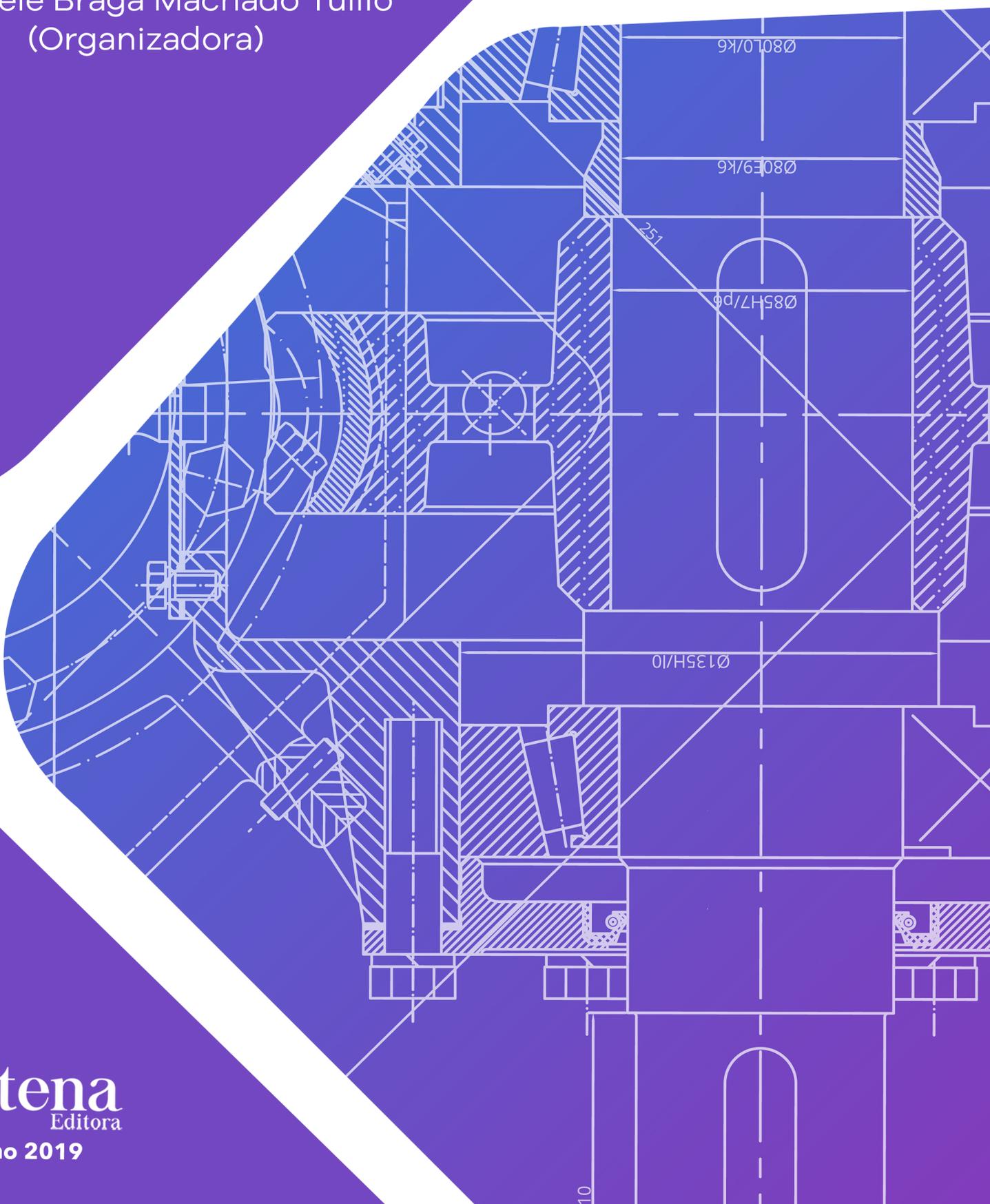


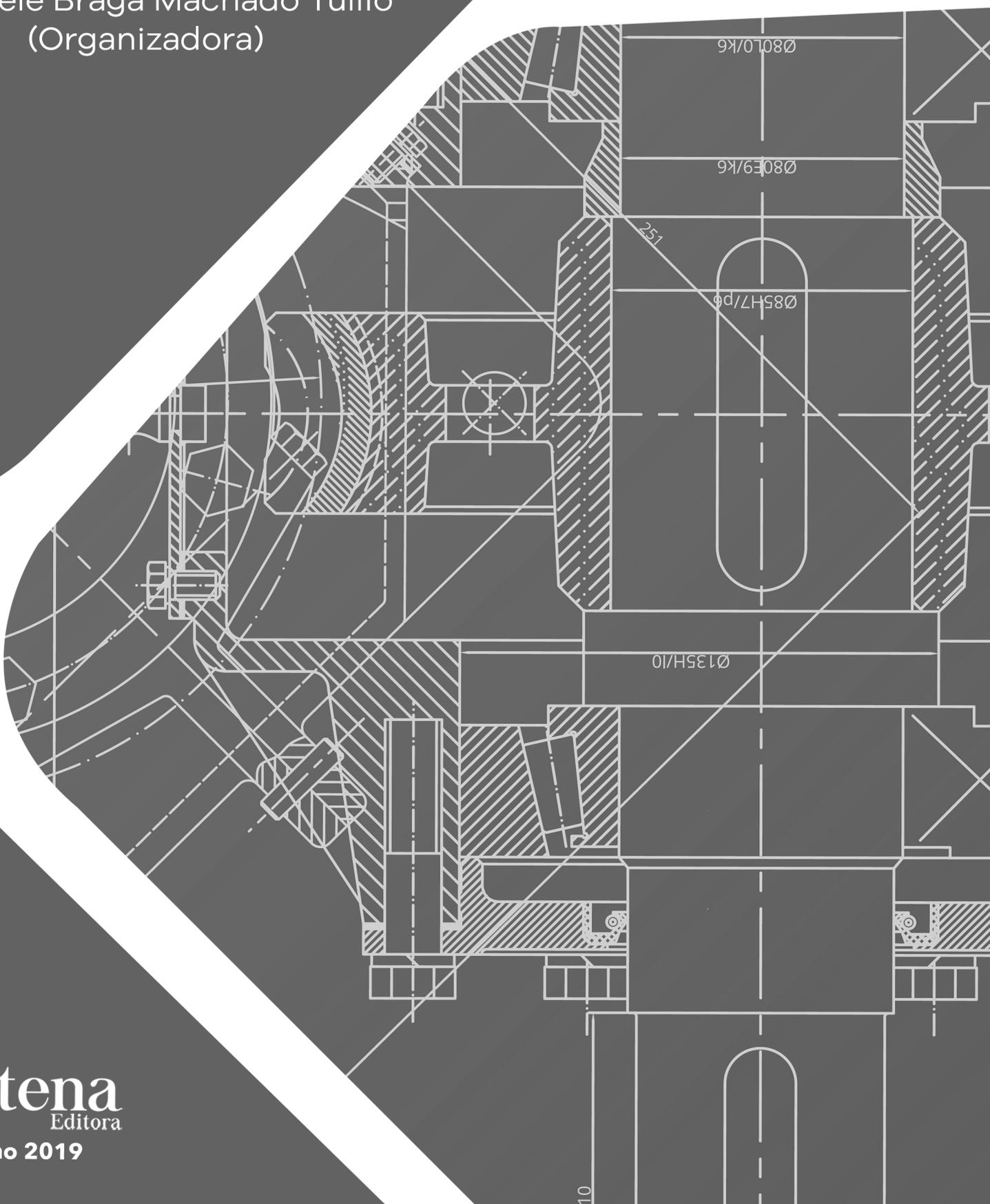
Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



