



Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

2

A black and white photograph of a hand holding a square microchip. The chip has a grid of pins around its perimeter and several smaller components on its surface. The background is a blurred workshop or laboratory setting with various electronic components and tools.

Atena
Editora

Ano 2020

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza
(Organizadores)

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

2

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: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

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

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. 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

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 – 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
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. 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
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia elétrica e de computação [recurso eletrônico] : atividades relacionadas com o setor científico e tecnológico 2 / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Marcelo Henrique Granza. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-168-8 DOI 10.22533/at.ed.688200707</p> <p>1. Ciência da computação – Pesquisa – Brasil. 2. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Granza, Marcelo Henrique.</p> <p style="text-align: right;">CDD 623.3</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica e da computação é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Marcelo Henrique Granza

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PARADOXOS, RISCOS E REQUISITOS DA NOVA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA	
Vitor Silva Duarte	
Mario Jorge Daher	
Alex Nunes de Almeida (<i>in memoriam</i>)	
Maria Aparecida Martinez	
DOI 10.22533/at.ed.6882007071	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÕES RENOVÁVEIS SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO POR MEIO DE REGIÕES DE SEGURANÇA	
Paulo Andrade Novaes	
Antonio Carlos Zambroni de Souza	
Fábio da Costa Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.6882007072	
CAPÍTULO 3	28
APLICAÇÃO DE MODELO MULTIOBJETIVO DE ALOCAÇÃO DE GERADORES DISTRIBUÍDOS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO CONSIDERANDO OBRAS DE CONEXÃO DA REDE	
Paulo Sérgio Zanin Júnior	
Lina Paola Garcés Negrete	
Gelson Antônio Andrêa Brigatto	
DOI 10.22533/at.ed.6882007073	
CAPÍTULO 4	43
COMPLEXIDADES DA OPERAÇÃO DO SIN E SEUS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO	
Vinicius Ragazi David	
Daniela Souza	
Leonardo Calabro	
João Carlos Mello	
Xisto Vieira Filho	
Edmundo P. Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007074	
CAPÍTULO 5	61
ESTRATÉGIAS DE O&M UTILIZADAS NA GESTÃO DE DESEMPENHO DOS PARQUES EÓLICAS, EM TEMPO REAL, PÓS OPERAÇÃO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO NO CURTO E MÉDIO PRAZO, MOSTRANDO OS RESULTADOS OBTIDOS COM A UTILIZAÇÃO DE BIGDATA, BUSINESS INTELLIGENCE E MACHINE LEARNING	
Flávio Martins ribeiro	
Marcus Antonius Queiroz da Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.6882007075	
CAPÍTULO 6	72
IMPACT OF HOURLY PRICES ON FUTURE WIND FARM CONTRACTS IN BRAZIL	
João Carlos De Oliveira Mello	
Cláudio Ferreira	
Lucas Soares	
André Castro	
Daniela Souza	
Evelina Neves	
DOI 10.22533/at.ed.6882007076	

CAPÍTULO 7	83
DESAFIOS ENCONTRADOS NA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO COMPLEXO TERMELÉTRICO JORGE LACERDA	
Liliana Dutra dos Santos	
Rofferson Rosa Izidoro	
Daniel José Schmitz de Aguiar	
Fábio Silveira Costa	
Juceli Locks Junior	
DOI 10.22533/at.ed.6882007077	
CAPÍTULO 8	96
AVALIAÇÃO DE ESFORÇOS DINÂMICOS EM FUNÇÃO DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS ENVOLVIDOS NO CÁLCULO PARA ESTRUTURAS DE SUBESTAÇÕES	
Rafael Faria da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007078	
CAPÍTULO 9	108
ESTUDO E SIMULAÇÃO DE PROTEÇÃO DE ZONA MORTA EM SUBESTAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Rodrigo Niederauer da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6882007079	
CAPÍTULO 10	121
ELETROENCEFALÓGRAFO DE BAIXO CUSTO: CONCEITOS E PROJETO	
Vitor Nestro Rauffmann	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.68820070710	
CAPÍTULO 11	135
FONTES DE CORRENTE EM TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA MULTIFREQUENCIAL: ESTADO DA ARTE	
Lucas Cordeiro Butzke	
Pedro Bertemes Filho	
DOI 10.22533/at.ed.68820070711	
CAPÍTULO 12	148
TEORIA E ESTUDOS DE APLICAÇÕES DA TRANSFORMADA FRACIONAL DE FOURIER	
Leonardo Audalio Ferreira do Nascimento	
Adailton Braga Júnior	
Beatriz Cristina Reis Cordeiro	
Marcelo Luiz de Carvalho Ribeiro	
Pierre Teixeira Rodrigues	
Petrus Luiz Luna Pequeno	
Antônio Carlos Duarte Ricciotti	
Viviane Barrozo da Silva Duarte Ricciotti	
DOI 10.22533/at.ed.68820070712	

CAPÍTULO 13	166
RELÉ INTELIGENTE BASEADO NA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA DE 4 VALORES MULTIFUNCIONAL - RI LPA4V	
Viviane Barrozo da Silva Ghendy Cardoso Júnior Antonio Carlos Duarte Ricciotti Pierre Teixeira Rodrigues Marcelo Luiz De Carvalho Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.68820070713	
CAPÍTULO 14	179
OPEN SOURCE MODULAR DIDACTIC PLATFORM FOR POWER ELECTRONICS TEACHING	
Lucas Koleff Gustavo Soares Valentim Luciana da Costa Marques Victor Praxedes Rael Adrian D'Lucas Cardoso Gonçalves Wilson Komatsu Lourenço Matakas Junior	
DOI 10.22533/at.ed.68820070714	
CAPÍTULO 15	204
AUTOMAÇÃO DA CABINE DE LIMPEZA DE IMPRESSÃO 3D BINDER JETTING	
João Batista Machado Silva Leonardo Bevilaqua dos Santos Lucas Leandro Gomes Mariana Silva do Nascimento Gonçalves Vinícius de Moares Barboza Rogério Luis Spagnolo da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.68820070715	
CAPÍTULO 16	218
USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA OBTENÇÃO DE UM SENSOR AR/COMBUSTÍVEL VIRTUAL APLICADO A UM MOTOR MONOCILÍNDRICO	
Leonardo Faure Nardini Paschoa Sergio Ribeiro Augusto	
DOI 10.22533/at.ed.68820070716	
CAPÍTULO 17	229
INVESTIGAÇÃO DOS MÉTODOS NORMATIVOS PARA O CÁLCULO E ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DO TOPO DO ÓLEO EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	
Daniel Carrijo Polonio Araujo Gabriel De Souza Pereira Gomes Mateus Batista De Moraes Rafael Prux Fehlberg	
DOI 10.22533/at.ed.68820070717	
CAPÍTULO 18	242
MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A UTILIZAÇÃO DE MANTA TÉRMICA: ESTUDO DE CASO DE UMA INJETORA DE PEÇAS PLÁSTICAS	
Ivo Carlos Guarato Júnior Lúcio Rogério Júnior Antônio Manoel Batista da Silva Guilherme Henrique Alves	
DOI 10.22533/at.ed.68820070718	

