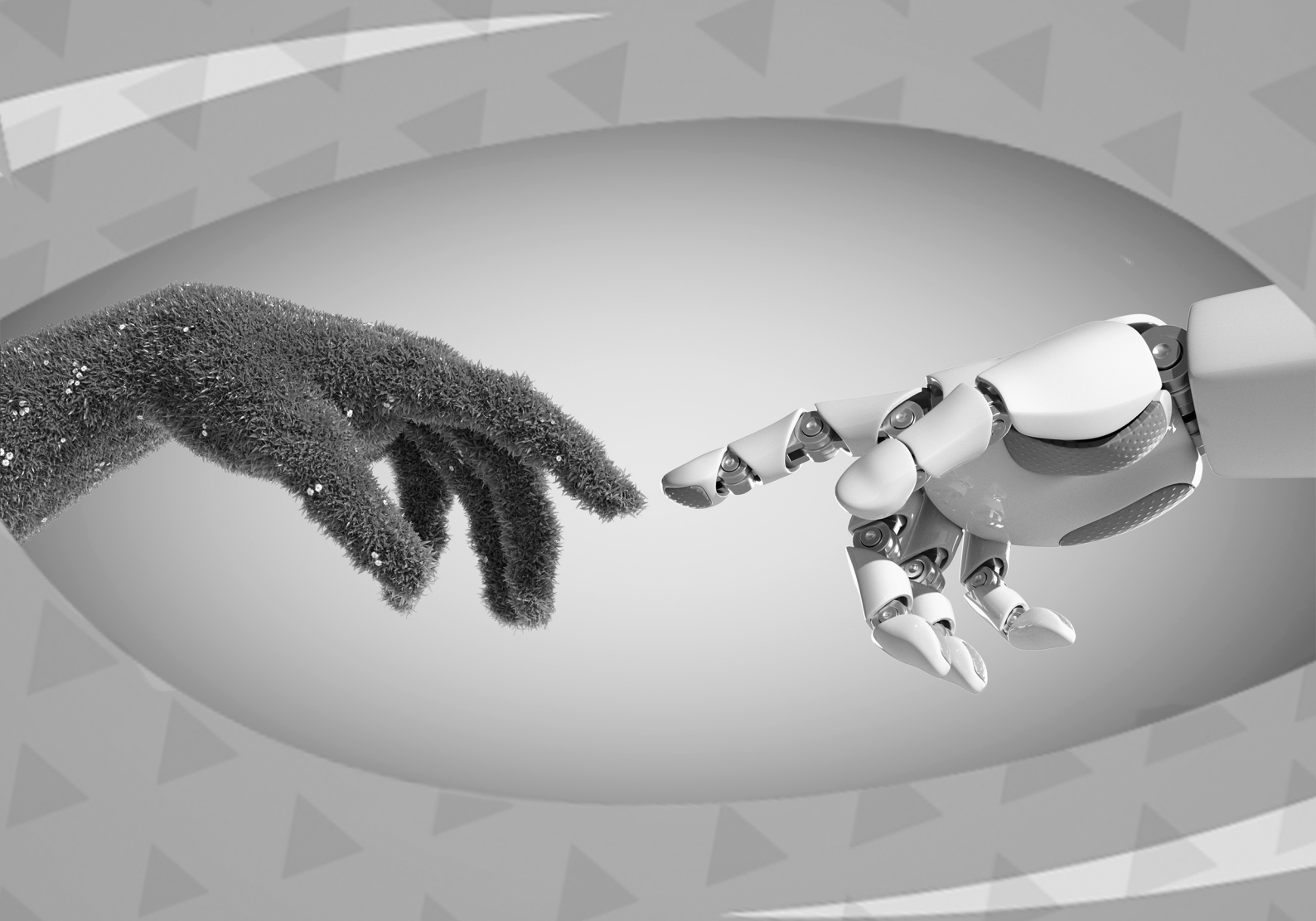


**Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio
(Organizadores)**



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5

**Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio
(Organizadores)**



As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5

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: Lorena Prestes

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 Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

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>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 5 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Leonardo Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-087-2 DOI 10.22533/at.ed.872200806</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Tullio, Leonardo.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 5” contempla vinte e um capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

Pesquisas na área de engenharia elétrica trazem informações sobre transmissão, geração de energia, bem como, pesquisas visando a sustentabilidade e eficiência energética.

São apresentados trabalhos referentes a robótica, demonstrando estudos sobre ferramentas que visam a construção de equipamentos que auxiliam as pessoas a executar determinadas atividades de forma autônoma.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre suas propriedades, o que permite a utilização em diversas áreas.

