

A close-up photograph of a hand holding a grey probe, testing a component on a printed circuit board (PCB). The background is blurred, showing other electronic components and a soft blue glow. The image is overlaid with a diagonal brown textured band that contains the text.

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

Lilian Coelho de Freitas  
(Organizadora)

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
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  
Profª Drª 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  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
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  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adailson 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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª 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  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
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  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. 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/UFGA  
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  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª 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

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª 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:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Lilian Coelho de Freitas

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57 Engenharia elétrica e de computação: atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 4 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-459-7

DOI 10.22533/at.ed.597200610

1. Engenharia elétrica. 2. Computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A Atena Editora apresenta o *e-book* “*Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico 3*”. O objetivo desta obra é mostrar aplicações tecnológicas da Engenharia Elétrica e de Computação na resolução de problemas práticos, com o intuito de facilitar a difusão do conhecimento científico produzido em várias instituições de ensino e pesquisa do país.

O *e-book* está organizado em dois volumes que abordam de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas e relatos de casos que transitam nos vários caminhos da Engenharia Elétrica e de Computação.

O Volume III tem como foco aplicações e estudos de atividades relacionadas à Computação, abordando temas variados do *hardware* ao *software*, tais como automação e robótica, arquitetura de redes, Internet, computação em névoa, modelagem e simulação de sistemas, entre outros.

O Volume IV concentra atividades relacionadas ao setor elétrico e eletrônico, abordando trabalhos voltados para melhoria de processos, análise de desempenho de sistemas, aplicações na área da saúde, entre outros.

Desse modo, temas diversos e interessantes são apresentados e discutidos, de forma concisa e didática, tendo como base uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos por professores e acadêmicos.

Boa leitura!

Lilian Coelho de Freitas

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | <b>1</b>  |
| DESEMPENHO DE ISOLADORES SOB CHUVAS INTENSAS<br>Darcy Ramalho de Mello<br><b>DOI 10.22533/at.ed.5972006101</b>   |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | <b>15</b> |
| TRAVESSIA DO RIO AMAZONAS E SUPERAÇÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA:<br>PROJETO ESTRUTURAL E DESAFIOS CONSTRUTIVOS<br>Juliana Nobre de Mello Motta<br>Roberto Luís Santos Nogueira<br>Luiz Carlos Mendes<br>Mariana Souza Rechtman<br>Renata Cristina Jacob de Jesus<br><b>DOI 10.22533/at.ed.5972006102</b> |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....  | <b>27</b> |
| PIRTUC: 15 ANOS DEPOIS - AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE INSERÇÃO REGIONAL<br>DA UHE TUCURUÍ<br>Sílvia Maria Frattini Gonçalves Ramos<br>Rosana dos Santos Brandão<br><b>DOI 10.22533/at.ed.5972006103</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....  | <b>41</b> |
| PLANO DE CORTE MANUAL DE CARGA<br>Anderson Siqueira Nogueira<br>Rodrigo Damasceno Souza<br>Marcelo de Calazans Barcelos<br>Suellen Karine Braga Vieira<br>Walmir de Oliveira Campos<br><b>DOI 10.22533/at.ed.5972006104</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....  | <b>53</b> |
| PROCEL RELUZ – ILUMINAÇÃO PÚBLICA E SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA<br>EFICIENTES<br>Adjeferson Custódio Gomes<br>Adi Neves Rocha<br>Fabiano Rodrigues Soriano<br>Luís Ricardo Cândido Cortes<br>Taís Mirele Fernandes da Silva<br>Thiago Luís Campos Rodrigues<br><b>DOI 10.22533/at.ed.5972006105</b>       |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....  | <b>66</b> |
| PRODUÇÃO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS<br>FOTOVOLTAICOS COM CUSTO OPERACIONAL REDUZIDO<br>Igor Ferreira do Prado  |           |

Taís Mirele Fernandes da Silva  
Marcelo Bento Pisani  
Rodrigo Dórea da Silva  
**DOI 10.22533/at.ed.5972006106**

**CAPÍTULO 7..... 77**

**PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM: BREVE PANORAMA**

Adjeferson Custódio Gomes  
Fabiano Rodrigues Soriano  
Fábio Alexandre Martins Monteiro  
Luís Ricardo Cândido Cortes  
Victor Santos Matos  
Vinícius de Souza Andrade Wanderley

**DOI 10.22533/at.ed.5972006107**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**REPRESENTAÇÃO DE MODELOS RACIONAIS NO PROGRAMA ATP**

Sergio Luis Varricchio

**DOI 10.22533/at.ed.5972006108**

**CAPÍTULO 9..... 100**

**UMA PROPOSTA PARA A IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM DOS FENÔMENOS  
VTCDS EM INSTALAÇÕES CONSUMIDORAS SUPRIDAS POR  
TRANSFORMADORES DELTA-ESTRELA ATERRADA**

Adrian Ribeiro Ferreira  
José Carlos de Oliveira  
Paulo Henrique Oliveira Rezende

**DOI 10.22533/at.ed.5972006109**

**CAPÍTULO 10..... 113**

**ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO ESTADO DA  
BAHIA**

Adjeferson Custódio Gomes  
Fabiano Rodrigues Soriano  
Giovanna Buscatti Gonçalves  
Luís Ricardo Cândido Cortes  
Victor Santos Matos  
Vinícius de Souza Andrade Wanderley

**DOI 10.22533/at.ed.59720061010**

**CAPÍTULO 11..... 129**

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO HIDRO-SOLAR AUXILIADO POR UM SISTEMA DE  
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NA FORMA DE HIDROGÊNIO JUNTO À USINA  
HIDROELÉTRICA DE MANSO**

