	47,2	46,2	43,6	49,4	78,2	83,1	13
Suécia	38,1	39,6	38,1	42,7	41,5	63,7	62,3	-
Reino Unido	15,7	17,8	18,1	18,3	17,2	64,1	57,9	13
Espanha	20,1	19,5	20,5	19,7	20,4	54,3	54,9	-

Tabela 1 – Participação relativa da geração nucleoeleétrica por país

Verificou-se que alguns países não se enquadram nos critérios definidos: Alemanha (matriz nucleoeleétrica caiu de 28,4 % para 15,8 %); Coreia do Sul e China (continente asiático); Rússia e Ucrânia (não integram a OECD); Suécia e Espanha (não possuem novos projetos). Portanto, os países selecionados para este estudo, juntamente com o Brasil, são: Estados Unidos, Reino Unido, França e Canadá.

3 I RESULTADOS

O Quadro 1 exhibe as modalidades de licenciamento e o papel dos órgãos reguladores. Analisando-se o mesmo, verifica-se que o Brasil difere dos demais países em dois aspectos (CNEN, 2002; IBAMA, 2002): dois licenciamentos distintos (licenciamento nuclear e ambiental); cada um destes licenciamentos é regulado por uma agência distinta (CNEN e IBAMA); e o órgão ambiental (IBAMA) possui funções regulatórias, ao contrário dos papéis exclusivamente consultivos e normativos desempenhados nos outros países selecionados. Tais características são alguns dos motivos que acarretam prazos mais alongados para o licenciamento, além de maior quantidade de requisitos e documentos exigidos.

Aspecto	Comparação entre países				
	Brasil	Estados Unidos	Reino Unido	França	Canadá
Licenciamento	Nuclear e Ambiental	Único	Único	Único	Único
Autoridade Regulatória	CNEN e IBAMA	NRC	ONR	ANS	CNSC
Papel do Órgão Ambiental	Regulação Ambiental	Normativo / Consultivo	Normativo / Consultivo	Normativo / Consultivo	Normativo / Consultivo

Quadro 1 – Modalidades de licenciamento e papel dos órgãos reguladores

O Quadro 2 apresenta, de forma resumida, a abordagem utilizada para o licenciamento ambiental nos países pesquisados.

Tipo de Abordagem	Países pesquisados				
	Brasil	Estados Unidos	Reino Unido	França	Canadá
Determinística	X		X	X	X
Determinística / APS		X			
Documentos de Referência	(GETESB, 2011; IBAMA, 2002)	(EPA, 2001; NRC, 2013)	(EA, 2013; OECD NEA, 2010)	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)	(CNSC, 2016; OECD NEA, 2007)

Quadro 2 – Abordagens relativas ao licenciamento ambiental

Nota-se que somente os Estados Unidos, dentre os países selecionados, utiliza a APS nos estudos de riscos ambientais. A legislação americana prevê o estudo dos impactos ambientais, tanto para Acidentes Postulados como para Acidentes Severos (U. S. NRC, 2013).

O Quadro 3, a seguir, apresenta uma visão geral da utilização da APS para a segurança de reatores nucleares. Através de sua análise, verifica-se que todos os países pesquisados elaboraram diretrizes e procedimentos para a utilização da APS. Destacam-se os Estados Unidos, com relação a procedimentos mais abrangentes em fiscalização, inspeção e padronização de APS (OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007).

Aspectos abordados em APS	Brasil	Estados Unidos	Reino Unido	França	Canadá	Referências
Diretrizes e procedimentos básicos	X	X	X	X	X	(EPA, 2001; U. S. NRC, 2013; EA, 2013; OECD NEA, 2010; CNSC, 2016; OECD NEA, 2007; CNEN, 2010)
Realização sistemática de estudos		X	X	X	X	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)
Avaliação de vulnerabilidades		X	X	X	X	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)
Avaliação de performance		X	X	X	X	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)
Inspeções e revisões periódicas		X	X	X	X	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)
Padronização		X	X	X	X	(OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007)

Quadro 3 – Avaliação dos procedimentos e a prática da APS

Com relação à utilização prática da APS, não há evidências recentes para as usinas nucleares brasileiras. Os demais países têm apresentado grande evolução nestes quesitos (OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007).