Estudos sobre urbanização, influência do vento na estrutura de edificações, conforto térmico e saneamento também são objetos desta obra.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que a sociedade vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade do meio ambiente e economia. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II	
Emmanuel Moura Reis Santos Edson Guedes da Costa Luiz Antônio Magnata	
DOI 10.22533/at.ed.8722008061	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO DO MODELO DE EXPANSÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ADOTADO NO BRASIL DESAFIOS E OPORTUNIDADES DE APRIMORAMENTO	
João Carlos de Oliveira Mello Evelina Maria de Almeida Neves Dalton Oliveira Camponês do Brasil Eduardo Nery Thais Prandini	
DOI 10.22533/at.ed.8722008062	
CAPÍTULO 3	23
MEDIÇÕES DE CAMPO ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES DE CORRENTE CONTÍNUA – DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ATENDIMENTO AOS LIMITES DEFINIDOS PELA ANEEL	
Athanasio Mpalantinos Neto Carlos Ruy Nunez Barbosa Luís Adriano de Melo Cabral Domingues Paulo Roberto Gonçalves de Oliveira Rafael Monteiro da Cruz Silva Júlio César A. de Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.8722008063	
CAPÍTULO 4	35
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO NO VIÉS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DOS PLANOS ENERGÉTICOS REFERENCIAIS DO SETOR ELÉTRICO DAS NAÇÕES	
Flavio Minoru Maruyama Andre Luiz Veiga Gimenes Luiz Claudio Ribeiro Galvão Miguel Edgar Morales Udaeta	
DOI 10.22533/at.ed.8722008064	
CAPÍTULO 5	49
CONSTRUÇÃO DE TURBINA DE TESLA E VALIDAÇÃO DE MODELO TEÓRICO	
Lucas Vinicius Capistrano de Souza Leonardo Haerter dos Santos Jader Flores Schmidt Moises da Silva Pereira Agnaldo Rosso	
DOI 10.22533/at.ed.8722008065	

CAPÍTULO 6 64

DIMINUIÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM A SUBSTITUIÇÃO DE BATERIAS POR SUPERCAPACITORES

Lourival Lippmann Junior
Rafael Wagner
Carlos Ademar Purim
Francisco José Rocha de Santana

DOI 10.22533/at.ed.8722008066

CAPÍTULO 7 75

O FUTURO DAS TÉRMICAS NA MATRIZ BRASILEIRA – PRÁTICAS E FUNDAMENTOS

João Carlos de Oliveira Mello
Thaís Melega Prandini
Marcelo Ajzen
Xisto Viera Filho
Edmundo Pochman da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8722008067

CAPÍTULO 8 88

UMA VISÃO DE MERCADO NA GESTÃO DE RISCOS DE CONSUMIDORES ELETROINTENSIVOS - MELHORES PRÁTICAS

João Carlos de Oliveira Mello
Camila Câmara Lourenço
Rodrigo Viana
Rogério Catarinacho
Nicolas Jardin Jr

DOI 10.22533/at.ed.8722008068

CAPÍTULO 9 101

CONTROLE SIMPLES E ROBUSTO PARA MANIPULADORES ROBÓTICOS ATRAVÉS DO MOVEIT

Kaike Wesley Reis
Rebeca Tourinho Lima
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.8722008069

CAPÍTULO 10 109

DOOGIE MOUSE: UMA PLATAFORMA OPEN SOURCE PARA APLICAÇÃO DE ALGORITMOS INICIAIS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM ROBÓTICA MÓVEL

Caio Alves Amaral
Mateus dos Santos Meneses
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.87220080610

CAPÍTULO 11 118

SEISMIC IMAGING USING FPGA APPLIED FOR REVERSE TIME MIGRATION

Joaquim Ranyere Santana de Oliveira
João Carlos Nunes Bittencourt
Deusdete Miranda Matos Junior
Anderson Amorim do Nascimento
Laue Rami Souza Costa de Jesus
Georgina Gonzalez Rojas
Rodrigo Carvalho Tutu
Wagner Luiz Alves de Oliveira
Silvano Moreira Junior

DOI 10.22533/at.ed.87220080611

CAPÍTULO 12 127

LOCALIZAÇÃO DE ROBÔS MÓVEIS EM AMBIENTE INTERNOS USANDO MARCOS FIDUCIAIS

Gabriel da Silva Santos
Etevaldo Andrade Cardoso Neto
Marco Antonio dos Reis

DOI 10.22533/at.ed.87220080612

CAPÍTULO 13 136

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE AMIDO COMO ADITIVO A LUBRIFICANTES

Matheus Gonçalves Leão de Oliveira
Pollyana Grazielle Luz da Rocha
Paulo Vitor França Lemos
Denilson de Jesus Assis
Adelson Ribeiro de Almeida Júnior
Jania Betânia Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87220080613

CAPÍTULO 14 146

UTILIZAÇÃO DE COATINGS DE QUITOSANA NA CONSERVAÇÃO DE TOMATES (*Solanum lycopersicum*)

Luciano Pighinelli
Anderson Rockenbach
Pamela Persson
Renata Cardoso Pospichil

DOI 10.22533/at.ed.87220080614

CAPÍTULO 15 156

ANÁLISE METALOGRAFICA DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO AISI 1050 USADO NA HASTE DE DIREÇÃO DE UMA MÁQUINA AGRÍCOLA DA SÉRIE 8R

Vagner dos Anjos Costa
Fábio Santos de Oliveira
Sílvio Leonardo Valença
Gabriela Oliveira Valença
Paulo Henrique de Souza Viana
João Vítor Chaves Cordeiro

