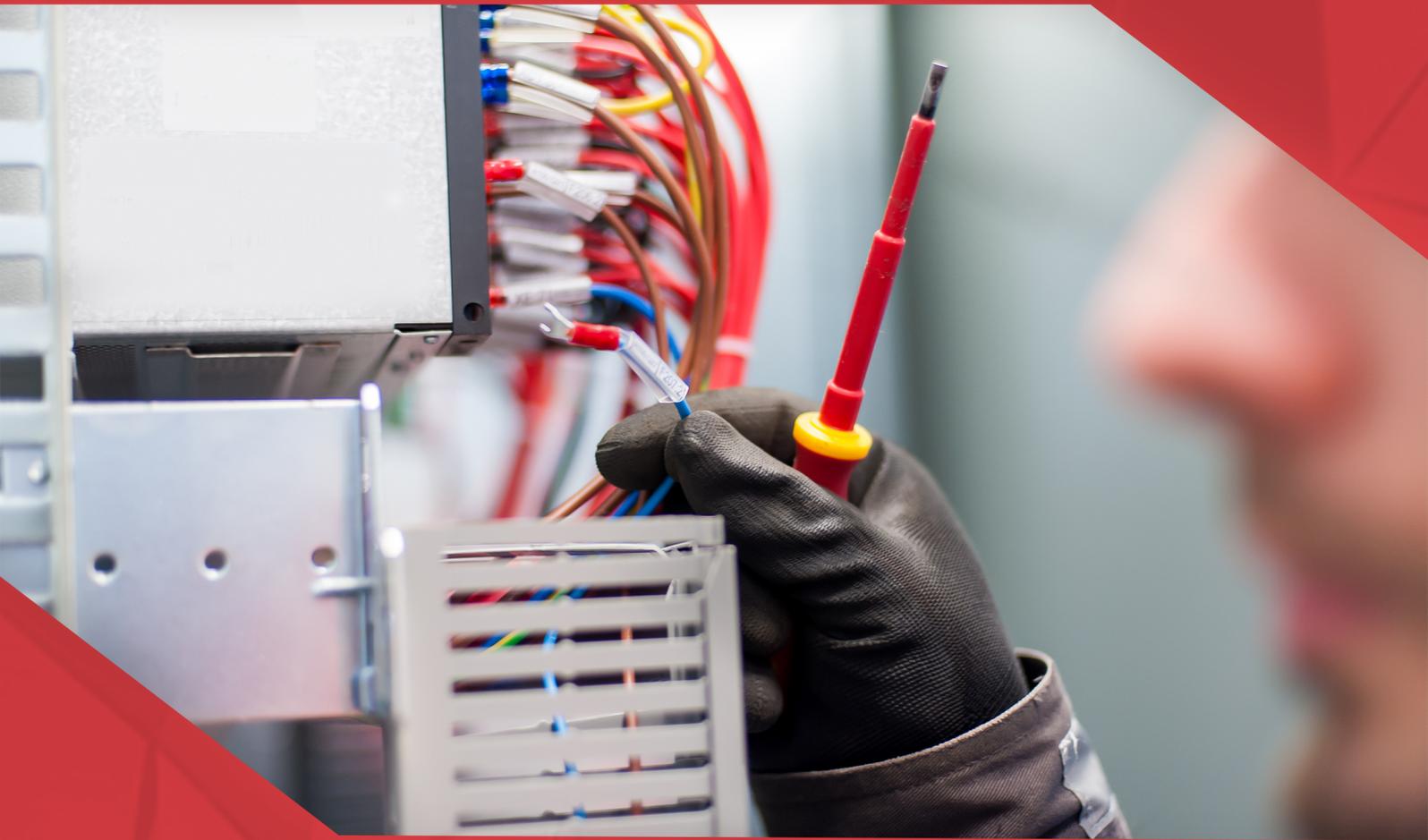


# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico na engenharia elétrica [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-932-5

DOI 10.22533/at.ed.325201701

1. Engenharia elétrica – Pesquisa – Brasil. I. Dallamuta, João.  
II. Holzmann, Henrique Ajuz.

CDD 623.3

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro eletricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é portando pesquisar em uma gama enorme de áreas, subáreas e abordagens de uma engenharia que é onipresente em praticamente todos os campos da ciência e tecnologia.

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

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PANORAMA ATUAL E CENÁRIO 2025 DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	
Isabela Valpecovski Urbanetz Allana de Moura Netto Bruno Scolari Vicente Leite Jair Urbanetz Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
GESTÃO EFICIENTE DAS ANUIDADES REGULATÓRIAS NA CEMIG DISTRIBUIÇÃO	
Rosane de Pinho Matos Viviane Fernanda de Aguiar Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
DESAFIOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE AJUSTES DE GRANDES SISTEMAS -NORMAS, PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS	
Rodrigo A. Benes Ferreira Mario Roberto Bastos Nilson José Francischetti Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
AVALIAÇÃO ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE UM SISTEMA INTEGRANDO MÁQUINA BIOPEIXES E REATOR MULTIFUNCIONAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Francisco de Assis da Silva Mota Francisco Francielle Pinheiro dos Santos Paula Cristina de Amorim Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
ANÁLISE DE PERDAS TÉCNICAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Ailson Pereira de Moura Adriano Aron Freitas de Moura Douglas Aurélio Carvalho Costa Obed Leite Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
CARACTERIZAÇÃO E ESTRATIFICAÇÃO DOS SFVCR NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS	
Diego Piazza Hilgert Jair Urbanetz Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017016</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>75</b>
GEOCORTE CEMIG D: SELEÇÃO ÓTIMA DE ALVOS DE CORTE USANDO GEORREFERENCIAMENTO: DESENVOLVIMENTO SAP/CCS	
Wellington Fazzi Cancian Andre Luiz Soares Charles Ramos Pimenta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>89</b>
ÍNDICES DE REFERÊNCIA PARA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA CABOS PARA-RAIOS ENERGIZADOS	
José Ezequiel Ramos Alexandre Piantini Ary D'Ajuz Valdemir Aparecido Pires Paulo Roberto de Oliveira Borges	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
A EXPERIÊNCIA DA COPEL COM RELIGADORES MONOFÁSICOS	
Maurício Varassim Hernandes Oscar Kim Júnior Fausto Aurélio Portella Garcia Guilherme Fernandes Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3252017019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>108</b>
SISTEMA DE MONITORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM VISTAS A MELHORIA DA QUALIDADE DE SERVIÇO	
Klendson Marques Canuto Avilez Batista de Oliveira Lima Paulo Roberto de Oliveira Braga Juraci Gomes de Aguiar Filho André Ribeiro da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>122</b>
TÉCNICA DE RESGATE PARA TRABALHOS EM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS – MÉTODO AO POTENCIAL	
Fernando César Pepe Wlademir Braido	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>128</b>
MONITORAMENTO DE DESGASTE DE CONTATOS DOS DISJUNTORES DA SUBESTAÇÃO ISOLADA À GÁS DA UHE BELO MONTE	
Davi Carvalho Moreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 139**