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
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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 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
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. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-903-5

DOI 10.22533/at.ed.035200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 2” contempla vinte e quatro capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Inovações tecnológicas são promovidas através dos resultados obtidos de pesquisas científicas, e visam permitir melhorias a sociedade através de seu uso nas engenharias.

A utilização racional de energia, consiste em utilizar de forma eficiente a energia para se obter determinado resultado. O estudo sobre novas fontes de energia, e o seu comportamento podem trazer benefícios ao meio ambiente e trazer progresso a diversos setores.

A aplicação de novas tecnologias pode permitir avanços em diversas áreas, como saúde, construção, meio ambiente, proporcionando melhorias na qualidade de vida de diversas comunidades.

Diante do exposto, almejamos que o leitor faça uso das pesquisas aqui apresentadas, permitindo uma reflexão sobre seu uso na promoção de desenvolvimento social e tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
EVOLUÇÃO DA SEGURANÇA NO TRABALHO PARA A ATIVIDADE DO SETOR ELÉTRICO	
Humberto Rodrigues Macedo Valci Ferreira Victor Kaisson Teodoro de Souza Paulo Henrique Martins Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.0352006011	
CAPÍTULO 2	10
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: LEGISLAÇÃO REGULATÓRIA E BENEFÍCIOS AOS CONSUMIDORES PELA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA	
Neide Alves Dalla Vecchia Ruan Michel Alves Dalla Vecchia	
DOI 10.22533/at.ed.0352006012	
CAPÍTULO 3	20
HIDROENERGIA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UMA TURBINA FRANCIS PARA APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO EM PCHS	
Cristine Machado Schwanke Ingrid Augusto Caneca da Silva Vanessa Silva Goulart Suélen Mena Meneses Nathália Dias Imthon Matheus Henrique Baesso Joyce Alves Silva Cruz Ethan Ribas Pereira Perez Matheus Felicio Palmeira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.0352006013	
CAPÍTULO 4	34
MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE PEDIDOS DE PATENTES RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO DAS MICROALGAS	
Kamila Cavalcante dos Santos Jéssica Guimarães Lopes Andréia Alves Costa	
DOI 10.22533/at.ed.0352006014	
CAPÍTULO 5	43
ESTUDO DE AÇÕES PARA A REDUÇÃO DOS CUSTOS DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA GRANDES CONSUMIDORES	
Valci Ferreira Victor Humberto Rodrigues Macedo Adail Pereira Carvalho Lucas Cardoso da Silva Pitágoras Rodrigues de Melo Sobrinho	
DOI 10.22533/at.ed.0352006015	

CAPÍTULO 6	53
PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E DESPACHO DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONCEITO DE CENTRAIS VIRTUAIS DE ENERGIA	
Rodrigo Regis de Almeida Galvão Thiago José Lippo de França Breno Carneiro Pinheiro Luis Thiago Lucio	
DOI 10.22533/at.ed.0352006016	
CAPÍTULO 7	67
PROTEÇÃO TÉRMICA CONTRA ARCOS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO COM UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 KV	
Herick Talles Queiroz Lemos Humberto Dionísio de Andrade Matheus Emanuel Tavares Sousa Adriano Aron Freitas de Moura Ednardo Pereira da Rocha Ailson Pereira de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.0352006017	
CAPÍTULO 8	81
VEÍCULOS ELÉTRICOS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA PARTIR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	
Jardel Eugenio da Silva Fabianna Tonin Jair Urbanetz Junior	
DOI 10.22533/at.ed.0352006018	
CAPÍTULO 9	92
ANÁLISE DA CURVA E FATOR DE CARGA COM E SEM PRESENÇA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA	
Murilo Miceno Frigo Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.0352006019	
CAPÍTULO 10	101
ANÁLISE DE VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DE LASER SCANNER TERRESTRE EM MINERAÇÃO DE CALCÁRIO	
Caio Cesar Vivian Guedes Oliveira Luis Eduardo de Souza Luciana Arnt Abichequer	
DOI 10.22533/at.ed.03520060110	
CAPÍTULO 11	114
APLICAÇÃO DA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA NO ESTUDO DE CASO DA PALMILHA SENSORIZADA PARA PÉS DIABÉTICOS	
Luciana Maria de Oliveira Cortinhas Leonara Gonçalves e Silva Pires Anna Patrícia Teixeira Barbosa Jeane Souza Chaves Sidou	

Camila Alves Areda
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento
Rafael Leite Pinto de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.03520060111

CAPÍTULO 12 127

**AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO E REPETIBILIDADE DO SENSOR LEAP MOTION
CONTROLLER PARA A SUA UTILIZAÇÃO EM REABILITAÇÃO VIRTUAL**

Marcus Romano Salles Bernardes de Souza
Eduardo Apolinário Lopes
Rogério Sales Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.03520060112

CAPÍTULO 13 134

**ESTUDO PROSPECTIVO DE ÁCIDO LÁTICO PRODUZIDO POR LEVEDURAS EM
GLICEROL BRUTO**

Leandro Rodrigues Doroteu
Fabricio de Andrade Raymundo
Rogerio de Jesus Camargo Emidio
Marcilene Cordeiro Gomes
Camila Alves Areda
Eliana Fortes Gris
Grace Ferreira Ghesti
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento
Nadia Skorupa Parachin
Eduardo Antônio Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.03520060113

CAPÍTULO 14 146

**MOUSE AUXILIAR DISTRIBUIDOR DE CARGA DE TRABALHO NA INTERAÇÃO COM
UM COMPUTADOR PESSOAL PARA DUAS MÃOS**

Fabrcício de Andrade Raymundo
Marcelo Borges de Andrade
Marcus Vinícius Lopes Bezerra
Marina Couto Giordano de Oliveira
Sânya Léa Alves Rocha Lopes
Adriana Regina Martin
Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.03520060114

