



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

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

Projeto, análise e otimização na área das engenharias

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /
Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER

Rafael Jacinto dos Santos
Guilherme Henrique Ferreira Neves
Luiz Felipe Costa Rosa
Washington Junio Ferreira Resende

DOI 10.22533/at.ed.9662106011

CAPÍTULO 2..... 8

ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H

Kennedy Ricardo da Silva
Abinadabe Silva Andrade

DOI 10.22533/at.ed.9662106012

CAPÍTULO 3..... 20

VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL

Bruno Sousa de Castro
Antonio Manoel Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.9662106013

CAPÍTULO 4..... 34

PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER

Rafael Ferreira da Silva
Welton Abreu Rosa
Luciana Paro Scarin Freitas
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese
Grégori da Cruz Balestra

DOI 10.22533/at.ed.9662106014

CAPÍTULO 5..... 40

DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES

Adalberto Gomes de Miranda
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra
Adailza Aparício de Miranda
Steven Frederick Durrant
José Costa de Macêdo Neto
Adailson Aparício de Miranda

DOI 10.22533/at.ed.9662106015

CAPÍTULO 6..... 56

ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM

CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.9662106016

CAPÍTULO 7..... 70

ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS

Erich Potrich
Larissa Souza Amaral

DOI 10.22533/at.ed.9662106017

CAPÍTULO 8..... 78

PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS

Gabriel Brandão Santos
Gleudson Silva Figueiredo
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

DOI 10.22533/at.ed.9662106018

CAPÍTULO 9..... 93

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM

Diogo Antonio Correa Gomes
Eduardo Hélio de Novais Miranda
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira
Mariane Duarte Resende
Thaiane Oliveira Marcelino

DOI 10.22533/at.ed.9662106019

CAPÍTULO 10..... 100

PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho
Diógenes Linard Aquino Freitas
Eduardo Ataíde de Oliveira
Jardielson José da Costa Almeida
Lucas Filipe de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.96621060110

CAPÍTULO 11..... 113

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER

Bruno Almeida Miranda Silva
Vitor Alves Pimenta
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

CAPÍTULO 12..... 124

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira
Amir Zacarias Mesquita
Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

CAPÍTULO 13..... 131

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos
Rodrigo Sabino Pereira
Francisco Carlos Lima de Souza
Keteri Poliane Moraes de Oliveira
Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

CAPÍTULO 14..... 144

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos
Zildete Rocha
Paulo Cruz
Vandir de Azevedo Gouvea
Flávia Luiza Soares Borges
João Batista de Siqueira
Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

CAPÍTULO 15..... 152

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montañó Valencia
Sonia Seger Pereira Mercedes
Luciana Batista Nogueira
Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

CAPÍTULO 16..... 160

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116

SOBRE O ORGANIZADOR.....	170
ÍNDICE REMISSIVO.....	171

ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 18/11/2020

Kennedy Ricardo da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba - IFPB
Cajazeiras - PB
<http://lattes.cnpq.br/7487623252769309>

Abinadabe Silva Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba - IFPB
Cajazeiras - PB
<http://lattes.cnpq.br/6099967570100287>

RESUMO: Este artigo investiga o desempenho do inversor de três níveis NPC e do inversor HB. A implementação é baseada na modulação Level-Shift PWM. Uma análise dos inversores é feita com base no desempenho (i) de Qualidade de Energia, avaliando o THD de corrente; (ii) de Eficiência, avaliando as perdas de condução e chaveamento e (iii) de Confiabilidade, avaliando o estresse térmico. A quantidade de dispositivos assim como o padrão de chaveamento influenciará o desempenho do inversor.

PALAVRAS-CHAVE: Inversor Multinível. Eficiência. Qualidade de Energia.

PERFORMANCE ANALYSIS OF NPC AND H BRIDGE THREE LEVEL INVERTERS

ABSTRACT: This article investigates the performance of the NPC three-level inverter and

the HB inverter. The implementation is based on Level-Shift PWM modulation. An analysis of the inverters is made based on the Power Quality performance (i), evaluated in current THD; (ii) Efficiency, assessed as reduced conduction and switching, and (iii) Reliability, assessed or thermal stress. A number of devices as the switching pattern influences drive performance.

KEYWORDS: Multilevel Inverter. Efficiency. Power quality.