COMPARAÇÃO ENTRE TRANSFORMADORES A ÓLEO E A SECO

Marco Antonio Ferreira Finocchio  
Márcio Mendonça  
Lucas de Oliveira Antunes  
Jeferson Gonçalves Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.32520170113**

**CAPÍTULO 14 ..... 147**

OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS APLICADA A CONTROLADORES DE CORRENTE PARA INVERSORES CONECTADOS À REDE

Lucas Cielo Borin  
Iury Cleveston  
Caio Ruviaro Dantas Osorio  
Gustavo Guilherme Koch  
Fabricio Moretto Bottega  
Vinicius Foletto Montagner

**DOI 10.22533/at.ed.32520170114**

**CAPÍTULO 15 ..... 161**

OTIMIZAÇÃO DA CONFIABILIDADE PELA ALOCAÇÃO DE CHAVES AUTOMÁTICAS E USO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ILHAMENTO

Railson Severiano de Sousa  
Camilo Alberto Sepúlveda Rangel  
Criciéle Castro Martins  
Mauricio Sperandio  
Luciane Neves Canha

**DOI 10.22533/at.ed.32520170115**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

COMO SELECIONAR TRANSISTORES DE POTÊNCIA PARA APLICAÇÕES EM CONVERSORES ESTÁTICOS?

Edemar de Oliveira Prado  
Pedro Cerutti Bolsi  
Mateus José Tiburski  
Éder Bridi  
Hamiltom Confortin Sartori  
José Renes Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.32520170116**

**CAPÍTULO 17 ..... 190**

METODOLOGIA DE PROJETO DE CONVERSORES BOOST PARA APLICAÇÕES DE ALTA EFICIÊNCIA E ELEVADO GANHO DE TENSÃO

Mateus José Tiburski  
Éder Bridi  
Edemar Oliveira Prado  
Pedro Cerutti Bolsi  
Hamiltom Confortin Sartori  
José Renes Pinheiro

**DOI 10.22533/at.ed.32520170117**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>203</b>
INFLUÊNCIA DO PONTO DE OPERAÇÃO DE CONVERSORES ESTÁTICOS NO VOLUME E PERDAS DE DIFERENTES MATERIAIS MAGNÉTICOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pedro Cerutti Bolsi</li> <li>Edemar de Oliveira Prado</li> <li>Mateus José Tiburski</li> <li>Éder Bridi</li> <li>Hamiltom Confortin Sartori</li> <li>José Renes Pinheiro</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>218</b>
WIRELESS CHARGER MANUFACTURING USING INDUCTIVE METHOD	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Maryam Liaqat</li> <li>Sulman Joseph</li> <li>Shamsa Maqsood</li> <li>Ali Raza</li> <li>Sana Aslam</li> <li>Waseem Imtiaz</li> <li>Muhammad Furqan Shoukat</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>235</b>
TRANSFORMADOR DE ATERRAMENTO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Djair Pamplona dos Santos</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>248</b>
OTIMIZAÇÃO DE CONVERSORES BOOST INTERCALADO DE ALTO GANHO DE TENSÃO E ALTA EFICIÊNCIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Éder Bridi</li> <li>Mateus José Tiburski</li> <li>Edemar Oliveira Prado</li> <li>Pedro Cerutti Bolsi</li> <li>Hamiltom Confortin Sartori</li> <li>José Renes Pinheiro</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>262</b>
DETERMINAÇÃO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAR A INCERTEZA NA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO E VAZÃO AFLUENTE POR SISTEMAS HIDRO METEOROLÓGICOS PARA AUXÍLIO NA OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E PLANEJAMENTO HIDROENERGÉTICO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reinaldo Bomfim da Silveira</li> <li>Anderson Nascimento de Araujo</li> <li>Mino Viana Sorribas</li> <li>Camila Freitas</li> <li>Rafael Schinoff Mércio Pereira</li> <li>Ângelo Breda</li> <li>José Eduardo Gonçalves</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32520170122</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>276</b>



## SISTEMA DE MONITORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM VISTAS A MELHORIA DA QUALIDADE DE SERVIÇO

Data de aceite: 03/01/2020

**Klendson Marques Canuto**

Enel Distribuição Ceará

Fortaleza – Ceará

**Avilez Batista de Oliveira Lima**

**Paulo Roberto de Oliveira Braga**

**Juraci Gomes de Aguiar Filho**

**André Ribeiro da Costa**

Enel Distribuição Ceará

Fortaleza – Ceará

**RESUMO:** A implementação de ações de otimização no monitoramento da rede de distribuição de energia influencia diretamente na duração das interrupções. O fator que mais contribui para a diminuição do tempo médio de interrupção é, sem dúvidas, a rapidez na localização do ponto de ocorrência da interrupção e a velocidade das tomadas de decisão para o restabelecimento do fornecimento. Assim, foi desenvolvido um sistema de monitoramento da rede de Baixa Tensão - BT e ramais de Média Tensão - MT, chamado de AutodistBT, o qual surgiu da necessidade de se buscar novas tecnologias que permitissem identificar de forma rápida e precisa a localização do ponto de ocorrência da interrupção, antes mesmo da entrada de quaisquer reclamações

por parte dos clientes afetados. Tal solução é composta de monitores remotos instalados em campo dotado de comunicação via celular e responsáveis pela verificação da ausência ou da queda dos níveis de tensão de cada fase da rede de distribuição secundária com interação direta com o Centro de Controle do Sistema - CCS da Enel Distribuição Ceará – EDC, através de um software especificamente desenvolvido para receber e identificar as chamadas de tais monitores. Como resultado foi evidenciado os ganhos nos indicadores de tempos médios de atendimentos emergenciais e a redução da duração das ocorrências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade de Energia; Monitoramento Digital; Continuidade do Fornecimento; Indicadores de Qualidade de Serviço.

### ENERGY DISTRIBUTION NETWORK MONITORING SYSTEM FOR IMPROVING QUALITY OF SERVICE

**ABSTRACT:** The implementation of optimization actions in monitoring the power distribution network directly influences the duration of the interruptions. The factor that most contributes to decreasing the average interruption time is undoubtedly the speed in locating the interruption point and the speed of decision making to re-establish the supply. Thus, a monitoring system for the Low Voltage Network - BT and Medium

Voltage branches – MT, called AutodistBT, was developed in need to seek new technologies that allow fast and accurate identification of the occurrence's location even before complaints are received from affected customers. The solution consists of remote monitors installed in a field of mobile phone communication that is responsible for verifying the loss or fall of voltage levels of each phase of the secondary distribution network with direct interaction with Enel's System Control Center, through a software designed to receive and identify the calls of these monitors. As a result, it was testified gains in the indicators in the average time of emergency outage and the reduction of the outage. time

**KEYWORDS:** Energy Quality; Digital monitoring; Continuity of Supply; Quality of Service Indicators.

## 1 | INTRODUÇÃO

A fim de assegurar a contínua disponibilidade e a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica, é fundamental que toda a rede elétrica seja monitorada para que sejam evitadas ocorrências ou falhas na rede de distribuição. A característica de distribuição geográfica de grande escala está dentre os fatores que adicionam maior dificuldade no processo de monitoramento e manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Dois aspectos devem ser observados para um bom monitoramento do sistema de distribuição de energia: qualidade e custo. Com o objetivo de fornecer soluções para viabilizar esta qualidade de fornecimento ao consumidor, a EDC, desenvolveu um projeto cujo objetivo é a aplicação de equipamentos para sensoriamento e monitoramento das redes de distribuição secundária através de um equipamento especialmente desenvolvido para esta finalidade, denominado Monitor de Ramais.

