

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Atena
Editora
Ano 2022

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(Organizadores)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª 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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: criação e repasse de tecnologias

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharias: criação e repasse de tecnologias /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0039-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.394222803>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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



Atena
Editora
Ano 2022

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. 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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura.

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DE NOVAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PARA AS HABITAÇÕES RIBEIRINHAS NO MUNICÍPIO DE AQUIDAUANA – MS

Vitória Barros de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228031>

CAPÍTULO 2..... 7

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE INFILTRAÇÃO ASSOCIADAS AO SISTEMA CONVENCIONAL DE DRENAGEM DE ÁGUA PLUVIAL EM UM LOTEAMENTO DA CIDADE DE CATALÃO-GO

Eliane Aparecida Justino

Everton Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228032>

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE ESTRUTURAL EM FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS CONSIDERANDO A INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Davidson de Oliveira França Júnior

Michele Martins Arruda

Jéssica Ferreira Borges

Paola Mundim de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228033>

CAPÍTULO 4..... 41

ONDE O EDIFÍCIO E A CIDADE SE ENCONTRAM: CONEXÕES NA ORLA DE MACEIÓ-AL

Morgana Maria Pitta Duarte Cavalcante

Matheus Santana Correia

Luanne de Andrade Brandão

Sarah Pace


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228034>

CAPÍTULO 5..... 55

GESTÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS EM CONDOMÍNIO DE CASAS: ESTUDO DE CASO

Maria Aridenise Macena Fontenelle

Érica Karine Filgueira Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228035>

CAPÍTULO 6..... 63

AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DA SENSÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE EXTERNO UNIVERSITÁRIO

Betty Clara Barraza de La Cruz

Lilian dos Santos Fontes Pereira Bracarense

Fernanda Martins Milhomem


Isabela Maciel Macedo
Laís Carolina dos Santos Mota
Eduardo Castro Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228036>

CAPÍTULO 7..... 76

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS DE UM PAINEL PRÉ-MOLDADO


Aline Islia Almeida de Sousa
Adeildo Cabral da Silva
João Paulo Sousa Costa de Miranda Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228037>

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO COMPARATIVO DE METODOLOGIAS PARA A DETERMINAÇÃO DE ²²⁶Ra E ²²⁸Ra EM AMOSTRAS SÓLIDAS AMBIENTAIS

Aluísio de Souza Reis Júnior
Geraldo Frederico Kastner
Renata Dias Abreu Chaves
Roberto Pellacani Guedes Monteiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228038>

CAPÍTULO 9..... 99

ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA, MÉTODO K₀ NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS EM GRÃOS DE MILHO

Wellington Ferrari da Silva
Renata Priscila de Oliveira Paula
Dayse Menezes Dayrell

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3942228039>

CAPÍTULO 10..... 108

DATA SCIENCE PARA MULTI-PREVISÃO: APLICADO A PROTEÇÃO DE FURTO DO TRANSPORTE DUTOVIÁRIO DE PETRÓLEO E DERIVADOS

Renivan Costa da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280310>

CAPÍTULO 11 126

DYNAMIC FUZZY COGNITIVE MAPS DEVELOPMENT TECHNIQUE INSPIRED IN ANT COLONY OPTIMIZATIONS, SWARM ROBOTICS, AND SUBSUNCTION ARCHITECTURE

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Fábio Rodrigo Milanez
Wagner Fontes Godoy
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Renato Alves de Oliveira
Mario Suzuki Junior
Ricardo Breganon


Francisco de Assis Scannavino Junior
Lucas Botoni de Souza
Michele Eliza Casagrande Rocha
Vicente de Lima Góngora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280311>

CAPÍTULO 12..... 140

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DISTRIBUÍDA DE UM BANCO DE TRANSFORMADORES REGULADORES USANDO A NORMA IEC 61499


Marcos Fonseca Mendes
Bruna Pletikoszits Andrade Parcianello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280312>

CAPÍTULO 13..... 155

ANTENA DE MICROFITA COM *PATCH* EM ESPIRAL DE ARQUIMEDES *DUAL-BAND* EM 2,45 GHZ E 5,8 GHZ

Rafael Alex Vieira do Vale
Idalmir de Souza Queiroz Júnior
Humberto Dionísio de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280313>

CAPÍTULO 14..... 167

REDUÇÃO DE CAPEX E OPEX COM A GESTÃO INTEGRADA DO INVENTÁRIO DE TELECOMUNICAÇÕES


Eduardo Camargo Langrafe
Cristiano Henrique Ferraz
Eduardo Vasconcelos Lopes Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280314>

CAPÍTULO 15..... 179

APLICAÇÃO DE ÁRVORES DE DECISÃO EM UM BANDO DE DADOS PARA LOCALIZAÇÃO DE FALTAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM MEDIDORES INTELIGENTES

Marcel Ayres de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280315>

CAPÍTULO 16..... 195

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE LÂMPADAS UV-C EM SERPENTINAS DE RESFRIAMENTO

Andressa Paes Pereira
Alexandre Fernandes Santos
Ariel Dov Ber Gandelman
Eliandro Barbosa de Aguiar
Heraldo José Lopes de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280316>

CAPÍTULO 17.....203

KILOMETRAJE RECORRIDO, DESGASTE DE RUEDAS Y FRENOS EN BOGÍES DE TRANSMISIÓN Y REMOLQUE EN TRENES ELÉCTRICOS

Gustavo David Valera Mendoza

Gianni Michael Zelada García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280317>

CAPÍTULO 18.....219

NOVAS METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÕES ACÚSTICAS – INFRASSONS E RUÍDO DE BAIXA FREQUÊNCIA


Huub H.C. Bakker

Mariana Alves-Pereira

Richard Mann

Rachel Summers

Philip Dickinson

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280318>


CAPÍTULO 19.....234

PROPAGAÇÃO DE ONDAS EM UM CRISTAL FONÔNICO COM DEFEITOS

Hélio Vitor Cantanhede da Silva

Hudson Douglas Silva Morais

Edson Jansen Pedrosa de Miranda Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280319>

CAPÍTULO 20.....242

OBTENÇÃO DE VARIÁVEIS TÉRMICAS DE SOLIDIFICAÇÃO E ANÁLISE DE MICROESTRUTURA DA LIGA DE ALPACA 2 C/ Pb

Márcio Valério Rodrigues de Mattos

Rogério Teram


Maurício Silva Nascimento

Vinicius Torres dos Santos

Marcio Rodrigues da Silva

Antonio Augusto Couto

Givanildo Alves dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280320>

CAPÍTULO 21.....256


SÍNTESE DE FILMES DE ÓXIDO DE ZINCO DOPADOS COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA APLICADOS EM SENSORES DE GÁS