CAPÍTULO 19	254
DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE UM SISTEMA PARA PESQUISA DE PRODUTOS DE SUPERMERCADO Marcelo Garcia Palma DOI 10.22533/at.ed.68820070719	
SOBRE OS ORGANIZADORES	271
ÍNDICE REMISSIVO	272

ANÁLISE DO IMPACTO DE GERAÇÕES RENOVÁVEIS SOBRE A MARGEM DE ESTABILIDADE DE TENSÃO POR MEIO DE REGIÕES DE SEGURANÇA

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 06/03/2020

Paulo Andrade Novaes

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS

Recife – PE

<http://lattes.cnpq.br/7903604596906080>

Antonio Carlos Zambroni de Souza

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

<http://lattes.cnpq.br/4860175234818683>

<https://orcid.org/0000-0001-8559-9590>

Fábio da Costa Medeiros

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS

Recife – PE

RESUMO: Associado a presença marcante das fontes renováveis na Região Nordeste do Brasil está o problema de estabilidade de tensão da rede. Os recursos de controle destas fontes auxiliam na minimização dos efeitos causados pela instabilidade de tensão na tentativa de aumentar a margem de segurança do sistema. De modo a avaliar as condições de operação segura, para os diferentes cenários eletroenergéticos, se faz uso das regiões

de segurança obtendo-se a sensibilidade dos impactos causados pelos diferentes níveis de geração diante de contingências, proporcionando um mapeamento representativo e seguro do sistema analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Fontes renováveis, Estabilidade de tensão, Regiões de segurança, Modos de controle, ORGANON.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF RENEWABLE GENERATIONS ON THE VOLTAGE STABILITY MARGIN THROUGH SECURITY REGIONS

ABSTRACT: Associated with the relevant presence of renewable sources in the Northeast of Brazil is the problem of voltage stability of grid. The control resources of these sources help to minimize the effects caused by voltage instability in an attempt to increase the safety margin of the system. So to assess the conditions of security operation for the several electroenergetic scenarios, security regions are used getting up the sensitivity impacts caused by different generation levels in contingencies, providing a representative and secure mapping of the analyzed system.

KEYWORDS: Renewable sources, Voltage

1 | INTRODUÇÃO

A inserção maciça de fontes de geração eólica e fotovoltaica na Região Nordeste do Brasil vem modificando as condições operativas deste sistema face os perfis comportamentais intrínsecos a estas fontes. Atualmente, conforme (6) o Nordeste brasileiro possui uma capacidade instalada de geração eólica de aproximadamente 13 GW o que representa aproximadamente 85% da capacidade total desta fonte em operação no Brasil com um fator de capacidade (FC) atingindo a marca instantânea de 83%. Para a geração fotovoltaica, fonte esta, mais recente a compor os recursos energéticos da rede de transmissão, segundo (7), possui uma capacidade instalada de 1,81 GW e um FC variando ao longo do dia entre 35% a 75%.

Apesar de contribuírem com o aumento da capacidade de geração do ponto de vista energético, estas fontes agregam pouca ou nenhuma inércia ao sistema elétrico brasileiro (SEB). Esta situação é agravada por uma crise hídrica na Região Nordeste, que já perdura pelos últimos sete anos limitando a disponibilidade de geração por meio dos geradores hidrelétricos e adicionalmente o fato que a rede ainda é pouco malhada com longas linhas de transmissão. O efeito disto é refletido na estabilidade do sistema diante de perturbações, resultando em condições de risco para a regulação e controle da estabilidade de tensão que refletem na segurança operacional da rede.

2 | PERFIL COMPORTAMENTAL DAS RENOVÁVEIS NA REGIÃO NORDESTE

As fontes eólicas estão associadas às características de variabilidade e intermitência. Intermitência pode ser definida como uma medida, neste caso potência ativa injetada no sistema, que cessa e recomeça por intervalos de tempo, ou seja, não é contínua, enquanto, variabilidade está aqui associada à intensidade ou magnitude dessa medida, em MW, no intervalo monitorado. Este perfil varia de acordo com as condições climáticas e geográficas do local onde os parques estão instalados. Gerações eólicas localizadas nas regiões litorâneas possuem comportamento mais intenso de produção de energia durante o período diurno, enquanto as instaladas em chapadas, interior da região, possuem essa característica evidenciada no período da madrugada e no período noturno. Refere-se como região litorânea a faixa de terra de até 30 km da costa para o continente com elevações não superiores a 100 m. As demais regiões são consideradas como interior. Outra questão é o fator sazonal ao longo do ano, que influencia a produção de energia destas fontes, sendo a produção mais significativa destas no segundo semestre, chamado de período seco (inverno) em relação ao período úmido (verão). Ver Figura 1.

Observam-se no período seco de ambas as regiões que o perfil da geração eólica

segue um comportamento mais definido com uma perspectiva mais previsível quando comparado com o período úmido que por sua vez possui um perfil mais “nervoso” dessa geração e com uma magnitude de geração bem reduzida.

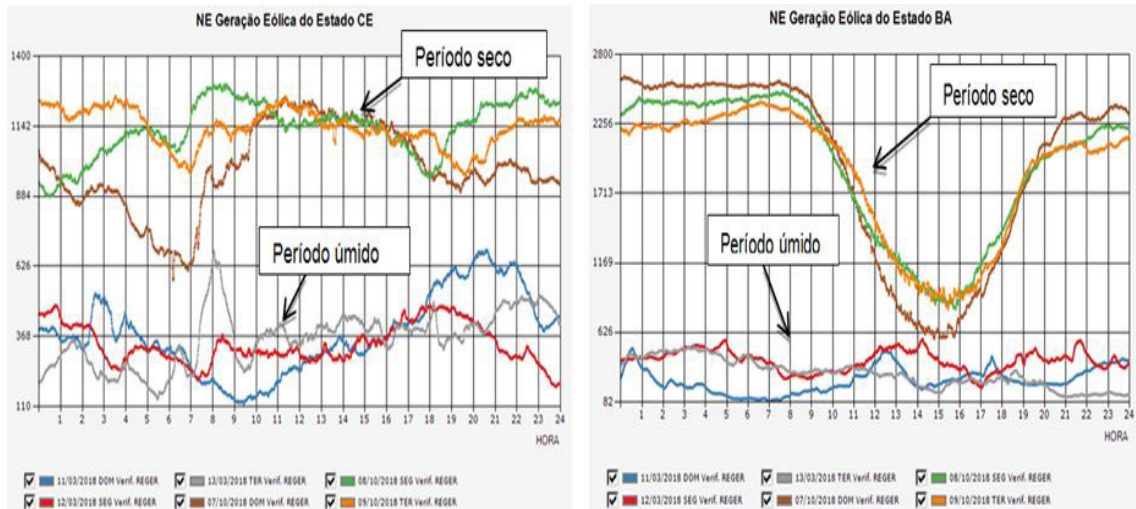


Figura 1 – (a) Ger. Eólica: região litorânea.