Além do baixo custo, o sistema será de grande auxílio na observância dos indicadores de qualidade de energia, na obtenção de informações estatísticas para fins de planejamento, operação, monitoramento da rede de distribuição e diagnóstico de falhas.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Planejamento da Estratégia do Monitoramento.

Foi desenvolvido um equipamento de detecção de interrupção de energia elétrica utilizando um sistema de detecção de falta de fase acoplado a um sistema microcontrolado, atuando sobre um modem celular, o qual é o responsável pelo envio da informação da localização do ponto de ocorrência da interrupção ao Centro de Controle, que poderá ser um falta na rede de distribuição secundária de um determinado transformador de BT ou de todo um ramal de MT. Outra vantagem do sistema desenvolvido é que quando da ocorrência de alguma interrupção de energia, serão conhecidos todos os clientes afetados e as providências tomadas de decisão

pela concessionária beneficiarão a um maior número de pessoas e não apenas aquela unidade consumidora monitorada, otimizando sobremaneira o processo de atendimento emergencial da concessionária, visto que, a mesma terá conhecimento da interrupção antes do registro de quaisquer reclamações de clientes afetados via Call Center da empresa.

Com vistas a estratégia de operação e com a finalidade de definir quais os circuitos para implantação do monitoramento, o corpo técnico da concessionária indicou dois critérios para definição dos pontos de monitoramento. Os critérios definidos foram:

- I. Chaves de ramal com histórico de falha e com uma grande quantidade de clientes cadastrados;
- II. Cobertura de serviço de telefonia celular – Definição da melhor operadora.

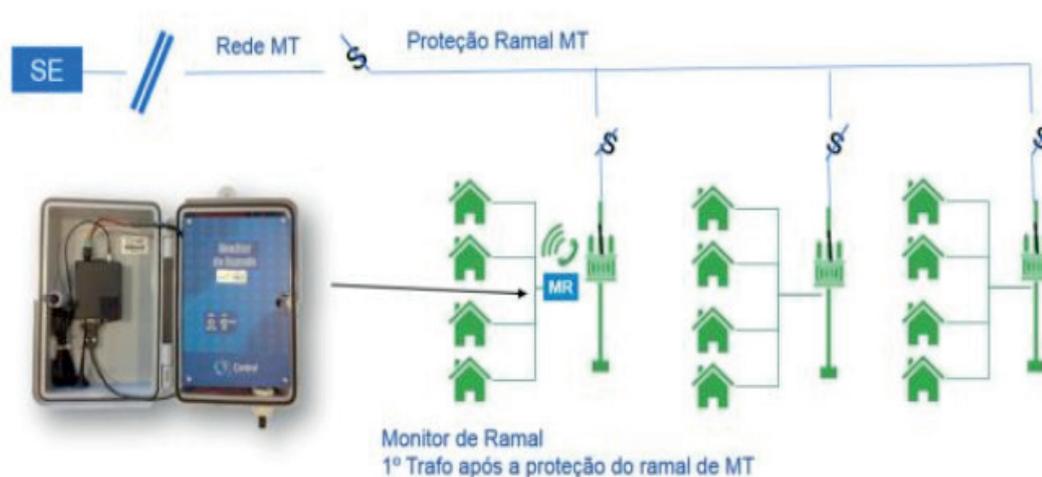


Figura 1 – Esquema de instalação dos monitores de ramais

A recomendação da equipe técnica foi a instalação do Monitor de Ramal na rede BT no primeiro transformador após uma Chave Fusível – CF de proteção de um ramal de MT com uma grande quantidade de clientes. Seguindo esta estratégia tanto a rede de BT do transformador, como o ramal estarão sendo monitorados por uma possível falta de tensão em uma das fases. Abaixo imagem do Monitor de Ramal instalado no secundário do transformador de distribuição.

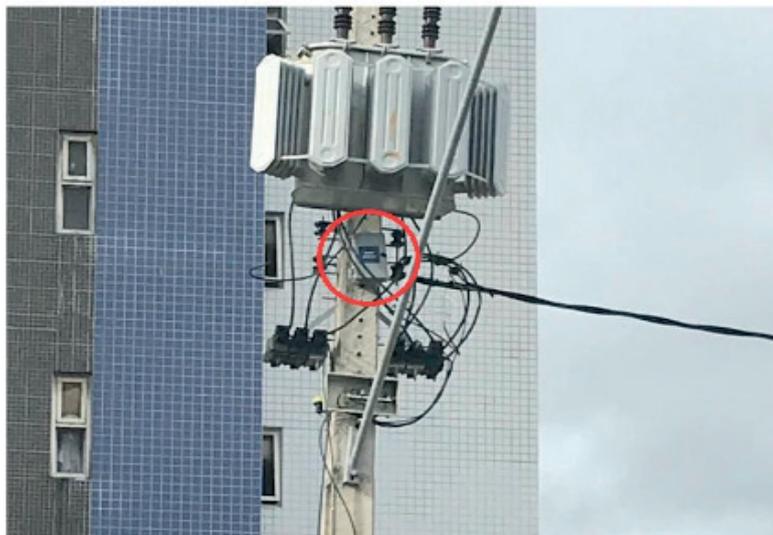


Figura 2 – Esquema de instalação dos monitores de ramais

## 2.2 Descrição das Características do Sistema

O Monitor de Ramais foi desenvolvido para supervisionar a rede de baixa tensão e ramais de média tensão, além de realizar comunicação com o centro de operações das concessionárias de energia, visando conter o crescimento das taxas de Duração Equivalente de Interrupção - DEC e de Tempo Médio de Atendimento Emergencial - TMAE.

O sistema é capaz de detectar e informar imediatamente aos responsáveis pela manutenção e ao centro de controle via modem a localização da interrupção do fornecimento de energia ou a falta de uma ou mais fases do circuito monitorado, diminuindo o tempo de restabelecimento dos clientes afetados.

O dispositivo utiliza cabos e conexões que garantem ao operador facilidade na instalação. O mesmo conta com um sistema próprio de recarga da bateria.