4 | CONCLUSÃO

Dentre os países estudados, verificou-se que os Estados Unidos merecem destaque, devido ao fato de tal país possuir procedimentos e práticas mais abrangentes e consistentes nos seguintes processos: APS para avaliações ambientais (EPA, 2001; U. S. NRC, 2013); fiscalização e inspeção de APS para usinas existentes; e padronização das APS para diferentes modelos de reatores nucleares (OECD NEA, 2010; OECD NEA, 2007).

No Brasil, adota-se uma abordagem essencialmente determinística. Algumas resoluções da CNEN colocaram, como requisito obrigatório, o estudo de APS para a usina nuclear Angra 3 (CNEN, 2010), trazendo perspectivas de aprimoramento e aumento de utilização desta técnica.

4.1 Proposta de articulação regulatória

Uma das constatações desta pesquisa é a necessidade de unificação dos processos de análise (nuclear e ambiental) de acidentes e acidentes severos dos reatores nucleares

nacionais sob uma única autoridade regulatória, a CNEN. Por esta ótica, o IBAMA manteria somente as funções consultivas, normativas e fiscalizadoras, com relação a este tema, de forma a apoiar a CNEN durante o licenciamento dos reatores nucleares. Assim, isto poderia proporcionar uma maior agilidade e redução de custos dos processos de licenciamento, bem como a integração das avaliações de riscos ambientais e de segurança.

4.2 Recomendações para a implementação da APS no Brasil

São recomendadas as seguintes ações estruturantes: elaborar e publicar um procedimento efetivo sobre a utilização de APS Nível 1, 2 e 3; revisar os procedimentos inerentes ao licenciamento dos reatores nucleares, inserindo tópicos sobre a aplicação da APS nas análises de riscos à segurança e ao meio ambiente; efetuar um programa de capacitação dos inspetores da CNEN e equipes de operação dos reatores nucleares na utilização da APS; implementar um programa de intercâmbio de conhecimentos técnicos entre os órgãos reguladores dos Estados Unidos (NRC) e outros países nuclearmente desenvolvidos, visando identificar as melhores práticas em metodologia de APS para a aplicação na realidade brasileira.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pelas seguintes instituições brasileiras: Eletrobrás Termonuclear (Eletronuclear), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência**. Norma Técnica P4261. 2011.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Portaria Nº 77**. Concede a Licença de Construção para a Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - CNAEA 3 e estabelece suas condicionantes. Publicação no Diário Oficial da União (DOU) em 31 de maio de 2010. 2010.

CNEN. Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Resolução CNEN 15/02**. NE 1.04 – Licenciamento de Instalações Nucleares. 2002.

CNSC. Canadian Nuclear Safety Commission. **Generic Guidelines for the Preparation of an Environmental Impact Statement**. Pursuant to the Canadian Environmental Assessment Act, 2012. 2016.

EPA. Environmental Protection Agency. **Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume III - Part A**. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Washington DC, EUA. 2001.

EA. Environment Agency. **Process and Information Document for Generic Assessment of Candidate Nuclear Power Plant Designs**, Version 2. 2013.

IAEA. International Atomic Energy Agency. **Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants**. Specific Safety Guide. Safety Standards Series No. SSG-3. 2010.

IAEA. International Atomic Energy Agency. **Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants**. Specific Safety Guide. Safety Standards Series No. SSG-2. 2009.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Guia dos Procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal**. 2002.

OECD NEA. Organisation for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency. **Report on the Survey on Regulation of Site Selection and Preparation**. CNRA Working Group on the Regulation of New Reactors. 2010.