CAPÍTULO 15 163

**ÓXIDOS MISTOS A BASE DE TIO_2/ZNO APLICADOS NA DEGRADAÇÃO
FOTOCATALÍTICA DA ATRAZINA**

Gabriel Maschio de Souza
Gabriela Nascimento da Silva
Luiz Mário de Matos Jorge
Onélia Aparecida Andreo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.03520060115

CAPÍTULO 16	172
PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E REGIMES DE APROPRIABILIDADE: O CASO DA INDÚSTRIA FONOGRAFICA NA ERA DIGITAL	
Sheila de Souza Corrêa de Melo Edoardo Sigaud Gonzales Natália Bonela de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.03520060116	
CAPÍTULO 17	183
UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS AND AIRSPACE INTERFACES	
Omar Daniel Martins Netto Maria Emília Baltazar Jorge Miguel dos Reis Silva	
DOI 10.22533/at.ed.03520060117	
CAPÍTULO 18	201
UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA COMPETITIVA PARA DELINEAR ESTRATÉGIAS DE POSICIONAMENTO DE MERCADO DE EQUIPAMENTOS ELETROMÉDICOS DE MONITORAMENTO	
Janaina dos Santos Melo Maria Fernanda Mascarenhas dos Santos Melis Levi dos Santos Sandra Malveira Grace Ferreira Ghesti Paulo Gustavo Barboni Dantas Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.03520060118	
CAPÍTULO 19	213
ANALISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADA AO CISALHAMENTO COM PRFC	
Maicon de Freitas Arcine Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.03520060119	
CAPÍTULO 20	228
ANÁLISE COMPARATIVA DE TÉCNICAS DE INTERPOLAÇÃO APLICADAS À ANÁLISE DE POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
Talles Amony Alves de Santana Humberto Dionísio de Andrade Herick Talles Queiroz Lemos Matheus Emanuel Tavares Sousa Adriano Aron Freitas de Moura Ednardo Pereira da Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.03520060120	
CAPÍTULO 21	241
ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSIÇÕES DE INOVAÇÃO AO MÉTODO DE ENSAIO DE AÇÃO DE CALOR E CHOQUE TERMICO À LUZ DA ABNT NBR 15575 (2013)	
Luciani Somensi Lorenzi Luiz Carlos Pinto da Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.03520060121	

CAPÍTULO 22	254
ESTUDO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL DO EFEITO DA PRESENÇA DE UM TUMOR NO CAMPO DE TEMPERATURA DE UMA MAMA	
José Ricardo Ferreira Oliveira	
Vinicius Soares Medeiros	
Jefferson Gomes do Nascimento	
Alisson Augusto Azevedo Figueiredo	
Gilmar Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.03520060122	
CAPÍTULO 23	261
AMBIENTE DE PROJETO DE HARDWARE E SOFTWARE INTEGRADOS PARA APRENDIZADO E ENGENHARIA DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS	
Edson Lisboa Barbosa	
Lucas Fontes Cartaxo	
Cícero Samuel Rodrigues Mendes	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.03520060123	
CAPÍTULO 24	273
UMA PROPOSTA PRÁTICA DE MANUFATURA DE CONCRETO QUE PERPASSA DISCUSSÕES SOBRE SUSTENTABILIDADE E PENSAMENTO CRÍTICO	
Alaor Valério Filho	
Ânderson Martins Pereira	
Carlos Alfredo Barcellos Bellinaso	
Daniela Giffoni Marques	
DOI 10.22533/at.ed.03520060124	
SOBRE A ORGANIZADORA	281
ÍNDICE REMISSIVO	282

PROTEÇÃO TÉRMICA CONTRA ARCOS ELÉTRICOS: UM ESTUDO DE CASO COM UMA SUBESTAÇÃO DE 13,8 KV

Data de aceite: 26/11/2019

Herick Talles Queiroz Lemos

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Humberto Dionísio de Andrade

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Matheus Emanuel Tavares Sousa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Adriano Aron Freitas de Moura

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Ednardo Pereira da Rocha

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Mossoró – RN

Ailson Pereira de Moura

Universidade Federal do Ceará
Fortaleza – CE

RESUMO: Um dos principais riscos associados às atividades envolvendo equipamentos energizados são os efeitos térmicos produzidos pela energia incidente resultante de uma explosão elétrica. Neste contexto, uma importante medida para proteção contra os efeitos térmicos dos arcos elétricos é a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs)

com grau ATPV (*Arc thermal performance value*) adequado e a definição de uma distância segura de aproximação do local de trabalho. No Brasil, a utilização de EPIs com proteção térmica é exigida na Norma Regulamentado Nº 10 (NR 10), no entanto, essa norma fornece orientações sobre metodologias de estudo de energia incidente, as quais servem de base para especificação desses equipamentos. Desse modo, este trabalho se propõe a demonstrar, por meio de um estudo de caso, a aplicação da metodologia proposta na IEEE1584/2018 (*Guide for performing arc-flash hazard calculations*) e as orientações da NFPA 70E/2018 (*Standard for electrical safety requirement for employee workplace*) para o estudo da energia incidente e determinação do grau de proteção ATPV dos EPIs de trabalhadores de uma subestação de 500 kVA em 13,8/0,38 kV da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no município de Mossoró, RN. No estudo, pode-se constatar que os serviços na subestação requerem a utilização de EPIs com categoria ATPV grau 2 e a delimitação de uma distância segura de aproximação mínima de 1,1771 m. Por meio desse trabalho, pode-se demonstrar, de forma clara e objetiva, os principais métodos e padrões internacionais de referência utilizados no estudo de energia incidente e proteção térmica.

PALAVRAS-CHAVE: Arco elétrico; Energia

incidente; Equipamentos de proteção individual.

ARC FLASH THERMAL PROTECTION: A STUDY CASE WITH A 13.8KV SUBSTATION

ABSTRACT: One of the main risks associated with activities involving energized equipment is the thermal effects produced by incident energy resulting from an electrical explosion. An important measure for protection against arc flash hazards is the use of personal protective equipment (PPE) with appropriate ATPV (Arc thermal performance value) and the definition of a safe approach distance from the workplace. In Brazil, the use of thermally protected PPE is required by Regulated Standard No. 10 (NR 10), however, this standard provides no guidance on incident energy study methodologies, which serve as a basis for the specification of such equipment. Thus, this paper aims to demonstrate, through a case study, the application of the methodology proposed in IEEE1584 / 2018 (Guide for performing arc flash hazard calculations) and the guidelines of NFPA 70E / 2018 (Standard for electrical safety requirement for employee workplace) for the study of incident energy and determination of the ATPV protection level of the PPE from workers of a 500 kVA 13.8 / 0.38 kV substation at the Federal Rural University of Semi-Arid, located in the Mossoró city, RN. In the study, was found that services on the substation require the use of PPE with ATPV level 2 and the delimitation of a minimum safe approach distance of 1.1771 m. Through this work, it was possible to demonstrate clearly and objectively the main international reference methods and standards used in the study of incident energy and arc flash protection.