Juarez Corrêa Furtado Júnior  
Ennio Peres da Silva  
Vitor Feitosa Riedel  
Demóstenes Barbosa da Silva

Diogo Oliveira Barbosa da Silva  
Ana Beatriz Barros Souza  
Hélio Nunes de Souza Filho

**DOI 10.22533/at.ed.59720061011**

**CAPÍTULO 12..... 146**

**ANÁLISE DE METODOLOGIAS PARA DETECÇÃO DE PERDA DE EXCITAÇÃO EM GERADORES SÍNCRONOS**

Mateus Camargo Franco  
Eduardo Machado dos Santos  
Alex Itczak  
Arian Rodrigues Fagundes  
Artur Henrique Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.59720061012**

**CAPÍTULO 13..... 160**

**DESENVOLVIMENTO DE FUNCIONALIDADES COMPUTACIONAIS PARA ATENDIMENTO DOS NOVOS PROCEDIMENTOS DE REDE PARA ESTUDOS DE DESEMPENHO HARMÔNICO**

Cristiano de Oliveira Costa  
Sergio Luis Varricchio  
Franklin Clement Véliz  
Fabiano Andrade Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.59720061013**

**CAPÍTULO 14..... 174**

**EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS DE MÁQUINAS SÍNCRONAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ENSAIO DE CURTO-CIRCUITO**

Guilherme Gomes dos Santos  
Paulo Sérgio Zanin Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.59720061014**

**CAPÍTULO 15..... 188**

**APRENDIZADO AUTODIDATA DA LÍNGUA INGLESA**

Lucas Eid Ramire Gonçalves  
Luiz Eduardo Vieira Montanha  
Marco Antonio Nagao

**DOI 10.22533/at.ed.59720061015**

**CAPÍTULO 16..... 193**

**MODELAGEM DE PROCESSOS: UMA PROPOSTA DE MELHORIA PARA A ATUAÇÃO DAS EQUIPES DE SAÚDE DA ATENÇÃO BÁSICA**

Ana Carla do Nascimento Santos  
Jislane Silva Santos de Menezes  
Almerindo Nascimento Rehem Neto  
Adriana de Melo Fontes  
Gilson Pereira dos Santos Júnior  
Jean Louis Silva Santos

Cristiane Oliveira de Santana

DOI 10.22533/at.ed.59720061016

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b> | <b>206</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>     | <b>207</b> |

## DESEMPENHO DE ISOLADORES SOB CHUVAS INTENSAS

*Data de aceite: 01/10/2020*

**Darcy Ramalho de Mello**

<http://lattes.cnpq.br/5830387195942321>

<https://orcid.org/0000-0003-1253-6032>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta os resultados de diversos estudos realizados para a avaliação do desempenho de isoladores sob chuva padronizada e sob chuva intensa. Para uma melhor compreensão dos resultados decorrentes do estudo realizado pelo Grupo de Trabalho (GT) D1-45 do Cigré quanto à avaliação do desempenho de isoladores quando submetidos a chuvas intensas é necessário entender o ensaio sob chuva com os parâmetros normalizados. O estudo sob chuva intensa foi necessário após relatos de diversas concessionárias sobre a ocorrência de falhas com precipitações superiores a 2 milímetros por minuto e que podem atingir comprovadamente até 10 milímetros por minuto. Como a revisão da IEC 60060.1 fixou a precipitação máxima a ser empregada nos ensaios dielétricos em 1 mm/min, os resultados sobre o desempenho dielétrico obtidos pelo GT serão enviados à IEC para subsidiar uma nova revisão da norma. Este trabalho apresenta também os resultados dos estudos realizados quanto à metodologia de ensaio sob chuva a ser empregada nos ensaios em isoladores para Ultra Alta Tensão (UAT), a influência da chuva na radiointerferência, avaliação da posição de ensaio mais crítica e no desempenho sob poluição, incluindo a influência das chuvas

ácidas, decorrentes dos elevados níveis de poluição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chuva, Isoladores, Desempenho dielétrico, Ensaio, Poluição.

**ABSTRACT:** This paper presents the results of several studies made to evaluate the performance of insulators under standardized rain and heavy rain. For a better understanding of the results from the study conducted by the Working Group (WG) D1-45 of Cigré, regarding the evaluation of insulator performance when submitted to heavy rainfall, it is necessary to understand a wet test with the standardized parameters. The study under heavy rain was necessary after reports from several electrical companies about the occurrence of failures with precipitations greater than 2 millimeters per minute and that can reach up to 10 millimeters per minute. As the revision of IEC 60060.1 fixed the maximum precipitation to be used in dielectric tests as 1 mm/min, the results about the dielectric performance obtained by the WG will be sent to the IEC to support a new revision of the standard. This work also presents the results of the studies carried out regarding the rain test methodology to be used in the tests on equipment for Ultra High Voltage (UAT), the influence of rain on radiointerference, evaluation of the most critical test position and the performance under pollution, including the influence of acid rains, resulting from high levels of pollution.

**KEYWORDS:** Rain, Insulators, Dielectric performance, Test, Pollution.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na revisão da norma IEC 60060-1 [1] foi retirado do procedimento de ensaio sob chuva a opção de seleção da precipitação representando chuvas intensas. Nos últimos anos porém, diversas concessionárias de energia em todo o mundo apresentaram relatos consistentes, a partir de experiências operacionais, indicando que isoladores dimensionados e avaliados pelos padrões normalizados do ensaio sob chuva não apresentavam bom desempenho sob chuvas intensas, ou seja, precipitações superiores a 2 mm/min e que podem atingir comprovadamente até 10 mm/min [3]. Devido a isto, o CIGRÉ decidiu organizar um Grupo de Trabalho para avaliar se os parâmetros e os métodos de ensaio atualmente utilizados nos ensaios sob chuva são suficientes para abranger todos os tipos de ambiente, com destaque para a taxa de precipitação, uniformidade da precipitação – especialmente em UAT – e a resistividade da água usada no ensaio.