O Monitor de Ramais opera em conjunto com o software supervisor AutodisBT. A aplicação cadastra todas as informações referentes aos circuitos monitorados e serve de interface para avisar ao Centro de Controle as falhas apontadas pelo equipamento.

Em seguida é mostrado na Figura 3 o diagrama em blocos do sistema.

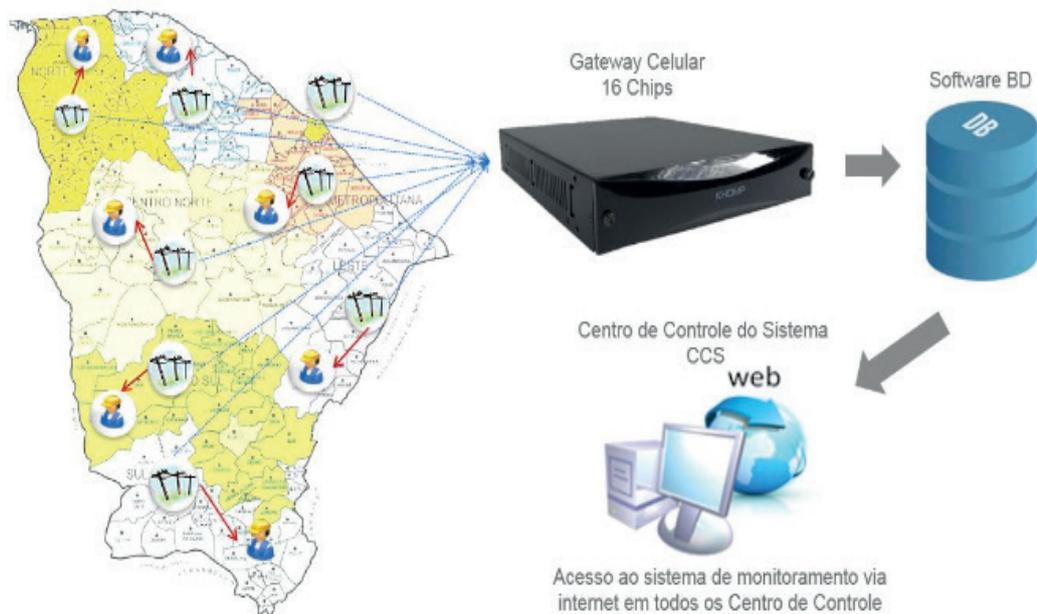


Figura 3 – Diagrama de blocos do sistema de monitoramento

O sistema de supervisão da rede de BT e ramais de MT da Enel é composto dos seguintes módulos:

### 2.2.1 Monitor de Ramais

Este módulo do sistema foi desenvolvido para ser sensibilizado não só pela total interrupção do fornecimento, ou seja, tensão zero, mas, também, para detectar a ocorrência em chaves fusíveis, como por exemplo, quando da abertura de uma das chaves de ramal ou do transformador, a tensão cairá para um valor diferente de zero e o sistema deverá responder a esta ocorrência através do acionamento do monitor. Este circuito possui um sensor independente para cada fase do transformador, o que permite sua utilização em transformadores monofásicos, bastando, para tanto, unir as entradas e conectá-las ao transformador.

O Monitor de Ramais é composto de uma unidade totalmente microcontrolada conectada a um modem celular compatível com qualquer operadora de telefonia celular. O equipamento é montado em caixa de polipropileno, sendo resistente ao sol, água e poeira (IP65) e impactos (1K10). Possui uma bateria do tipo chumbo ácida de 1.300 mAh em 12V, garantindo uma autonomia em média de 17 horas quando houver falta ou queda de tensão.

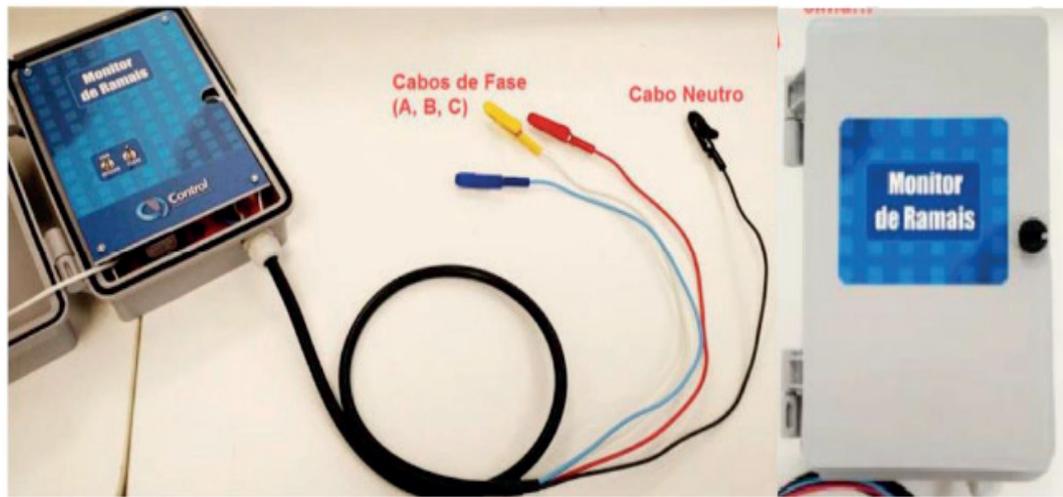


Figura 4 – Monitor de Ramais

O equipamento trabalha com o modem desligado e somente é acionado quando identificado a ausência de tensão em pelo menos uma das fases. Neste momento o modem realiza 3 (três) ciclos de chamadas para 4 (quatro) números de telefones previamente cadastrados na memória do SIM Card. Sendo que os 3 primeiros números são de dispositivos moveis comuns (celulares) utilizado por equipe de campo e responsáveis pelas instalações. Para o caso do quarto número, este é dedicado exclusivamente para o número do Gateway Celular.

Quando é detectada uma falta de tensão na rede, o equipamento entra em operação e dá início ao procedimento de discagem. O processo conta com três ciclos de quatro chamadas, com intervalo entre ligações definido pelo usuário, para os números gravados em seu chip SIM. O procedimento está ilustrado na Figura 5 a seguir:

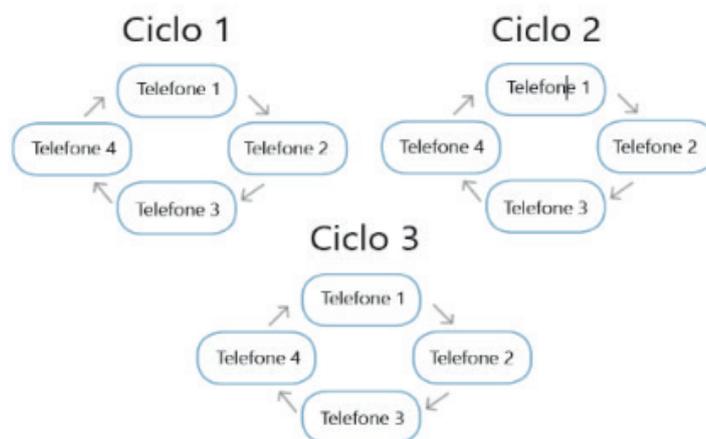


Figura 5 – Procedimento de Discagem do Monitor de Ramais

Depois de concluído os três ciclos de chamadas, caso ainda permaneça a falta de tensão, o monitor fica realizando chamadas para o número do Gateway, a cada 1 minuto, indefinidamente até a tensão retornar ou a bateria descarregar.