KEYWORDS: Arc flash; Incident energy; personal protective equipment.

1 | INTRODUÇÃO

Embora seja preconizado a intervenção em instalações elétricas desenergizadas sempre como primeira opção para os trabalhadores, nem sempre é possível atender essa premissa para todo o leque de atividades existentes, especialmente quando a continuidade do fornecimento é um fator crítico para instalação elétrica. Um dos principais riscos associados às atividades envolvendo equipamentos energizados é o surgimento de arcos elétricos, os quais liberam grandes quantidades de energia na forma de calor, som, expansão de ar e luz, dando origem a uma explosão elétrica (DAS, 2012). Quando exposto a uma explosão elétrica, o trabalhador pode ter como consequências queimaduras, traumatismos, surdez e até o óbito (GAMMON, 2015).

Tendo em vista as consequências danosas dos arcos elétricos, entende-se que o estudo de energia incidente constitui a ferramenta necessária para a correta especificação do grau de proteção contra os efeitos térmicos do arco elétrico, bem como para determinação da distância segura de aproximação e delimitação

de estratégias de ajuste dos equipamentos de proteção que minimizem os danos produzidos por uma explosão elétrica.

Na NR 10, é previsto a exigência de vestimentas adequadas para proteção dos trabalhadores (BRASIL, 2016), no entanto, não é detalhado nenhuma metodologia que oriente o engenheiro eletricitista na especificação das características de proteção dos EPIs. Neste caso, faz-se necessário, portanto, para condução do estudo de energia incidente, o uso de normas internacionais, como a IEEE1584/2018 e a NFPA 70E/2018, muitas vezes desconhecidas pelos projetistas.

Neste trabalho, buscou-se demonstrar, por meio de um estudo de caso, a aplicação do estudo de energia incidente para correta determinação do categoria ATPV das vestimentas de trabalhadores e a distância segura de aproximação para serviços em um quadro elétrico de uma instalação de média tensão, utilizando como base a metodologia proposta na IEEE1584/2018 e as orientações da NFPA 70E/2018.

2 | O FENÔMENO DO ARCO ELÉTRICO

Um arco elétrico consiste na passagem de corrente elétrica através do ar ionizado e material condutor vaporizado entre condutores ou condutores e a terra. Esse fenômeno pode ter origem em (DAS, 2012):

- Defeitos no isolamento e terminações de cabos devido à deterioração ou contaminação;
- Sobretensões de origem atmosférica ou internas ao equipamento geradas por transitórios de chaveamento;
- Contatos acidentais entre condutores ou condutores e a terra;
- Operação inadequada de dispositivos de seccionamento na ausência de intertravamento;
- Subdimensionamento de equipamentos para a máxima corrente de curto-circuito possível;
- Falha humana, como a derrubada de partes ou ferramentas sobre equipamentos energizados.

Na ocorrência de um arco elétrico, grandes quantidades de energia na forma de calor, som, expansão de ar e luz são liberadas. O efeito combinado dessas energias é denominado explosão elétrica. A Figura 1 ilustra as principais consequências do arco elétrico.

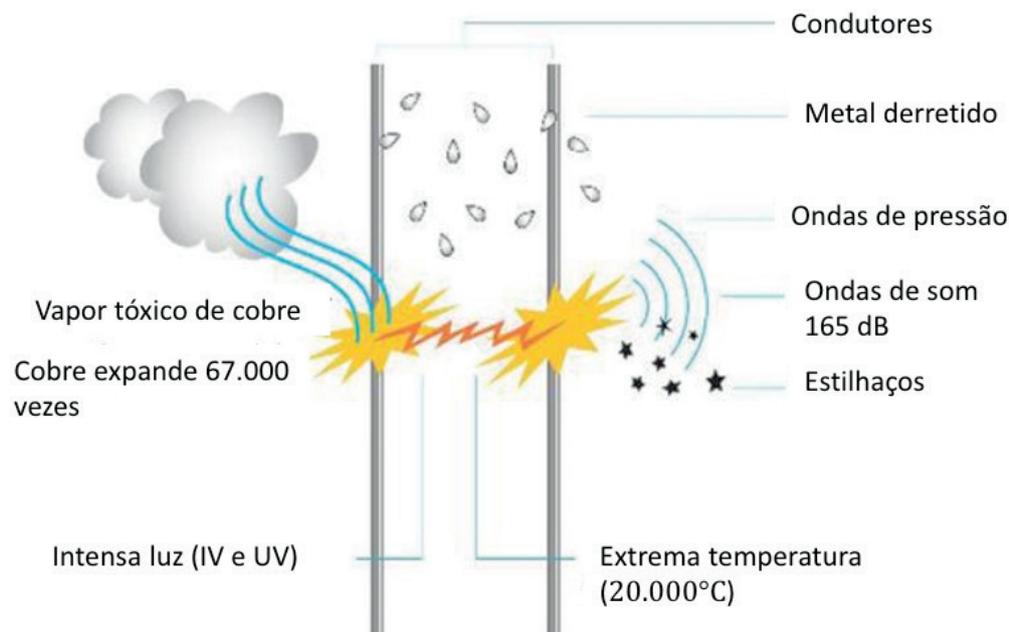


Figura 1 – Efeitos de uma explosão elétrica provocada por arco elétrico

Fonte: Adaptado de (RANDELA, 2016).

Quando exposto a uma explosão elétrica, os efeitos térmicos da energia incidente correspondem a causa dos maiores danos ao trabalhador. Essa energia, medida em cal/cm^2 , é liberada em sua maioria por irradiação e pode alcançar níveis superiores $100 \text{ cal}/\text{cm}^2$, valor capaz de, em meio segundo, elevar a temperatura da pele humana a 500°C e expandir a água contida nela em até 500 vezes, produzindo um efeito similar a uma explosão (QUEIROZ, 2012). A Figura 2 ilustra a ocorrência de uma explosão elétrica.

Dentre os possíveis efeitos causados por um acidente por arco elétrico, as queimaduras se destacam, principalmente, pela elevada taxa de mortalidade associada, além da severidade das sequelas funcionais e estéticas que acometem às vítimas.



Figura 2 – Demonstração de explosão elétrica em ensaio laboratorial

Fonte: Adaptado de (AMPSAFE, 2019).