Além disso, resultados recentes de pesquisas significativas disponíveis indicam que solicitações combinadas de poluição e chuva devem ser consideradas no projeto de isoladores, especificamente no caso daqueles com superfícies hidrofóbicas, como os compostos, e os recobertos com silicone vulcanizado a temperatura ambiente (RTV) e indicam também a influência das chuvas ácidas, decorrentes da poluição ambiental, no desempenho dielétrico dos isoladores [3 – 6].

Os resultados deste estudo serão encaminhados à IEC (International Electrotechnical Commission) para orientar a revisão da IEC 60060.1 quanto às características da chuva normalizada e aos critérios a serem adotados para a medição da chuva durante ensaios em equipamentos para UAT. No Brasil, a norma brasileira de Técnica de Ensaio em Alta Tensão (ABNT NBR IEC 60060.1 [2]), quando da sua última revisão, já incluiu um anexo contemplando valores de precipitação pluviométrica que podem ser usados nos ensaios sob chuva, mediante prévio acordo entre as partes interessadas, superiores ao valor atualmente normalizado de 1 mm/min. Quanto aos ensaios em equipamentos para Ultra Alta Tensão, novos estudos devem ser realizados de modo a determinar o melhor posicionamento da estrutura de chuva nos ensaios, pois há a possibilidade da ocorrência de uma descarga disruptiva para a estrutura de chuva, caso os valores atuais empregados para garantir a uniformidade da chuva sejam mantidos. Uma possibilidade a ser estudada é a colocação da estrutura de chuva no teto do laboratório resultando em orientação de chuva diretamente na vertical.

Cabe ressaltar que o ensaio sob chuva, devido ao grande número de parâmetros envolvidos como precipitação, resistividade, característica do sistema de bombeamento, tipo de bico, tempo de condicionamento e medição junto ao item sob ensaio pode apresentar grande dispersão.

As atividades deste grupo de trabalho são de grande importância para o Brasil pelo histórico de ocorrência de chuvas consideradas intensas de até 5 mm/min em regiões onde já existem partes importantes do sistema elétrico de potência brasileiro, bem como para estudos, projetos e especificações de isoladores visando a expansão do sistema em regiões do país também susceptíveis a tais condições de chuva [3].

## 2 | DESEMPENHO EM CAMPO SOB SEVERAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Um estudo realizado nos Estados Unidos com isoladores de porcelana mostrou que a chuva foi responsável por aproximadamente 12% das 568 descargas disruptivas registradas, como pode ser visto na Figura 1 [3]. Um dos problemas observados neste estudo reside no fato que existem poucas informações sobre o desempenho de sistemas elétricos instalados nas regiões tropicais sob diversas condições ambientais. O mapa da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla do inglês Food and Agriculture Organization), mostrado na Figura 2, indica os níveis de precipitação média total anual mundial medidos 1997, onde pode-se ver que a região brasileira apresenta níveis elevados de precipitação.

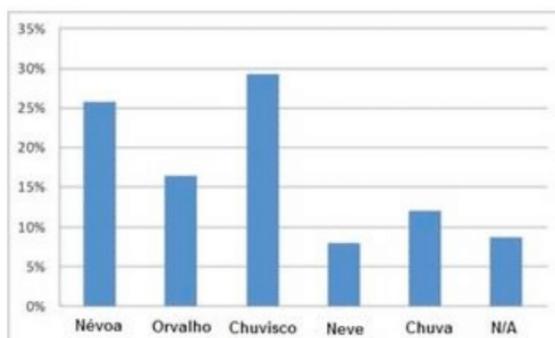


FIGURA 1 – Percentual de descargas disruptivas em função das condições ambientais [3]

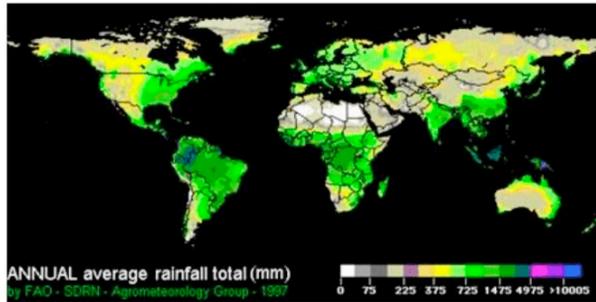


FIGURA 2 – Mapa da precipitação anual emitido pela FAO [3]

Os dados para áreas tropicais e semitropical verificados na literatura [3] indicam que enquanto uma intensidade de chuva de 1,5 mm/min ainda pode representar a chuva natural de alta intensidade, com elevadas taxas de repetibilidade anual, intensidades de chuva de 5-10 mm/min não são incomuns, como relatado pela China que mediu valores superiores a 9,9 mm/min em cinco províncias diferentes, em 2009. Outro problema observado é a classificação dada por diversos meteorologistas quanto ao tipo de chuva:

- Chuva leve – taxa média de precipitação < 2,5 mm/h;
- Chuva média – taxa média de precipitação entre 2,5 mm/h e 10 mm/h;
- Chuva intensa – taxa média de precipitação entre 10 mm/h e 50 mm/h;
- Chuva violenta – taxa média de precipitação > 50 mm/h.

Para a classificação acima deve-se considerar que muitos dos dados disponíveis sobre precipitação são apresentados em termos de intensidade de precipitação versus duração, para diferentes períodos de retorno do evento. A maioria dos dados disponíveis refere-se aos dados obtidos usualmente sobre as intensidades de chuva medidas em períodos variando de alguns minutos a várias horas, dado que a gravação da intensidade por um tempo muito curto, intervalo de minutos, é muito difícil. Nesse contexto, a comparação de desempenho em campo e em laboratório se torna difícil enquanto não se obtiverem dados meteorológicos em campo no momento de falha do equipamento.