Figura 1 – (b) Ger. Eólica: região de chapada.

Já a energia fotovoltaica possui uma disponibilidade no período diurno em que há irradiação solar, e mais previsível que as eólicas, sendo a sua produção de energia diretamente influenciada por nebulosidades locais quanto a característica de intermitência. Quanto a variabilidade há uma atenção especial para a geração fotovoltaica pois, a variabilidade é bastante significativa tanto no início quanto no final do dia com variações abruptas, podendo trazer dificuldades à operação do sistema. Ver Figura 2. Outra característica importante é que do ponto de vista energético coincide com o pico de demanda da rede, podendo assim, contribuir para uma oferta efetiva de energia no período de maior demanda conforme apresentado em (7).

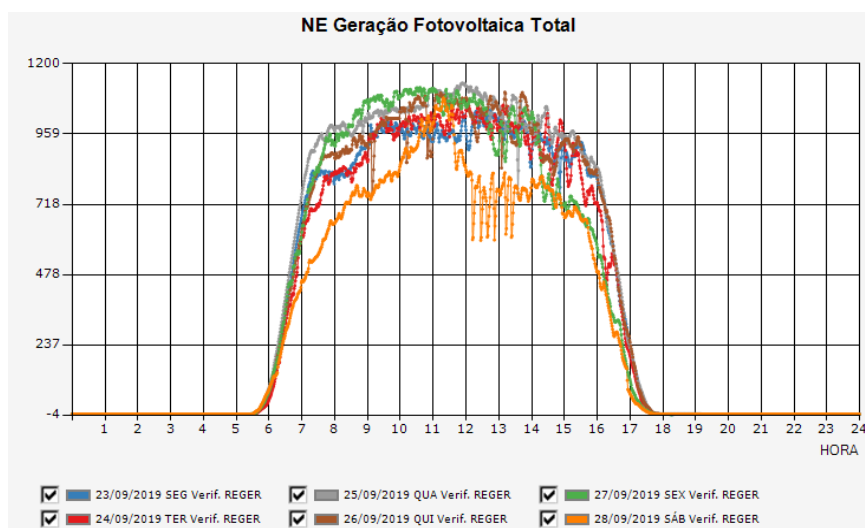


Figura 2 – Ger. Fotovoltaica Nordeste.

Fica evidente que, a inserção das gerações renováveis é um recurso adicional no atendimento à demanda, vista como fonte de energia, porém, como fonte de potência a mesma pode causar dificuldades à operação pelo fato da sua intermitência e variabilidade. Segundo (3), (4) e (12) a presença destas fontes em uma rede de transmissão fraca incorre em sérias preocupações quanto à segurança da estabilidade do sistema. Problemas de instabilidade e colapso de tensão ocorrem normalmente em sistemas de energia que não são capazes de atender a demanda por energia reativa e são muito carregados.

3 | RECURSOS DE CONTROLE DE REATIVO DAS RENOVÁVEIS

Conforme (9), dada a necessidade de escoamento desta geração se sabe, que na medida em que se eleva a potência escoada pelo sistema de transmissão além de certo patamar, torna-se exponencialmente crescente a demanda por potência reativa para o controle da tensão até que se atinja uma condição incontrolável, ou seja, de instabilidade de tensão que configura o princípio de um colapso no sistema. Naturalmente as condições mais severas ocorrem com a alta penetração destas fontes para as quais o corte de geração é inevitável. Ações de controle de potência reativa são realizadas através dos próprios aerogeradores e fotovoltaicas ou ainda por equipamentos especialmente instalados para este fim. Se a rede não for capaz de atender ao requisito de energia reativa do parque eólico e/ou fotovoltaicos, a integração da energia destes ao sistema seria limitada. A escassez de reativo devido à operação destas fontes pode levar a um aumento nas perdas globais da rede e conseqüentemente ter efeitos adversos na estabilidade da tensão (5). A capacidade de uma rede de energia para atender aos requisitos de energia reativa é um fator imprescindível que determina a quantidade de energia que pode ser agregada ao sistema.

Devido a isto, é posto perante o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) o desafio de gerenciar as flutuações na tensão do sistema de transmissão para que estas não provoquem danos ao sistema, bem como aos equipamentos (8). Este cenário requereu a atualização e aperfeiçoamento dos requisitos técnicos exigidos para a conexão destas centrais de geração. Quanto a geração eólica, entre os diversos tipos de aerogeradores, predomina os modelos “DFIG – *Double Fed Induction Generator*” e os “*Full Converter*”. Por esta razão a presente análise se restringe a estes aerogeradores que são dominantes no sistema que será apresentado. Quanto a fotovoltaica, esta, se assemelha a tecnologia *Full Converter*, em relação a estratégia de controle de tensão.

Os recursos de controle de reativo destas fontes relacionados ao foco da presente análise são:

- Modo de Controle V - Controle de tensão terminal e/ou tensão remota;
- Modo de Controle PF - Controle de fator de potência
- Modo de Controle-Q - Controle de potência reativa;

Além destes recursos, são exigidos destes geradores, conforme (8), capacidade para suportarem subtensões ou sobretensões perante a ocorrência de curto-circuito na rede (*Low Voltage Ride Through* - LVRT e *High Voltage Ride Through* - HVRT), como também a capacidade de injeção de corrente reativa na rede durante a ocorrência do defeito, dando o suporte de tensão ao sistema durante a perturbação de modo a garantir uma operação com desempenho dentro dos padrões de qualidade exigidos em condições de operação normal e em contingências.

Os modos de controle de potência reativa destinam-se à operação em regime permanente. Estes requisitos permitem que a rede opere em um estado seguro antes de qualquer perturbação. Em caso de perturbação os modos de controle de potência reativa devem ser projetados para suportar as tensões enquanto ações corretivas são postas em prática pelos operadores do sistema. Entretanto, como esses modos de controle não são destinados ao uso em situações como curtos-circuitos, por exemplo, a injeção de corrente reativa é definida separadamente em outros requisitos como mencionado anteriormente. O requisito para modos de controle de potência reativa deve ser definido coerentemente com outros requisitos relacionados a problemas de potência reativa.

A proposta deste trabalho é avaliar o efeito dos modos de controle de tensão terminal (A) e de controle de fator de potência (B) para o controle de reativo pertinente as gerações renováveis na análise de estabilidade de tensão do sistema.