1 | INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e desejo de libertação da dependência dos combustíveis fósseis está conduzindo cada vez mais o aprimoramento de técnicas e soluções alternativas para substituir as fontes convencionais e poluentes de energia. Carros elétricos, geração de energia através do vento (eólica) e através do sol (fotovoltaica) são as alternativas mais atraentes no contexto de sustentabilidade (ANDRADE et al., 2012). Todavia, para a utilização dessas alternativas há a necessidade de conversão de energia de CC para CA. Os inversores têm como objetivo justamente isso, de uma maneira geral os inversores são equipamentos que convertem energia contínua (CC) em energia alternada (CA) e vice-versa. Também há inversores que têm como função elevar ou diminuir a tensão, sem convertê-la para CC ou CA (FRANQUELO et al., 2008).

Os inversores são constituídos por semicondutores (na maioria dos casos MOSFETs) que fazem o chaveamento da energia que chega na carga, controlando o fluxo de tensão e corrente. Há várias formas de organizar os semicondutores nos inversores, cada forma de organização exige uma quantidade diferente de componentes e efeitos na potência de saída. Na literatura isso é chamado de topologia. Um desses efeitos é o nível de tensão que se obtém na saída do inversor. Com o chaveamento em execução, a tensão de saída varia em determinados níveis. No inversor de dois níveis, ora a tensão de saída será máxima, ora a tensão será mínima. No de três níveis a tensão será máxima (P), zero(O) ou mínima (N), como mostra a figura 01.

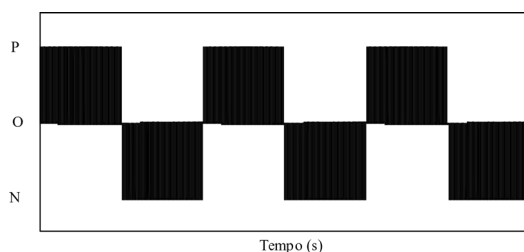


Figura 01 – Tensão na Carga do Inversor de Três Níveis

Fonte: Autor (2019).

O inversor de dois níveis é o mais comum e mais usado, devido ao fato de ser o primeiro inversor desenvolvido, utilizar poucos semicondutores e ser o mais básico construtivamente. Contudo, ele tem a desvantagem de utilizar semicondutores de alta potência, devido à tensão máxima reversa suportada pelo o mesmo quando se está em aberto, mesmo sendo usado para aplicações de baixa potência (DE OLIVEIRA., 2005).

Os inversores multiníveis são os inversores que possuem mais de dois níveis na tensão de saída e vêm com objetivo de diminuir essas desvantagens que o de dois níveis possui. As vantagens que os multiníveis têm sobre os de dois níveis são focadas na melhoria da potência de saída e qualidade do sinal. Quanto maior o número de níveis do inversor, melhor a forma de onda da saída e menor a distorção harmônica total (THD). As pesquisas mostram também um equilíbrio maior da ondulação da corrente da saída (CELANOVIC; BOROYEVICH, 2001; SAEEDIFARD; IRAVANI; POU, 2007).

Duas das topologias mais comuns dos inversores são Ponto Neutro Grampeado (NPC) e o Ponte H em Cascata (HB). O NPC foi apresentado pela primeira vez por A. Nabae, I. Takahashi e H. Akagi em 1981 (NABAE; TAKAHASHI; AKAGI, 1981). Essa topologia de inversor foi baseada no inversor de dois níveis, sendo acrescentado dois semicondutores em cada fase e sendo controlado por modulação de largura de pulso (PWM). A Figura 02 nos mostra um inversor NPC de três níveis e um inversor de dois níveis, ambos monofásicos.

O inversor HB (Figura 03) surgiu em 1992 por M. Marchesoni, M. Mazzucchelli e S. Tencon. Tais topologias têm características diferentes entre si, como número de componentes, modularidade PWM, eficiência, qualidade do sinal de saída, THD, perda por estresse térmico e tolerância a falhas. Dependendo da aplicação, a topologia dos inversores multiníveis pode ser definida levando em consideração esses fatores.

Na literatura podemos encontrar trabalhos que analisam o desempenho dos inversores com base nas perdas de condução e chaveamento. No entanto, a análise com base no estresse térmico não está bem difundida. Neste artigo discutiremos os resultados e características obtidos por simulação do inversor de três níveis para as topologias NPC e HB.