Importante ressaltar que uma das grandes vantagens deste equipamento é que o mesmo utiliza apenas o canal de voz da operadora de celular, sem a necessidade de utilização de dados, o que o torna bastante atrativo com relação a custos. Uma outra vantagem é que as ligações realizadas pelo monitor, no momento da falta, não são completadas, assim não geram custos de ligação.

### *2.2.2 Gateway Celular*

Trata-se de um módulo compacto com capacidade de até 16 canais de celular em um único equipamento e tem a função de gerenciar as chamadas recebidas provenientes dos monitores instalados em campo, podendo gerenciar até 16 chamadas simultâneas. O gateway tem a capacidade para dois SIM Cards por canal, sendo um ativo e outro stand-by, permitindo diferentes operadoras no mesmo módulo.



Figura 6 – Gateway celular utilizado no gerenciamento das chamadas.

### *2.2.3 Sistema de Monitoramento*

Em conjunto com os equipamentos remotos instalados em campo, foi desenvolvido um sistema chamado AutodistBT, que reúne as funções de gestão e base de dados com o cadastro de localização de cada monitor remoto e demais informações como:

- Alimentador;
- Código Estrutura do transformador onde está instalado o monitor;
- Quantidade de clientes cadastrados no transformador onde está instalado o monitor;
- Código da chave fusível de ramal a montante do transformador com monitor instalado;
- Quantidade de clientes atendidos pela chave fusível de ramal monitorada;
- Localidade supervisionada;
- Clientes Especiais;
- Eletrodependentes.

O sistema está disponível em uma página na internet e pode ser acessado por qualquer computador corporativo sendo controlado os perfis de acesso para administração do sistema, edição e consulta de informações. A Figura 7 mostra a tela de controle e gestão de usuários.

+	✎	🗑️	🔍	🔊	Procurar
id	Login	E-mail	Centro de Serviço	Área	Perfil
<input type="checkbox"/>	admin	admin@admin.com	Análise de Rede	Análise de Rede	CADASTRO_ADMIN
<input type="checkbox"/>	janai	janai.fino@enel.com	Análise de Rede	Análise de Rede	CADASTRO_ADMIN
<input type="checkbox"/>	joaquim	joaquim.jourisco@enel.com	DF01	Área Fortaleza	CADASTRO_AREA
<input type="checkbox"/>	arifez	arifez.ima@enel.com	Análise de Rede	Análise de Rede	CADASTRO_ADMIN
<input type="checkbox"/>	cca.fortaleza	supernon@enel.com	DF01	Área Fortaleza	CADASTRO_GERENCIA
<input type="checkbox"/>	damel	damel@enel.com	DF01	Área Fortaleza	CADASTRO_AREA
<input type="checkbox"/>	damem	damem@enel.com	Segurança	Área Metropolitana	CADASTRO_AREA
<input type="checkbox"/>	desul	desul@enel.com	Metropolitana Cariri	Área Sul	CADASTRO_AREA
<input type="checkbox"/>	deses	deses@enel.com	Senador Pompeu	Área Centro Sul	CADASTRO_AREA

Figura 7 – Tela de Gestão de Perfis de Usuários do AutodistBT.

No momento em que há uma ocorrência em campo e a mesma é detectada pelo respectivo monitor remoto, o mesmo realiza várias chamadas, das quais uma é direcionada para o Gateway GSM. O hardware do Gateway está conectado à rede corporativa da Enel e disponibiliza o gerenciamento das chamadas na tela mostrada na Figura 8 abaixo.

Dispositivos	Canal	Situação	Estado	Detalhes	Número	Duração	Tempo	Entradas	Saídas	SIM	Operadora	Sinal	IMEI	ICCID	Opções	
00 - GSM-OSM 160 - 53771 Canais 0 - 15	0	GSM	Idle	Idle	-	-	00:00:12	4954	0	284	0	0	TIM BRASIL	81% 357176046812597	89550282000024528734	🔄
01 - VoIP - 36 Canais 0 - 15	1	GSM	On Call	Call In Progress	-	00:00:08	00:00:12	76438	0	1885	0	0	TIM BRASIL	83% 357176047367256	89550282000024628800	🔄
Colunas	2	GSM	On Call	Call In Progress	-	00:00:12	00:00:11	88718	0	29	0	0	TIM BRASIL	80% 357176047247421	89550282000024630045	🔄
	3	GSM	Idle	Idle	-	-	-	0	0	0	0	0	VIVO	79% 357176047207219	8955155113900631008	🔄
	4	GSM	On Call	Call In Progress	-	00:00:07	00:00:12	77582	0	49	0	0	TIM BRASIL	65% 351729070273884	89550282000024525565	🔄
	5	GSM	On Call	Call In Progress	-	00:00:03	00:00:15	72750	0	138	0	0	VIVO	73% 351729070311274	89551551139007855885	🔄
	6	GSM	On Call	Call In Progress	-	00:00:05	00:00:12	78347	0	643	0	0	TIM BRASIL	73% 351729070273635	89550282000024629476	🔄

Figura 8 – Tela do sistema da Gateway GSM mostrando as chamadas em andamento.

O sistema AutodistBT executa rotina de leitura na base de dados do Gateway GSM, lendo as informações das chamadas e compara o código do número que está chamando com os dados do banco de dados. Caso a chamada seja de um número

cadastrado, será mostrado um Pop-up no canto superior direito da tela por 30 segundos e também é registrado uma linha na tela com todos os dados de localização do equipamento, inclusive com os horários da primeira e última chamada.

Este sistema guarda todas as ocorrências em um banco de dados para posterior consulta e, na tela Ocorrências em Andamento, só permanecem ativas as ocorrências em andamento, de forma que o operador volte toda a sua atenção para a solução das mesmas, ficando as ocorrências finalizadas no histórico de ocorrências. A seguir, é mostrada na Figura 9, com a tela de Ocorrências em Andamento.