Outro problema associado à energia incidente é a possibilidade de ignição das vestimentas do trabalhador, aumentando consideravelmente os efeitos de possíveis queimaduras. Uma importante medida para proteção contra os efeitos térmicos dos arcos elétricos é a utilização de vestimentas com grau ATPV adequado e a definição de uma distância segura de aproximação, a qual é definida como sendo a distância da fonte de arco no qual um trabalhador sem proteção é exposto a uma energia de $1,2 \text{ cal/cm}^2$, causando-lhe queimaduras de segundo grau. A Figura 3 ilustra o conceito de distância segura de aproximação.



Figura 3 – Distância segura de aproximação em sistemas energizados

Fonte: Os autores, 2019.

A seguir será apresentado a metodologia para o cálculo da energia incidente e da distância segura de aproximação presente na norma IEEE 1584/2018 e os critérios de determinação do grau ATPV dos EPIs com base na NFPA 70E/2018.

3 | CÁLCULO DA ENERGIA INCIDENTE E GRAU ATPV

Esta seção apresenta, inicialmente, o método proposto na norma IEEE 1584/2018 para o cálculo da corrente de arco, da energia incidente e da distância segura de aproximação. Na sequência, são apresentados os critérios de seleção da categoria ATPV dos EPIs conforme as recomendações da NFPA 70E/2018.

4 | MÉTODO DO IEEE 1584

A norma IEEE 1584 fornece um guia com técnicas para determinação da distância segura de aproximação e da energia incidente durante a realização de atividades junto a equipamentos elétricos ou proximidades de sistemas energizados (IEEE, 2018). Devido a sua abrangência, as técnicas presentes na IEEE 1584

tornaram-se as metodologias de cálculo mais difundidas no mundo.

A metodologia descrita na IEEE 1584 é fundamentada em modelos estatísticos e no ajuste de curvas com base em uma série de ensaios realizados pelo grupo de trabalho dessa norma (DAS, 2012). Essa metodologia pode ser aplicada a sistemas trifásicos, em configuração fechada ou aberta, em baixa ou média tensão. Todavia, riscos relativos à projeção de estilhados ou material derretido, ondas de pressão e fumaça tóxica ainda não são considerados nessa norma (IEEE, 2018). Além disso, a aplicabilidade é restrita aos limites apresentados na Tabela 1.

Parâmetro	Faixa de aplicação
Tipo de defeito	Trifásico
Nível de tensão	0,208 a 15 kV
Frequência	50 a 60 Hz
Corrente de curto-circuito	0,7 a 106 kA
Espaçamento entre condutores	13 a 152 mm

Tabela 1 – Limites de aplicação da IEEE 1584.

Fonte: Adaptado de (IEEE, 2018).

De acordo com norma IEEE 1584 (2018), a corrente de arco depende, principalmente, da corrente de curto-circuito, da distância entre os condutores e do tipo de ambiente. Em sistemas de média tensão (MT), no entanto, a impedância proporcionada pelo afastamento dos condutores e o tipo de ambiente possuem pouca influência na corrente de arco, de modo que a norma propõe duas equações para o cálculo da corrente de arco: uma para sistemas de baixa tensão (BT), isto é, até 1 kV; e outra para sistemas de média tensão entre 1 e 15 kV. Para sistemas de baixa tensão, aplica-se a Equação 1.

$$I_a = 10^{[K+(0,662+0,5588V-0,00304G) \log_{10}(I_{3\phi})+0,0966V+0,000526G]} \quad (1)$$

Em que:

I_a é a corrente de arco em kA;

K é $-0,153$ para arcos em ambientes abertos e $-0,097$ para ambientes fechados;

$I_{3\phi}$ é a corrente de curto-circuito trifásica em kA;

V é a tensão do sistema em kV;

G é a distância entre os condutores em mm.

A distância entre os condutores, G , pode ser estimada com base nas distâncias típicas previstas na norma, conforme apresentado na Tabela 2.

Tensão do sistema (kV)	Tipo de instalação	Distância típica (mm)	Fator de distância ()
$0,208 \leq V \leq 1,0$	Ambiente aberto	10 – 40	2,000
	Painel de distribuição	32	1,473
	CCM e painel	25	1,641
	Cabos	13	2,000
$1,0 < V \leq 5,0$	Ambiente aberto	102	2,000
	Painel de distribuição	13 – 102	0,973
	Cabos	13	2,000
$5,0 < V \leq 15$	Ambiente aberto	13 – 153	2,000
	Painel de distribuição	153	0,973
	Cabos	13	2,000

Tabela 2 – Distâncias típicas entre condutores e fatores de distância propostos na IEEE 1584.

Fonte: Adaptado de (IEEE, 2018).

Para sistemas de média tensão, a corrente de arco pode ser estimada por meio da Equação 2.

$$I_a = 10^{[0,00402 + 0,983 \log_{10}(I_{3\phi})]} \quad (2)$$

De posse do valor da corrente de arco, calcula-se o valor da energia incidente normalizada utilizando-se a Equação (3). Essa energia é padronizada em ensaios laboratoriais considerando arcos com tempo de extinção de 200 ms e trabalhos a uma distância do ponto de origem do arco de 610 mm.

$$E_{inc}^* = 10^{[K_1 + K_2 + 1,081 \log_{10}(I_a) + 0,0011G]} \quad (3)$$

Em que:

E_{inc}^* é a energia incidente normalizada em J/cm²;

K_1 é $-0,792$ para ambientes abertos e $-0,555$ para ambientes fechados;

K_2 é 0 para sistemas isolados ou aterrados por alta resistência e $-0,113$ para sistemas solidamente aterrados.

A energia incidente determinada na Equação 3 deve ser posteriormente corrigida para as condições reais do equipamento analisado. Essa correção requer o conhecimento das características de atuação dos dispositivos de proteção e da distância real de trabalho no equipamento analisado.

A partir das características dos dispositivos de proteção, deve-se determinar o tempo total de interrupção do defeito trifásico que dá origem ao arco elétrico, incluindo, quando for o caso, o tempo de abertura do disjuntor. Esse tempo pode ser obtido por meio das curvas tempo-corrente fornecidas na folha de dados do dispositivo de proteção.

Conforme a norma IEEE 1584 (2018), o cálculo da energia incidente é realizado

a fim de obter o nível de exposição da face do trabalhador à energia emitida pelo arco elétrico. Assim, deve-se considerar como distância de trabalho o afastamento entre o ponto de formação do arco no equipamento e a face do trabalhador durante a execução dos serviços. A Tabela 3 apresenta estimativas da IEEE 1584 para as distâncias de trabalho típicas de alguns equipamentos.