4 | AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

Para analisar os efeitos destes controles no sistema com gerações renováveis é utilizado o recurso do cálculo de regiões de segurança (RS) através da ferramenta computacional ORGANON (11). Este cálculo se caracteriza em explorar a vizinhança ao redor do ponto de operação do sistema (varredura) para diversas combinações de montantes de geração, que por sua vez são submetidas a uma série de contingências previamente estabelecidas, analisando se há restrições operativas como limite de carregamento e/ou de tensão na rede, limites dinâmicos dentre outros, apresentando de forma gráfica este mapeamento fornecendo uma visão à operação quanto a segurança do sistema. Este tipo de análise trata-se da avaliação dos impactos no sistema, quando da ocorrência das possíveis contingências a que ele está sujeito. Ver Figura 3. Os principais benefícios da avaliação de segurança são: o aumento da confiabilidade operativa e a melhor utilização dos recursos eletroenergéticos disponíveis na rede. O limite da região de segurança é definido como sendo a interseção dos limites de segurança de todas as contingências.

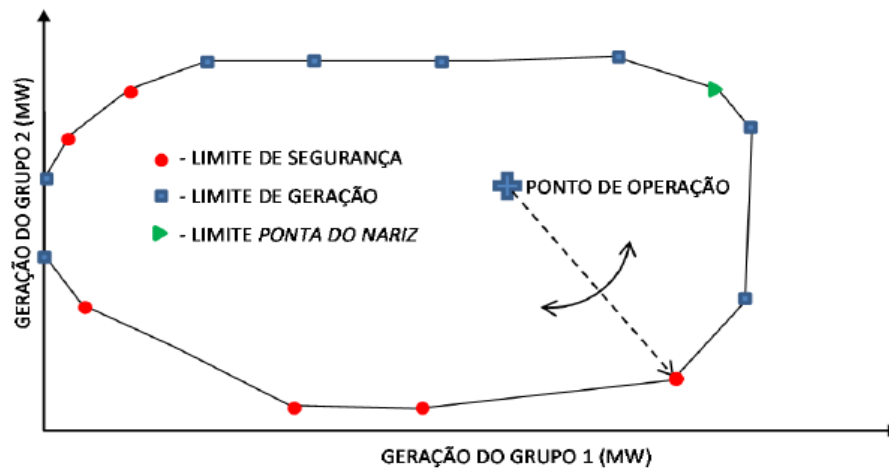


Figura 3 – Varredura em torno do ponto de operação.

De modo a avaliar a rede em que estes geradores estão conectados sob a ótica de estabilidade de tensão, analisou-se as combinações entre a produção de energia das eólicas e/ou fotovoltaicas nos diferentes patamares de carga com o auxílio do ORGANON com intuito de prevenir a operação em condições que remetam as situações de instabilidade.

4.1 Análise de Estabilidade de Tensão

A geração ao ser escoada em sistemas fracos, ou seja, baixa potência de curto-circuito e longas redes de transmissão com compensação reativa insuficiente provoca o aumento das perdas térmicas forçando estes sistemas a operarem no limite, como ocorre em vários pontos da rede na Região Nordeste. Isto é refletido na segurança operacional do sistema. Um aspecto bastante importante da segurança de redes atualmente é aquele associado com a estabilidade de tensão. As situações relatadas conduzem o sistema a um risco operativo de esgotamento da rede ocasionada pela carência dos recursos de suporte de reativo ou da própria rede de transmissão e conseqüentemente ocasiona dificuldades na regulação da tensão acarretando instabilidades ou até mesmo chegar a situações de colapso de tensão. Sistemas como estes possuem em determinados momentos a característica de elevados fluxos, o que conduz a uma aproximação do ponto de máximo carregamento da rede traduzido através de uma bifurcação do tipo sela-nó, em que o sistema de equações lineares pode não ter solução devido à singularidade e o mau condicionamento da matriz Jacobiana do fluxo de potência.

A estabilidade de um sistema de potência pode ser definida como a habilidade do sistema de, a partir de um ponto operativo inicial, atingir o ponto operativo de equilíbrio após ter sofrido uma perturbação, com a maioria de suas variáveis dentro dos limites estabelecidos (1) e (2). Se houver reserva de reativos e capacidade de transmissão suficiente, o processo tende para um novo ponto de equilíbrio operativo estável. Se não houver reserva de reativos ou capacidade de transmissão suficiente, o processo tende a

instabilidade. Geralmente, neste caso, a tensão tenderá a cair de forma monotônica. O problema pode ser ilustrado com o auxílio de uma rede composta por 2 barras. Ver Figura 4

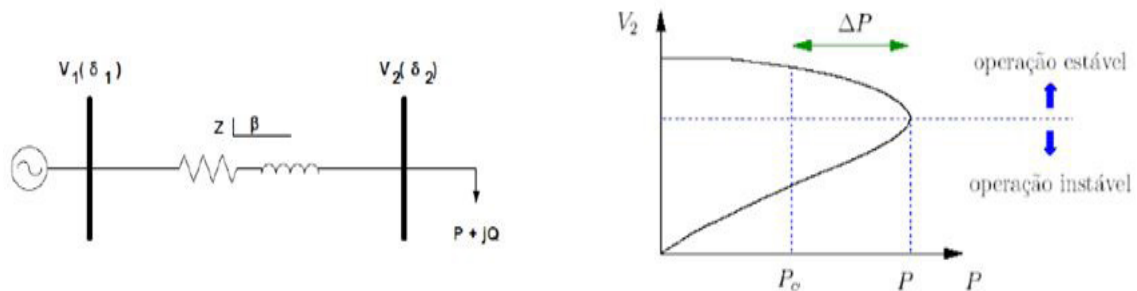


Figura 4 – Sistema de duas barras (10).

A demanda do sistema, representada pela barra 2, em um certo momento é P_0 . A magnitude de tensão no barramento conectado a este sistema será igual a um valor que depende da própria demanda e dos parâmetros da rede que esta geração será transferida. Conforme a demanda do sistema varia, a magnitude de tensão também varia. Todavia há um valor de carregamento máximo P , ou seja, a margem de estabilidade de tensão do sistema, que pode ser atendida pela rede. Neste ponto, a matriz Jacobiana referente às equações de fluxo de potência torna-se singular. A conhecida margem de estabilidade que pode ser traduzida por:

$$\Delta P = P - P_0 \quad (1)$$

Se um carregamento maior que P for escoado através da rede a mesma entrará em modo de operação instável.

5 | ESTUDO DE CASO

Exemplificando o que foi apresentado, tomou-se como caso de estudo os parques renováveis do litoral do Estado do Ceará e do interior do Estado da Bahia, analisando o impacto das gerações sobre redes pouco malhadas e eixos de transmissão extensos, sob a ótica de estabilidade de tensão através da atuação dos modos de controle destas fontes renováveis intermitentes.

5.1 Caso 1 – Região litorânea do Ceará

Este caso avalia o eixo 230 kV de mais de 400 km compreendido pelas subestações (SEs) Cauípe, Sobral III, Acaraú II, Sobral II, Ibiapina II e Piripiri, com geração eólica concentradas nas SEs Ibiapina II, Sobral III, Acaraú II e Pecém II, para o período de carga média do sistema. Neste período a geração litorânea é bem elevada à exceção da SE

Ibiapina II que é classificada como região de interior. A capacidade instalada nesta região é de aproximadamente 1.430 MW. Ver Figura 5.