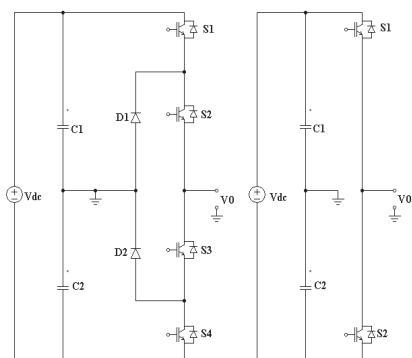


Figura 02 – Inversor de três níveis, NPC e inversor de dois níveis, respectivamente.

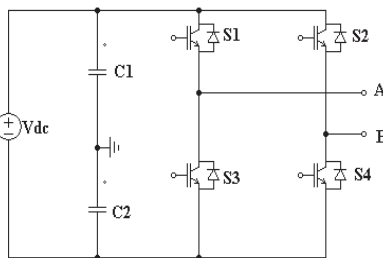


Figura 03 – Inversor multinível HB.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A comparação dos inversores se baseia nos níveis de tensão, consequentemente de corrente e potência, na qualidade de energia, eficiência e confiabilidade. Além dessas características o número de componentes é um aspecto que impacta em alguns dados de desempenho. Neste tópico será apresentado as topologias NPC e HB.

2.1 O Inversor NPC

O inversor NPC (ver figura 02) foi proposto por Nabae em 1981 (NABAE; TAKAHASHI; AKAGI, 1981). O inversor possui 4 chaves ativas e 2 diodos. O barramento CC é dividido com dois capacitores, cuja tensão de cada um é da metade da tensão total do barramento.

Quando se utiliza uma única fonte, o equilíbrio da tensão nos capacitores do NPC é um problema relevante, especialmente nos inversores com maior número de níveis, porque o fluxo de potência ativa tende a desbalancear a tensão nos capacitores (ANDRADE et al., 2012)(OLIVEIRA; CORREA, 2012).

A tabela 01 apresenta os estados de chaveamento para o inversor NPC. Para a

modulação deste inversor utilizou-se a técnica de modulação Level-Shift PWM (LS-PWM) (FRANQUELO et al., 2008).

Est	S1	S2	S3	S4	Vo (V)
0	0	0	1	1	-Vdc/2
1	0	1	1	0	0
2	1	1	0	0	Vdc/2

Tabela 01 – Estado de Chaveamento do Inversor NPC

A Figura 04 apresenta a estratégia PWM que se resume a comparação da tensão de referência com duas ondas triangulares. Considerando que $V_{dc} = 100V$, a comparação da senoide de referência ($V_{ref} = \sim 50V$) com a triangular superior (varia entre 0V e 50V) define a modulação das chaves S1 e S3. Já a comparação com a tensão de referência com a triangular inferior (que varia entre -50 V e 0V) define o chaveamento das chaves S2 e S4.

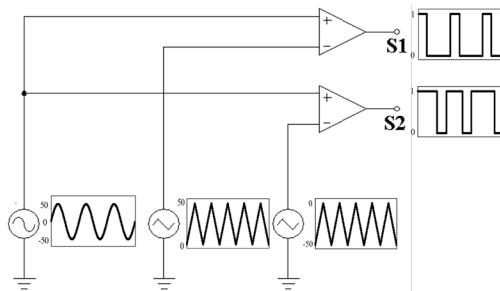


Figura 04 – Modulação PWM para o Inversor NPC

Fonte: Autor. (2019)

2.2 O Inversor HB

O inversor HB (ver figura 03), mais conhecido como ponte-H, possui apenas 4 chaves ativas e uma única fonte. A tensão de três níveis é obtida por meio do chaveamento adequado de suas chaves (OLIVEIRA; CORREA, 2012).

A tabela 02 apresenta os estados de chaveamento para o inversor HB. Para a modulação PWM do inversor foi utilizada duas tensões de referência e uma tensão triangular como portadora.

Cada tensão de referência é utilizada para modular a tensão de um braço. Buscando um maior aproveitamento da tensão de referência, a tensão de referência do braço A é defasada de 180° da tensão de referência do braço B. A figura 05 apresenta o esquema da

modulação.