Tipo de equipamento	Distância de trabalho típica (mm)
Painel de 5 kV	910
Painel de 15 kV	910
Painel de BT	610
CCMs e quadros de BT	455
Cabos	455
Outros	Deve ser determinada em campo

Tabela 3 – Distâncias típicas de trabalho recomendadas pela IEEE 1584.

Fonte: Adaptado de (IEEE, 2018).

Conhecendo-se o tempo de extinção do arco e a distância de trabalho, pode-se determinar a energia incidente corrigida por meio da Equação 4.

$$E_{inc} = 4,184CE_{inc}^* \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610}{D}\right)^x \quad (4)$$

Em que:

E_{inc} é a energia incidente corrigida em J/cm²;

C é um fator de cálculo igual a 1 para MT e 1,5 para BT;

t é o tempo de extinção do arco em segundos;

D é a distância de trabalho em mm;

x é o fator de distância obtido na Tabela 1.

A fim de considerar possíveis variações na corrente de arco ou no tempo de abertura do dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, é recomendado que seja determinada a energia incidente para o tempo de duração do arco para uma segunda corrente de arco igual a 0,85_α.

Por fim, sabendo-se que a distância segura de aproximação, D_s , corresponde à distância do ponto de formação do arco no qual a energia incidente é igual a 1,2 cal/cm² ou 5 J/cm², pode-se obter, partindo-se da Equação 4, que D_s será dado pela Equação 5.

$$D_s = \left[CE_{inc}^* \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610}{5,0}\right)^x \right]^{\frac{1}{x}} \quad (5)$$

A partir dos resultados obtidos com a análise de energia incidente, pode-se

determinar a categoria de risco ou grau ATPV dos EPIs dos trabalhadores. A seguir serão discutidos os critérios de seleção da NFPA 70E/2018.

5 | ESPECIFICAÇÃO DO GRAU ATPV

A NFPA 70E é uma norma americana que estabelece práticas de segurança para trabalhadores de serviços com eletricidade. No tocante aos arcos elétricos, essa norma propõe métodos para determinação da energia incidente e distância segura de aproximação e seleção do grau de proteção ou categoria ATPV dos EPIs dos trabalhadores (NFPA, 2018).

A seleção dos EPIs é facilitada pela NFPA 70E por meio da utilização de tabelas que relacionam a categoria ATPV com a energia incidente na distância de trabalho. A categoria ATPV dos EPIs é definida pela norma ASTM F1959-06 e representa a energia incidente que resulta em uma probabilidade 50% de que o calor transferido através do material que compõe o EPI provoque lesões na pele com queimaduras de segundo grau, com base modelo empírico *Stoll Response* (DAS, 2012).

O grau de proteção ATPV é dividida em quatro categorias, conforme apresentado na Tabela 4. A classificação dos EPIs nessas categorias é feita por meio de testes padronizados sob diferentes condições de corrente de arco e tempo de exposição.

Categoria ATPV	Suportabilidade térmica nominal (cal/cm²)	Energia incidente (cal/cm²)
1	4	$1,2 \leq E_{inc} \leq 4$
2	8	$4 < E_{inc} \leq 8$
3	25	$8 < E_{inc} \leq 25$
4	40	$25 < E_{inc} \leq 40$

Tabela 4 – Suportabilidade térmica nominal das categorias ATPV previstas na NFPA 70E.

Fonte: Adaptado de (DAS, 2012).

Quando, para um determinado equipamento, a energia incidente na distância de trabalho supera 40 cal/cm², somente é permitido serviços com a instalação desenergizada, uma vez que não existem EPIs capazes de fornecer proteção adequada para esse nível de energia incidente. Por outro lado, quando a energia incidente é inferior a 1,2 cal/cm², é suficiente para os trabalhos vestimentas fabricadas em fibra natural não tratada com gramatura mínima de 152 g/cm², além de óculos de proteção, protetor auricular e luvas (RÔMULO, 2012).

Na seção a seguir será demonstrado, por meio de um estudo de caso, a aplicação das metodologias descritas para uma instalação de média tensão.

6 | ESTUDO DE CASO

Nesta seção será demonstrado, por meio de um estudo de caso em uma subestação de média tensão, a aplicação da norma IEEE1584/2018 e as orientações da NFPA 70E/2018 para determinação da energia incidente, da categoria ATPV dos EPIs e a da distância segura de aproximação. Inicialmente serão apresentados os dados do circuito da subestação utilizada no estudo de caso. Na sequência, serão apresentadas as considerações e resultados obtidos para da análise de curto-circuito e corrente de arco. Por fim, serão apresentados os resultados obtidos no estudo de energia incidente.

7 | DADOS DA SUBESTAÇÃO

A subestação utilizada no estudo foi idealizada para suprir quatro centrais de aula na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no município de Mossoró, RN. A Figura 4 apresenta o diagrama unifilar da instalação desde o ponto de conexão com a rede de distribuição da concessionária local (PGA) até o barramento do QGF.

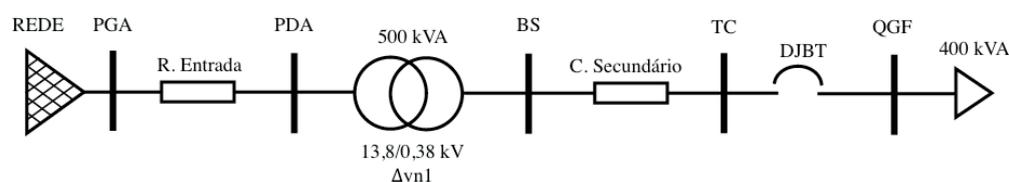


Figura 4 – Diagrama unifilar da instalação.

Fonte: Os autores, 2019.

A rede de distribuição é representada por seu equivalente de Thévenin no ponto de entrega. Para esse ponto, utilizou-se as potências de curto-circuito de 150 MVA com X/R de 4,637 para o defeito trifásico e 120 MVA com X/R de 6,096 para o defeito monofásico.

Os dados dos cabos do ramal de entrada e do cabo de interligação do secundário do transformador ao QGF são apresentados na Tabela 5. Nessa tabela: representa o comprimento dos cabos; R e X representam, respectivamente, a resistência e reatância do cabo; e os sobrescritos 1 e 0 representam, respectivamente, as componentes de sequência positiva e negativa.

O transformador da subestação possui potência nominal de 500 kVA, tensões nominais de 13,8/0,38 kV e grupo de ligação $yn1$. Além disso, o transformador também possui impedância percentual de 5,75% e razão X/R de 3,09 para as sequências positiva e zero.

Cabo	Tipo	l (m)	R_1 (Ω /km)	X_1 (Ω /km)	R_0 (Ω /km)	X_0 (Ω /km)
R. Entrada	CAA 1/C #1/0 AWG	400	0,6596	0,3148	0,6984	1,8843
C. Secundário	CU 1/C #500 AWG	5	0,0861	0,2561	0,0867	0,8730

Tabela 5 – Dados dos cabos do ramal de entrada e de interligação do secundário transformador ao QGF.