DOI 10.22533/at.ed.87220080615

CAPÍTULO 16	165
EFICIÊNCIA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM UMA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE	
Petronio Silva de Oliveira José Laécio de Moraes Francisco Evanildo Simão da Silva Francisco Thiciano Rodrigues de Assis Edyeleen Mascarenhas de Lima Anderson Lima dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.87220080616	
CAPÍTULO 17	176
ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO LUCAIA, SALVADOR-BA	
José Orlando Oliveira Moura Júnior Nicole Caroline B. Santos Xavier Thayna Santana de Lima Alexandre Boleira Lopo	
DOI 10.22533/at.ed.87220080617	
CAPÍTULO 18	182
QUALIDADES DO URBANO	
Franklin Soldati	
DOI 10.22533/at.ed.87220080618	
CAPÍTULO 19	199
ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE CONFORTO TÉRMICO E DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UNIDADE DE SAÚDE	
Gabriela Regina Rosa Galiassi Ana Clara Alves Justi Gabriel Henrique Justi Maribel Valverde Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.87220080619	
CAPÍTULO 20	215
ANÁLISE DE VIBRAÇÕES INDUZIDAS PELO VENTO EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	
Neilton dos Santos Seguins Costa Vilson Souza Pereira Dalmo Inácio Galdez Costa Paulo César de Oliveira Queiroz	
DOI 10.22533/at.ed.87220080620	
CAPÍTULO 21	226
TRANSPORTE DE CROMO (CR ⁺³) E NÍQUEL (NI ⁺²) EM CAMADA DE SOLO COMPACTADA	
Leonardo Ramos da Silveira Newton Moreira de Souza André Luis Brasil Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.87220080621	
SOBRE OS ORGANIZADORES	241
ÍNDICE REMISSIVO	242

A EXPERIENCIA DA CHESF NA REPOTENCIAÇÃO DAS UNIDADES GERADORAS DA HIDRELÉTRICA PAULO AFONSO II

Data de aceite: 02/06/2020

Emmanuel Moura Reis Santos
CHESF/UFCG BRASIL

Edson Guedes da Costa
UFCG BRASIL

Luiz Antônio Magnata
UFPE BRASIL

RESUMO: *A repotenciação é uma prática que visa estender a vida útil de hidrogeradores, ao mesmo tempo, que procura resgatar a confiabilidade da usina, com maior potência. O presente trabalho foi desenvolvido a partir do estudo de caso, na qual será apresentada a metodologia aplicada na repotenciação das unidades geradoras 01 e 02 da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso II, onde componentes como: bobinas polares, núcleo do estator e enrolamento estatórico, que possuíam isolamento à base de resina asfáltica, de classe B e com vida útil superada, foram substituídos por materiais com nova tecnologia, possibilitando condições mais severas de operação, aumentando a confiabilidade e elevando a sua capacidade de geração.*

Foi realizado um estudo dos processos que o fabricante realizou em fábrica e na

montagem dos hidrogeradores, abordando as melhorias do novo projeto e relatando os benefícios de cada processo.

A repotenciação foi a solução ideal, pois proporcionou maior confiabilidade, aumento da disponibilidade das unidades geradoras e o aumento da produção de energia elétrica com melhor eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: Repotenciação, Hidrelétrica Paulo Afonso II, Gerador.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, em relação a geração de energia elétrica no Brasil, todos os cálculos apontam para a necessidade de investimentos vultosos dirigidos ao atendimento do crescimento da demanda no país. A CHESF, por necessidade imperiosa devido as várias ocorrências e objetivando manter a disponibilidade que sistema elétrico requer, decidiu repotenciar as unidades geradoras de PAII, mudando a classe de isolamento B para a classe F de acordo com o estado atual da arte. O incremento de potência para cada gerador foi de 13,5 MVA.

2 | MOTIVAÇÃO

As freqüentes ocorrências, o fim do

sobressalente de barras estatóricas aliado com o tempo de operação das unidades geradoras Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso II (início de operação 1961) foram os principais pontos que levaram a CHESF a modernizar tais unidades.

3 | REPOTENCIAÇÃO

3.1 Gerador

As unidades 01 e 02 da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso II apresentavam as seguintes características técnicas :

✓ Fabricante :	HITACHI	ALSTOM
✓ Potencia Nominal continua :	69,52 MVA	83 MVA
✓ Fator de Potência Nominal	0,95	0,95
✓ Tensão Nominal :	13,8 kV	13,8 kV
✓ Frequência Nominal :	60 Hz	60 Hz
✓ Número de pólos :	36	36
✓ Velocidade de rotação nominal :	200 rpm	200 rpm
✓ Corrente nominal :	2910 A	3473 A
✓ Regime de operação :	Contínuo	Contínuo
✓ Numero de fase :	3	3
✓ Numero de ranhuras :	378	378
✓ Tipo de enrolamento :	Imbricado	Imbricado
✓ Classe de isolamento do estator:	B	F

3.2 Enrolamento estatórico

Os geradores 01G1 e 01G2 apresentaram um histórico de ocorrências, envolvendo curtos-circuitos fase-terra no enrolamento do estator. No caso do gerador 01G1 foram registradas sete ocorrências entre 11/01/1974 e 15/07/2006, sendo que, nesta última ocorrência, houve curto-circuito fase-terra. No caso do gerador 01G2 registraram-se três curtos-circuitos fase-terra no período entre 29/12/1994 e 15/07/2005. Os resultados das inspeções nesses geradores mostraram que o enrolamento estatórico apresentava elevado nível de descargas parciais, atribuído à ultrapassada tecnologia de fabricação da isolação.