### 3 I DESEMPENHO DE UM ISOLADOR SOB CHUVA ARTIFICIAL

Além da intensidade e da resistividade da chuva e de sua uniformidade durante um ensaio, o perfil do isolador exerce grande influência no seu desempenho nos ensaios dielétricos.

### 3.1 Influência dos parâmetros do isolador

A suportabilidade dielétrica de um isolador pode ser influenciada pela formação de fluxos contínuos de água que podem curto-circuitar saias sucessivas, como pode ser visto na Figura 3, resultando em uma redução no valor da tensão disruptiva quando comparado com o valor obtido na condição a seco [3, 7 a 9].

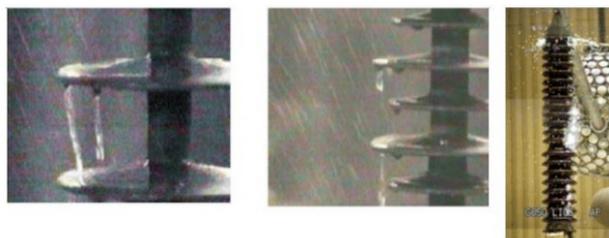
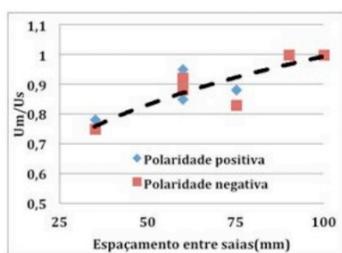
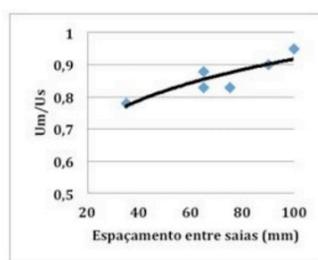


FIGURA 3 – Curto-circuito entre saias devido ao fluxo de água durante ensaio [3]

A importância do espaçamento entre saias pode ser vista na Figura 4, tanto para ensaios com impulso de manobra quanto para ensaios em frequência industrial, e pode-se verificar que a relação entre a tensão disruptiva sob chuva ( $U_m$ ) e a tensão disruptiva a seco ( $U_s$ ) é diretamente proporcional ao aumento do espaçamento entre as saias, indicando que os valores de  $U_m$  e  $U_s$  tendem a se igualar. Outro parâmetro que interfere na relação entre  $U_m$  e  $U_s$  é o diâmetro da saia do isolador ( $D$ ). Nesse caso, deve-se tomar cuidado porque a necessidade de aumentar a distância de escoamento para melhorar o desempenho sob poluição pode fazer com que se aumente o diâmetro das saias do isolador, mas o aumento do diâmetro da saia é inversamente proporcional à variação da relação  $U_m/U_s$ , indicando um pior desempenho sob chuva do isolador, como pode ser visto na Figura 5. A influência do diâmetro da saia independe do tipo do isolador, como pode ser visto na Figura 6, seja ele de porcelana ou polimérico.

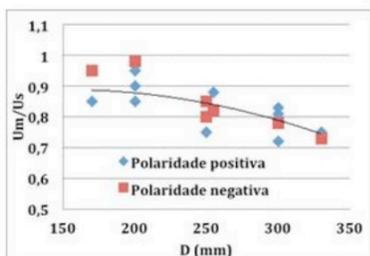


(a) Ensaios com impulso de manobra

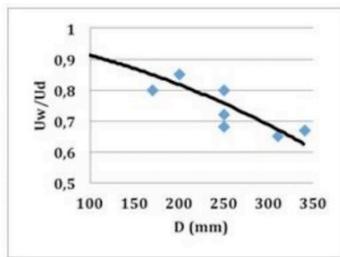


(b) Ensaios em frequência industrial

FIGURA 4 – Avaliação da influência da distância entre saias [3]



(a) Ensaios com impulso de manobra



(b) Ensaios em frequência industrial

FIGURA 5 – Avaliação da influência do diâmetro da saia [3]

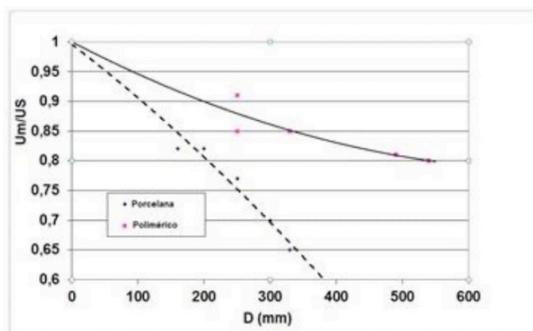


FIGURA 6 – Avaliação da influência do diâmetro da saia entre isolador de porcelana e polimérico [3]

Pode-se observar também na Figura 6 que a redução no valor da relação  $U_m/U_s$  é menor no isolador polimérico que no isolador de porcelana e tende para uma certa estabilização.

### 3.2 Influência da chuva nos ensaios de impulso de manobra

A influência da intensidade da chuva nos ensaios de impulso de manobra pode ser vista na Figura 7 para isoladores tipo suporte, com diversas formas de eletrodos. Foi encontrada pouca variação no valor da tensão com 50% de probabilidade de descarga ( $U_{50}$ ) com polaridade positiva com o aumento da precipitação. Maior variação foi observada na polaridade negativa, embora todos os valores obtidos foram superiores aos valores com polaridade positiva. É interessante notar também a influência limitada do eletrodo de blindagem nos isoladores tipo suporte sobre a tensão disruptiva sob a chuva, como, ilustrado na Figura 7, principalmente no caso de polaridade positiva, que é a polaridade mais crítica.