Est	S1	S2	S3	S4	V_{AB} (V)
0	0	0	1	1	0
1	0	1	1	0	$-V_{dc}/2$
2	1	0	0	1	$V_{dc}/2$
3	1	1	0	0	0

Tabela 02 – Estado de Chaveamento do Inversor HB

Fonte: Autor (2019).

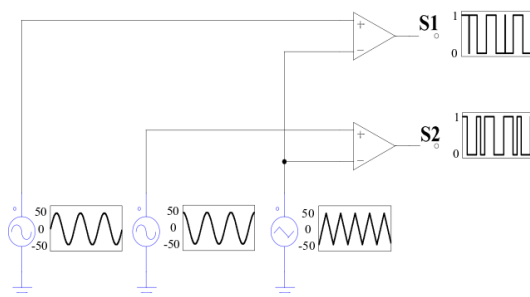


Figura 05 – Modulação PWM para o Inversor HB

Fonte: Autor. (2019)

3 | MÉTODO DA PESQUISA

A simulação foi realizada com base na variação do índice de modulação em amplitude ($0,1 < m_a < 1,0$) em dois casos de carga. A carga 01 com o fator de potência de 0,5 e a Carga 2 com o fator de potência 0,75. Os valores da carga estão apresentados na tabela 03.

	R	L	fp
Carga 01	1,56 Ω	7,18 mH	0,5
Carga 02	3,52 Ω	8,224 mH	0,75

Tabela 03 – Cargas e seus respectivos valores de resistência e indutância

Fonte: Autor (2019).

4 | RESULTADOS

Os resultados obtidos foram avaliados com base em três aspectos, que são:

qualidade de energia; eficiência dos inversores e confiabilidade.

A figura 06 apresenta a forma de onda da corrente na carga na topologia HB e NPC com o índice de modulação 1,0 e com o COS 0,75.

A figura 07 apresenta a forma de onda da tensão na carga do HB e NPC com o índice de modulação 1,0 e com o COS 0,75.

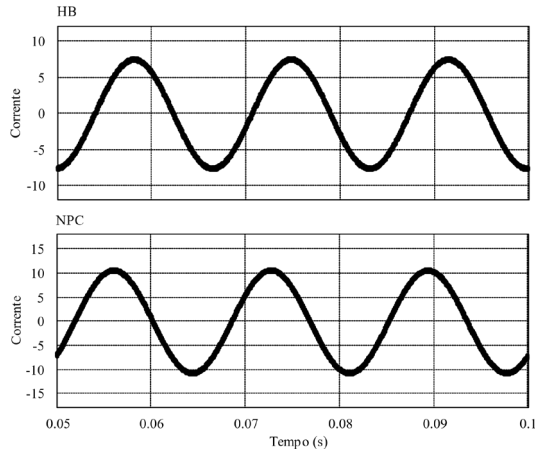


Figura 06 – Forma de onda da corrente do HB e NPC, ambos com COS 0,75.

Fonte: Autor. (2019)

4.1 Qualidade de energia

Para avaliar o desempenho dos inversores com base na qualidade de energia, é utilizada a Taxa de Distorção Harmônica. A Taxa de Distorção Harmônica (do inglês, Total Harmonic Distortion - THD) é um critério muito utilizado para definir o conteúdo harmônico de um sinal alternado. A THD é definida como:

$$THD\% = \frac{100}{V_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2} \quad (1)$$

A THD define o quanto que o sinal difere de uma onda senoidal pura. A presença de uma THD alta tem influência em vários pontos no estudo de inversores.

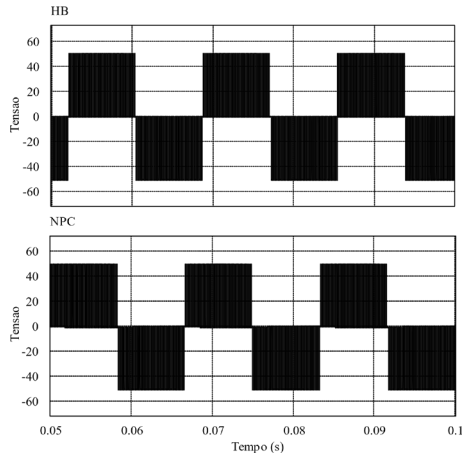


Figura 07 – Forma de onda da tensão do HB e NPC, ambos com COS 0,75

Fonte: Autor. (2019)

Primeiramente que a qualidade da energia diminui consideravelmente. Outro ponto em que a THD tem influência é no fator de potência, por isso a importância do cálculo da THD.