Fonte: Os autores, 2019.

A proteção geral do QGF é realizada por meio de um disjuntor termomagnético tripolar MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*) da GE, modelo MVT-Plus de 800 A/0,48kV, com capacidade de interrupção de 50 kA. O disjuntor é instalado em um quadro metálico sobreposto em parede com dimensões 1200x800x350 mm. Os barramentos do quadro são fabricados em cobre e possuem espaçamento 32 mm.

Na seção a seguir serão apresentados os resultados obtidos para a corrente de arco produzida a partir de um defeito trifásico no barramento do QGF.

8 | ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E CÁLCULO DA CORRENTE DE ARCO

A partir dos dados apresentados na Seção 4.1, realizou-se um estudo do nível de curto-circuito no barramento do QGF. No estudo, constatou-se que, para uma falta trifásica no QGF, tem-se uma corrente de defeito de 11,44 kA. A Figura 4 ilustra a característica tempo-corrente do disjuntor, incluindo os ajustes dos disparadores térmico (ST Pickup) e magnético (Inst. Pickup), além de indicadores da corrente de falta (DJ QGF – 3P), da corrente de carga total do circuito (CARGA-FLA) e da capacidade de condução do cabo do secundário (C. SEC. Ampacity) e a curva de capacidade térmica do cabo do secundário (C. SEC. - P).

Para o defeito trifásico, considerando um ambiente fechado, obtém-se pela Equação 1 uma corrente de arco, I_α , de 6,0118 kA. Utilizando-se 85% de I_α , isto é 5,11 kA, verifica-se um tempo de arco ou de interrupção total falta de 0,31 s, conforme ilustrado na Figura 5.

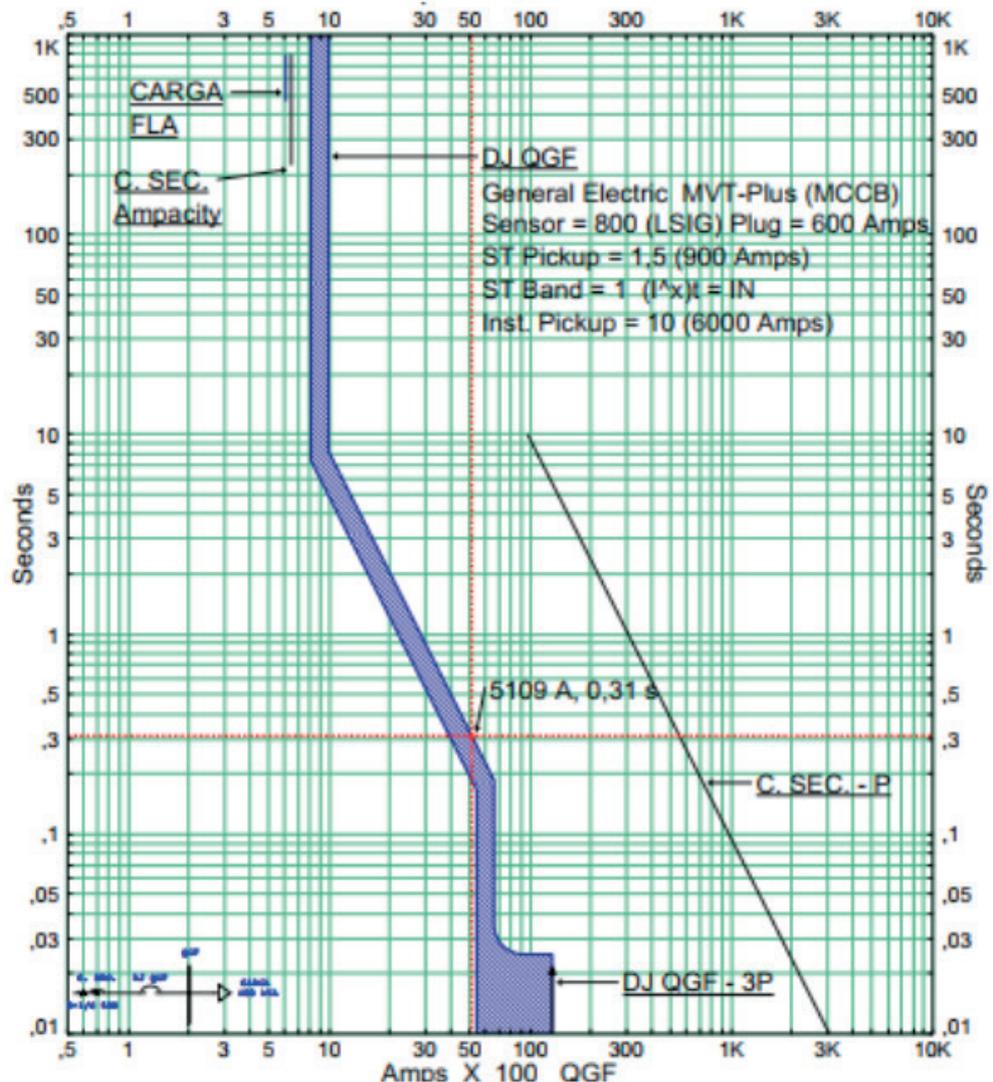


Figura 5 – Característica tempo-corrente do disjuntor geral do QGF.

Fonte: Os autores, 2019.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para a energia incidente e distância segura de aproximação.

9 | ESTUDO DA ENERGIA INCIDENTE E ESPECIFICAÇÃO DA CATEGORIA ATPV

Para a corrente de arco de 5,11 kA, considerando-se um ambiente aberto, verifica-se por meio da Equação 3 uma energia incidente normalizada de 1,3583 J/cm². A correção desse valor para as condições reais da instalação por meio da Equação 4 resulta em uma energia incidente no plano de trabalho de 4,834 cal/cm², considerando-se: o fator de distância de 1,473, conforme a Tabela 2; a distância de trabalho de 455 mm, conforme a Tabela 3; e o tempo de arco de 0,31 s.

A partir da Equação 5, verificou-se que a distância segura de aproximação é de aproximadamente 1,1771 m, isto é, a partir dessa distância do ponto de formação do arco, a energia incidente é inferior a 1,2 cal/cm², dispensando o uso de EPIs

especiais com proteção antichama.

Utilizando-se as recomendações da NFPA 70E discutidas na Seção 3.2, verificou-se, a partir da Tabela 4, que são requeridos EPIs com categoria ATPV 2, isto é, com suportabilidade térmica nominal de 8 cal/cm².