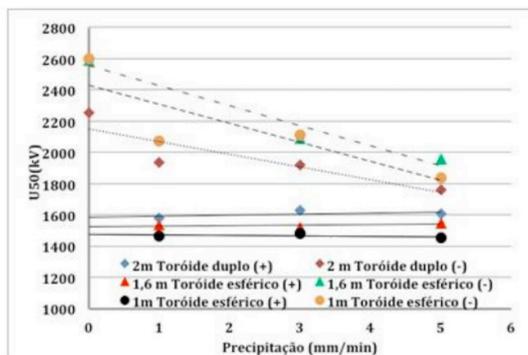


Figura 7 - Avaliação da influência da precipitação em um ensaio de impulso de manobra em isoladores tipo suporte com diversos eletrodos no topo [3]

A influência da condutividade da água sobre a tensão disruptiva é mostrada na Figura 8, para diversos valores de precipitação. A influência é bastante baixa na polaridade positiva até uma condutividade de água de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A influência é maior para a polaridade negativa, sendo interessante notar que a polaridade negativa se torna mais crítica do que positiva para a água com condutividades superiores a cerca de 300  $\text{MS}/\text{cm}$ .

### 3.3 Influência da chuva nos ensaios de frequência industrial

A avaliação da precipitação e da resistividade foi realizada em isoladores para 145 kV, tipo suporte de porcelana e polimérico tipo bastão por meio da determinação de U50. Os resultados obtidos, mostrados na Figura 9, indicam que o valor de U50, em frequência industrial, sofre mais influência, tanto da precipitação quanto da resistividade, do que na aplicação de impulso de manobra na polaridade positiva, sendo que esta variação é inversamente proporcional à variação da precipitação e diretamente proporcional à variação da resistividade.

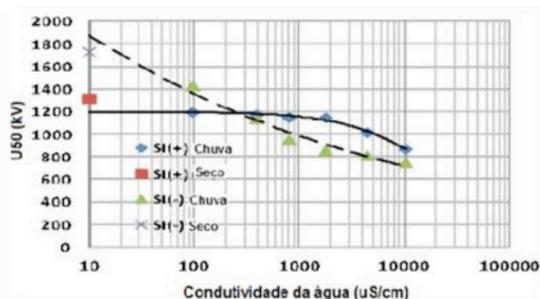
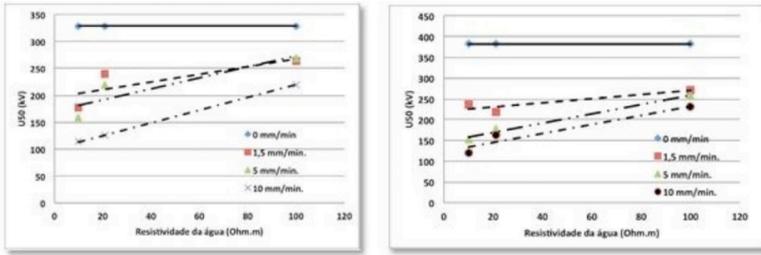


Figura 8 – Avaliação da influência da condutividade em um ensaio de impulso de manobra em uma cadeia com 23 isoladores tipo disco (120 kN) [5]



(a) Isolador tipo suporte de porcelana

(b) Isolador composto tipo bastão

Figura 9 – Avaliação da influência da precipitação e da resistividade em frequência industrial em isoladores para 145 kV [3]

### 3.4 Influência da posição dos isoladores nos ensaios sob chuva

A posição do isolador durante um ensaio sob chuva também tem influência nos resultados, conforme estudos realizados na avaliação do desempenho de um isolador composto tipo bastão (25 saias, distância de arco a seco de 927 mm e distância de escoamento de 2860 mm) durante um ensaio de determinação da tensão disruptiva em frequência industrial, sob chuva [10]. Foram consideradas seis posições de ensaio diferentes, como pode ser visto na Figura 10. Os resultados podem ser vistos na Figura 11 e pode-se constatar que a posição vertical é a mais crítica, devido ao efeito cumulativo das gotas de chuva que formam um fio contínuo, alternativamente, de uma saia para a outra, curto-circuitando algumas saias, como já mostrado na Figura 3.

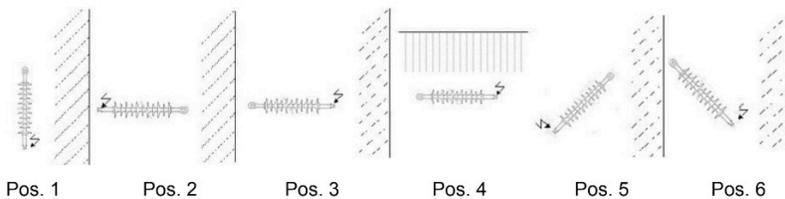


Figura 10 – Posições do isolador e da energização em relação à chuva [12]

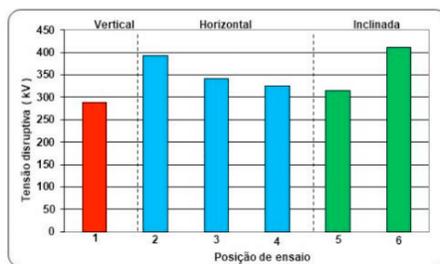
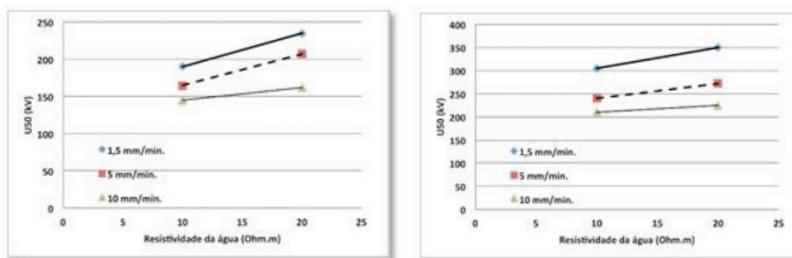