Atendente	Estrutura	Chave Protetida	Chaves Atendidas	Chaves Especiais	Estruturados	1ª Ligação	Última Ligação
MTB010	TOR0013	P90134	492	0	0	05/03/18 12:23:39	05/03/18 13:54:18
MTB010	TUR0006	F100079	439	0	0	05/03/18 09:42:05	05/03/18 13:53:06
MTB010	TOR0015	R900041	0	0	0	05/03/18 12:37:39	05/03/18 13:53:06
JAB011	TOR0023	P000490	75	0	0	05/03/18 18:37:05	05/03/18 13:54:18
WFO100	TER0009	F000036	1002	0	0	05/03/18 23:54:51	05/03/18 13:54:18
TRB010	TUR0010	R000018	286	0	0	11/03/2018 09:32:38	05/03/18 13:54:08
GRB010	BRB010	F1000007	578	0	0	05/03/18 22:17:41	05/03/18 13:54:08
CRB010	TRB1007	F000005	532	0	0	05/03/18 08:33:23	05/03/18 13:53:06
BRB010	TOR010	T000007	1502	0	0	05/03/18 11:11:00	05/03/18 13:54:08
GRB010	TRB1004	T000004	284	0	0	05/03/18 09:22:35	05/03/18 13:54:08
WRB010	TOR0008	F000073	309	0	0	05/03/18 13:11:09	05/03/18 13:54:18
GRB010	TRB000	F000004	285	0	0	05/03/18 18:33:31	05/03/18 13:53:06
KRB010	TRB010	P000007	358	0	0	05/03/18 11:52:04	05/03/18 13:53:06
GRB010	GRB110	F000001	794	0	0	05/03/18 11:52:04	05/03/18 13:53:18
SRB010	TRB000	F000000	245	0	0	05/03/18 11:27:05	05/03/18 13:54:18
SRB010	TRB014	F000000	319	0	0	05/03/18 11:38:06	05/03/18 13:53:06

Figura 9 – Tela de Gerenciamento das Ocorrências em Andamento.

Vale salientar que o monitor só interromperá o ciclo de chamadas quando a ocorrência for normalizada e, com base nesta característica, o AutodistBT é capaz de informar até a duração da interrupção do fornecimento.

O sistema AutodistBT está preparado com telas específicas para a gestão de dados dos equipamentos monitorados. A Figura 10 mostra as opções de Cadastro, podendo o usuário inserir novos equipamentos e editar informações já cadastradas.

Gerência	Área	Centro de Serviço	Elementos de Proteção	Elemento de roteação	Nº de Série	Nº Telefone	Estrutura	Potência	Localização	Localidade Protetida	Qtd. de Clientes	Qtd. de Clientes Especiais
Gerência Fortaleza e Metropolitana	Área Fortaleza	DF04	MSD1M3	90E0290	39900330277	085981843433	05E0282	0			3255	0

Figura 10 – Tela de edição e cadastro de informações dos Monitores Remotos.

## 2.3 Resultados

A estratégia de implantação dos monitores foi a identificação de chaves fusíveis de ramais com uma grande quantidade de clientes protegidos. Foi levantado um total de 67.458 chaves fusíveis no sistema de média tensão da EDC. A Figura 11 mostra a quantidade de chaves fusíveis por regional.

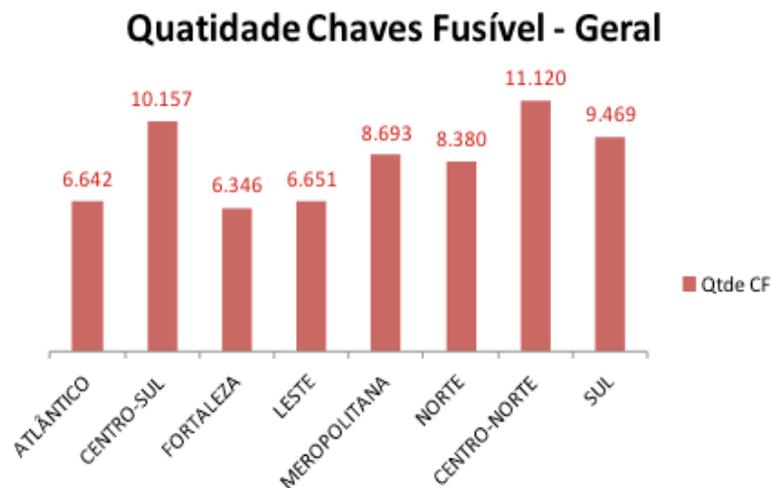


Figura 11 – Quantidade de chaves fusíveis por regional.

Em seguida as chaves foram segregadas por faixa de clientes de forma a identificar as chaves com a maior quantidade de clientes. Foram priorizadas inicialmente as 1.112 chaves de ramais que afetavam mais de 500 clientes. Depois foram colocados monitores em chaves com afetação menor que 500 clientes. A Figura 12 mostra a quantidade de chaves de ramal por faixa de clientes afetados.

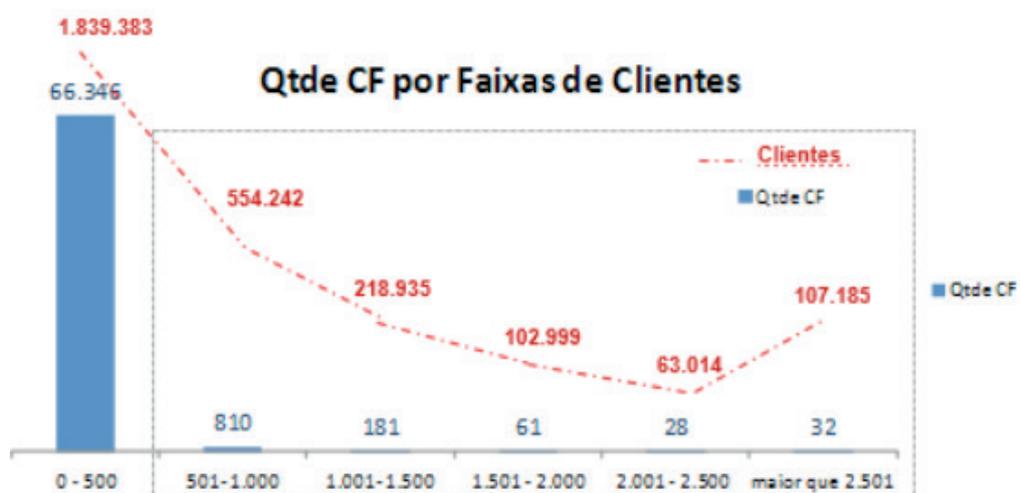


Figura 12 - Quantidade de chaves de ramal por faixa de clientes afetados.

Atualmente a Enel DC possui 3.101 monitores instalados em transformadores, que corresponde a 2% dos transformadores totais MT/BT. A Figura 13 mostra a

distribuição dos monitores por regional.