10 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais riscos associados às atividades envolvendo equipamentos energizados é a energia incidente resultante de uma explosão elétrica, que pode gerar, entre outros danos, graves queimaduras na pele. Nestas circunstâncias, o uso de EPIs com categoria de proteção ATPV adequado e delimitação de uma distância segura de aproximação, conforme previsto na NR 10, são fundamentais para minimizar os danos produzidos pela explosão.

Neste trabalho, demonstrou-se, por meio de um estudo de caso, a aplicação da metodologia proposta na IEEE1584/2018 e as orientações da NFPA 70E/2018 para o estudo da energia incidente e determinação do grau de proteção ATPV dos EPIs de trabalhadores de uma instalação de média tensão. O estudo de caso foi realizado no QGF de uma subestação de 500 kVA em 13,8/0,38 kV da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no município de Mossoró, RN.

No estudo, verificou-se que, na ocorrência de um defeito trifásico no QGF da instalação, será produzida uma corrente de falta de 11,44 kA, e um arco elétrico de cerca de 5,11 kA. Para essa corrente de arco, verificou-se que o tempo de extinção do defeito pela proteção é de 0,31 s e que a energia incidente na distância de trabalho é de 4,834 cal/cm², exigindo, de acordo com a NFPA 70E, vestimentas com categoria de risco ATPV grau 2. Constatou-se, ainda, que a distância segura de aproximação, ou seja, a distância da fonte do arco na qual a energia incidente é 1,2 cal/cm², é de cerca de 1,1771 m.

Com o estudo de energia incidente, pode-se demonstrar, de forma clara e objetiva, a aplicação das normas IEEE1584/2018 e NFPA 70E/2018 para correta especificação das vestimentas antichama para a proteção dos efeitos térmicos dos arcos elétricos. Por meio desse trabalho, espera-se que estudantes de engenharia elétrica ou profissionais já inseridos no mercado de trabalho possam tomar conhecimento e compreender os principais métodos e padrões de referência utilizados no estudo de energia incidente.

REFERÊNCIAS

AMPSAFE. **Arc Flash**. 2019. Página inicial. Disponível em: <http://www.ampsafe.com/services/arc-flash>. Acesso em 5 de julho de 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. 2016.

DAS, J. C. **Arc flash hazard analysis and mitigation**. John Wiley & Sons, 2012.

GAMMON, Tammy et al. **“Arc flash” hazards, incident energy, PPE ratings and thermal burn injury-A deeper look**. In: 2015 IEEE IAS Electrical Safety Workshop. IEEE, 2015. p. 1-9.

IEEE STD. IEEE 1584-2018: **IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations**. 2018.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION – NFPA. **NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace**. USA, 2018.

QUEIROZ, Alan Rômulo Silva; SENGGER, Eduardo Cesar. **A natureza e os riscos do arco elétrico**. Revista: O setor elétrico. Edição 72, 2012.

RANDELA, Robert. **Arc flash data collection and system modelling**. EE Publishers. Technology & Business for Development. 12 de abril de 2016. Disponível em: <https://www.ee.co.za/article/arc-flash-data-collection-system-modelling.html>. Acesso em 5 de julho de 2019.

RÔMULO, Alan; SENGGER, Eduardo. **A NFPA 70E e os requisitos de segurança para arco elétrico Seleção de EPIs**. Revista: O setor elétrico. Edição 74, 2012.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abaqus 213, 214, 215, 218, 219, 221, 222, 223, 226, 227

Acidente de trabalho 1

Air Traffic Management (ATM) 183

Análise de patentes 41

Apontador 129, 147

Arco elétrico 67, 68, 69, 70, 73, 74, 79, 80

Atrazina 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170

B

Biopolímeros 134, 135

C

Compensação de energia 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 54, 100

Corpo 103, 114, 118, 119, 124, 134, 143, 177, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 255

D

Degradação 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 245, 250

Demanda contratada 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51

Diluição 101, 103, 104, 105, 106, 109, 111

Dispositivo 22, 73, 74, 127, 128, 129, 132, 147, 148, 151, 177, 180, 209, 245

Distribuição 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 40, 41, 54, 73, 76, 90, 92, 93, 100, 117, 119, 138, 140, 147, 160, 161, 173, 174, 178, 180, 182, 206, 226, 229, 233, 234, 236, 247, 248

E

Economia de energia 43, 51

Eletricista 1, 2, 5, 7, 69

Energia elétrica 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 32, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 63, 65, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 97, 98, 100

Energia incidente 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 79

Energia solar fotovoltaica 81

Equipamentos de proteção individual 8, 67, 68

F

Fator de carga 92, 93, 94, 98, 99, 100

Fonte hídrica 20

Fotocatálise 163, 165

G

Geometria de bancada 101

Geração distribuída 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 53, 54, 57, 65, 81, 89, 90

Geração elétrica distribuída 20

I

Indústria fonográfica 172, 173, 176, 178, 179, 181, 182

Interpolação 228, 229, 230, 231, 232, 236, 237, 238, 239, 240

J

Jogos sérios 127, 128, 132

L

Leap motion controller 127, 128, 129, 132, 133

Leveduras 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144

M

Método da validação cruzada 228, 230, 237, 238

Microalgas 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 135

Microgeração 15, 17, 18, 53, 55, 56, 57, 63, 64, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100

Mineração de calcário 101, 103, 105, 109

Modelo tridimensional 101, 109

Mouse 146, 147, 148, 149, 150, 155, 159, 160, 161

N

Nr10 1, 2

O

Óxidos mistos 163, 165, 169

P

Palmilha 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 126

Paradigmas tecnológicos 172, 173

Poli(ácido láctico) 134, 135, 137

Polímeros Reforçados com Fibra de Carbono (PRFC) 213, 214, 218, 223, 225, 226, 227

Poluição eletromagnética 228, 238

Prospecção tecnológica 34, 36, 41, 42, 114, 117, 145, 149, 162, 203, 204

R

Reabilitação virtual 127, 128, 132

Rede de distribuição 14, 15, 76, 92, 93

Reforço ao cisalhamento 213, 215, 216, 227

Regimes de apropriabilidade 172, 173, 174, 175

S

Sap2000 v15 213, 214, 215, 219, 226

Scanner a laser terrestre 101, 102, 103, 104

Sinais bioelétricos 114, 118, 124

Sistemas fotovoltaicos 81, 82, 90, 92, 93, 100

T

Turbinas 14, 20, 22, 23, 24, 31, 32

U

UAS Traffic Management (UTM) 183, 185, 186, 187, 189, 190, 194, 196, 197, 198, 200

Unmanned Aircraft System (UAS) 183, 184, 186, 200

V

Veículo elétrico 81, 84, 86, 88, 89, 90