Figura 11 – Resultado do ensaio da determinação da tensão disruptiva em frequência industrial sob chuva [12]

### 3.5 Influência da chuva nos ensaios com corrente contínua

A avaliação da precipitação e da resistividade foi realizada em isoladores para 145 kV, tipo suporte de porcelana e polimérico tipo bastão por meio da determinação de U50. Os resultados obtidos, mostrados na Figura 12, indicam que o valor de U50, em corrente contínua de polaridade negativa, apresenta as mesmas conclusões observadas em frequência industrial.



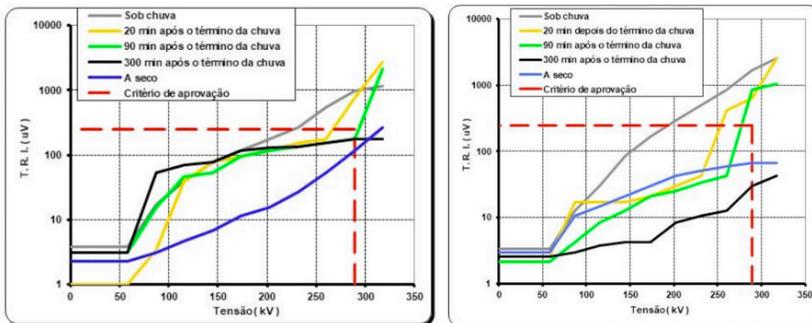
(a) Isolador tipo suporte de porcelana

(b) Isolador composto tipo bastão

Figura 12 – Avaliação da influência da precipitação e da resistividade em corrente contínua de polaridade negativa em isoladores para 145 kV [3]

### 3.6 Influência da chuva nos ensaios de radiointerferência

Para reduzir o corona e a radiointerferência, os projetos de cadeias de isoladores e isoladores tipo suporte utilizam anéis corona, mas sua eficiência é verificada apenas nas condições limpas e secas, utilizando a ABNT NBR 15121 [11]. Mas pode ser ouvido sob uma linha de transmissão ou perto de uma subestação, durante um dia chuvoso, principalmente logo após o término da chuva, um som de estalo muito alto devido às descargas corona. A atividade corona é fortemente afetada pelas condições climáticas, aumentando em uma ou duas ordens e, conseqüentemente, a radiointerferência é afetada da mesma maneira. Para avaliar o efeito da chuva, foram realizados ensaios de medição da tensão de radiointerferência (TRI) em cadeias de 500 kV, com isoladores de vidro de temperado e com um isolador composto, tanto na condição a seco e sob chuva normalizada segundo a ABNT NBR IEC 60060.1. A medição da TRI também foi realizada durante o período de secagem dos isoladores [12]. As curvas características da TRI obtidas, podem ser vistas na Figura 13, indicando que a chuva aumenta significativamente o valor da tensão de radiointerferência e que o tempo necessário para reduzir os efeitos da chuva sobre a radiointerferência é maior na cadeia com isolador composto do que na cadeia com isoladores de vidro, provavelmente causado pelas gotas mantidas na superfície do isolador composto devido à sua hidrofobicidade.



(a) Com isolador de vidro temperado

(b) Com isolador composto tipo bastão

Figura 13 – Resultado do ensaio de TRI em cadeias [11]

### 3.7 Repetibilidade do ensaio sob chuva

Uma análise profunda sobre a repetibilidade dos ensaios sob chuva em corrente alternada foi realizada por Riu e outros [13], sendo os resultados de ensaio obtidos a partir de um mesmo laboratório e de diferentes laboratórios. Os resultados obtidos confirmaram a elevada dispersão dos valores. Variações acima de 25% foram encontradas entre ensaios sucessivos, independentemente do laboratório onde os mesmos foram realizados. A mesma conclusão foi obtida em um estudo interlaboratorial envolvendo o CEPEL, o LacTEC e o IEEE/USP [14].

A técnicas de produção da chuva e os instrumentos de sua medição, bem como a natureza química da água, podem, portanto, serem eliminadas como fontes principais de desvio. A distribuição aleatória da intensidade da pulverização ao longo do isolador pode ser considerada como o agente mais significativo a influenciar a tensão disruptiva. Exemplos de pulverização não uniforme e uniforme podem ser vistas na Figura 14.



(a) Distribuição não uniforme

(b) Distribuição uniforme

Figura 14 – Avaliação da distribuição da chuva [3]

### 3.8 Influência da poluição

A avaliação da influência da chuva no desempenho de isoladores em corrente

contínua foi realizada em diversos isoladores tipo suporte, na polaridade negativa [3]. A Figura 15 apresenta os resultados dos ensaios realizados nos isoladores poluídos pelo método da camada sólida, umidificados por névoa limpa e por chuva com 2 níveis de precipitação. Os resultados obtidos mostraram que o ensaio com umidificação por névoa limpa foi mais crítico que os ensaios sob chuva, exceto para o isolador 3, onde houve uma similaridade entre o resultado com névoa limpa e chuva com 7 mm/min, provavelmente causado pela pequena distância entre saias do isolador.