Luana Martins de Carvalho

César Renato Foschini

Kléper Rocha

Carlos Eduardo Cava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280321>

CAPÍTULO 22.....	270
THERMAL ANNEALING EFFECTS ON SOL-GEL SYNTHESIZED Cu_2O NANOPARTICLES	
Angela Alidia Bernal Cárdenas	
José Pedro Mansueto Serbena	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280322	
CAPÍTULO 23.....	276
GESTÃO ESTRATÉGICA DAS TECNOLOGIAS COGNITIVAS: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA NA ÁREA DA SAÚDE	
Gerson Tolentino Galvão Leite Andrade	
Getúlio Kazue Akabane	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280323	
CAPÍTULO 24.....	301
CARACTERIZAÇÃO DO DESIGN COMO FACILITADOR DA INOVAÇÃO RADICAL	
Ruth Matovelle Villamar	
Manuel Lecuona Lopez	
Adriana Gonzalez Hernández	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280324	
CAPÍTULO 25.....	314
BANDEIRA TÊXTIL DA TECIDOTECA: ANÁLISE POR DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E ALONGAMENTO DO TECIDO JEANSWEAR	
Ronaldo Salvador Vasques	
Fabrício de Souza Fortunato	
Márcia Regina Paiva de Brito	
Natani Aparecida do Bem	
Elaine Regina Brito Maia	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39422280325	
SOBRE OS ORGANIZADORES	326
ÍNDICE REMISSIVO.....	327

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DISTRIBUÍDA DE UM BANCO DE TRANSFORMADORES REGULADORES USANDO A NORMA IEC 61499

Data de aceite: 01/03/2022

Data de submissão: 09/01/2022

Marcos Fonseca Mendes

Itaipu Binacional

Divisão de Engenharia Eletrônica e Sistemas
de Controle

Universidade Estadual do Oeste do Paraná –
Unioeste

Centro de Engenharia e Ciências Exatas
<http://lattes.cnpq.br/6557258854111396>

Bruna Pletikoszits Andrade Parcianello

Universidade Estadual do Oeste do Paraná –
Unioeste

Centro de Engenharia e Ciências Exatas

RESUMO: Alguns processos elétricos podem ser automatizados utilizando uma arquitetura distribuída. As tecnologias de automação e de comunicação atuais facilitam esse tipo de solução. A norma IEC 61499 é um marco nesse sentido. Ela permite a execução dos blocos de funções por orientação a eventos. Cada bloco funcional básico pode ter vários algoritmos, além de um gráfico de controle de execução, contendo: estados, transições e ações. O artigo aborda esses conceitos e também os modelos definidos na norma IEC 61499. Como prova de conceito, é apresentada uma proposta para automação distribuída de um banco de transformadores reguladores de tensão, usando vários CLP's, com controles automático e manual.

PALAVRAS-CHAVE: Automação Distribuída,

Controladores Lógicos Programáveis, Norma IEC 61499, Paralelismo de Reguladores de Tensão, Transformadores Reguladores de Tensão.

PROPOSAL OF DISTRIBUTED AUTOMATION OF A BANK OF REGULATOR TRANSFORMERS USING THE IEC 61499 STANDARD

ABSTRACT: Some electrical processes can be automated using a distributed architecture. The current automation and communication technologies facilitate this kind of solution. The IEC 61499 standard is a milestone in this approach. It allows the execution of function blocks by event orientation. Each basic function block can have several algorithms, in addition to an execution control graph, containing: states, transitions and actions. The article addresses those concepts and also the models defined in the IEC 61499 standard. As proof of concept, a proposal for distributed automation of a bank of voltage regulating transformers is presented, using several PLCs, with automatic and manual controls.

KEYWORDS: Distributed Automation, Programmable Logic Controllers, IEC 61499 Standard, Voltage Regulator Parallelism, Voltage Regulating Transformers.

1 | INTRODUÇÃO

Alguns processos do setor elétrico envolvem diversos equipamentos eletromecânicos distantes que poderiam ser automatizados de maneira distribuída. Entre

eles, pode ser citado o paralelismo de transformadores reguladores de tensão (HARLOW, 2012). A automação desse processo vem sendo realizada desde a forma convencional, usando lógicas com relés eletromecânicos, até a forma moderna, utilizando dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs, do Inglês: *Intelligent Electronic Devices*). Entretanto, uma abordagem distribuída pode ser explorada usando uma ferramenta específica para isso: a norma IEC 61499 “*Function Blocks*” (IEC 61499, 2012) (ZOITL; LEWIS, 2014) (ZOITL; STRASSER, 2015).

A norma IEC 61499 modela os sistemas de medição e controle de processos industriais como uma coleção de dispositivos físicos comunicando entre si através de redes de comunicação de dados. As funções do sistema de medição e controle são modeladas como aplicações que podem ser hospedadas em um único dispositivo físico ou podem ser distribuídas entre vários dispositivos. Como diferencial, a norma possibilita a execução dos algoritmos (contidos em blocos funcionais) a partir de eventos.

O artigo apresenta uma proposta para automação de um banco de transformadores reguladores utilizando Controladores Lógicos Programáveis (CLP’s) em uma arquitetura distribuída. A seguir são apresentados, muito brevemente, os transformadores reguladores, seu funcionamento e controle.

1.1 Transformadores Reguladores com OLTC e Paralelismo

As variações na tensão da rede de distribuição, causadas por quedas de tensão ou pela variação das cargas, podem afetar a vida útil dos equipamentos alimentados ou até mesmo desequilibrar o sistema. Uma das maneiras de contornar tal problema é o uso de transformadores reguladores equipados com comutadores de *tap*.

O comutador de *tap* (HARLOW, 2012) (CARVALHO; SIQUEIRA; NOGUEIRA, 2011) (VIEIRA, 2010) altera a tensão de saída do transformador regulador (através da variação da relação de transformação) com o objetivo de mantê-la próxima de um valor de referência pré-estabelecido. Alterando-se a tensão de saída do transformador é possível controlar a tensão na barra a qual ele está conectado. Quando esse processo é realizado em carga, o comutador é chamado de *On Load Tap Changer* (OLTC). Os OLTC’s são utilizados geralmente em sistemas de médias e altas potências como, por exemplo, em subestações.

Para garantir maior disponibilidade e maximizar a potência oferecida ao sistema, as concessionárias têm como prática comum a ligação de transformadores de potência em paralelo (HARLOW, 2012) (RAMBO; MARUYAMA, 2011).

Existem vários métodos para propiciar a operação de transformadores reguladores em paralelo. Um dos métodos mais utilizados é o denominado “mestre/escravo”, adotado no estudo de caso deste trabalho. Seu funcionamento baseia-se em eleger um dos OLTC’s como mestre e todos os outros OLTC’s são escravos, de modo que, quando o mestre muda a posição de seu *tap*, os *taps* dos escravos seguem a posição do mestre, simultaneamente. O posicionamento do *tap* do mestre pode ser feito manualmente ou automaticamente.

O trabalho apresenta uma solução de automação distribuída para atuar nas posições dos *taps* de um banco de transformadores reguladores com OLTC's. O método de controle de tensão do tipo mestre/escravo é utilizado. A solução é baseada na norma IEC 61499 “*Function Blocks*” introduzida na próxima seção.