A figura 08 apresenta os resultados da simulação para a THD de corrente para as duas topologias nas duas condições de carga.

Observando a figura 09, percebe-se que a THD é maior com o fator de potência de 0,75 nas duas topologias apresentadas.

É interessante de perceber que durante o intervalo aproximado de $0,8 < \text{índice de modulação} < 1,0$, o inversor HB possui maior THD. Quando o índice de modulação é igual a 1 a diferença do THD é de 61,5%. No intervalo de $0,1 < \text{índice de modulação} < 0,8$, o NPC apresenta maior THD com uma diferença de 58,7% com o índice de modulação igual a 0,1.

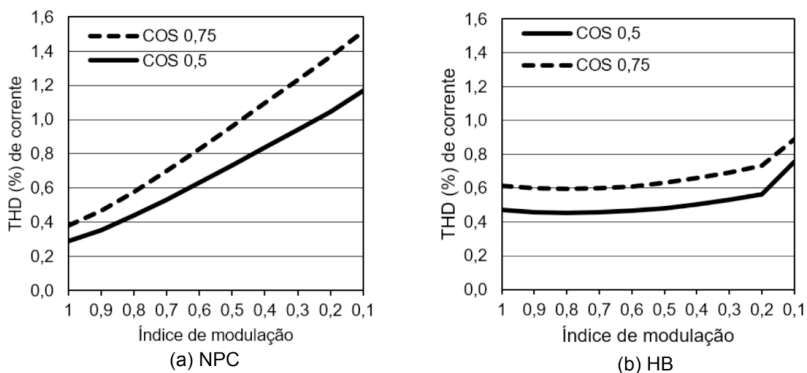


Figura 08 - THD de Corrente

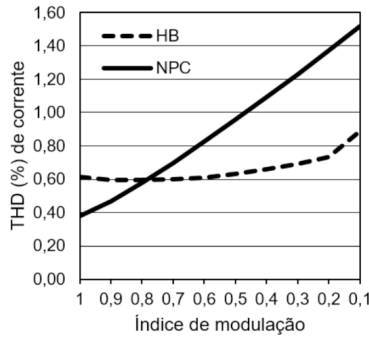


Figura 09 - THD dos inversores com COS 0,75

4.2 Eficiência dos inversores

Para calcular a eficiência dos inversores, serão analisadas as perdas por condução e chaveamento. Para diferentes topologias de inversores ou diferentes tipos de técnicas de modulação proposta, torna-se muito importante determinar as perdas de potência nos interruptores.

Entende-se por perdas totais o somatório das perdas por condução e perdas por chaveamento. Na figura 10 e 11 mostra o gráfico de perdas totais com COS 0,5 e COS 0,75 para as topologias NPC e HB, respectivamente.

Nas duas topologias percebemos a característica de que com um COS 0,5, há maiores perdas. Na figura 12 temos um comparativo com as duas topologias com o COS 0,5. O NPC possui maiores perdas que o HB, contudo a diferença de perdas entre as duas topologias diminui com a diminuição do índice de modulação.

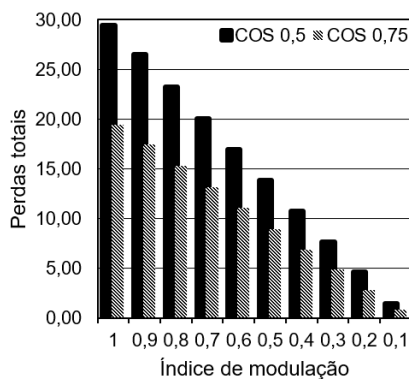


Figura 10 – Perdas totais do NPC

O aumento das perdas na topologia NPC se dá pelo fato de a topologia possuir 4 chaves e dois diodos, enquanto a topologia HB possui apenas quatro chaves.

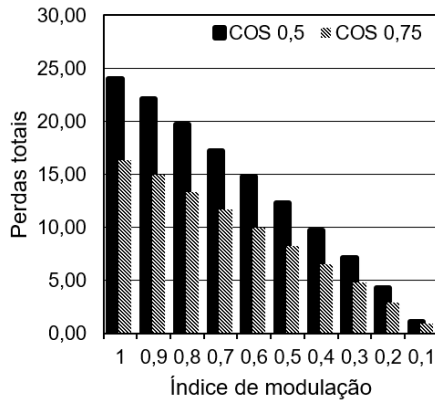


Figura 11 – Perdas totais do HB

Outro ponto importante de análise são as perdas de condução e de chaveamento apresentadas de forma separadas.