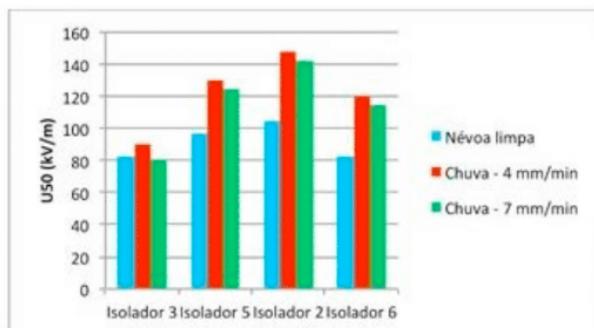


Figura 15 – Avaliação do desempenho de isoladores poluídos pelo método da camada sólida (DDSE = 0,03 mg/cm<sup>2</sup> e DDNS = 0,18 mg/cm<sup>2</sup>) [3]

#### 4 I DESEMPENHO DE UM ISOLADOR PARA SISTEMAS EM UAT

A avaliação do desempenho sob chuva para sistemas em UAT está condicionada ao posicionamento da estrutura de chuva. Para evitar a ocorrência de uma descarga disruptiva para a estrutura de chuva, a mesma deverá estar posicionada a uma distância entre 7 m e 15 m do isolador sob ensaio. Nestas distâncias, a possibilidade de se obter uma chuva não uniforme aumenta exponencialmente com o aumento da distância entre a estrutura de chuva e o isolador. Uma possibilidade sugerida por diversos laboratórios é posicionar a estrutura de chuva no teto do laboratório e fazer uma chuva vertical. Neste caso, o problema aparece quando o eletrodo no topo do isolador não é oco. Para avaliar esta condição, foi realizado no Cepel um ensaio de impulso de manobra com chuva vertical em um isolador tipo suporte para 750 kV tendo no seu topo um eletrodo vazado e um eletrodo não vazado (ver Figura 16). Os resultados obtidos, com diversos níveis de precipitação, podem ser vistos na Figura 17 e pode-se observar que os eletrodos apresentam desempenho similar, com ambas as polaridades, até uma precipitação de 3 mm/min. Para precipitações mais elevadas a proteção realizada pelo eletrodo não vazado se torna mais efetiva. É necessário, no futuro, realizar este ensaio com outros tipos de

tensão como corrente alternada e contínua para se ter melhor uma idéia do efeito de proteção do toróide não vazado.



(a) Eletrodo vazado

(b) Eletrodo não vazado

Figura 16 – Tipos de eletrodos usados no ensaio com chuva vertical [3]

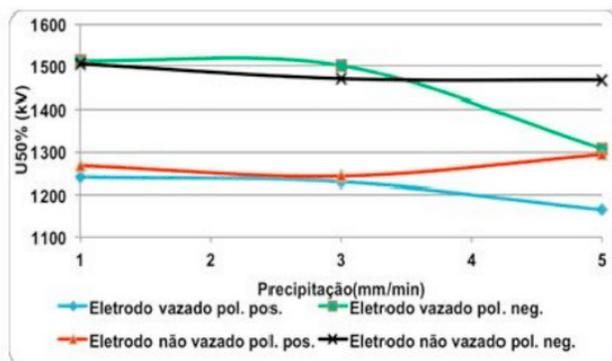


Figura 17 – Resultado do ensaio com chuva vertical em isolador tipo suporte com diferentes eletrodos [3]

## 5 | CONCLUSÃO

- A experiência de campo tem assinalado que o desempenho de isoladores sob chuva pode ser crítico, especialmente para isoladores tipo suporte na posição vertical.
- A média das condições de chuva natural é bem representada pelos parâmetros da chuva normalizada, mas podem ocorrer chuvas com precipitações instantâneas mais elevadas em condições climáticas especiais.
- Os resultados obtidos mostraram que os parâmetros da chuva normalizada são adequados para o ensaio de impulso de manobra.

- Os isoladores poluídos têm seu desempenho dielétrico melhor avaliado pelos ensaios determinados pelas normas ABNT NBR 10621 [15] e ABNT NBR 16724 [16] do que pelos ensaios sob chuva.
- Devido ao desempenho observado em frequência industrial e em corrente contínua é aconselhável que a IEC 60060.1 possua um anexo indicando as condições para realização de ensaio sob chuva com valores mais elevados de precipitação e resistividade mais baixa, mediante prévio acordo entre as partes interessadas.
- Há necessidade de realizar mais estudos sobre a metodologia do ensaio sob chuva para equipamentos para UAT.
- A posição vertical é a mais crítica nos ensaios sob chuva.
- A chuva intensifica a radiointerferência, tanto com isoladores de vidro temperado quanto com isoladores compostos.
- O tempo necessário para reduzir os efeitos da condição úmida sobre a raiointerferência é maior em isoladores compostos do que em isoladores de vidro, provavelmente pela manutenção de gotículas na superfície dos isoladores compostos devido à hidrofobicidade.
- É recomendável que sejam consideradas as condições previstas de precipitação em regiões do país onde há histórico de chuvas intensas, superiores a 2 mm/min, para as especificações de ensaios dielétricos nos equipamentos das subestações, linhas de transmissão e redes de distribuição.