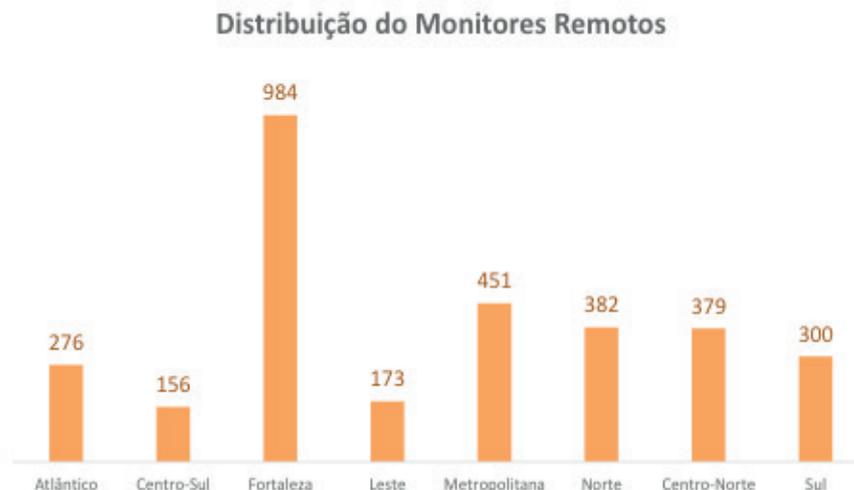


Figura 13 - Distribuição dos monitores por regional da Enel DC.

O principal ganho do Monitor de Ramais é a redução no tempo de atendimento quando da ocorrência de alguma interrupção de energia, onde serão conhecidas as quantidades de clientes afetados e assim serão antecipadas as tomadas de decisões de priorização de atendimentos. Os ganhos serão balizados pelo conhecimento prévio das interrupções antes dos registros de quaisquer reclamações de clientes afetados via Call Center da empresa.

Neste sentido o cálculo dos ganhos nos indicadores de qualidade de serviço foi baseado no Tempo Médio de Preparação - TMP das ocorrências emergenciais. O TMP mede a eficiência dos meios de comunicação das ocorrências, a disponibilidade das equipes de atendimento e o fluxo de informação dos Centros de Controle. O TMP é a diferença do tempo do registro da reclamação até o horário onde foi alocada uma equipe para atendimento à ocorrência. A Figura 14 mostra que o TMP corresponde a primeira parcela de tempo para o cálculo do Tempo Médio de Atendimento Emergencial – TMA.

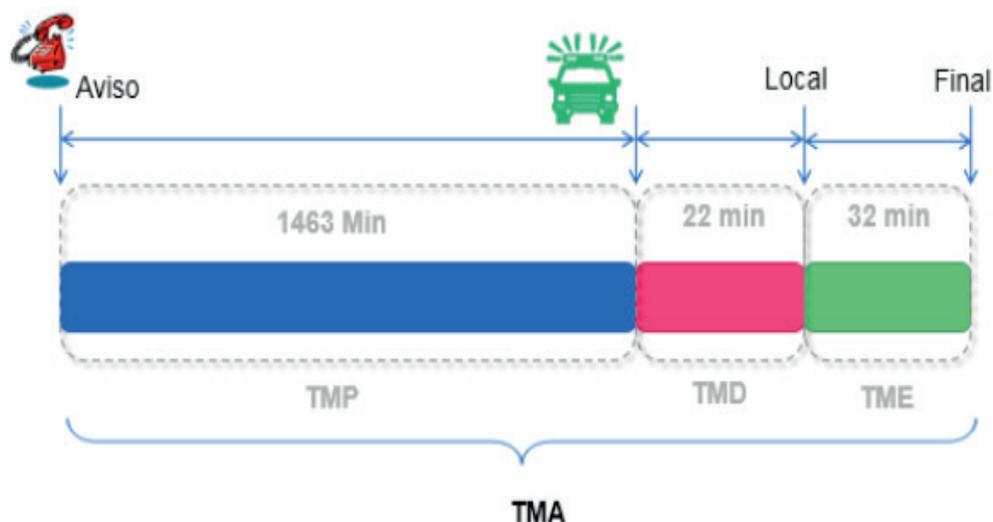


Figura 14 – Ilustração das parcelas de tempos médios de atendimento emergencial.

Para o cálculo do ganho dos Monitores de Ramais foram utilizados os registros históricos dos TMP de cada dispositivo contemplado com o monitoramento remoto. Foram utilizadas a base histórica de indicadores e atendimento emergencial do ano de 2017. Como resultado foi construído uma base com todos os TMPs de cada dispositivo, assim como a quantidade de clientes interrompidos pela atuação de cada dispositivo monitorado. A diferença dos TMP de 2017 e 2018 de cada dispositivo é multiplicado pela quantidade de clientes afetados pelo dispositivo, o resultado é dividido pela quantidade de clientes do alimentador, calculando assim o ganho em minutos. O Quadro 1 abaixo mostra um exemplo de memória de cálculo para o ganho dos monitores.

TMP dispositivo histórico	TMP dispositivo atual	Diferença dos TMP	Cliente afetado pelo dispositivo	Cliente x Tempo	Quantidade de Clientes do Alimentador	Ganho minutos no alimentador
100	70	30	1000	30000	20000	1,5

Quadro 1 – Memória de cálculo dos ganhos dos monitores de ramais.

Os monitores de ramais foram instalados ao longo do ano de 2017, com início em outubro e finalizado no final de dezembro de 2017. Os ganhos nos indicadores foram calculados em 2018 onde verificou-se excelentes resultados, com um ganho acumulado de 28,5 minutos no indicador de qualidade (DEC). A previsão de target para o final de 2018 era um ganho de 31,5 minutos. A Figura 14 mostra os ganhos mensais em 2018 e o valor acumulado em linha com o valor previsto para 2018.

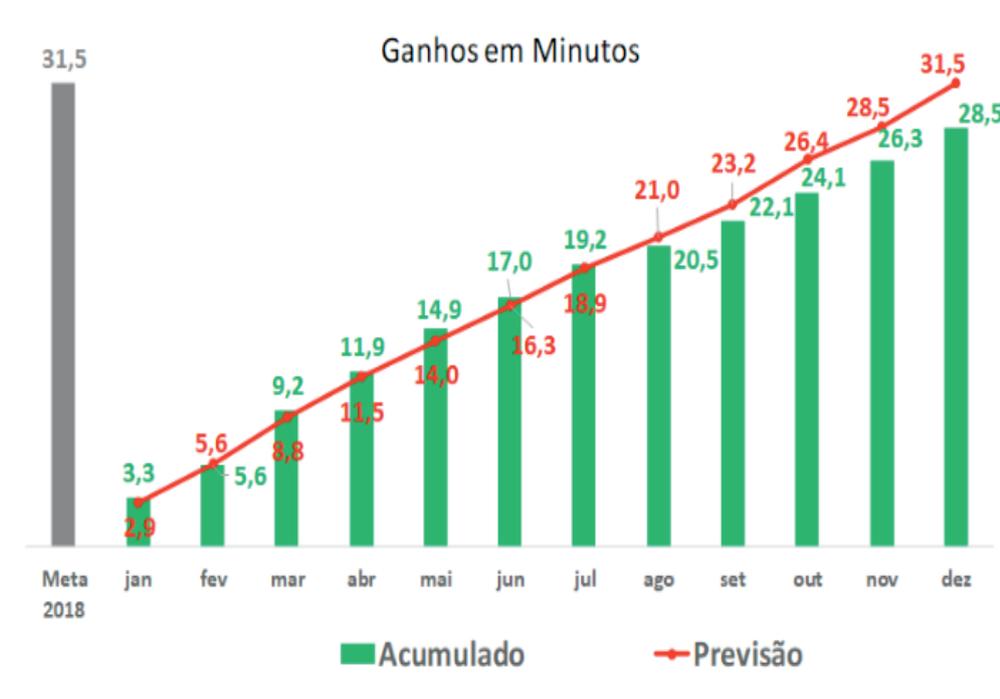


Figura 14 – Resultado dos ganhos mensais e acumulado em 2018.