2 | NORMA IEC 61499

A norma IEC 61499 “*Function Blocks*” foi criada em 2005 e teve sua última edição publicada em 2012. Atualmente ela é dividida em três partes: IEC 61499-1 – “*Architecture*”; IEC 61499-2 – “*Software tool requirements*”; IEC 61499-4 – “*Rules for compliance profile*”.

O foco da norma IEC 61499 é estabelecer um padrão de arquitetura para o uso dos chamados *Function Blocks* (FB's). O conceito de FB, já abordado pela norma IEC 61131 – “*Programmable controllers*” (IEC 61131-3, 2013), foi ampliado. O diferencial está no fato dos FB's contarem com uma interface de execução orientada a eventos, além da tradicional interface de dados. Além do mais, a norma IEC 61499 pode ser vista como uma ferramenta específica para o desenvolvimento de sistemas de controle distribuído. A norma tem facilidades para a modelagem de sistemas de controle de processos como uma série de dispositivos físicos interconectados através de redes de comunicação.

As subseções a seguir apresentam alguns conceitos e definições fundamentais da norma IEC 61499.

2.1 Function Blocks

Os FB's são as entidades básicas da norma IEC 61499. Eles têm “conexões de dados” e “conexões de eventos”. A Figura 1 ilustra o modelo de um FB, com suas entradas, saídas e componentes internos.

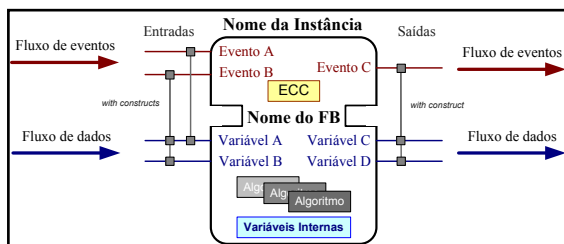


FIGURA 1 – Modelo de FB.

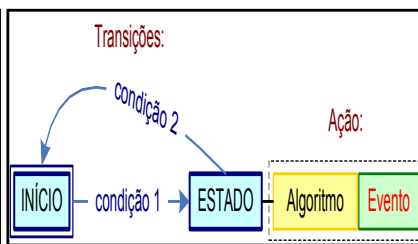


FIGURA 2 – Exemplo de ECC.

Cada FB é dividido em duas partes: a parte superior (parte dinâmica) é responsável pela execução de eventos e a parte inferior (parte funcional) representa os dados e algoritmos. O funcionamento do FB associa essas duas partes através de um recurso chamado “*with construct*” (mostrado na figura), que sincroniza a ocorrência de eventos com

a leitura e escrita de variáveis. Basicamente, ao ser detectado um evento de entrada em um FB, dá-se início a leitura de suas variáveis de entrada e a execução de seus algoritmos – que podem ser escritos em várias linguagens (como as definidas na parte 3 “*Programming languages*” da norma IEC 61131). Em seguida, de acordo com os algoritmos, podem ser gerados eventos de saída do FB, que por sua vez, disponibilizam variáveis na saída.

2.1.1 Tipos de Function Blocks

A norma IEC 61499 define quatro tipos de FB’s descritos a seguir (IEC 61499, 2012) (ZOITL; LEWIS, 2014) (ZOITL; STRASSER, 2015) (DAMASO, 2011):

- *Basic Function Block* (BFB): é o tipo mais elementar do gênero. Sua característica principal é ter um ou mais algoritmos, variáveis internas e, obrigatoriamente, um *Execution Control Chart* (ECC). Um ECC é similar a uma máquina de estados que conta com estados, transições e ações que são responsáveis por definir o comportamento de um BFB. A Figura 2 apresenta um exemplo simples de ECC;
- *Composite Function Block* (CFB): é um conjunto de instâncias de FB’s. Um CFB não tem variáveis internas e nem ECC. Além disso, sua ordem de execução é definida pelo fluxo de eventos de entradas e saídas dos FB’s que o compõe. Sua grande utilidade é o encapsulamento, que simplifica a apresentação das aplicações, de modo a substituir uma rede de FB’s por apenas um CFB;
- *Event Function Block* (EFB): é um tipo de FB pré-estabelecido pela norma cuja função é manipular eventos, seja para gerar um evento inicial ou para disparar simultaneamente múltiplas cadeias de FB’s;
- *Service Interface Function Block* (SIFB): é utilizado onde há a necessidade de interação entre FB’s e o mundo externo. Em sistemas de controle é comum a leitura de valores de entradas físicas, tais como sensores, ou a escrita de valores em saídas, para atuadores, por exemplo. Há também a necessidade de transmitir e receber dados entre dispositivos remotos através de redes de comunicação.

2.1.2 Service Interface Function Blocks

Existem dois comportamentos básicos que um SIFB pode assumir: “*responder*” e “*requester*” (IEC 61499, 2012). Um SIFB *requester* é do tipo “*application-initiated*”, sendo ativado somente se receber um evento de entrada vindo diretamente do fluxo da aplicação. Já um SIFB *responder* é do tipo “*resource-initiated*”, sendo ativado por um recurso externo, independente do fluxo de eventos dentro da aplicação. Esse conceito será exemplificado a seguir.

Como exemplos podem ser citados os SIFB’s para acessar as entradas e saídas de dispositivos físicos:

- *IO_Write*: é usado para atualizar o valor de atuadores. Ele é do tipo *requester*, ou seja, escreve, quando solicitado por um evento vindo de dentro da aplicação, um valor diretamente no endereço físico de saída de um dispositivo;
- *IO_Read*: é usado para ler valores de sensores. Ele lê constantemente ou por solicitação o valor de uma entrada física de dispositivos aos quais podem estar conectados elementos tais como botoeiras e relés. Assim, ele pode ser do tipo *responder* ou *requester*. Quando é do tipo *responder*, ao ser detectada uma mudança no valor na entrada física, ele é ativado e disponibiliza o valor lido para a aplicação.

Para serviços de comunicação unidirecionais, a norma especifica os SIFB's "*publish*" e "*subscribe*", descritos abaixo (e utilizados neste trabalho). Eles podem utilizar o protocolo UDP para transmissões do tipo *multicast*. Assim, eles podem enviar uma mesma mensagem simultaneamente de um para vários destinatários.

- *Publish*: é um SIFB do tipo *requester*, pois publica um dado na rede de comunicação, no endereço e porta especificados, somente se existir uma solicitação, representada por um evento de entrada;
- *Subscribe*: é um SIFB do tipo *responder*, pois está constantemente monitorando a rede de comunicação. Caso ele detecte, em qualquer momento, o recebimento de dados vindos de um dispositivo remoto, no endereço e porta especificados, ele é ativado e disponibiliza os dados recebidos para a aplicação.

A norma também especifica serviços de comunicação bidirecionais utilizando os SIFB's "*client*" e "*server*" (IEC 61499, 2012).