## REFERÊNCIAS

[1] IEC 60060-1: High-Voltage Test Techniques – Part 1: General definitions and test requirements, Edition 3.0, 2010

[2] ABNT NBR IEC 60060-1: Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaio, 2013

[3] D. R. de Mello e O. B. de Oliveira Filho: Desempenho de isoladores sob chuva intensa, XXIV SNPTEE, 2017

[4] A. R. Koriavin, O. V. Volkova, V. G. Golovny e A. V. Almazov: Electric strength of Ultra high-voltage post insulating constructions under rain conditions, 7<sup>th</sup> International Symposium on High Voltage Engineering, 1991

[5] A. Pigni, D. R. de Mello, Z. Jun), R. Houlgate, K. Kondo, B. Kruska, R. Matsuoka, F. Perrot, G. Pirovano, V. Sklenicka, J. Seifert, R. Wesley, D. Wu e M. Yamarkin: Impact of rain on Insulator performance, Brochura Cigré número 634, 10/2015

- [6] A. Pigini, D. R. de Mello, Z. Jun), R. Houlgate, K. Kondo, B. Kruska, R. Matsuoka, F. Perrot, G. Pirovano, V. Sklenicka, J. Seifert, R. Wesley, D. Wu e M. Yamarkin: Impact of rain on Insulator performance - Laboratory and field experience toward guidelines for the selection of insulators under rain condition, including heavy rain, *Electra*, no 283, 12/2015, pp 63 – 69
- [7] D.R. de Mello, O. Oliveira Filho, J. A. Cardoso, R. M. de Azevedo e S. G. Carvalho: Melhoria do desempenho de isoladores utilizados em subestações classe 800 kV sob chuva intensa - XXI SNPTEE, 2011
- [8] O. Oliveira Filho, D. R. de Mello, J. A. Cardoso, R. M. de Azevedo, S. G. Carvalho e W. A. S. Cruz: Flashover Tests Under Wet Conditions on Full and Sectioned UHV Insulators, *Bienal Cigré 2010*, artigo D1-201
- [9] O. Oliveira Filho, J. A. Cardoso, D. R. de Mello, R. M. de Azevedo, S. G. Carvalho: Use of booster sheds to improve the performance of 800 kV multicone type insulators under heavy rain, *Gaodiana Jishu/High Voltage Engineering* 11/2010; ISSN: 1003-6520, CN: 42-1239/TM(11):11502-11509., DOI:10.1109/ICHVE.2010.5640720
- [10] D. R. de Mello e F. J. de O. Corrêa: Wet power frequency tests on composite insulators, XIII ISH, 2001.
- [11] ABNT NBR 15121: Ensaio de radiointerferência em isoladores para alta-tensão, 2004
- [12] D. R. de Mello e J. A. A. S. Cardoso: Evaluation of the Influence of Wet Condition on Radiointerference Measurements, *Primeiro Seminário Cubano de Engenharia Elétrica*, 2008
- [13] J. Riu, B. Hutzler, S. Rowe, J. Huc and P. Maurin: Wet tests under a.c. voltage and switching impulses procedure and significant parameters, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 3, No. 1, 1988
- [14] D. R. de Mello, A. C. F. da Silva, M. A. Ravaglio, J. M. M. e Silva, A. Piantini, A. Pereira, F. H. Kameyama: Inter Comparação Laboratorial de Ensaios Dielétricos sob Chuva, *I Encontro Nacional sobre Técnicas de Ensaio em Alta Tensão*, COBEI/ABNT, 1987
- [15] ABNT NBR 10621: Isoladores - Ensaio sob poluição artificial - Método de ensaio, 10/2005
- [16] ABNT NBR 16724: Isoladores utilizados em sistemas de alta-tensão em corrente contínua – Ensaio de poluição artificial, 12/2018

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ação socioambiental 27

Alternative Transient Program (ATP) 88

Armazenamento de energia elétrica 129, 131, 138, 143, 144

Atenção básica de saúde 193, 201, 203

### B

BPMN 193, 194, 195, 197, 198, 204, 205

### C

Cálculo estrutural 16

Chuva 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Compensações sociais 27

Custo operacional 66, 76

### D

Descargas disruptivas 3

Desempenho dielétrico 1, 2, 13

Distribuição de energia 144

### E

Eficiência energética 53, 54, 55, 56, 61, 62, 64, 66, 67, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 117, 127, 137, 144

Eletrobras 28, 33, 38, 39, 40, 58, 64, 65, 79, 86, 163

Eletronorte 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40

Energia solar 66, 67, 68, 73, 76, 114, 115, 116, 127, 128, 136, 139, 141, 145

Energia solar fotovoltaica 66, 76, 127, 128, 136, 139, 141

Envoltórias 146, 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 183

Extração de parâmetros 174, 183, 184, 186

### F

Filtro morfológico 146, 151, 152, 154, 157, 159

Funções de transferência 88, 89

### G

Geração de energia 61, 63, 66, 67, 68, 71, 76, 84, 87, 129, 130, 139, 140, 141

Gerador síncrono 146, 149, 150, 153, 159, 187

## **H**

Harmônicos 160, 161, 163, 164, 165, 167, 171, 172

HarmZs 89, 90, 98, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 172

Hidrogênio 129, 131, 132, 138, 139, 141, 142, 143, 144

## **I**

Iluminação pública 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Isoladores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17

## **M**

Máquina síncrona 147, 148, 149, 152, 174, 175, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186

Modelagem de processos 193, 197

Modelo de acompanhamento 88, 93

Modelos racionais 88, 89, 90

## **O**

Operador nacional do sistema elétrico 41, 133, 143, 161

## **P**

Painéis fotovoltaicos 66, 69, 76, 84, 131, 136, 137, 142

Painéis solares flutuantes 129, 130

Perda de excitação 146, 147, 148, 152, 153, 154, 157, 158, 159

Plano de corte manual de carga 41, 42, 46, 48, 51

Potência ativa 47, 146, 148

Procedimentos de redes 160

Procel Reluz 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

Programa brasileiro de etiquetagem 56, 77, 78, 82, 86, 87

## **Q**

Qualidade da energia 100, 103

## **R**

Reatância 174, 175, 177, 178, 180, 183, 186

## **S**

Sistema interligado nacional 15, 41, 119, 138, 161, 162, 171

## U

UHE Tucuruí 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40

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

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**

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

**Engenharia Elétrica  
e de Computação:  
Atividades Relacionadas com  
o Setor Científico e Tecnológico**  
**4**