A figura 13 apresenta um comparativo das perdas de condução entre as topologias NPC e HB.

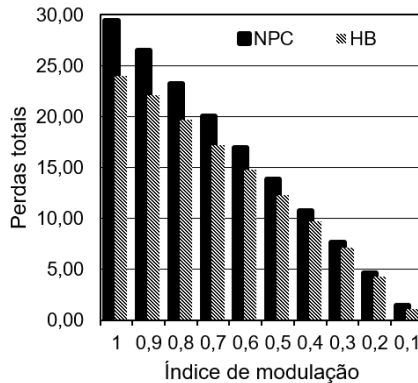


Figura 12 – Perdas totais dos inversores com COS 0,5

Pode-se perceber que as perdas por condução de na topologia NPC são maiores. Isso se dá pelo fato de a corrente no inversor NPC ser maior, como pode ser vista pela figura 06.

Em relação às perdas por chaveamento, pode-se perceber, pela figura 14, que as

maiores perdas estão na topologia HB. Isso se dá pelo fato de o chaveamento na chave desta topologia ser maior do que a topologia NPC, como pode ser visto pela figura 15.

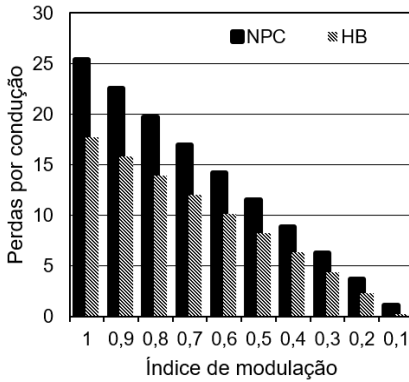


Figura 13 – Perdas por condução dos inversores com COS 0,5

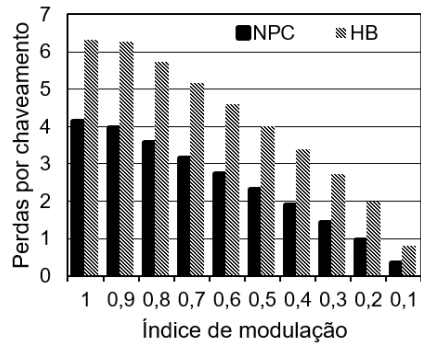


Figura 14 – Perdas por chaveamento dos inversores com COS 0,5

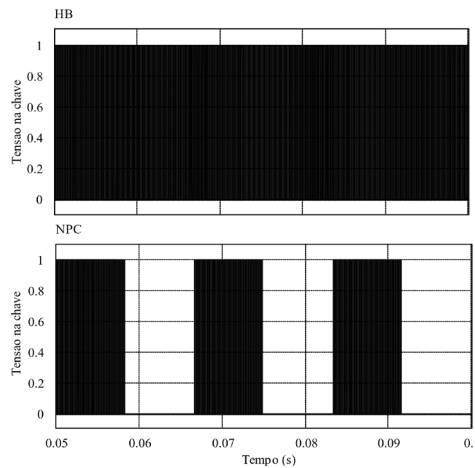


Figura 15 – Tensão na chave S1 de cada topologia

4.3 Confiabilidade dos inversores

A confiabilidade é caracterizada pelo estresse térmico do inversor, quanto menor for o estresse que ele sofre maior a confiabilidade do inversor. Considerando que os inversores estão cada vez mais sendo utilizados em uma grande diversidade de aplicações, a garantia da confiabilidade desse dispositivo se torna algo imprescindível.

Como indicador de confiabilidade, a tensão térmica é a variável mais adequada para avaliar os inversores de potência. De acordo com as estatísticas realizadas por (NAMI et al., 2011), a proporção de vários estresses causa falhas nos componentes eletrônicos,

entre os motivos, destaca-se o estresse térmico que é responsável por 55% das falhas nos componentes.

Nas figuras 16 e 17 vemos os resultados das simulações para o estresse térmico em cada topologia. A diferença de estresse térmico entre o COS 0,5 e COS 0,75 é pequena, com o estresse sendo maior para o COS 0,5, para todas as topologias.

Na figura 18 temos o pior caso para todas as topologias, que é com o COS 0,5, podendo-se ver que o estresse térmico das topologias é quase igual, tendo maior diferença com o índice de modulação entre 0,4 e 0,5.

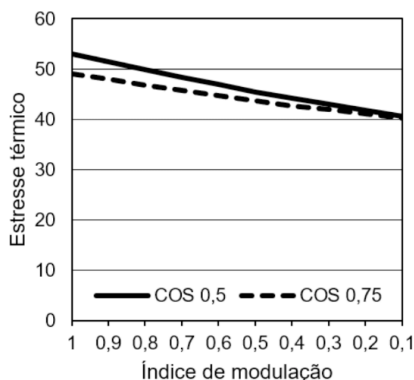


Figura 16 – Estresse térmico NPC

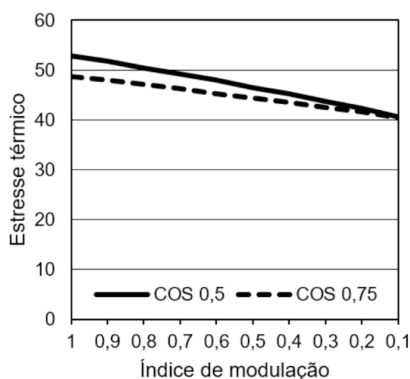


Figura 17 – estresse térmico HB

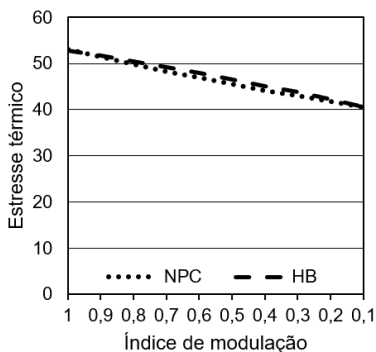


Figura 18 – estresse térmico dos inversores com COS 0,5

5 | CONCLUSÃO

Os inversores multiníveis são muito importantes para aplicação industrial. A depender de como a topologia é formada pode-se ter um inversor que tenha desempenho melhor na qualidade da energia, na eficiência e confiabilidade.

As topologias NPC e HB demonstraram resultados aproximados no que diz respeito

ao estresse térmico. No entanto, pelo fato da topologia NPC possuir mais dispositivos teve uma eficiência menor que a topologia HB.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. S. et al. **Pulse width modulation for reduction of power losses in three-phase neutral point clamped inverters**. 2012 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2012. **Anais...**2012

CELANOVIC, N.; BOROYEVICH, D. A fast space-vector modulation algorithm for multilevel three-phase converters. **Industry Applications, IEEE Transactions on**, v. 37, n. 2, p. 637–641, 2001.

DE OLIVEIRA., A. S. **Estrategia Generalizada de Modulacao Por Largura de Pulso Para Inversores Multiniveis**. Campina Grande - Pb: Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica, ago. 2005.

FRANQUELO, L. G. et al. The age of multilevel converters arrives. **Industrial Electronics Magazine, IEEE**, v. 2, n. 2, p. 28–39, 2008.

NABAE, A.; TAKAHASHI, I.; AKAGI, H. A New Neutral-Point-Clamped PWM Inverter. **Industry Applications, IEEE Transactions on**, v. IA-17, n. 5, p. 518–523, 1981.

NAMI, A. et al. A Hybrid Cascade Converter Topology With Series-Connected Symmetrical and Asymmetrical Diode-Clamped H-Bridge Cells. **IEEE Transactions on Power Electronics**, v. 26, n. 1, p. 51–65, jan. 2011.

OLIVEIRA, M. A. P.; CORREA, M. B. R. **Analysis of grid-tied single phase multilevel inverters powered by photovoltaic panels under partial shading conditions**. 2012 3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG). **Anais...IEEE**, jun. 2012

SAEEDIFARD, M.; IRAVANI, R.; POU, J. A space vector modulation approach for a back-to-back connected four-level converter. **PESC Record - IEEE Annual Power Electronics Specialists Conference**, p. 2042–2049, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

G

Guincho 100, 101

H

Hidroxiapatita 152

I

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

L

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

M

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

O

Obra pública 56, 57

P

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

Q

Qualidade de energia 8, 10, 13

S

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

T

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

V

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

X

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 