A norma IEC 61499 não define SIFB's específicos, pois cada sistema de controle pode ter diferentes funcionalidades e requisitos. No entanto, ela padroniza entradas (eventos REQ e RSP e dados SD's) e saídas (eventos CNF e IND e dados RD's) para os SIFB's do tipo *requester* e *responder* (IEC 61499, 2012). Existe também uma variável (PARAMS) utilizada para endereçamentos e outra (STATUS) para informações de estado (IEC 61499, 2012).

2.2 Modelos de Referência

Para definir e modelar os sistemas de medição e controle de processos industriais, a norma IEC 61499 introduz uma arquitetura genérica. Essa arquitetura é composta dos modelos de referência apresentados a seguir (IEC 61499, 2012) (ZOITL; LEWIS, 2014) (ZOITL; STRASSER, 2015):

- *Modelo de dispositivo (Device model)*: consiste em um dispositivo físico (como, por exemplo, um CLP) que realiza uma malha de controle e atua sobre um determinado processo. Um dispositivo é o elemento que oferece a interface entre a rede de comunicação e o processo a ser controlado. Além do mais, ele pode conter um ou mais recursos nos quais serão executadas as aplicações;

- *Modelo de recurso (Resource model)*: pode ser entendido como uma unidade funcional que controla independentemente a operação de um dispositivo. Um recurso funciona como um “*container*” para as aplicações, oferecendo ferramentas e serviços de suporte para que elas possam ser executadas;
- *Modelo de sistema (System model)*: consiste em uma série de dispositivos conectados a uma rede de comunicação de dados através de segmentos ou ligações diretas. Um sistema relaciona a comunicação entre esses dispositivos e suas respectivas aplicações, como ilustrado na Figura 3;
- *Modelo de aplicação (Application model)*: é basicamente uma combinação de instâncias de FB’s usadas para resolver problemas particulares de medição, automação e controle. A relação entre o fluxo de dados e de eventos requeridos entre as diferentes instâncias de FB’s é estabelecida na aplicação. Além disso, uma aplicação pode ser dividida e distribuída entre múltiplos recursos, podendo estar contida em um ou mais dispositivos, como ilustrado na Figura 3. A Figura 4 mostra um exemplo de aplicação e seus fluxos.

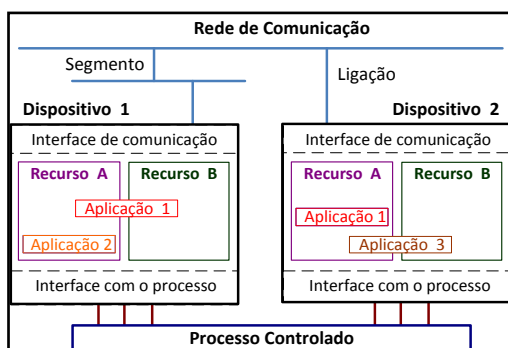


FIGURA 3 – Exemplo de *System model*.

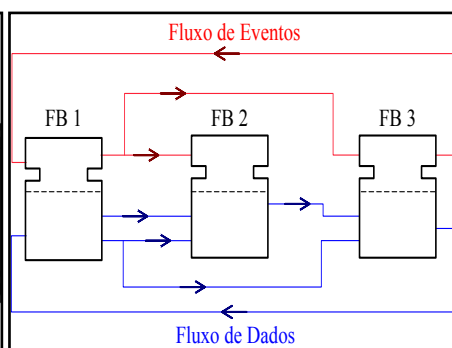


FIGURA 4 – Exemplo de *Application model*.

3 | ESTUDO DE CASO

O processo do estudo de caso consiste em um banco de cinco transformadores abaixadores trifásicos (T1 a T5) de potência nominal de 425 MVA e relação de transformação 500/220 kV conectados a transformadores reguladores trifásicos (R1 a R5) de mesma potência. Esses reguladores são equipados com OLTC’s, para manter o nível de tensão desejado nas barras de 220 kV. Cada regulador dispõe de 19 posições de *tap* com tempo de comutação médio de 5 segundos, causando uma variação em torno de 2,0 kV por posição. A Figura 5 ilustra a planta.

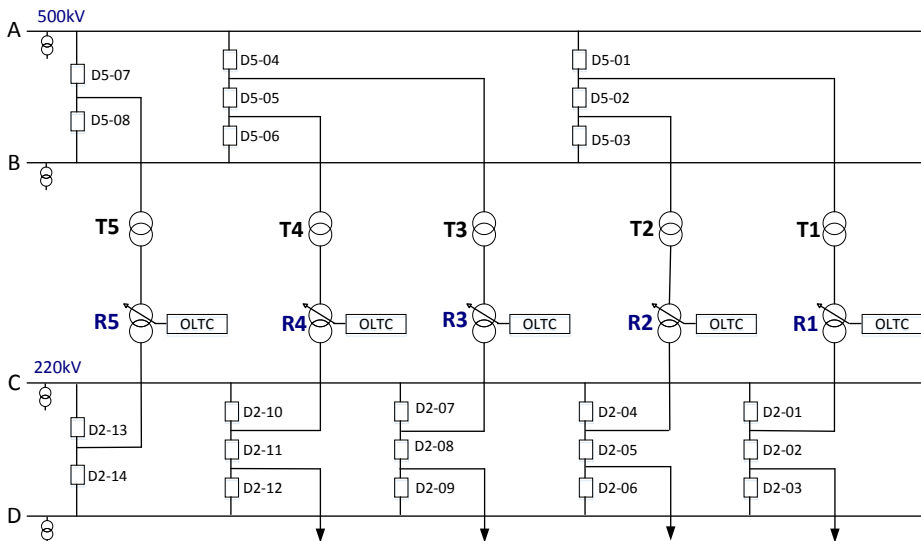


FIGURA 5 – Diagrama unifilar do estudo de caso.

3.1 Modos de Operação dos Transformadores Reguladores

Uma vez conectados ao sistema, os transformadores reguladores podem operar em diversos modos. Toda a lógica de controle dos transformadores envolve esses modos de operação.

Primeiramente, a localização do controle deve ser selecionada, por uma chave, em modo local ou remoto (ou ainda desligado). No modo local os comandos são dados diretamente nos OLTC's. No modo remoto os comandos são emitidos a partir de uma Interface Humano-Máquina (IHM) da sala de controle.

Com relação ao paralelismo dos transformadores reguladores, cada um deles tem uma chave que os seleciona em: mestre, escravo ou individual. De acordo com a configuração dessas chaves o estado operativo pode ser definido como: paralelo (também chamado conjunto) ou individual¹.

O controle paralelo baseia-se na configuração que exista um OLTC selecionado como mestre e quatro como escravos. Esse modo de operação permite tanto o controle automático quanto o manual. No modo automático a posição do *tap* do mestre é alterada automaticamente através de uma malha de controle realimentada, usando uma tensão de referência e o valor medido da barra. No controle manual, o *tap* do mestre é posicionado pelo operador.