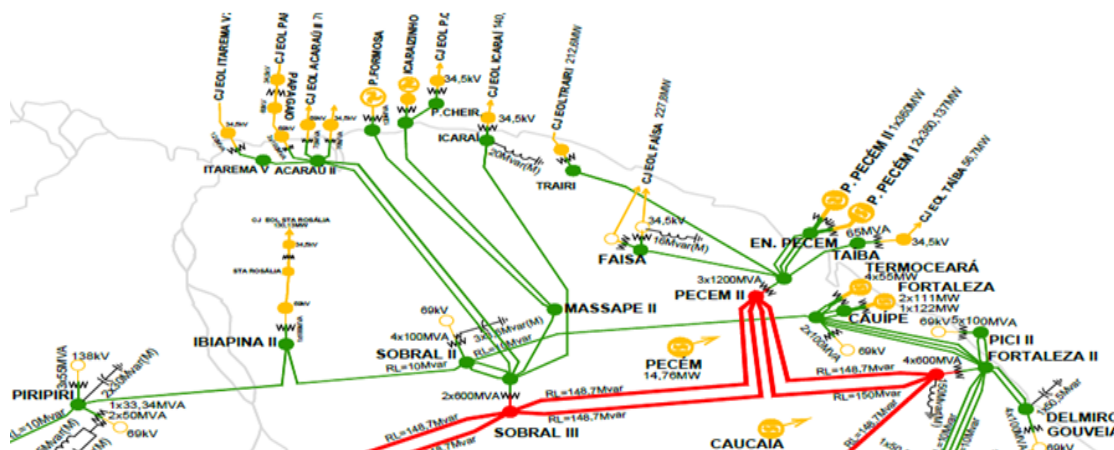


Figura 5 – Litoral do Estado do Ceará.

Após realizada a simulação no ORGANON para o referido sistema no período de carga mencionado foi constatado um gargalo no escoamento da geração da SE Acaraú II.

Para o cálculo da região de segurança em questão foi escolhido o grupo G1 – eixo das abcissas no diagrama, para ser composto pela geração eólica derivada de Acaraú II e o grupo G2 formado pela geração térmica do Estado do Ceará – eixo das ordenadas no diagrama. Os resultados apresentam a evolução do problema: sobrecarga superior ao limite de emergência o que aumenta significativamente as perdas no circuito remanescente (indicada pela área em amarelo – *Thermal Limit*), em seguida dificuldades para regular a tensão na barra de 230 kV de Acaraú II (indicada pelo contorno verde claro – *Voltage Limit*) e por fim culmina no colapso (representada por um triângulo deitado – *Nose Limit*). Ver Figura 7. Os resultados são extraídos, através do cálculo da Região de Segurança (RS) para uma análise de tensão do caso estudado considerando o uso dos modos de controle (A) e (B) das eólicas e/ou fotovoltaicas da área analisada. A área em verde escuro indica que a região operativa é segura para qualquer variação de geração térmica (G2), porém restringida por um determinado montante de geração eólica (G1). A área amarela remete a violação de carregamento que neste caso refere-se a sobrecarga na LT 230 kV Sobral III – Acaraú II C1 para a perda do circuito remanescente, identificado como a contingência mais crítica, com uma geração em Acaraú II violando os limites de tensão (contorno verde-claro) a partir de 403 MW. A área na cor vinho indica uma região insegura para operar podendo conduzir a instabilidades no sistema monitorado. Neste exemplo mostra um comparativo das eólicas operando no modo de controle de tensão (A) e no modo de controle de fator de potência (B). Ver Figuras 6 e 7.

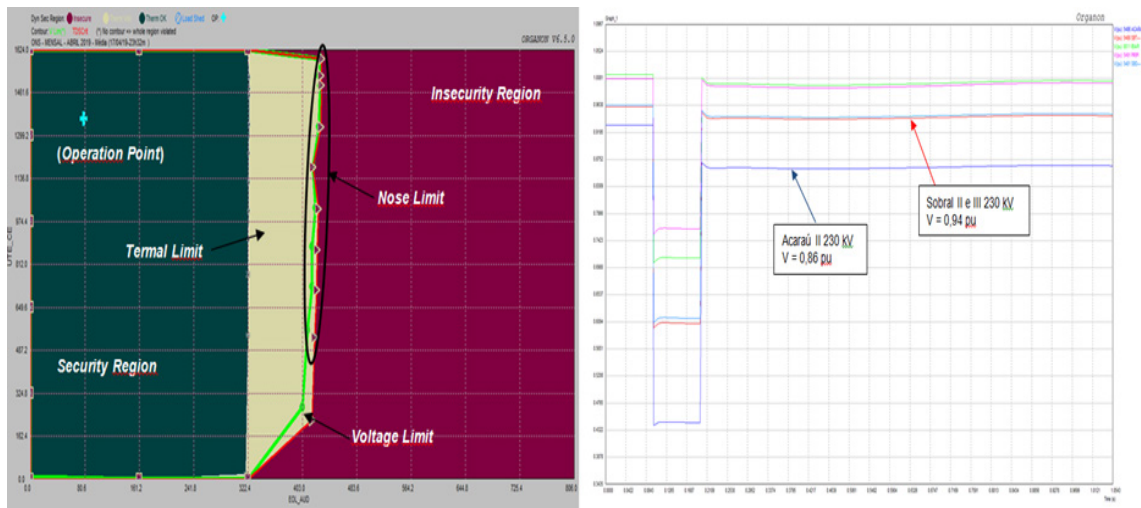


Figura 6 – RS: caso 1, modo (A) e a resposta dinâmica das tensões da região monitorada.

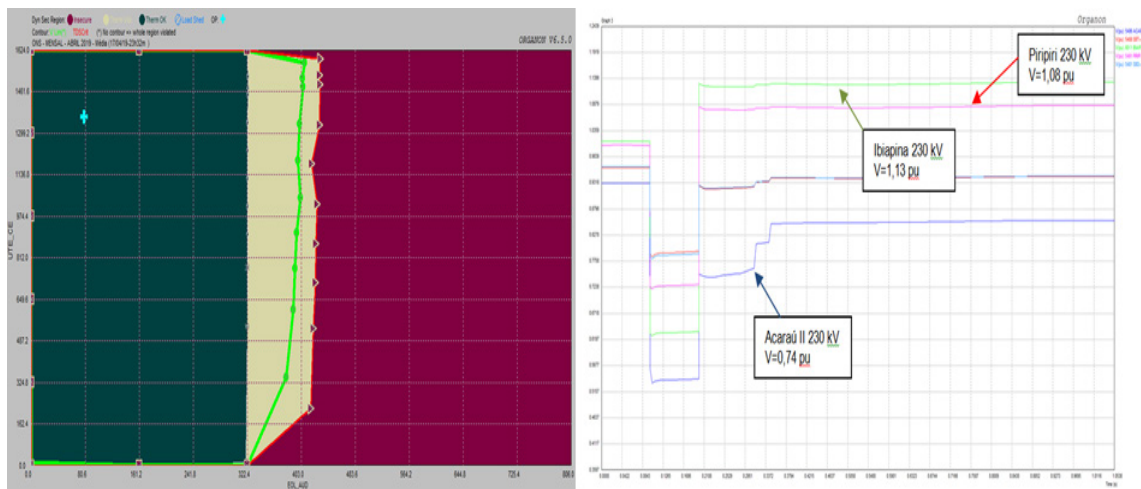


Figura 7 – RS: caso 1, modo (B) e a resposta dinâmica das tensões da região monitorada.