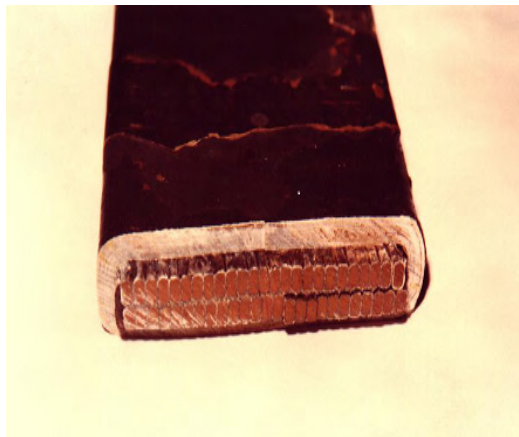


Fig. 1 – Folga entre isolamento e o cobre da barra

A repotenciação do enrolamento estatórico foi determinada pela melhor qualidade da isolação elevando a classe de isolamento térmica de B para F.

A isolação térmica classe F usada nas barras estatórica dos geradores 01 e 02 de Paulo Afonso II é do tipo Micadur. O sistema de isolação Micadur utiliza fitas de tecido de vidro com mica e resina sintética à base de epóxi e poliéster, impregnada a vácuo, a qual apresenta uma rigidez dielétrica de 3 kV/mm, baixas perdas dielétricas e um melhor condutibilidade térmica comparada com isolação térmica classe B.

O enrolamento estatórico é constituído por duas barras, superior e inferior, as quais são formadas por vários condutores, isolados entre si, e transpostos usando tecnologia **ROEBEL**.

O aumento da potência não deve ser creditado apenas ao emprego de materias tecnologicamente superiores, porque melhorias aplicadas ao sistema de ventilação proporcionaram esse adicional e uma redução da ordem de 19% na secção trasversal das barras do enrolamento do estator.

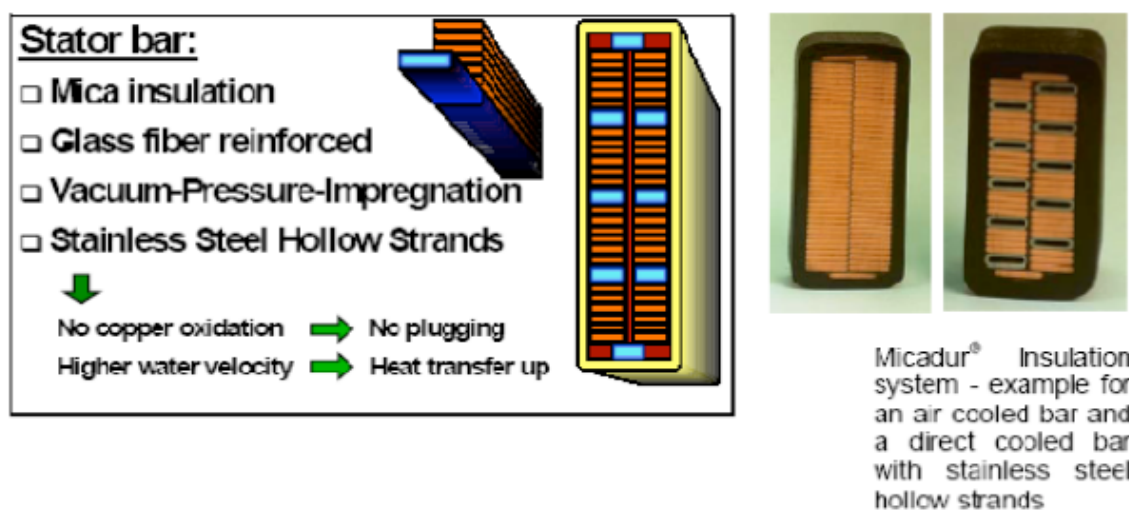


Fig. 2 – Sistema de Isolação Micadur

O projeto de cunhagem das ranhuras do núcleo utilizou cunhas planas, abaixo das quais se encontram calços de enchimento e mola (ripple spring). As barras foram pressionadas evitando movimentos indevidos e o afrouxamento das cunhas, mitigando o risco de ocorrer movimento radial das barras devido as forças de repulsão e atração que ocorrem quando a corrente circula nas barras. Pois quando as barras são de fases diferentes, em alguns ciclos ocorrem que as correntes estão em direção opostas, e se repelem. Em outros, se atraem por estarem na mesma direção.

Estas forças causariam vibrações, e conseqüentemente, poderiam causar desgaste do sistema de proteção anticorona da barra na região interna à ranhura. Este desgaste pode causar descargas parciais, que prejudica a isolamento, reduzindo significativamente a vida remanescente das barras. O sistema de fixação está ilustrado a seguir:

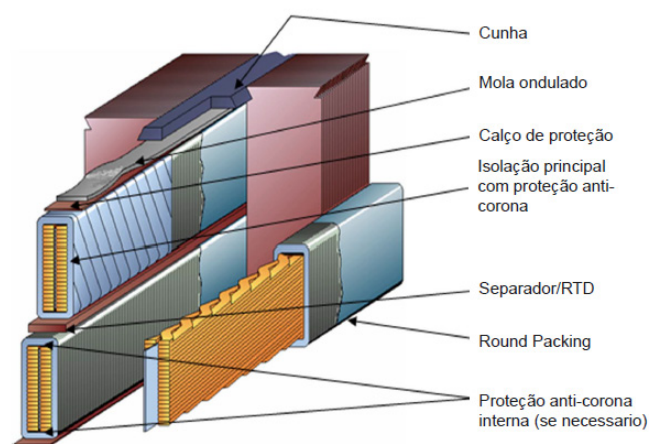
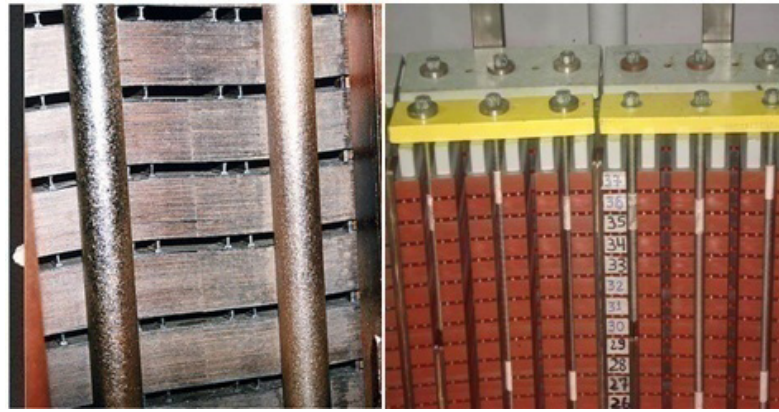


Fig. 3 – Sistema de embutimento das barras do estator

3.3 Núcleo do estator

O antigo núcleo da unidade geradora possuía um sistema de aperto ineficiente. Os tirantes eram soldados às prateleiras da carcaça e não funcionavam no sentido exato da palavra, pois o ideal é que os tirantes não tenham vínculo a carcaça, sofrendo alongamento quando tensionados e funcionando como uma mola para aperto do núcleo. Na concepção anterior, o aperto só era dado pela pressão das placas de aperto, dificultando a compactação das chapas do núcleo. Existiam consideráveis ondulações e folgas nas lâminas do núcleo, como podemos observar na Figura 4. A causa deste fenômeno era a impossibilidade da expansão radial da carcaça. O aquecimento do núcleo provocava uma dilatação do estator, pois a carcaça não era rígida o suficiente de forma que impedisse esta expansão, o aumento do diâmetro do núcleo provocado pelo aquecimento se transformou em ondulações e folgas.



(a)

(b)

Fig. 4 – (a) Núcleo estátórico antigo. (b) Núcleo estátórico novo.

O núcleo substituído foi fabricado com chapa de silício, de grão não orientados, laminado a frio, com revestimento em verniz isolado eletricamente em ambos os lados, com perda máxima de 1,35 W/Kg a 1 T, 60Hz. O novo núcleo estátórico considerou os raios externo e interno e dimensões de ranhura para acomodação do novo enrolamento, além de melhorar consideravelmente as condições operacionais do gerador.

Para evitar a flambagem do núcleo foram previstas algumas medidas para prevenir o surgimento deste fenômeno, como a mudança dos dutos de ventilação, melhorando a área de contato entre o ar de refrigeração e o núcleo estátórico, e a otimização do sistema de prensagem das chapas do núcleo.

No processo de montagem do novo núcleo, o empilhamento das chapas foi de forma contínua, garantindo uma maior rigidez e eficácia na montagem do conjunto de chapas, evitando problemas de ondulação. O máximo cuidado foi tomado para prevenir a formação de curtos-circuitos entre lâminas, que poderiam gerar sobreaquecimentos localizados. Durante a montagem na obra, as lâminas foram posicionadas e guiadas pelas cunhas “rabo de andorinha” instalados na carcaça. Estas são previamente posicionadas precisamente sobre o diâmetro interno da carcaça, garantindo a verticalidade do núcleo.

A prensagem do núcleo foi garantida pelo aperto das molas-prato, das placas de prensagem e dos dedos de pressão, através dos tirantes de aperto, que atravessam todo o núcleo e foram projetados de modo a manter o núcleo em estado compacto durante o funcionamento da máquina.

Os dedos de pressão, de material anti-magnético, transferem a pressão de aperto das placas de pressão para os dentes dos pacotes de chapa siliciosa. Assim se assegura que não haja vibrações nos dentes. A Figura 5 apresenta uma ilustração do sistema de prensagem mencionado.

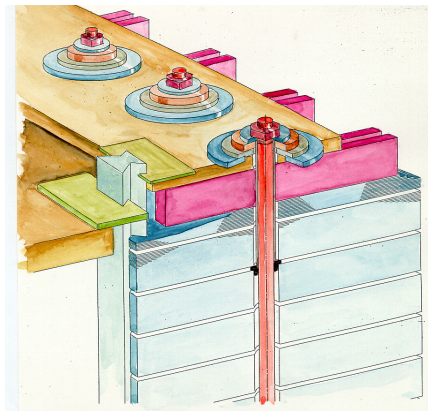


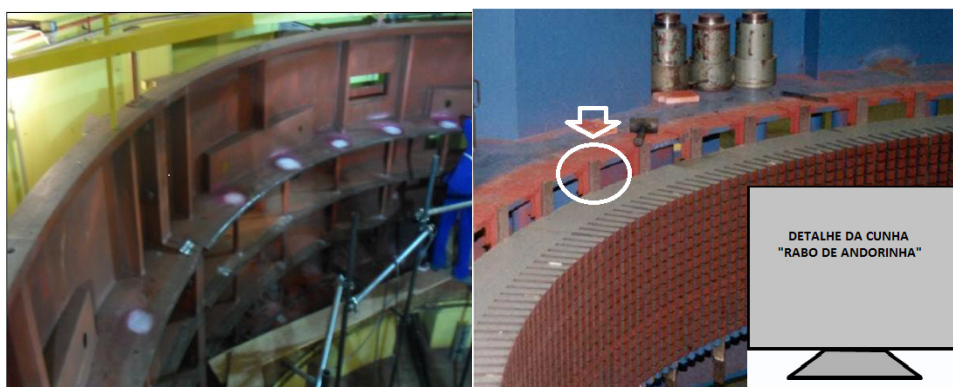
Fig. 5 – Sistema de prensagem do núcleo do estator.