OECD NEA. Organisation for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency. **Use and Development of Probabilistic Safety Assessment**. CSNI - Committee on the Safety of Nuclear Installations. USA, 2007.

U. S. NRC. United States Nuclear Regulatory Commission. **Full-Text Glossary**. Disponível em: www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/full-text.html. Acessado em 05/01/2021. 2021.

U. S. NRC. United States Nuclear Regulatory Commission. **Generic Environmental Impact Statement for License Renewal of Nuclear Plants**. NUREG – 1437. Vol. 1. 2013.

WNA. World Nuclear Association. **Facts and Figures**. Disponível em: www.world-nuclear.org/info/Facts-and-Figures/Nuclear-generation-by-country/. Acessado em 18/05/2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogerador 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178, 181

Aeronavegabilidade 1, 2, 9, 10

AHP 29, 33, 36, 41, 43, 45

Análise probabilística 11, 12, 14

Aviação militar 1, 2, 10

B

Blowdown 46, 48, 50, 54

C

Centrais nucleares 11, 12

Centro de lançamento de alcântara (CLA) 29, 30, 44

Certificação 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10

Cock-pit articulado 99

Confiabilidade 2, 9, 12, 30, 59, 63, 75, 91, 97, 98, 159, 160, 174, 230, 274

Cubesat 20, 28

Curva P-V 120, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133

D

Desenvolvimento 2, 4, 5, 8, 11, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 28, 29, 30, 33, 35, 45, 57, 58, 59, 88, 93, 99, 100, 101, 102, 147, 170, 175, 177, 181, 183, 191, 200, 204, 206, 212, 223, 225, 247, 251, 252, 253, 255, 260, 261, 275, 276, 279, 280, 281, 282, 283, 284

Detecção de sombras 112, 113, 115, 116

Dimensionamento 28, 32, 77, 78, 79, 80, 178, 187, 189, 192, 193, 196, 197, 261

Dispositivos de segurança 77, 78, 80

E

Epanet 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 196, 197

Estabilidade de rede 170, 182

F

Fluxo de carga 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 134

G

Garantia do produto 1, 3, 6, 7, 10

Geração distribuída 136, 137, 138

H

HSV 112, 113, 114, 118

I

Ilhamento 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 164, 165, 168

Instalações elétricas 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 242, 243, 250

L

Localização 29, 30, 32, 33, 34, 36, 42, 43, 45, 151, 152, 153

M

M-CVT 170, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183

Método hardy-cross 187

O

Óxido nitroso 46

P

Parametrização geométrica 120, 121

Parcela variável 87, 89

PDD 170, 178, 181, 182

Processos 1, 3, 7, 8, 9, 10, 17, 18, 33, 79, 88, 93, 112, 188, 206, 212, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233

Projeto elétrico 77, 78, 79, 82, 84, 86

Propulsão híbrida 46

Proteção 2, 12, 14, 32, 44, 61, 63, 64, 66, 67, 77, 79, 80, 82, 85, 136, 144, 145, 151, 168, 176, 242, 243, 244, 245, 250, 278

R

Rede básica 87, 89, 92, 93, 95, 96, 97

Rede malhada 187, 189, 196

Regressão 46

Regulação responsiva 87

Remoção de sombras 112, 113, 116, 118

Risco nuclear 12

S

Segurança 1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 38, 40, 41, 44, 58, 59, 63, 74, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 86, 88, 100, 101, 111, 121, 136, 159, 172, 173, 176, 206,

207, 215, 235, 237, 240, 243, 244, 245, 246, 250, 254, 277

Segurança operacional 12, 172

Simuladores 99, 100, 101, 111

T

Tecnologia 2, 11, 20, 27, 58, 59, 60, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 197, 221, 222, 230, 231, 251, 258, 274, 289

Terminal portuário 29, 30, 32, 33, 42

U

Universidades 20, 22, 27, 259

V

Vernier 170, 178, 179, 180, 182, 186

Visão computacional 112, 113

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

3

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 