No controle individual, a posição do *tap* de cada regulador assim selecionado é controlada manualmente por um operador. Na solução adotada neste trabalho, para esse

¹ Pode ser estabelecido um terceiro modo: indefinido (não está no modo paralelo e não estão todos em individual).

tipo de controle não é necessário que todos os cinco OLTC's estejam selecionados em individual. Note que, o controle automático só é possível no modo paralelo.

Para comutação de *taps* automática, três parâmetros que devem ser considerados (PARCIANELLO, 2016): a tensão de referência, a largura de faixa do erro e a temporização. A tensão de referência é a tensão desejada na saída do transformador regulador (barramento secundário). A largura de faixa é definida como uma porcentagem da tensão de referência que representa o intervalo de tensão permitido ao transformador operar. A temporização por sua vez, refere-se ao tempo intencional de espera para iniciar a comutação de *taps*. Dessa maneira, é necessário um intervalo de tempo com o valor de tensão medido fora da largura de faixa, para que então se comande uma mudança de *tap*. A existência da largura de faixa e da temporização preserva a vida útil do comutador, evitando comutações desnecessárias causadas por pequenas oscilações de tensão. Neste trabalho a temporização é variável.

3.2 Comando e Acionamento do Comutador de *Taps*

A Figura 6 apresenta o diagrama de comando e acionamento do motor trifásico para mudança de *taps*. O comando é realizado por uma série de relés, contatores e chaves fim de curso acionadas por came, e selecionado pela chave LDR (Local / Desligado / Remoto). Além disso, é possível notar os comandos por botoeiras (modo local) e pelo CLP (modo remoto). Note também que, o circuito de acionamento contém alguns elementos para proteção.

Os contatores K1, K2 e K3, são responsáveis por energizar o motor (K3 é usado para frenagem). As chaves acionadas por came S1 e S2 indicam o término de subida e descida de *tap*, respectivamente. A chave S3 indica que o motor está em rotação (inversor para manobra passo a passo). As chaves S6 e S7 indicam os fins de cursos do comutador de *taps*. A chave S8 é usada para bloqueio do comando, devido seleção para operação à manivela.

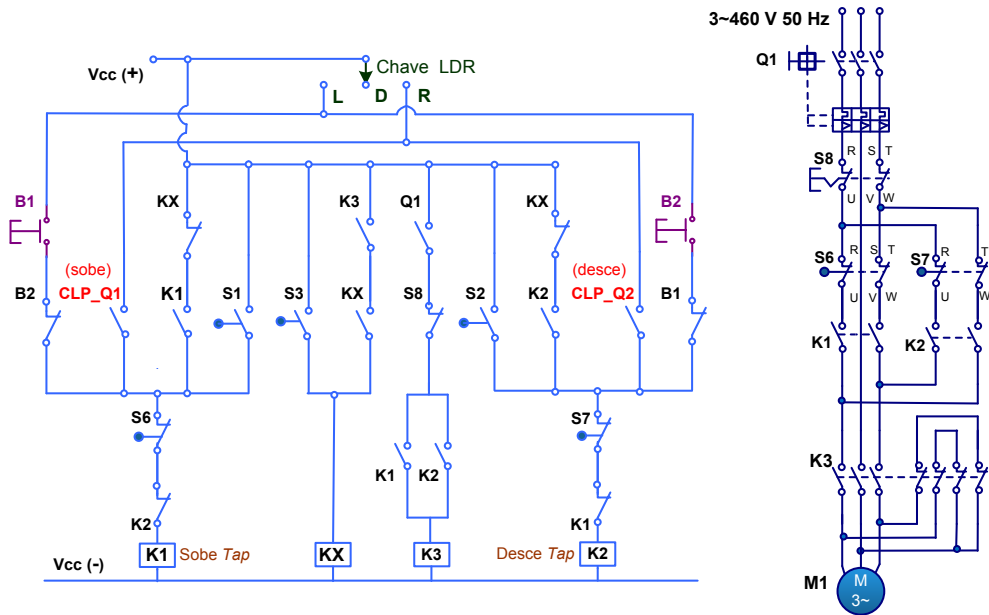


FIGURA 6 – Comando e acionamento do motor do comutador de taps.

Note que, parte da lógica para o controle remoto está no circuito de comando, uma vez que de toda forma essa lógica é necessária para o controle local (usando as botoeiras B1 e B2, sem passar pelo CLP). Se desejado, toda a lógica para o controle remoto poderia estar nos CLP's. De toda forma, a solução apresentada acima é mais segura.

3.3 Solução Proposta

É proposto o uso de seis pequenos CLP's, um para cada transformador regulador mais um CLP para o controle de remoto. Os CLP's são os "Dispositivos" representados na Figura 3. Além disso, existe um dispositivo usado como IHM. A transmissão de dados entre os CLP's é feita através de uma rede local Ethernet gerenciada por um *switch*. A Figura 7 ilustra a arquitetura de *hardware* proposta.

Note que, a figura também inclui os IEDs (que também poderiam ser CLP's) que fornecem os dados das posições dos disjuntores (e das chaves seccionadoras). Esses dados são utilizados no CLP remoto para saber se cada um dos transformadores reguladores está conectado ou não às barras (FB "ESTADO_TRAFOS", ver Figura 11).

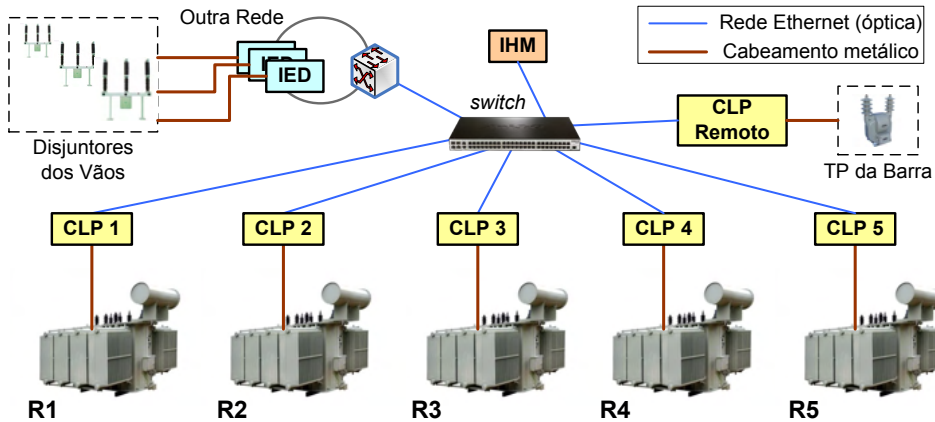


FIGURA 7 – Arquitetura de *hardware* da solução proposta.

A Figura 8 apresenta resumidamente a aplicação dos CLP's dos transformadores reguladores (o CLP de cada regulador contém essa aplicação). As conexões em vermelho representam os fluxos de eventos e as conexões em azul representam os fluxos de dados. Note que, foi utilizada a notação “_X” para se referir ao regulador número “X”, onde há necessidade de identificá-lo. Note também que, os endereços e parâmetros apresentados são simbólicos.