O sistema empregado possibilita independência no sentido axial e, portanto permitirá novos reapertos caso os pacotes de chapas se afrouxem durante a operação da máquina. Este sistema distribui melhor a pressão, resultando um baixo custo de manutenção.

3.4 Carcaça

Na antiga carcaça, os tirantes eram soldados as prateleiras, não funcionando adequadamente. As placas de pressão não conseguiam transmitir a pressão adequada em toda a superfície do núcleo e o reaperto pelo lado inferior do gerador não era possível, pois as porcas eram travadas por meio de soldas nas faces da carcaça. O problema de fixação se agravava com a ventilação ineficiente. O aquecimento do núcleo provocava uma força radial que tendia a expandir, e como o sistema de fixação não funcionava adequadamente e o núcleo estava frouxo, surgiram inevitavelmente ondulações nas lâminas.

A etapa de adequação da carcaça para acoplamento do novo núcleo foi executada com certo nível de dificuldade, principalmente por causa de problemas de nivelamento de alguns itens fabricados diferentemente do projeto original. Esta etapa foi, basicamente, composta da liberação dos pinos de fixação da carcaça com o piso de concreto e seu nivelamento, retirada das chapas de fixação dos tirantes originais para instalação de novos, centragem da carcaça e fixação das novas chapas de suporte das cunhas “rabo de andorinha”, para fixação dos pacotes de chapas do novo núcleo. Como pode-se observar na Figura 6.



(a)

(b)

Fig. 6 – (a) Adequação da carcaça do estator. (b) Cunha rabo de andorinha.

Realizada a adequação e nivelamento de novas placas de pressão e seus respectivos dedos de aperto. Foram também efetuadas aberturas de novas janelas (aberturas) de ventilação na carcaça, melhorando o resfriamento do núcleo e das cabeças de bobinas do novo projeto do enrolamento.

Ao observar a Figura 7, é possível verificar as diferenças entre os sistemas de prensagem e o acoplamento à carcaça.

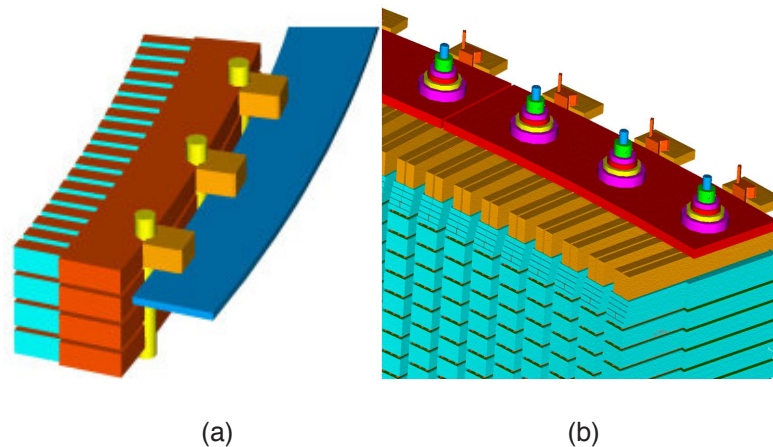


Fig. 7 – (a) Sistema de prensagem do núcleo antigo. (b) Sistema de prensagem do núcleo novo.

Antes do empilhamento das novas chapas, foram executadas medições visando à centralização da carcaça e a verificação da posição correta das barras “rabo de andorinha” de apoio do núcleo, isto é, a verificação de espaçamento nos sentidos radial, circunferencial e vertical. Onde foram verificados a centralização e nivelamento dos eixos da turbina e corrigidos. No novo sistema de prensagem com tirantes pré-tensionados passantes pelo núcleo, a pressão é exercida apenas no núcleo, e assim, sem reação sobre a carcaça. Como pode-se observar na Figura 8.

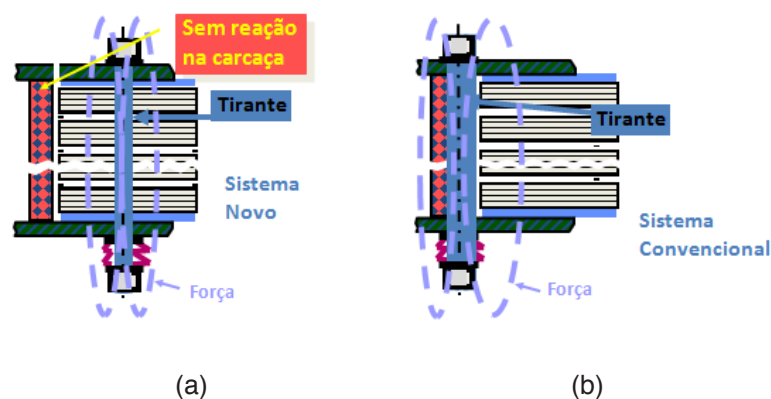


Fig. 8 – (a) Pressão exercida no núcleo antigo. (b) Pressão exercida no núcleo novo.