### 3 | CONCLUSÕES

Conforme exposto, verifica-se que a utilização em larga escala do sistema de supervisão da rede de BT e ramais de MT trazem grandes benefícios às concessionárias e seus clientes, no tocante à redução do tempo de interrupção do fornecimento às áreas sob monitoramento e a otimização do desempenho das equipes de manutenção. Além disto, o referido sistema propõe várias inovações tecnológicas, dentre as quais podemos destacar:

- Utilização de equipamentos sensores utilizando sistema de comunicação móvel celular instalados em transformadores de distribuição;
- Sistema computacional de gerenciamento compatível com os equipamentos sensores de interrupções de energia, integrado ao sistema corporativo e ao processo de atendimento emergencial da concessionária;
- Conhecimento exato da duração da interrupção de energia detectada (início e final);
- Utilização de inteligência artificial e banco de dados para monitoramento e análise das interrupções de energia, identificando o segmento de sua ocorrência, se em baixa ou em média tensão;
- Conhecimento imediato da quantidade de clientes afetados pela interrupção, antes mesmo que haja qualquer reclamação por parte dos clientes;
- Otimização do processo de atendimento emergencial da concessionária;
- Monitoramento das interrupções de energia em transformadores de distribuição e em ramais de média tensão estratégicos (eletrodependentes e

Hospitais).

Importante ressaltar que uma das grandes vantagens deste equipamento é que o mesmo utiliza apenas o canal de voz da operadora de celular, sem a necessidade de utilização de dados, o que o torna bastante atrativo com relação a custos. Uma outra vantagem é que as ligações realizadas pelo monitor, no momento da falta, não são completadas, assim não geram custos de ligação.

Desta forma, a Enel DC tem a seu dispor uma poderosa ferramenta de supervisão das redes de BT e ramais de MT proporcionando a maior acurácia possível na detecção de ocorrências em seu sistema e como consequência uma maior agilidade no atendimento destas.

## REFERÊNCIAS

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Setor Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 1 –Introdução**. Acesso em 02/03/2018, disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/%C3%B3dulo1\\_Revisao\\_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/%C3%B3dulo1_Revisao_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7)>.

ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Setor Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 –Qualidade da Energia Elétrica**. Acesso em 02/03/2018, disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8\\_Revis%C3%A3o\\_7.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_7.pdf)>.

MEHL, L. M. **Qualidade de Energia Elétrica**. Acesso em 07/03/2018, disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>.

MARTINS, C. M.; SELLITO, M. A. **Análise de Estratégia de Manutenção de uma Concessionária de Energia Elétrica com base em Estudos de Confiabilidade**. In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza, 2006.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AIS 10, 13  
Ajustes de proteção 22, 28, 34, 103  
Alocação de Recursos 161  
Anarede 48, 49, 52, 54, 60  
Anuidades 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20

### B

BAR 10, 225  
Biodiesel 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47  
BRR 10

### C

CAIMI 10, 12, 13, 15, 19  
Capacidade Instalada 1, 2, 3, 8  
Célula combustível 190, 191, 192, 196  
Cenário Energético 1  
Chave fusível 96, 98, 110, 114  
Chaves Automáticas 161, 162, 163, 164, 167, 168, 171  
Comunidades isoladas 36, 38  
Confiabilidade 20, 22, 24, 27, 49, 50, 53, 60, 84, 90, 121, 130, 136, 139, 145, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 171, 172, 174, 192, 243  
Continuidade do Fornecimento 108, 163  
Conversor Boost 190  
Conversores 147, 148, 175, 176, 190, 191, 192, 201, 203, 204, 209, 248, 249, 252, 258, 259, 260  
Conversores conectados à rede 147  
Custo operacional 15, 96, 102

### D

DEC 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 100, 101, 105, 106, 107, 111, 119, 164, 171  
Densidade de Corrente 193, 196, 197, 198, 200, 201, 203, 205, 211, 213, 214, 248, 252, 256  
Descargas atmosféricas 89, 90, 92, 93, 94  
Desgaste de Contatos 128, 131

### E

Energia Solar Fotovoltaica 1, 2, 3, 6, 7, 8, 61

### F

Filtro LCL 147, 148, 149  
Fluxo de Potência 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 148  
Frequência 90, 97, 140, 147, 148, 151, 156, 163, 164, 175, 176, 177, 178, 181, 184, 185, 187, 191, 193, 196, 200, 201, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 212, 216, 250, 251, 252, 260

## G

Geração de energia 3, 36, 38, 43, 45, 46, 263

Geração Distribuída 2, 3, 4, 6, 9, 61, 62, 64, 65, 72, 73, 161, 162, 167, 172

## I

Ilhamento de Geração Distribuída 161

Indicadores de Qualidade de Serviço 108, 118

Índices operacionais 89, 94

Interrupções 89, 90, 91, 92, 93, 94, 105, 106, 108, 118, 120, 134, 135, 163

Isolamento 124, 130, 139, 144, 164, 206, 207, 235, 238, 245

## M

Manutenção Preditiva 128, 129, 136

Monitoramento de Disjuntor 128

Monitoramento Digital 108

Monitoramento On-line 128, 129

## N

NERC PRC-027-1 21, 22

Núcleos Magnéticos 203, 252, 253, 257

## O

Otimização por enxame de partículas 147, 148, 152

## P

Perdas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 142, 146, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 256, 257, 258

Perdas Técnicas 48, 49, 50, 52, 53, 55, 57, 58, 60

Proteção de Sistemas Elétricos 21, 22

PSS Sincal 21, 22, 30, 31, 32, 35

## Q

Qualidade de Energia 96, 97, 107, 108, 109, 121

## R

Religador monofásico 96, 98, 99, 105

Rendimento 142, 143, 145, 176, 184, 186, 187, 190, 192, 193, 199, 200, 201, 248, 249, 252, 259

Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012 61

## S

Siguard PSA 21, 22, 30, 31, 33

## T

Tecnologia PRE 89

Transformador a óleo 139, 141, 145

Transistores de potência 175, 177

## V

Vísceras de peixes 36, 43, 46

Volume 43, 57, 141, 188, 191, 193, 196, 199, 202, 203, 204, 207, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 228, 250