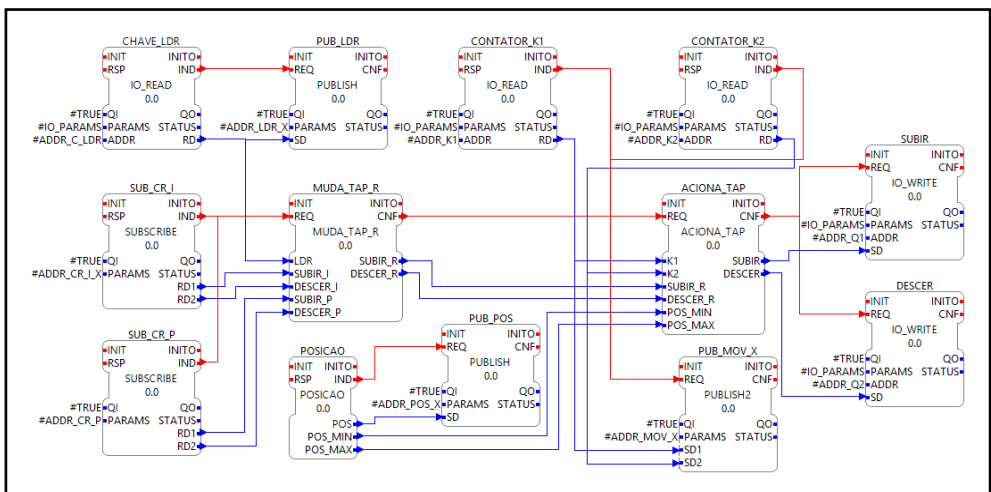


FIGURA 8 – Aplicação do CLP do transformador regulador.

Para simplificar, os FB's “E_MERGE” e “E_SPLIT” (IEC 61499, 2012) não são apresentados nas figuras. Também para simplificação, as conexões dos eventos INIT e INITO não são mostradas, tampouco as ligações “*with construct*”.

Basicamente a aplicação recebe os comandos para subir ou descer os *taps* provenientes do CLP remoto, tanto no modo paralelo (FB “SUB_CR_P”) como no modo individual (FB “SUB_CR_I”). Em seguida é verificada se a localização do controle é remota (FB “MUDA_TAP_R”) e é feito o acionamento do motor do OLTC para mudança de *tap* (FB “ACIONA_TAP”), de acordo com outros intertravamentos (os *taps* não estão movimentando e não estão nas posições limite). O estado da chave LDR e os estados dos contatores K1 e K2, que indicam que o *tap* está se movimentando, são transmitidos para o CLP remoto.

Note que, poderiam ter sido definidos eventos distintos para subir e descer *tap*. Além disso, alguns intertravamentos já realizados no CLP remoto (Figura 11) também são realizados aqui para aumentar a segurança.

Note também que, na aplicação existem alguns CFB’s. Para ter uma ideia da construção dos CFB’s, a Figura 9 apresenta, como exemplo, o CFB “POSICAO” (não estão representados todos os blocos “IO_READ”).

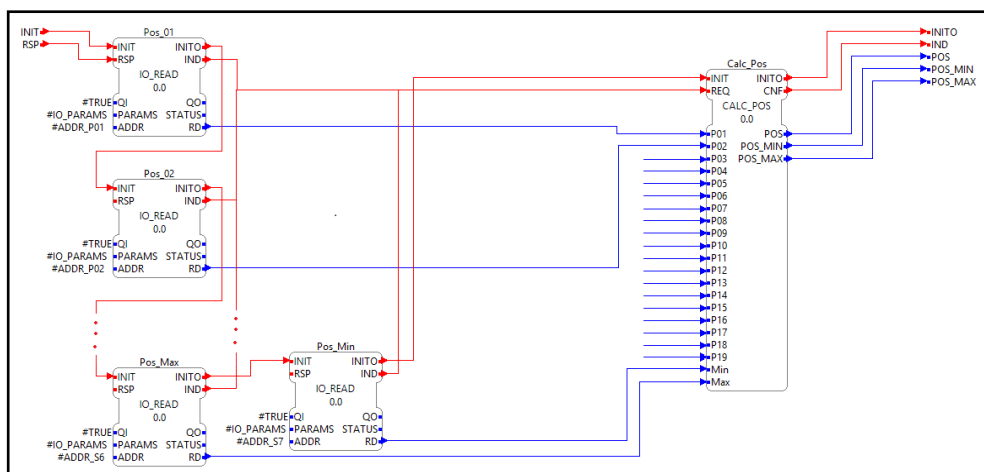


FIGURA 9 – CFB “POSICAO”.

O CFB “POSICAO” recebe os estados de todas as chaves indicadoras de posições do *tap*, bem como as indicações de posições mínima e máxima através das chaves S6 e S7 (FB’s “IO_READ”). Em seguida, o FB “CALC_POS” fornece a posição em que se encontra o *tap* (1 a 19) em uma variável do tipo *byte* (POS), além de identificar se o comutador está em seus limites máximo ou mínimo (variáveis booleanas POS_MIN e POS_MAX).

Conforme estabelecido na Seção 2, cada BFB tem algoritmos e um ECC. Como exemplo, a Figura 10 apresenta a interface, o ECC e o algoritmo principal (Alg_ACIONA) do BFB “ACIONA_TAP”, que gera os comandos que vão para o circuito de acionamento do motor do OLTC. Todos os algoritmos dos BFB’s deste trabalho foram desenvolvidos na linguagem *Structured Text* (ST), especificada na norma IEC 61131. Os comandos

para mudar o *taps*, fornecidos pelo FB “ACIONA_TAP” (variáveis SUBIR e DESCER), são enviados para as saídas do CLP através dos FB’s “IO_WRITE”, uma vez gerado o evento CNF do FB “ACIONA_TAP”.

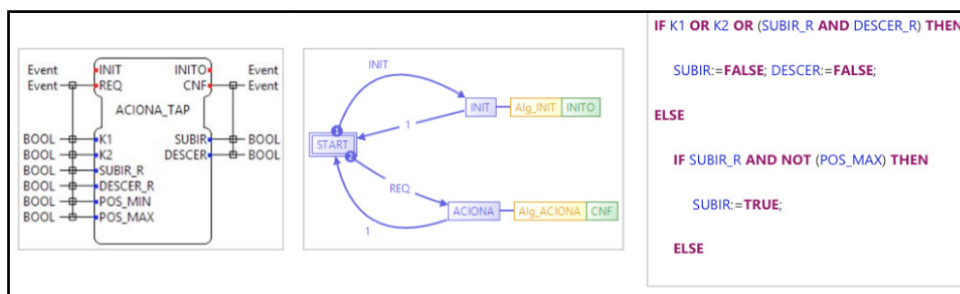


FIGURA 10 – Interface, ECC e Algoritmo “Alg_AÇIONA” do BFB “ACIONA_TAP”.

A Figura 11 apresenta resumidamente a aplicação do CLP remoto referente ao controle paralelo (automático e manual). As aplicações de paralelismo e de comandos remotos individuais são realizadas nesse CLP.