3.5 Pólos do rotor

O antigo núcleo estático da unidade geradora 01G1 era fortemente agredido nas suas extremidades pelo fluxo de borda (fluxo na direção axial), em função do comprimento dos pólos do rotor possuir uma dimensão vertical maior do que a altura do núcleo do estator em 110 mm.

Nestas circunstâncias, um valor elevado de perdas elétricas era gerado nos pacotes de chapas extremos do núcleo, as quais elevavam demasiadamente a temperatura de trabalho dos mesmos.

Além da elevação da temperatura de trabalho, que atingia mais de 121 °C de acordo com as medições efetuadas, o fluxo axial também propiciava o aparecimento de elevadas forças entre as lâminas componentes destes pacotes, as quais variavam ciclicamente, gerando fortes vibrações.

Estes valores de temperatura, associados à elevada vibração, provocaram um desgaste prematuro das lâminas, deteriorando-as, causando sérios riscos das mesmas fragmentarem e atingirem as barras estáticas.

Considerando as recomendações da Proposta de Normatização IEEE Std. 1147-1991, foi feito o diagnóstico das bobinas polares que possui isolação entre espira classe B.

Quando da especificação dos serviços de repotenciação, muito se discutiu à respeito da necessidade ou não, de se alterar a classe de isolamento do rotor dos dois geradores de B para F. Após ensaios de aquecimento e estudo sobre o incremento da temperatura do rotor, concluiu-se pela manutenção da classe de isolamento existente. No ensaio de comissionamento final pode-se constatar efetivamente que a classe B atendia, com folga, as elevações de temperatura do novo regime de operação da máquina.

4 | RESULTADOS OBTIDOS

Com o passar dos anos, a confiabilidade e disponibilidade das unidades geradoras da Usina de Paulo Afonso II estava diminuindo, devido ao envelhecimento do isolamento das bobinas estáticas e das bobinas polares, e a deformação e afrouxamento do núcleo do estator. Aumentando os custos de manutenção e os índices de falhas graves com possibilidade de perda do equipamento.

Foi necessário realizar uma repotenciação nas unidades geradoras, onde os enrolamentos estáticos antigos à base de mica asfáltica, com classe de isolação B, foram substituídos por fitas de mica reforçadas com fibra de vidro e aglutinadas com resina sintética à base de epóxi e poliéster, de classe F. O sistema de isolação, assim constituído, apresenta rigidez dielétrica de 3 kV/mm, baixas perdas dielétricas e o dobro do coeficiente de condutibilidade térmica em relação aos antigos materiais asfálticos que eram utilizados. E com uma camada de espessura de isolamento mais fina que a anterior, possibilitando aumentar a seção de cobre do enrolamento, conseqüentemente a densidade de corrente. Com isso, a capacidade de circulação de corrente foi aumentada, permitindo o aumento da

capacidade de transferência de potência, sem exceder os limites térmicos do enrolamento. Esse foi o ponto mais significativo para o aumento de potência de máquinas.

Com a substituição do material da isolamento, a elevação máxima de temperatura do enrolamento estatórico, acima da temperatura máxima de 40°C do ar de resfriamento na saída dos radiadores, passou para 90 °C, para toda faixa operativa do gerador.

O sistema empregado para inserção das barras nas ranhuras do núcleo do estator assegurou um embutimento perfeito com folga tendendo a zero, mesmo considerando-se variações dimensionais da barra ou da ranhura. Aumentando o coeficiente de transmissão de calor, minimizando a possibilidade de criação de descargas parciais entre o núcleo do estator e as barras e eliminando a possibilidade de calços saindo da ranhura mesmo após anos de operação.

Porém outros fatores ajudaram na repotenciação, como os processos desenvolvidos no núcleo e nos pólos do rotor.

O novo núcleo estatórico considerou os raios externo e interno e dimensões de ranhura para acomodação do novo enrolamento, além de melhorar consideravelmente as condições operacionais do gerador.

Com o propósito de transmitir os esforços radiais e tangenciais provenientes da dilatação térmica, o núcleo e as placas de pressão foram ligados por meio de tirantes verticais. Este novo sistema de prensagem mantém o estator dentro de suas condições concêntricas e cilíndricas e, ao mesmo tempo, permite resistir ao torque nominal e a esforços provenientes de falhas elétricas. O núcleo do estator foi fixado à carcaça por meio de cunhas tipo rabo de andorinha e guias da cunha, os quais transmitem os esforços tangenciais e radiais do núcleo à carcaça do estator. O sistema empregado possibilita independência no sentido axial e, portanto, permitirá novos reapertos caso os pacotes de chapas se afrouxem durante a operação da máquina.

As novas bobinas polares receberam novos isolamentos de resina entre si, classe F, substituindo a isolamento antiga de classe B. E as bordas externas das espiras tiveram os perfis estreitados, formando assim uma espécie de aleta de resfriamento, melhorando a dissipação do calor. Com a substituição do material da isolamento, a elevação máxima de temperatura do enrolamento do rotor, acima da temperatura máxima de 40°C do ar de resfriamento na saída dos radiadores, passou para 95 °C.

Após a repotenciação tornou o gerador preparado para potência nominal de 83 MVA (uma repotenciação de 19% em relação à potência original de 69,52 MVA), com classe de isolamento F e elevou seus limites operacionais.