Observa-se da comparação dos dois modos de controle uma melhora no perfil de tensão em Acaraú II 230 kV no modo (A) em relação ao modo (B). Todavia pode-se constatar, geralmente, que em (A) assim que o ponto de operação ultrapassa o limite mínimo operativo de tensão para a contingência restritiva, ele já se encontra num ponto de instabilidade. Isto se deve a característica que este modo apresenta maiores perdas de potência conforme (10) o que acarreta a proximidade do ponto de sela-nó, mesmo respeitando os limites de tensão descritos em (8), e por fim o colapso de tensão da rede local (3).

Sistemas operados com as gerações no modo de controle (A) proporcionam maior margem de estabilidade em comparação com sua operação no modo (B) porque neste último a geração ou consumo de potência reativa é bem mais limitada dada a característica de manter o fator de potência constante. Já no modo (A) pode-se operar o gerador em toda sua faixa de potência reativa para controlar a tensão da rede (10). Já no modo de controle de fator de potência (B) o limite operativo de tensão é violado com uma geração menor, de cerca de 380 MW, para a mesma contingência. Outro ponto observado é o comportamento no domínio do tempo das tensões.

O modo (A) é capaz de mitigar o efeito de elevação de tensão no sistema comparado ao modo de controle (B). Esta flutuação de tensão pode causar sérios problemas à rede, o que pode reduzir a vida útil ou danificar os equipamentos conectados a ela. No modo (B) as tensões levam mais tempo para recuperar-se devido a dinâmica da carga. Merece destaque também que diante de perturbações as variações de tensão transitórias são mais evidentes no modo (B) em relação a (A) como pode ser constatado acima. Vê-se que variações no perfil de tensão em (A) permanecem dentro dos limites permitidos ($\pm 5\%$) para este sistema, porém para (B) pode ser pior em termos das variações de tensão. Ver Figura 7.

5.2 Caso 2 – Regiões de chapadas da Bahia

Avaliou-se aqui a segurança do eixo 230 kV com cerca de 600 km desde a SE Juazeiro II até Bom Jesus da Lapa, com geração eólica e fotovoltaica ao longo de todo o eixo para o período de carga leve. Neste período a geração nas regiões de chapadas é bem intensa. A capacidade instalada nesta região é de aproximadamente 3.700 MW. Ver Figura 8.

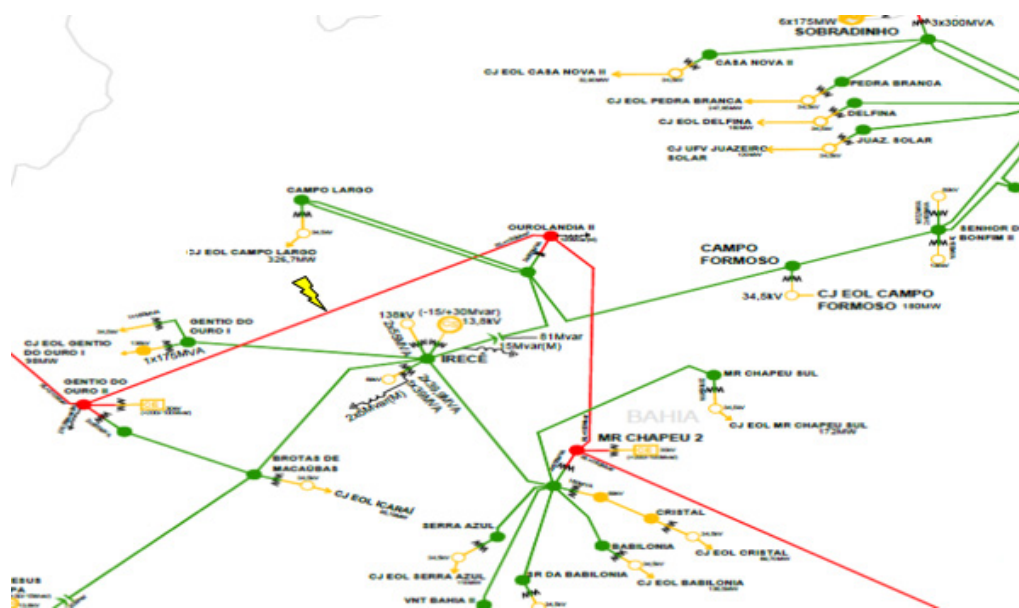


Figura 8 – Interior do Estado da Bahia.

O caso 2 seguiu a mesma linha de análise que o caso 1 como apresentado a seguir. Do ponto de vista de estabilidade de tensão a contingência crítica para este sistema é a perda da LT 500 kV Gentio do Ouro – Ouroilândia (indicada pelo símbolo do raio) para uma geração eólica / fotovoltaica de cerca de 3660 MW. De acordo com as RS calculadas tanto para o modo (A) quanto para o modo de operação (B). Ver Figuras 9 e 10. Para o cálculo desta região de segurança o grupo G1 é composto pela geração eólica do oeste do Estado da Bahia e o grupo G2 formado pela geração térmica do Nordeste – eixo das

ordenadas no diagrama.