Os três FB’s à esquerda fornecem os dados de estados e seleções dos CLP’s dos transformadores reguladores. O FB “MODO_PARALELO” determina se o sistema está no modo paralelo e, caso positivo, inicia os ciclos de controle usando o EFB “E_CYCLE”. O FB “MOVENDO_TRAFOS” é utilizado para verificar se todos os comutadores de *taps* estão parados. Em cada ciclo é verificada a tensão da barra (FB “V_MED”), calculado o erro (FB “CALC_ERRO”), verificado se o erro está fora da largura de faixa (FB “ZONA_MORTA”) e esperado o tempo atraso (FB “ATRASSO”) calculado de acordo com o erro (FB “CALC_ATRASSO”). Note que, diferente dos outros FB’s *IO_READ* utilizados nas aplicações, o FB “V_MED” é do tipo *requester*; assim, a aquisição de dados é feita periodicamente.

Uma vez determinado que devam ser gerados comandos para mudar os *taps* (FB “MESTRE”), eles são enviados para os CLP’s dos transformadores reguladores (FB “PUB_CR_P”). Note que, o FB “MESTRE” também é responsável por processar os comandos manuais no modo paralelo, provenientes do FB “MESTRE_MANUAL” (um CFB que recebe comandos da IHM).

As posições dos *taps* dos transformadores reguladores fornecidas pelo FB “POSICOES” poderiam ser utilizadas, por exemplo, para supervisão, confirmação de mudanças de *taps* ou para outros intertravamentos.

A Figura 12 apresenta resumidamente a aplicação do CLP remoto para controle individual (manual), para cada transformador regulador (diferenciados por “_X”).

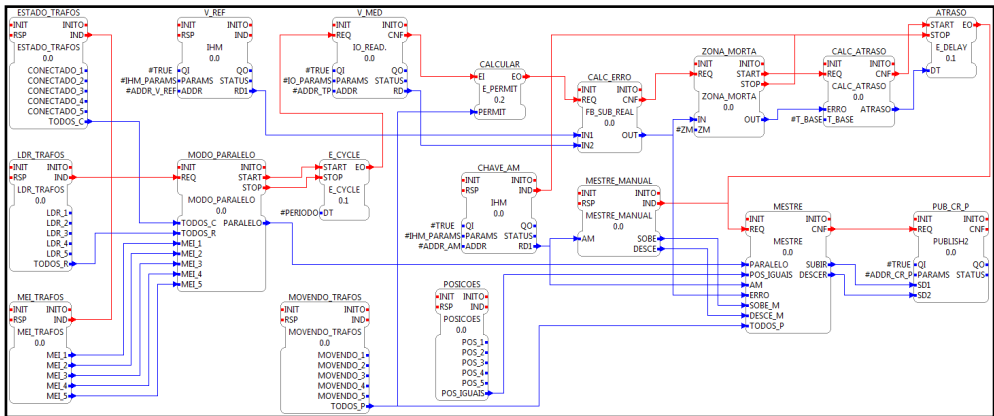


FIGURA 11 – Aplicação do CLP remoto (controle de paralelismo – automático e manual).

Os comandos para mudar individualmente a *tap* de cada regulador são recebidos da IHM (FB “TR_X_SD_M”). As condições de intertravamentos são verificadas (FB “VERIFICA_I_X”) e os possíveis comandos são transmitidos para a aplicação do CLP do transformador regulador X (FB “PUB_CR_I_X”). Note que, essas lógicas poderiam ser realizadas nos próprios CLP’s dos reguladores (enviando alguns dados do CLP remoto para esses CLP’s).

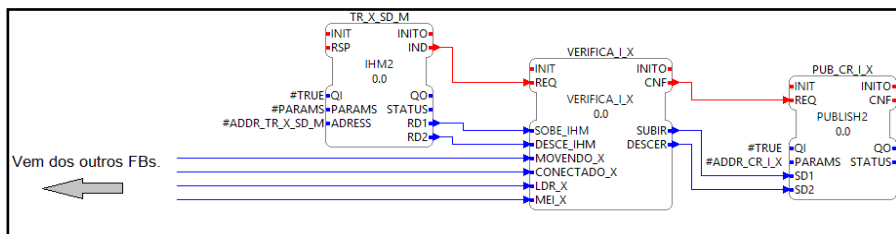


FIGURA 12 – Aplicação do CLP remoto (controle individual – manual).

Outras realizações são possíveis para resolver o problema. Por exemplo, o comando no modo paralelo poderia usar os mesmos FB’s “publish” e “subscribe” do comando no modo individual. Outro exemplo é o uso dos intertravamentos redundantes, para aumentar a segurança, que poderiam ser diferentes.

Para simplificação, alguns intertravamentos foram omitidos. As aplicações e os algoritmos também podem ser melhorados para incluir validação de dados e checagem de transmissões de mensagens entre CLP’s. Isso aumentaria a confiabilidade do sistema, e infelizmente também a complexidade.

Além disso, outras realizações são possíveis. Por exemplo, um (ou vários) CLP dos transformadores reguladores poderia hospedar a aplicação do CLP remoto, de modo que

o último não seria necessário. Realizações mais distribuídas também são possíveis. Foi considerado que cada aplicação está contida em um único recurso.

Alguns ajustes de ordem prática podem ser necessários para colocar o sistema de controle em operação. A simulação do sistema completo (controle e processo) também pode ajudar a fazer esses ajustes e encontrar qualquer erro. Otimizações também podem ser feitas com ajuda de ferramentas de simulação.

As aplicações e todos os FB's foram desenhados usando a ferramenta 4DIAC-IDE (ECLIPSE, 2016). Trata-se de uma ferramenta *open-source* que permite o desenvolvimento de sistemas automação e controle em conformidade com a norma IEC 61499. Essa ferramenta permite a edição e criação de novos FB's, incluindo os ECC's e algoritmos.

4 | CONCLUSÕES

A solução proposta é funcionalmente completa. Vários FB's foram criados para essa solução, com ECC's e algoritmos específicos, mostrando o poder e a versatilidade da norma IEC 61499. Existem outras diversas formas de realizar o controle discutido no trabalho. Entretanto, a ideia principal é apresentar a norma IEC 61499 como ferramenta para a solução do tipo de controle abordado, mostrando um novo enfoque para o problema.

Além disso, outros métodos para realizar o paralelismo (como, por exemplo, o método da corrente circulante) podem ser realizados utilizando a norma IEC 61499. A mesma arquitetura de *hardware* proposta pode servir como base para outras soluções. A arquitetura proposta tem os recursos necessários para realizar qualquer controle distribuído, bastando criar os FB's, ECC's, algoritmos e eventos adequados. Em todos os casos, os CLP's também devem ter as capacidades adequadas (entradas e saídas, etc.).