5 | CONCLUSÃO

Foram apresentadas as definições e as principais diretrizes da repotenciação das unidades geradoras da Usina de Paulo Afonso II, onde se obteve um ganho de 19% de potência sem interferência na parte civil e com um aumento de vida útil estimada em 40 anos. Dentro deste contexto, foi dada ênfase para os principais equipamentos envolvidos na

repotenciação: núcleo do estator, enrolamento estatórico e pólos do rotor. Com a troca de componentes, foi possível introduzir novas técnicas de engenharia no reprojeto do gerador, com a garantia de se obter a mesma disponibilidade, aumento de sua expectativa de vida e redução dos custos de manutenção. Trazendo-os para uma situação compatível com o atual estado da arte da tecnologia de geração de energia hidrelétrica.

A utilização de isolamentos mais eficientes e das ligas mais leves, dos aços siliciosos de baixas perdas, tornaram proveitosa as substituições das partes vulneráveis do equipamento por componentes portadores de uma suportabilidade e de uma perspectiva de vida bem superiores. Benefícios de segurança e confiabilidade do abastecimento de energia elétrica foram conseguidos através desta repotenciação. Com a vantagem de não oferecer impactos ecológicos e com um tempo de implantação muito inferior ao da construção de uma nova UHE, além das vantagens econômicas.

Assim, pode-se afirmar que a repotenciação de usinas hidrelétricas surge como uma importante alternativa para se obter ganhos de potência, tornando o empreendimento mais atrativo aos investidores e à sociedade.

REFERÊNCIAS

[1] W. Morgante, T. Kunz, M. Uemori, “Repotenciação da Usina de Elevação de Racoon Mountain (USA)”, XVIII SNPTEE-2005.

[2] F. Sá, “Repotenciação de Hidrogeradores: Uma proposta de metodologia de análise e implantação”, ABB Power Generator.

[3] T. Kunz, “Technical Training on Hydro Generators – Hydro Generator Technology Center”, HGT, Birr, 2001.

[4] M. Uemori, P. Oda, J. Beffa, F. Sá, “Reabilitação, Modernização e Futura Repotenciação das Máquinas de Ilha Solteira”, XVIII SNPTEE-2005.

ÍNDICE REMISSIVO

B

Biopolímeros 137, 146, 147

C

Coatings 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Coefficiente de atrito 136, 137, 141, 144

Cogeração 50, 51, 90

Competitividade 77, 78, 81, 85, 86, 88, 94, 99

Computação verde 119

D

Desenvolvimento sustentável 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 168

Desperdício 146, 147, 167

E

Efluente líquido 165, 174

Energia 9, 1, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 35, 38, 39, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 114, 119, 167, 217, 230, 231

Expansão da geração 15, 18, 75, 76, 85

F

FPGA 12, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126

G

Galvanoplastia 165, 166, 167, 168, 175

Geração 9, 1, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 49, 50, 51, 60, 62, 69, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 167, 168, 184, 188

Gerador 1, 2, 5, 6, 9, 10, 47, 58, 76

H

Hidrelétrica 1, 10, 79

I

Inteligência artificial 109, 110, 113

L

Leilões de transmissão 11, 15, 16, 17, 19, 21

Localização 12, 17, 30, 85, 87, 113, 127, 128, 127, 128, 133, 134, 171, 178, 202

M

Manipulador-H 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

Manutenção 6, 8, 10, 12, 21, 41, 51, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 76, 152, 158, 167, 185, 188, 189, 192
Marcos fiduciais 127, 128, 129, 134
Melhores práticas 77, 88, 89, 91, 100
Mercado Livre 88, 99, 100
Metalografia 156, 158, 159, 160
Micromouse 109, 110, 111, 113, 166, 117
Microscopia óptica 156
Migração Sísmica 119
Movelt 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108

N

Nanolubrificante 136, 139, 141
Nanopartículas de amido 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144

O

Open source 109, 110, 129
Oportunidades 11, 13, 75, 88, 90, 95, 97, 134, 187

P

PIR 35, 36, 37, 46, 47, 48
Planejamento energético 35, 36, 38, 44, 46, 47, 48
Project Finance 11

Q

Qitosana 146, 147, 148, 149, 150, 152

R

Rendimento 49, 50, 52, 53, 58, 60, 61
Repotenciação 1, 3, 8, 9, 10
Risco 4, 15, 51, 67, 76, 79, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 95, 97, 99, 228
Robótica 9, 101, 102, 103, 107, 109, 110, 111, 112, 117, 127, 128, 135
Robótica móvel 110, 109, 128
ROS 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 129
RTM 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125

S

Setor elétrico 11, 13, 15, 22, 24, 29, 35, 36, 41, 45, 47, 75, 76, 77, 85, 98, 99
Simulação 17, 25, 34, 93, 94, 95, 96, 104, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 127, 129, 130, 132, 216, 226
Smart Grid 64, 70
Supercapacitor 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
Supercomputação 119
Sustentabilidade 9, 64, 99

T

Taxa de desgaste 136, 139, 143, 144

Térmicas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 96, 209, 214

Tratamento 38, 128, 158, 156, 160, 163, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 180, 229

Turbina de Tesla 49, 50, 51, 52, 60, 62

 **Atena**
Editora

2 0 2 0