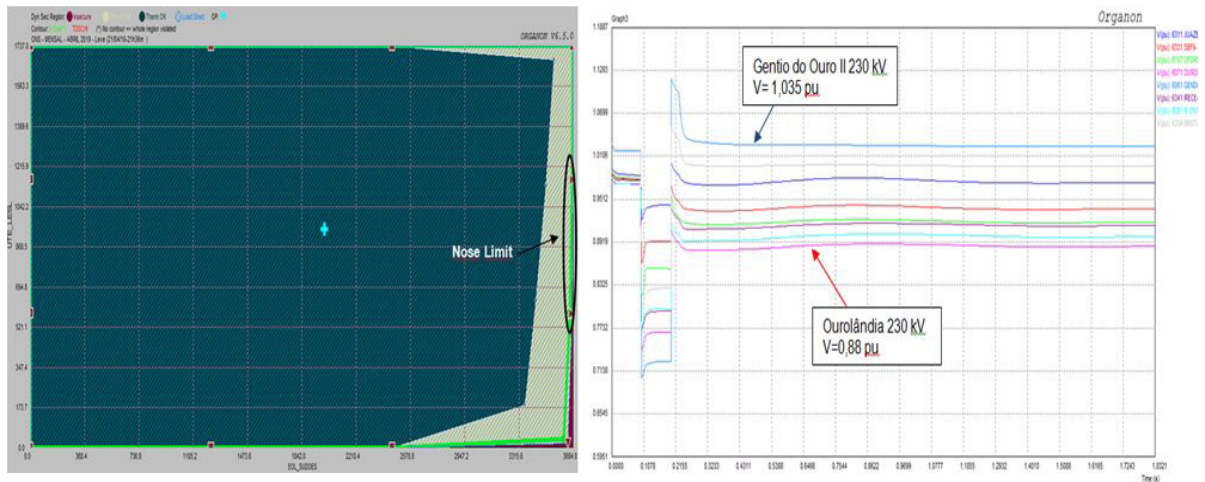


Figura 9 – RS: caso 2, modo (A) e a resposta dinâmica das tensões da região monitorada.

Para o modo de controle (A), tem-se uma área hachurada em azul, sobreposta ao diagrama, que indica a atuação de esquemas especiais de proteção de corte de geração, porém, para uma geração elevada ainda se verifica sobrecarga na LT 230 kV Senhor do Bonfim II – Campo Formoso. As tensões nesse eixo para a contingência crítica, em geral, permanecem dentro dos limites operativos. Destaca-se uma subtensão marginal na SE Ourolândia 230 kV e uma sobretensão (1,10 pu) em Gentio do Ouro II 230 kV logo após a eliminação do defeito através do desligamento da linha de transmissão. Ressalta-se que estes picos de tensão após eliminado o defeito é normal na operação do sistema. Para o modo de controle (B), a tensão em Ourolândia é bem próxima do modo (A). Para a SE Gentio do Ouro II a tensão pós-contingência é de 1,12 pu em relação a 1,10 pu verificado no modo (A). Estas tensões elevadas se dão pelo fato da carga analisada ser a leve porém em termos de variação de tensão o modo (A) apresenta 8% e o modo (B) 11%. Ver Figura 10.

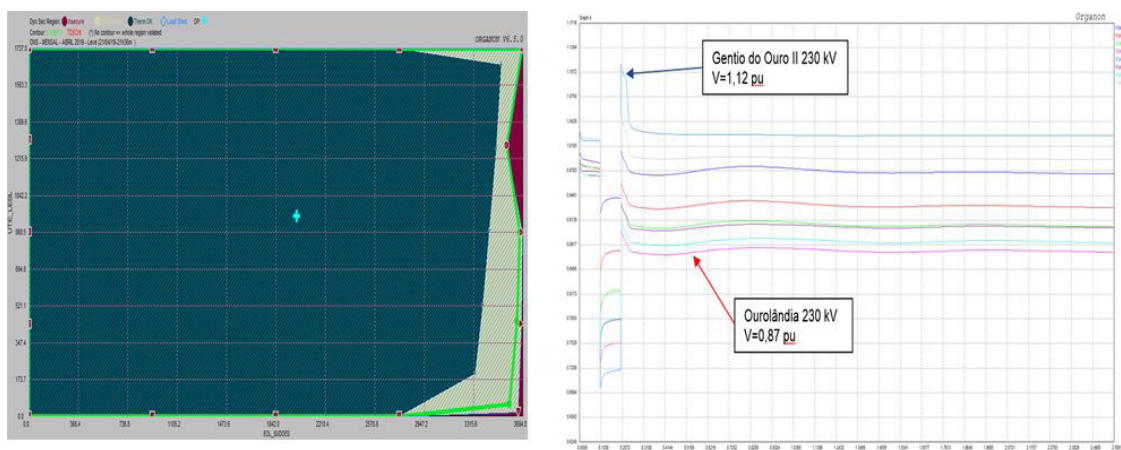


Figura 10 – RS: caso 2, modo (B) e a resposta dinâmica das tensões da região monitorada.

Outra análise realizada foi a da segurança do sistema do caso 2 (A) no período de carga média onde existe uma transição de extremos de geração, ver Figura 11, na qual pode-se observar que para gerações elevadas (eixo das abscissas) associadas a condição de intercâmbio baixo para o Nordeste há o esgotamento da rede no eixo analisado conduzindo este ao colapso. Para a condição de transição mencionada, traduzida na figura abaixo, pelo critério “*Security Limit*”, para a contingência da LT 500 kV Igaporã III – Ibicoara, também conduz a instabilidade e que por sua vez atinge o estado de colapso de tensão. O comportamento dinâmico das tensões deixa claro esta situação. Desta forma fica claro que a região oeste da Bahia convive com sérios problemas de suporte de reativo ao longo dos diversos patamares de carga o que torna complexo a sua operação. Isto indica a urgência da entrada das obras estruturantes indicadas pelo órgão de planejamento da expansão do setor elétrico.

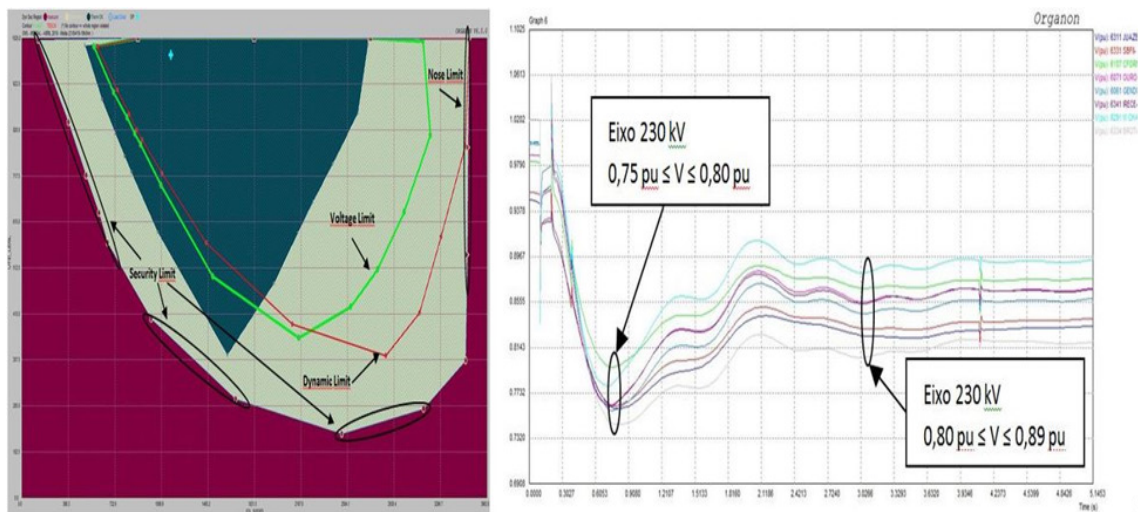


Figura 11 – RS: caso 2, modo (A), carga média.

6 | CONCLUSÃO

Pelo exposto observa-se que através do uso das regiões de segurança pode-se adquirir sensibilidade quanto as restrições operativas do sistema, dentre elas o impacto das gerações renováveis intermitentes na estabilidade de tensão e o efeito dos modos de controle que as mesmas possam disponibilizar para a regulação de tensão da rede na qual estão inseridas. Constata-se que o modo de controle de tensão terminal, modo (A), em relação ao modo de controle de fator de potência, modo (B), apresentou melhores resultados pelo fato de incrementar margem de estabilidade com o aumento do nível de tensão, suavizar as variações de tensão diante de contingências e possuir uma faixa operativa de potência reativa mais ampla para o controle da estabilidade porém aumentando as perdas de potência o que neste quesito o modo (B) reduz. Pode-se

verificar também a necessidade de expansão e/ou reforços na rede de modo a garantir o aumento da capacidade de transmissão e o adequado suporte de reativo ao sistema e que para ambos os caso de estudo apresentados as obras estruturantes de planejamento foram entregues a operação recentemente, no início do ano de 2020.

Conclui-se que um dos desafios da operação do sistema é o gerenciamento dos recursos de reativos das fontes intermitentes perante as variações destas ao longo das variações diárias de carga garantindo o desempenho necessário para a segurança do sistema e minimizando as condições operativas de instabilidades que possam surgir na ocorrência de perturbações.

REFERÊNCIAS

CAÑIZARES, C. A.; ALVARADO, F. L. **Point of Collapse and Continuation Methods for Large AC/DC systems**, 1993. IEEE - EUA.

CASTRO, A. C.; DA SILVA, L. C.; FONTANA, E. **Ferramenta Computacional para a Análise de Segurança de Redes Elétricas com Relação à Estabilidade de Tensão**. Programa de P&D da ANEEL/ CTEEP / UNICAMP - Brasil.

CHI, Y., LIU, Y., WANG, W., DAÍ, H. **Voltage stability analysis of Wind farm integration into transmission network**, *International Conference on Power System Technology*, 2006. IEEE – China.

FERREIRA, F. M. C., GASPAR, A. R., DE MELO FILHO, A. C. M., NETO, A. S., MENEZES, C. M. C., SOBRAL, F. R., DE MELO, K. C. V., VASCONCELOS, L. F. B., SOUTO, M. F., QUINTÃO, P. E. M. **Estudos e soluções para integração de usinas eólicas em redes fracas – experiência do planejamento da operação**, 2017. XXIV SNPTEE – Brasil.

HA, L. T., SAHA, T. K. **Investigation of power loss and voltage stability limits for large Wind farm connections to a sub-transmission network**. *Power Engineering Society General Meeting*, 2004. IEEE - EUA.

Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. “**Boletim Mensal de Geração Eólica**” – dez/2019, disponível em www.ons.org.br, acessado em 26 fev. 2020.

Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. “**Boletim Mensal de Geração Solar Fotovoltaica**” – dez/2019, disponível em www.ons.org.br, acessado em 26 fev. 2020.

Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. **Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão**. Procedimentos de Rede, Módulo 3, Submódulo 3.6, revisão 2.0, 2018. Brasil.

RAMOS, A. J. P., FILHO, J. S. V. N., VALENÇA, R. B., RAMOS J. B., DE SENA, D. J. G. **Desempenho comparativo de compensadores estáticos e STATCOM como recurso de controle para mitigar problemas de estabilidade de tensão em sistemas com elevados montantes de parques eólicos**, 2017. XXIV SNPTEE – Brasil.

ROY, N. K., POTA, H. R., HOSSAIN, M. J., CORNFORTH, D. **Impact of scig and dfig type Wind turbine on the stability of distribution networks: static and dynamics aspects**, 2012 11th *International Conference on Environment and Electrical Engineering*, IEEEIC Itália.

Santos, P.H.L., Neto, C.A., Chaves, S.B., Passaro, M.C., Monteath L., Santos, M.G. **Utilização de regiões de segurança em estudos de planejamento da ampliação de redes**, 2012. XII SEPOPE – Brasil.

ZHOU, F., JOOS, G., ABBEY, C. **Voltage stability in weak connection wind farms**. *Power Engineering Society General Meeting*, 2005. IEEE – EUA.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Automação 10, 64, 94, 120, 133, 165, 204, 216, 256

C

Compulsória 1, 12

Confiabilidade 2, 18, 43, 45, 47, 94, 95, 133, 163, 166, 167, 173, 176

E

Eficiência energética 10, 242, 243, 244, 250, 252

Energética 10, 1, 2, 3, 8, 13, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 58, 59, 242, 243, 244, 250, 252, 253

G

Geração 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57, 59, 61, 64, 67, 83, 166, 167, 168, 173, 177, 243, 256

Geração distribuída 28, 31, 42, 45, 166, 173, 177

Grau 1, 4, 5, 10, 30, 32, 65, 66, 137, 162, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 263

I

Ilhamento 149, 150, 161, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Impressão 3D 10, 204, 206

Intermitência 2, 8, 15, 16, 17, 31, 40, 43, 45, 47, 49, 50

J

Jateamento 204, 207, 212, 213, 217

M

Manta térmica 10, 242, 244, 246, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Máquina injetora 242, 245, 246, 251

Matriz de energia elétrica brasileira 8, 1, 2

N

Novas fontes 2, 43, 49

O

Oferta 1, 3, 8, 9, 10, 16, 29, 44, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 57, 59, 167, 255

P

Paraconsistente 10, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178

Pesquisa 7, 11, 6, 13, 37, 42, 44, 106, 120, 165, 204, 243, 244, 253, 254, 255, 256

Processamento 129, 130, 132, 133, 134, 137, 149, 150, 161, 163, 164, 165, 177, 243, 259, 261

Produtos 11, 44, 50, 206, 253, 254, 255, 256, 264, 265, 266

Proteção 9, 24, 29, 30, 34, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 166, 167, 172, 177, 231, 241, 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

Proteção térmica 242, 244, 246, 248, 250, 251, 252

R

Rede neural 166, 169, 173, 175, 176, 219, 220, 223, 224

Regularização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 220, 225

Relé inteligente 10, 166, 168, 169, 171, 174, 175

S

Sazonalidade 1, 2, 5, 8, 9, 10, 29

Segurança 8, 5, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 59, 88, 91, 92, 93, 94, 138, 166, 167, 171, 217, 231, 246

Sinais 11, 121, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 148, 149, 150, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 172, 174, 175, 214, 245

Supermercado 11, 254, 255, 256, 268

T

Térmica 10, 1, 4, 8, 10, 11, 12, 21, 23, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 206, 230, 231, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253

Transformada de Fourier 149, 152

Transformada fracional de Fourier 9, 148, 149, 150, 157, 159, 161, 165

 **Atena**
Editora

2 0 2 0