A solução proposta tem vantagens sobre as soluções usuais. Entre elas, pode ser citado o comportamento mais dinâmico devido à execução orientada a eventos. Essa abordagem permite criar uma sequência lógica para interação e execução dos FB's. As aplicações de cada CLP dos transformadores reguladores são praticamente idênticas, facilitando a realização e a manutenção. Por fim, a solução proposta tem as vantagens geralmente encontradas em sistemas de automação digitais, como a flexibilidade e interface amigável, por exemplo.

As aplicações apresentadas (FB's e algoritmos) podem ser refinadas e aperfeiçoadas para realização prática.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, E. B.; SIQUEIRA, A.; M.; NOGUEIRA, L. R. **Monitoramento do tap dos transformadores de consumidores de média tensão**. In: XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba, p. 1-4, 2011.

DAMASO, E. G. P. **Plataforma Configurável para Gestão de Edifícios baseada em IEC 61499**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (EUP), Portugal, 2011.

HARLOW, J. H. **Electric Power Transformer Engineering**. 3rd Ed., CRC Press, 2012.

International Electrotechnical Commission – IEC. **IEC 61131-3, Programmable Controllers - Part 3: Programming languages**. 3rd Ed., Geneva, 2013.

International Electrotechnical Commission – IEC. **IEC 61499, Function Blocks**. 2nd Ed. Geneva, 2012.

PARCIANELLO, B. P. A. **Estudo e Aplicação da Norma IEC 61499 no Controle de Paralelismo de Transformadores Reguladores**. Orientador: MENDES, M. F. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Foz do Iguaçu, 2016.

RAMBO, M. V. H.; MARUYAMA, N.Y. **Arquitetura de um sistema digital para comutação em paralelo do *tape* de bancos de transformadores de uma subestação compartilhada**. In: XXI SNPTTE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Florianópolis, 2011.

VIEIRA, M. F. **Automatismo de Regulação de Tensão em Unidades Remota de Teleacção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

ECLIPSE; **4diac - The Open Source Environment for Distributed Industrial Automation and Control Systems**. Disponível em: <https://eclipse.org/4diac/>. Acesso em: 12 out. 2016.

ZOITL, A.; LEWIS, R. **Modeling Control Systems Using IEC 61499**. Londres: The Institution of Engineering and Technology, 2014.

ZOITL, A.; STRASSER, T. **Distributed Control Applications: Guidelines, Design Patterns, and Application Examples with the IEC 61499**. CRC Press, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogeradores 219

Agentes de navegação cooperativos 127

Alpaca 242, 243, 244, 248, 255

Análise por ativação neutrônica 99, 100, 105, 106

Antena de Microfita 155, 158

Antena Espiral 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 164

Arquitetura de subsunção 127

Árvores de decisão 109, 111, 117, 125, 179, 180, 181, 182, 189

Assinatura acústica 219, 228, 229, 230

Automação distribuída 140, 142

B

Bandeiras têxteis 314, 324, 325

C

Capex 167, 168

Cidade 1, 2, 3, 5, 6, 7, 20, 21, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 58, 63, 64, 65, 66, 73, 75, 80, 99, 315

Conexão 41, 42, 43, 48, 175, 176, 177, 183, 296

Conexões 41, 66, 142, 149, 167, 172, 174, 175, 176, 177

Conforto térmico 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 74, 75

Construção 1, 3, 26, 42, 44, 50, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 76, 77, 79, 80, 84, 88, 89, 90, 91, 150, 168, 169, 243, 294, 295, 324

Construção Civil 55, 56, 57, 58, 61, 62, 76, 77, 80, 88, 89, 90, 91

Controladores lógicos programáveis 140, 141

Controle 7, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 109, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 170, 180, 243, 244, 245, 260, 281, 287

Cristais fonônicos 234, 236

Custos 55, 62, 108, 167, 168, 169, 170, 171, 181

D

Defeitos 234, 235, 261, 262, 315

E

Edifício 3, 4, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52

Eficiência 92, 95, 99, 104, 156, 195, 197, 200, 264, 292

Enchentes 1, 2, 3, 4, 5

Espaços abertos 49, 63, 66, 74, 75

Espectrometria gama 92, 94, 95, 96, 97, 104

F

Filmes finos de óxido de zinco 256, 268

G

Gerenciamento de risco 276, 277, 278, 285, 287

Gestão 5, 55, 56, 58, 59, 62, 73, 75, 78, 88, 113, 154, 167, 168, 169, 171, 178, 276, 283, 299, 326

I

Inteligência artificial 111, 276, 278

Interação solo-estrutura 22, 23, 26, 27, 29, 35, 36, 39, 40

Inventário 78, 79, 83, 85, 167, 168, 169, 170, 171, 177

J

Jeanswear 314, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324

L

Lâmpada UV-C 195, 196, 197, 198, 199, 200

Localização de faltas 179, 180, 182, 183, 191, 193

M

Mapas cognitivos dinâmicos 127

Medidores inteligentes 179, 180, 182, 183, 184, 185, 189, 191, 192

Método dos elementos finitos 22, 23, 27, 32, 39, 40, 234, 235

Microestrutura 242, 244, 245, 247, 252, 253, 254, 255

Milho 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107

N

Nanopartículas de prata 256, 257, 258, 261, 264, 265, 267, 268

Norma IEC 61499 140, 141, 142, 143, 144, 153, 154

Nutrientes 99, 100

O

Obras 42, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

Opex 167, 168

P

Percepção térmica 63, 70, 72

Planejamento 21, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 79, 168, 171, 172, 246

Polarização 155, 156, 163, 164

População Ribeirinha 1, 2, 4

Processo 7, 26, 27, 45, 57, 58, 76, 78, 79, 84, 86, 94, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 124, 141, 144, 145, 153, 171, 172, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 231, 243, 245, 247, 249, 252, 268, 276, 279, 280, 289, 290, 299, 316, 317

R

Recall 276, 277, 283, 284, 285, 286, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 299

Redes 7, 14, 17, 18, 19, 20, 109, 111, 138, 141, 142, 143, 155, 159, 167, 169, 170, 171, 172, 177, 179, 180

Redes elétricas inteligentes 169, 179, 180

Redução 7, 18, 20, 92, 94, 167, 168, 169, 197, 252, 268, 276, 278, 316

Rendimento 122, 195, 202

Robótica de enxame 127

Ruído 219, 220, 223, 225, 228, 229, 231, 234

S

Sapata 22, 24, 25, 28, 29, 31, 33, 34, 35, 38, 39

Saúde Pública 8, 219, 224, 231, 281

Sensores de gás 256, 258

Simulação estrutural 22, 23

Sistema Multiagentes 127

Sistemas de distribuição 179, 180

Sonogramas 219, 226, 228

T

Tecidoteca 314, 315, 324, 325

Técnicas construtivas 1, 5

Tecnologias cognitivas 276, 278


Telecomunicações 167, 168, 169, 170, 177, 326


Transformadores reguladores de tensão 140, 141

Turbinas eólicas 219, 230


V

Variáveis térmicas de solidificação 242, 244, 248, 249, 255

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br


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

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias



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

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias

