

JOÃO DALLAMUTA  
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN  
(ORGANIZADORES)

---

*Collection:*

# APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

JOÃO DALLAMUTA  
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN  
(ORGANIZADORES)

---

*Collection:*

# APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

---

Atena  
Editora  
Ano 2022

**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



**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C697 Collection: applied electrical engineering / Organizadores  
João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta  
Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-858-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.585222801>

1. Electrical engineering. I. Dallamuta, João  
(Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III.  
Título.

CDD 621.3

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

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

### **CAPÍTULO 1..... 1**

A MODEL BASED DESIGN APPROACH FOR KNOCK CONTROL IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES USING MACHINE LEARNING

Eduardo Vieira Falcão

Vinicius Mafra Melo

Péricles Rezende Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228011>

### **CAPÍTULO 2..... 15**

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR DIMENSIONING AND ANALYZING THE ECONOMIC FEASIBILITY OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

David Coverdale Rangel Velasco

Elivandro Tavares Lôbo

Welder Azevedo Santos

Wagner Vianna Bretas

Rodrigo Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228012>

### **CAPÍTULO 3..... 21**

OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÕES MODULARES ATRAVÉS DO USO DE PSEUDO-MÓDULOS

Augusto Cezar Boldori Vassoler

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228013>

### **CAPÍTULO 4..... 33**

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA USANDO SIMULAÇÃO MATEMÁTICA E TESTES EXPERIMENTAIS

Eduardo G. Silva

Alexandre S. Caporali

Cesar da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228014>

### **CAPÍTULO 5..... 49**

MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS ADAPTATIVOS APLICADOS EM PROCESSO INDUSTRIAL

Márcio Mendonça

Francisco de Assis Scannavino Junior

Wagner Fontes Godoy

Lucas Botoni de Souza

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Fábio Rodrigo Milanez

Carlos Alberto Paschoalino

Michele Eliza Casagrande Rocha

Vicente de Lima Gongora

Ricardo Breganon

Marcio Aurélio Furtado Montezuma

Emanuel Ignacio García

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228015>

**CAPÍTULO 6..... 61**

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE FILTROS PROBABILÍSTICOS EMPREGADOS NA SOLUÇÃO DO PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO EM ROBÓTICA MÓVEL

José Lucas Araújo dos Santos

Luciano Buonocore

Luiz Eugênio Santos Araújo Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228016>

**CAPÍTULO 7..... 74**

EFFECTO DE LA IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ESPAÑOLA

Paula Romo Santos

Begoña Lapeña Barrio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228017>

**CAPÍTULO 8..... 90**

INSTALAÇÃO DE MEDIÇÃO NOS ALIMENTADORES DAS SUBESTAÇÕES

Adalberto Leandro da Silva

Fabio Coelho de Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228018>

**CAPÍTULO 9..... 106**

PROJETO DE OUVIDORIA DA DISTRIBUIÇÃO DA EDP SÃO PAULO – ANÁLISE DE DEMANDA DE MAIOR IMPACTO

Márcia Lúcia Lopes de Souza Jesus

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5852228019>

**CAPÍTULO 10..... 114**

DIAGNÓSTICO, CRESCIMENTO E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM FAVELAS

Márcio Mendonça

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Fábio Rodrigo Milanez

Wagner Fontes Godoy

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Carlos Alberto Paschoalino

Francisco de Assis Scannavino Junior

Vicente de Lima Gongora

Lucas Botoni de Souza

Michele Eliza Casagrande Rocha

José Augusto Fabri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280110>

**CAPÍTULO 11..... 127**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM UMA EDIFICAÇÃO DA CIDADE DE PORTO VELHO - RO**

Angelina Lidiane Moura Cunha  
Felipe Alexandre Souza da Silva  
Antonio Carlos Duarte Ricciotti  
Viviane Barrozo da Silva  
Paulo de Tarso Carvalho de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280111>

**CAPÍTULO 12..... 140**

**O DESEMPENHO E EFICIÊNCIA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM PALMAS - TO: ANÁLISE EM FUNÇÃO DO PONTO CARDEAL E VARIAÇÃO ANGULAR DAS PLACAS**

Aline Silva Magalhães  
Jabson da Cunha Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280112>

**CAPÍTULO 13..... 153**

**SIMULADOR DE CARGA UTILIZANDO MECANISMO DE FRENAGEM ELETROMAGNÉTICA PARA ENSAIOS DE COMPORTAMENTO DE MÁQUINAS ASSÍNCRONAS**

Murilo Meneghetti Caramori  
Alexandre Dalla Rosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280113>

**CAPÍTULO 14..... 184**

**PROPOSTA DE GEOMETRIAS DE NÚCLEOS USADOS EM ACOPLAMENTOS DE SISTEMAS ATRAVÉS DO FLUXO MAGNÉTICO**

Lucas Lapolli Brighenti  
Walbermark Marques Dos Santos  
Denizar Cruz Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280114>

**CAPÍTULO 15..... 198**

**DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE LIGAÇÕES CRUZADAS EM BORRACHA DE ESTIRENO-BUTADIENO (SBR) PARA DIFERENTES SISTEMAS DE VULCANIZAÇÃO**

Harison Franca do Santos  
Arthur Pimentel de Carvalho  
Carlos Toshiyuki Hiranobe  
Eduardo Roque Budemberg  
Gabriel Deltrejo Ribeiro  
Giovanni Barrera Torres  
Jose Francisco Resende  
Leonardo Lataro Paim  
Leandra Oliveira Salmazo  
Miguel Ángel Rodríguez Pérez

Renivaldo José dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.58522280115>

<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>210</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>211</b>

## INSTALAÇÃO DE MEDIÇÃO NOS ALIMENTADORES DAS SUBESTAÇÕES

*Data de aceite: 10/01/2022*

*Data de submissão: 06/10/2021*

**Adalberto Leandro da Silva**

Recife – PE

<http://lattes.cnpq.br/6809031235706134>

**Fabio Coelho de Santana**

Salvador – BA

<http://lattes.cnpq.br/3160637044863180>

O presente trabalho foi apresentado no **XXIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**, ocorrido em setembro de 2018, em Fortaleza – CE – Brasil.

**RESUMO:** A redução de perdas e a qualidade no fornecimento de energia elétrica são temas de estudos entre várias empresas distribuidoras de energia do Brasil e do Mundo. Com objetivo de melhorar a apuração dessas perdas e monitorar a qualidade da energia elétrica fornecida, o grupo Neoenergia vem investindo em tecnologias para medição dos dados de grandezas elétricas e da qualidade da energia fornecida nos alimentadores de suas subestações. De forma inovadora foram desenvolvidos pela Neoenergia dois sistemas de medição para alimentadores: interno e externo a casa de comando da subestação, utilizando armário de medição e conjunto encapsulado de medição respectivamente, ambos contendo medidor de qualidade de energia para atendimento ao Procedimento de Distribuição

de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. A instalação de um dos sistemas de medição supracitados, viabilizará a construção de balanços energéticos, confrontando a energia entregue pelos alimentadores com o consumo faturado e medido dos clientes. Através dessa análise, será possível identificar qual alimentador apresentou maior percentual (%) de perdas de energia, direcionar equipes para realizar inspeções em campo com maior assertividade, assim como realizar a análise dos registros de eventos de qualidade de energia elétrica, e o levantamento detalhado das curvas de cargas e a validação dos balanços energéticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perda de energia; Qualidade de energia; Medição de alimentadores; Alimentadores; Balanço Energético.

### MEASUREMENT INSTALLATION IN SUBSTATION FEEDERS

**ABSTRACT:** The reduction of losses and the quality of electric energy supply are subjects of studies among several energy distribution companies in Brazil and the world. In order to improve the calculation of these losses and monitor the quality of the electrical energy supplied, the Neoenergia group has been investing in technologies for measuring data on electrical quantities and the quality of energy supplied in the feeders of its substations. In an innovative way, two measurement systems for feeders were developed by Neoenergia: internal and external to the substation control house,

using a measurement cabinet and an encapsulated measurement set respectively, both containing a power quality meter to comply with the Electricity Distribution Procedure in the National Electric System – PRODIST Module 8 - Quality of Electric Energy of the National Electric Energy Agency - ANEEL. The installation of one of the measurement systems will enable the construction of energy balances, comparing the energy delivered by the feeders with the billed and measured consumption of the customers. Through this analysis, it will be possible to identify which feeder had the highest percentage (%) of electricity losses and thus direct the inspection teams to actions in the field with better accuracy, as well as carry out the analysis of records of electricity quality events, and detailed survey of load curves and validation of energy balances.

**KEYWORDS:** Loss of energy; Power quality; Metering of feeders; Feeders; Energetic Balance.

## 1 | INTRODUÇÃO

A redução de perdas de energia elétrica e a qualidade do fornecimento de energia são temas citados nas regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que cada vez mais exige investimentos aplicados de forma mais eficiente, através de indicadores de qualidade. A cada ano as distribuidoras de energia vêm investindo em tecnologias que auxiliem nas decisões dos seus processos, com aumento de ganho econômico e avanços tecnológicos.

O objetivo desse trabalho é apresentar dois sistemas de medição para alimentadores das subestações, sendo um interno na casa de comando da subestação, com instalação de armário de medição e outro externo com conjunto encapsulado de medição. Ambos com a finalidade de registro dos dados de grandezas elétricas e fenômenos de qualidade de energia.

Os dois sistemas, foram fruto de um processo de inovação na Neoenergia, pois unem equipamentos de alta tecnologia de medição e comunicação com os sistemas de comunicação disponíveis nas subestações.

A instalação desses sistemas, auxiliará na construção do balanço energético dos alimentadores, identificando o alimentador com maior percentual de perdas e controle de eventos de qualidade. O processo ocorrerá através da comparação entre a energia entregue versus o consumo faturado e medido dos clientes. Dessa forma teremos como benefício, o aumento da assertividade das ações de prospecção e inspeção de perdas, furto de energia em campo.

Em 2017 Neoenergia criou o projeto piloto para prova de conceito, o qual possui os dois tipos de sistemas de medição, que já foram instalados em algumas subestações, por exemplo: SE CIA III – Coelba, SE Imbiribeira – Celpe, com a instalação interna e na SE Potengi - Cosern com instalação externa de conjuntos encapsulados e sistema de comunicação WI-FI.

## 2 | OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivo apresentar os dois sistemas de medição para alimentadores, ambos completamente concluídos com seus benefícios para o processo de apuração das perdas de energia.

### 2.1 Objetivos Específicos

Entre os diversos fatores que a instalação das medições nos alimentadores pode contribuir para o monitoramento e melhorias do sistema de distribuição destacam-se:

- Redução de Perdas de Energia (%), através do cálculo detalhado de perdas técnicas e comerciais via balanços energéticos;
- Atendimento a legislação vigente PRODIST, Módulo 5.0, Seção 5.2 – Especificação dos Sistemas de Medição, para apuração de perdas técnicas e a qualidade de energia;
- Otimizar as previsões para compras de energia;
- Planejamento da seleção de grandes blocos de perdas na distribuição;
- Ação de combate de perdas de energia em campo (aumento da assertividade das prospecções).

Para uma excelente gestão, as concessionárias de energia elétrica buscam métodos eficientes e acessíveis aplicados ao controle do índice de perdas, minimização dos prejuízos relativos às perdas técnicas e comerciais, identificando regiões através dos balanços energéticos dos alimentadores com os maiores (%) de perdas calculadas, para atuação de equipes de campo.

## 3 | DESENVOLVIMENTO

Para conhecer como estava o processo de instalação de medição nos alimentadores nas distribuidoras do Brasil, realizamos uma consulta em 05 de janeiro de 2017 no GT de Medição da ABRADDEE - Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica e obtivemos a seguinte posição:

Consulta as Distribuidoras de Energia do Brasil:

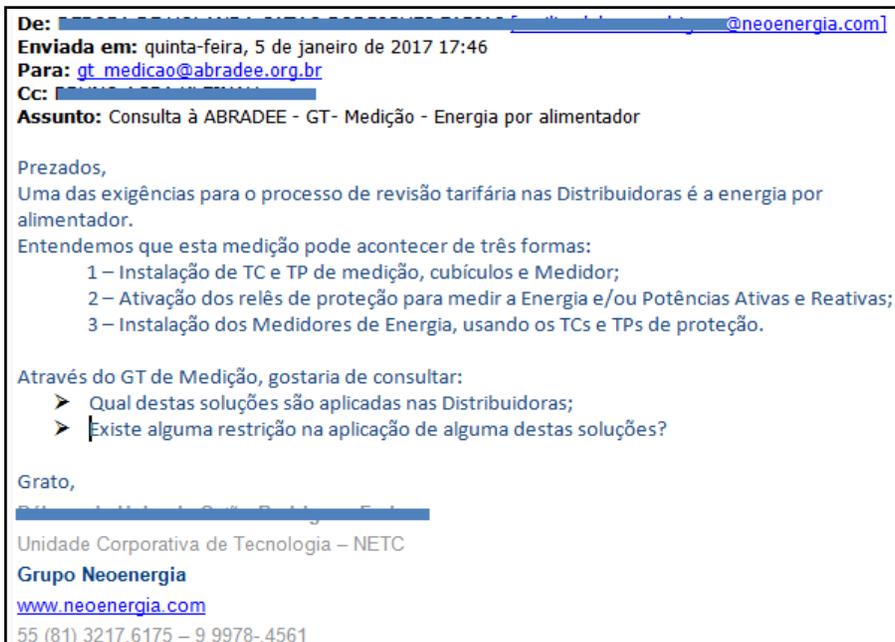


Figura 1 - Consulta feita ao GT-Medicação ABRADDEE.

<b>Consulta ABRADDEE</b>				
<b>Empresa</b>	<b>Perda Global (2016)</b>	<b>1) TC/TP medição + Cubículo + Medidor</b>	<b>2) Relês de Proteção registrando Pot. Ativa e Reativa</b>	<b>3) TC/TP proteção + Cubículos + Medidor</b>
ENERGIZA SE	8,20%			Oficial
COPEL	8,30%		Oficial	
ENERGIZA PB	11,70%			Oficial
EDP ENDESA	13,50%		Em uso	Oficial
ENERGIZA MS	14,90%			Oficial
ENERGIZA TO	15,40%			Oficial
CEMAR	17,60%		Em uso	Oficial
DMED	??			Oficial

Legenda:  
Oficial - Corresponde a regra adotada atualmente.  
Em uso- Possui alguns alimentadores com o sistema.

Figura 2 - Tabulação - Resposta à consulta – Energia por Alimentador.

Das empresas que retornaram, 80% utilizam Transformador de Corrente - TC e Transformador de Potencial – TP, com classe de exatidão de proteção, e instalaram os medidores de energia em cubículos dentro da casa de comando da Subestação.

Para atendimento de sua demanda interna, a Neoenergia desenvolveu duas especificações técnicas para atendimento as condições mínimas, exigidas para o

fornecimento dos componentes, que foram utilizados nos sistemas de medição.



Figura 3 - Foto do Armário de Medição.

### 3.1 Especificação Técnica de Armário para Subestação – Medição

Refere-se ao sistema com instalação de armário de medição na área interna da casa de comando da subestação.

Nesse modelo de instalação, está contemplado um armário, switches, medidores, componentes adicionais (disjuntores, chave de aferição, cabos etc.).

#### *Medição Convencional*

Características Mínimas para o Sistema de Medição:

- Classe de Acessante: Levantamento de curva de carga;

- Classe Exatidão do TP e TC de 0,6;
- Medidor de Energia 4 Quadrantes;
- Registros mínimos: kW, kvar e MM.

(Tabela 1 – PRODIST – Modulo 5, Sessão 5.2, Ver. 4, pg. 19, 07/06/2016)

**Aplicação:** Obrigatório para todos os novos projetos e *retrofits* (obras de manutenção/ ampliação) de subestações existentes com espaço na casa de comando.

### 3.2 Especificação Técnica de Conjunto de Medição 15 kV

Nessa especificação, a instalação é feita na área externa da casa de comando da subestação, com uso do conjunto de medição encapsulado contendo: Medidor de Energia 4 quadrantes, Transformadores de Instrumentos (TCs e TPs), roteador com comunicação via WI-FI e componentes principais (chave de aferição, tomadas etc.).

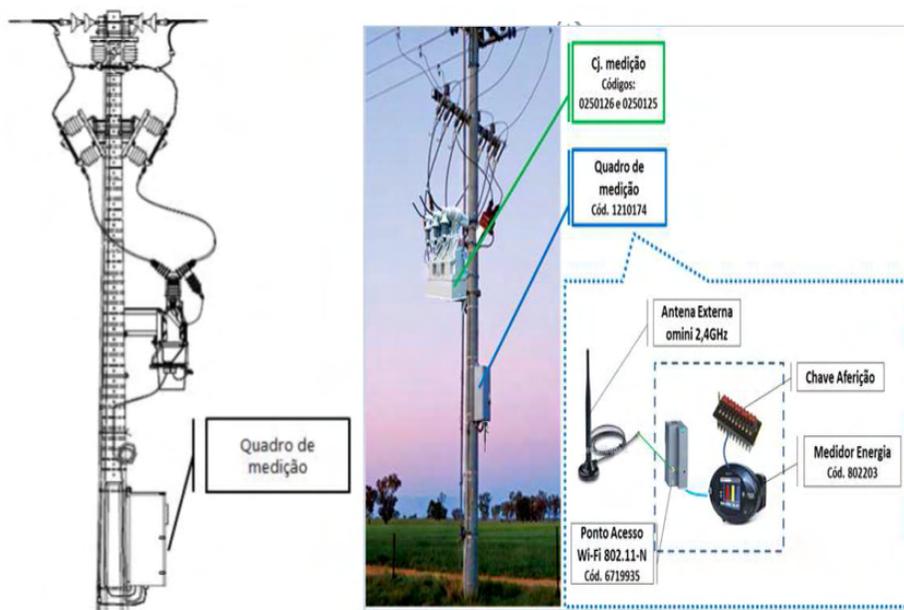


Figura 4 - Conjunto de Medição.

**Aplicação:** Subestações existentes, sem espaço na casa de comando e/ou sem TC/TP com núcleo duplo.

## 4 | PROJETOS CONCLUÍDOS

Nessa sessão serão apresentados casos reais e seus resultados já apurados das instalações concluídas.

## 4.1 Caso da SE CIA III (CIT) – Coelba (06 Alimentadores)



Figura 5 - SE - CIA III ( CTI), Coelba.

Na fig. 5 acima, temos as fotos do início da inspeção até a instalação do armário de medição.

O projeto da SE CIA III começou com uma inspeção na subestação, para avaliar a possibilidade de instalação do armário de medição e confirmar a disponibilidade dos TCs e TPs de medição.

Vale ressaltar que, na maioria das SE's do grupo Neoenergia, os TCs e TPs já possuem núcleos duplos (medição e proteção), fato que facilita a instalação da medição nos alimentadores.

Abaixo extensão de um dos alimentadores da SE CIA III:

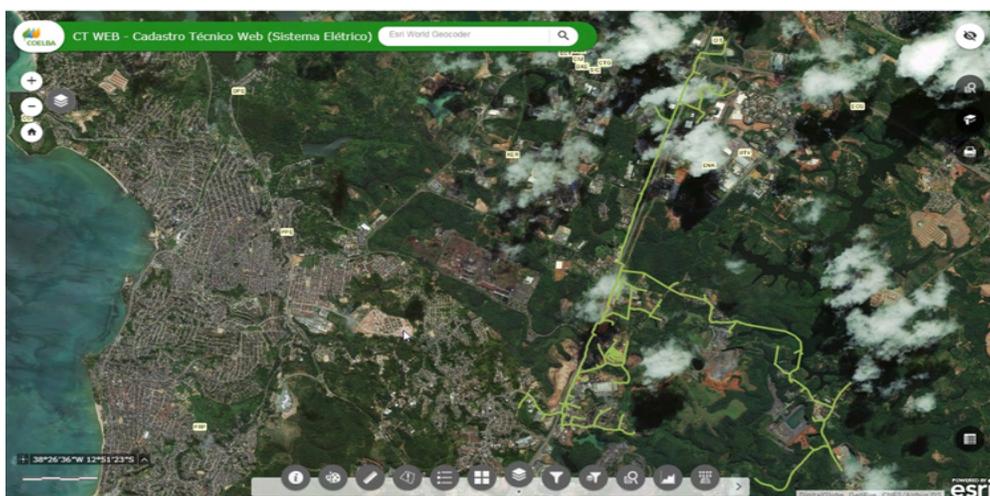


Figura 6 - Extensão de um dos alimentadores da SE CIA III.

## 4.1.1 Balanço por Alimentador da Subestação – 06 alimentadores da Subestação CIA III

### Curva de Carga dos alimentadores

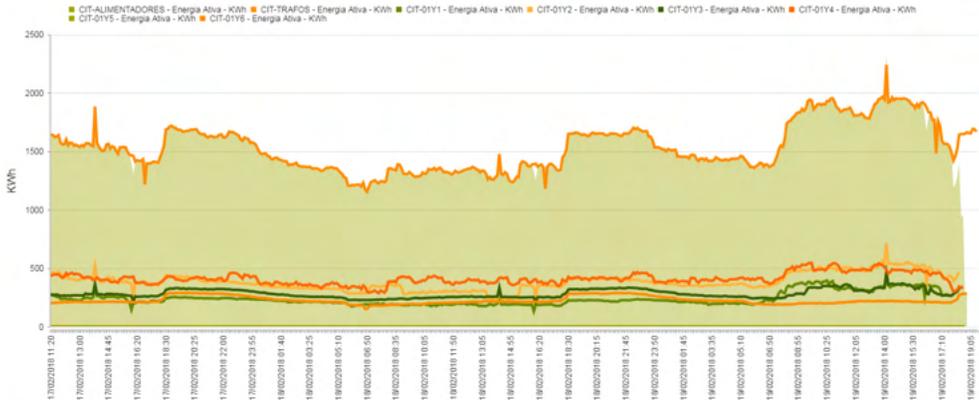


Figura 7 - Gráfico das curvas de cargas dos alimentadores – SE CIA III. Fonte: PIM (Fev/18).

As obras, o comissionamento e o sistema de comunicação, foram concluídos em meados de Fev/18, assim o primeiro Balanço Energético, coletou dados completos de 8 dias, o que já permitiu realizar a 1ª rodada do balanço energético da subestação, conforme visto abaixo, na figura 8.

#### Arquivo - GSE (GIS) Fev18

Alimentador	MWH_BT	MWH_MT	A			
			MWh - Tot	UCS BT	UCS MT	UCS Tot
CIT-01Y1	488,21	1.953,00	2.441,21	3.415	28	3.443
CIT-01Y2	872,77	786,46	1.659,23	7.112	20	7.132
CIT-01Y3	1.502,19	315,24	1.817,43	11.252	14	11.266
CIT-01Y4	979,42	1.653,55	2.632,97	5.837	24	5.861
CIT-01Y5**	0,00	0,00	0,00	0	0	0
CIT-01Y6	1.112,92	80,83	1.193,75	9.739	4	9.743
<b>Total CIT</b>	<b>4.955,51</b>	<b>4.789,08</b>	<b>9.744,59</b>	<b>37.355</b>	<b>90</b>	<b>37.445</b>
	50,9%	49,1%		99,8%	0,2%	

\* Valores estimados. Consumo médio diário x Nr dias mês civil.

#### Arquivo SAP-CCS - Fev18:

Alimentador	B		C
	MWh Med.(E*)	MWh Fat. (E*)	UC's
CIT-01Y1	2.539,61	1.718,00	3.425
CIT-01Y2	1.581,27	1.619,77	7.122
CIT-01Y3	1.826,65	1.880,85	11.235
CIT-01Y4	2.411,93	2.461,07	5.847
CIT-01Y5	0,00	0,00	0
CIT-01Y6	1.206,78	1.251,21	9.687
<b>Tot</b>	<b>9.566,25</b>	<b>8.930,90</b>	<b>37.316</b>
	103,2%	103,1%	

\*\* Alimentador em expansão, obra embargada.

#### Comparação dos resultados

	MWh (lido)	MWh (fat)	Qde Ucs
SAP-CCS	9.566,25	8.930,90	37.316
GSE (GIS)	9.744,59	9.744,59	37.445
DIF	-178,34	-813,69	-129
%	-1,9%	-9,1%	-0,3%

Figura 8 - Dados coletados do GSE(GIS) e SAP-CCS da SE CIA III.

#### Legendas:

**GSE (GIS)** – Sistema Gestor Sistema Elétrico (Cadastro Técnico);

**SAP-CCS** – Sistema Comercial;

**MWH\_BT** e **MWH\_MT** – Consumo de BT e MT dos alimentadores carregado no GSE(GIS);

**[A] MWh – Tot** – Consumo total por alimentador carregado no GSE(GIS);

**UCS BT** e **UCS MT** – Quantidade de unidades consumidoras de BT ou MT por alimentador no GSE(GIS);

**UCS Tot** – Qde de unidades consumidoras totais vinculados ao Alimentador no Sistema GSE(GIS);

**SAP-CCS** – Sistema Comercial;

**[B] MWh Med.(E\*)** – Consumo medido estimado registrado no SAP-CCS;

**[C] MWh Fat.(E\*)** – Consumo faturado estimado registrado no SAP-CCS;

**UC`s** – Qde de Unidades que tiveram faturamento no mês.

Foram coletados dados dos medidores instalados nos alimentadores CIT-01Y1, CIT-01Y2, CIT-01Y3, CIT-01Y4 e CIT-01Y6, e feita uma estimativa para adequação ao um mês civil apurado. O alimentador CIT-01Y5, estava sem carga, pois teve a obra embargada por questões de licenciamento ambiental.

**Medição Extrapolada - CIT - Coelba\***

Alimentador	D		Lido Est		Fat Est		GSE (GIS)		Máx (ABS)
	MWh (e)	T1 + T2	D - B	Desvio %	D - C	Desvio %	D - A	Desvio %	
CIT-01Y1	1.900,53		- 639,08	-33,6%	182,53	9,6%	- 540,68	-28,4%	33,6%
CIT-01Y2	3.395,55		1.814,28	53,4%	1.775,78	52,3%	1.736,32	51,1%	53,4%
CIT-01Y3	2.301,69		475,03	20,6%	420,84	18,3%	484,26	21,0%	21,0%
CIT-01Y4	3.439,00		1.027,06	29,9%	977,92	28,4%	806,03	23,4%	29,9%
CIT-01Y5	0,00		-	-	-	-	-	-	-
CIT-01Y6	1.993,48		786,70	39,5%	742,27	37,2%	799,73	40,1%	40,1%
<b>Tot</b>	<b>13.030,25</b>	<b>13.020,13</b>	<b>3.464,00</b>	<b>26,6%</b>	<b>4.099,35</b>	<b>31,5%</b>	<b>3.285,66</b>	<b>25,2%</b>	<b>31,5%</b>

\*Média 8 dias extrapolados 99,92%

Figura 9 - 1º Balanço Energético por Alimentador - SE CIA III.

**Legendas:**

**[D] MWh(e)** – Consumo medido da saída do alimentador extrapolado. Consumo médio diário x Nr dias mês civil;

**T1 + T2** – Soma dos consumos medidos dos trafos da SE;

**Lido Est** – Cálculo do desvio sobre o Lido estimado e o Lido na saída dos alimentadores;

**Fat Est** – Cálculo do desvio sobre o Faturado estimado e o Lido na saída dos alimentadores.

A figura 09, mostra os desvios calculados entre as grandezas estudadas: Energia ativa lida (Lido Est) com 26,6% e Energia ativa faturada (Fat Est) com 31,5%. Ainda na figura 08, temos um desvio 0,3% na quantidade de UCs, fato que indica necessidade de validação também do cadastro comercial x técnico. Parte dos desvios apurados das Energias, podem ser fruto das estimativas para ajuste ao mês civil, o que afeta a precisão da análise.

# Estudo de Caso SE CIT (CIA III) – COELBA



SGR - Superintendência de Gestão da Receita  
 CRE - Departamento de Recuperação de Energia  
 CRMM - Unidade de Monitoramento da Medição

EMPRESA	SUBESTAÇÃO	ALIMENTADOR
COELBA	CIT_CIA_III	CIT-01Y2

Seleção: Empresa / Subestação / Alimentador



COORDENAÇÃO



REALIZAÇÃO



NEOENERGIA

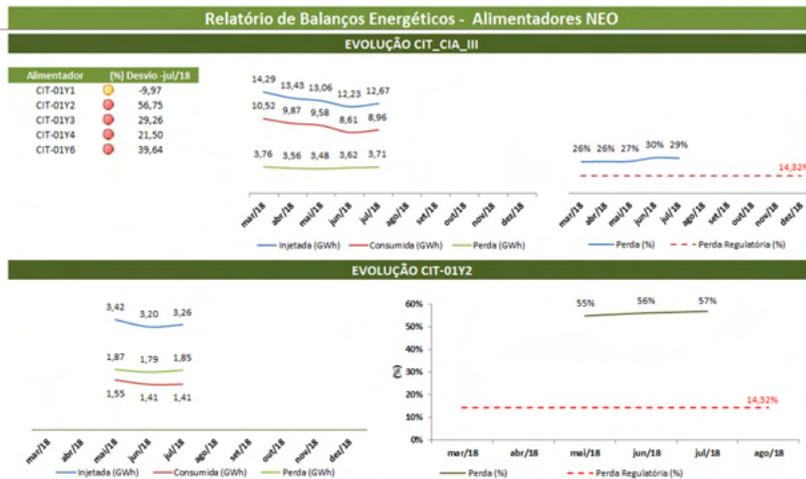


Figura 10 - Balanço Energético de SE CIA III - Coelba, Jul18.

Na figura 10, onde já temos medições completas de 5 meses, observamos o resultado do balanço do alimentador CIT-01Y2, que apresenta uma perda média muito elevada da ordem de 56%.

Assim foi recomendado, que para uma análise mais apurada, era necessário validar a base cadastral e garantir as medições completas dos períodos analisados, para melhorar a assertividade do balanço. Na SE CIA III, todos os alimentadores apresentaram perdas superiores a 20%, e solicitamos ação de campo prioritária para CIT-01Y2 (56,75%) e CIT-01Y6(39,64%) com objetivo de mapear causas raízes do problema e ações de correção.

## 4.2 Caso da Subestação Imbiribeira (IBR) – Celpe (08 Alimentadores)



Figura 11 - SE Imbiribeira (IBR), Celpe.



realizar a 1ª rodada do balanço energético da subestação, conforme visto abaixo.

Arquivo - GSE (GIS) Fev18

Alimentador	MWH BT	MWH MT	A			
			MWH - Tot	UCS BT	UCS MT	UCS Tot
IBR-0112	1.240,03	978,16	2.218,19	3.991	22	4.013
IBR-0113	855,32	189,65	1.044,97	3.993	9	4.002
IBR-0114	2.047,50	1.075,26	3.122,76	8.414	35	8.449
IBR-0115	1.603,33	603,76	2.207,09	8.051	13	8.064
IBR-0116	592,09	782,43	1.374,52	2.196	19	2.215
IBR-0117	744,55	553,20	1.297,75	2.408	16	2.424
IBR-0118	1.564,41	1.151,52	2.715,93	4.567	23	4.590
IBR-0119	2.196,35	985,78	3.182,13	5.406	17	5.423
<b>Total IBR</b>	<b>10.843,58</b>	<b>6.319,76</b>	<b>17.163,34</b>	<b>39.026</b>	<b>154</b>	<b>39.180</b>

63,2%

36,8%

99,6%

0,4%

Arquivo SAP-CCS - Fev18:

MWh Med.	MWh Med.(E*)	kWh Fat.	C	
			kWh Fat. (E*)	UC's
2.133,58	2.274,19	1.596,46	1.745,97	3.982
946,01	1.020,63	963,08	1.038,74	3.940
2.862,52	3.121,60	2.841,59	3.083,64	8.181
2.211,75	2.358,78	1.778,65	1.943,15	7.969
1.116,55	1.203,88	1.132,21	1.220,52	2.005
1.222,62	1.337,06	1.182,70	1.293,75	2.378
1.479,39	1.491,93	1.540,02	1.537,90	4.256
2.979,26	3.167,48	2.384,13	2.574,94	5.274
<b>14.951,69</b>	<b>15.975,55</b>	<b>13.418,83</b>	<b>14.438,61</b>	<b>37.985</b>

106,8%

107,6%

Figura 14 - Dados coletados do GSE(GIS) e SAP-CCS da SE Imbiribeira.

**Legendas:**

**MWH\_BT** e **MWH\_MT** – Consumo de BT ou MT dos alimentadores carregado no GSE(GIS);

**[A] MWH – Tot** – Consumo total por alimentador carregado no GSE(GIS);

**UCS BT** e **UCS MT** – Qde de unidades consumidoras de BT ou MT por alimentador no GSE(GIS);

**UCS – Tot** – Qde de unidades consumidoras totais vinculados ao Alimentador no GSE(GIS);

**[B] MWh Med.(E\*)** – Consumo medido estimado registrado no SAP-CCS;

**[C] MWh Fat.(E\*)** – Consumo faturado estimado registrado no SAP-CCS;

**UC's** – Qde de Unidades que tiveram faturamento no mês.

Medido Extrapolado - IBR - Celpo \*

Alimentador	D	T1 + T2	Lido Est		Fat Est		GSE (GIS)	
			D - B	Desvio %	D - C	Desvio %	D - A	Desvio %
IBR-0112	2.111,76		- 162,43	-7,7%	365,80	17,3%	-106,43	-5,0%
IBR-0113	1.320,20		299,57	22,7%	281,45	21,3%	275,23	20,8%
IBR-0114	3.504,13		382,52	10,9%	420,49	12,0%	381,37	10,9%
IBR-0115	2.956,97		598,19	20,2%	1.013,82	34,3%	749,88	25,4%
IBR-0116	1.439,05		235,16	16,3%	218,53	15,2%	64,53	4,5%
IBR-0117	1.474,61		137,56	9,3%	180,86	12,3%	176,86	12,0%
IBR-0118	2.367,82		875,89	37,0%	829,92	35,1%	-348,11	-14,7%
IBR-0119	2.579,29		- 588,19	-22,8%	4,35	0,2%	-602,84	-23,4%
<b>Total IBR</b>	<b>17.753,83</b>	<b>17.786,88</b>	<b>1.778,29</b>	<b>10,0%</b>	<b>3.315,23</b>	<b>18,7%</b>	<b>590,49</b>	<b>3,3%</b>

\*Média 4 dias extrapolados 100,2%

Figura 15 - 1º Balanço Energético por Alimentador - SE Imbiribeira.

**Legendas:**

**[D] MWh(e)** – Consumo medido na saída do alimentador extrapolado. Consumo médio diário x Nr dias mês civil;

**T1 + T2** – Soma dos consumos medidos dos trafos da SE;

**Lido Est** – Cálculo do desvio sobre o Lido estimado e o Lido na saída dos alimentadores;

**Fat Est** – Cálculo do desvio sobre o Faturado estimado e o Lido na saída dos alimentadores.

De posse dos dados coletados dos medidores instalados nos alimentadores (IBR-0112, IBR-0113, IBR-0114, IBR-0115, IBR-0116, IBR-0117, IBR-0118 e IBR-0119) e extrapolando para o mês civil, comparamos com a base cadastral GSE x SAP/CCS, constatamos inicialmente uma perda de 18,7%.

# Estudo de Caso SE IBR (IMBIRIBEIRA) - CELPE



SGR - Superintendência de Gestão da Receita  
 CRE - Departamento de Recuperação de Energia  
 CRMM - Unidade de Monitoramento da Medição

EMPRESA	SUBESTAÇÃO	ALIMENTADOR
CELPE	IBR_IMBIRIBEIRA	IBR-0113

Seleção: Empresa / Subestação / Alimentador



SENDA 2018  
 FOR TALEZA

COORDENAÇÃO



REALIZAÇÃO



NEOENERGIA

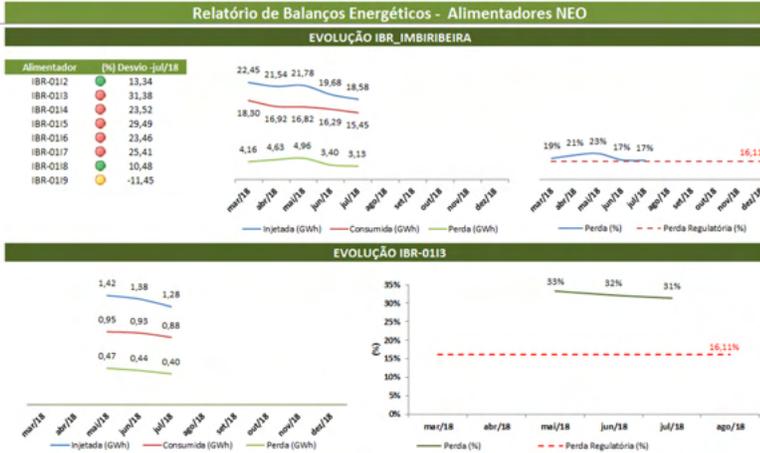


Figura 16 - Balanço Energético da SE Imbiribeira - Jul18.

Já com 5 meses de dados apurados, ver figura 16, vemos que há vários alimentadores com perda acima de 20%, e um destaque para o IBR-0113 que apresenta perda média de 32%.

Para SE Imbiribeira, também foi solicitado avaliação em campo dos alimentadores IBR-0113, IBR-0115, IBR-0118 e IBR-0119.

## 4.3 Caso da Subestação Potengi (PGI) – COSERN (05 Alimentadores)

A Subestação Potengi (PGI), teve a instalação da medição nos alimentadores, via conjuntos de medição encapsulados e com comunicação via rede de WI-FI.

## Estudo de Caso SE PGI (POTENGI) - COSERN

### Conjunta de Medição



Potengi [5]

### SISTEMA WI-FI



Figura 17 - SE Potengi (PGI), COSERN com WI-FI.



SENDI 2018  
FORTALEZA

COORDENAÇÃO



REALIZAÇÃO



Como demonstrado na figura 17, foram instalados os conjuntos em pontos distintos, mas dentro do raio de cobertura da antena WI-FI, que ficou instalada na casa de comando da Subestação.

Por se tratar de uma inovação tecnológica, a instalação de rádio WI-FI no pátio da subestação, o qual fechou um enlace de comunicação com os medidores, pinos amarelo da figura 17, instalados depois do muro da subestação.

Essa nova tecnologia instalada na Subestação, gerou vários desafios que foram superados, desde a configuração da tecnologia aos riscos de Cibersegurança, que depois de superados, começamos a coletar os dados no sistema de medição, fato que só nos permitiu executar o 1<sup>a</sup>. Balanço energético no início em Jun/18.

# Estudo de Caso SE PGI (POTENGI) - COSERN



SGR - Superintendência de Gestão da Receita  
 CRE - Departamento de Recuperação de Energia  
 CRMM - Unidade de Monitoramento da Medição

EMPRESA	SUBESTAÇÃO	ALIMENTADOR
COSERN	PGI_POTENGI	PGI-01P3

Selecione: Empresa / Subestação / Alimentador



COORDENAÇÃO



REALIZAÇÃO

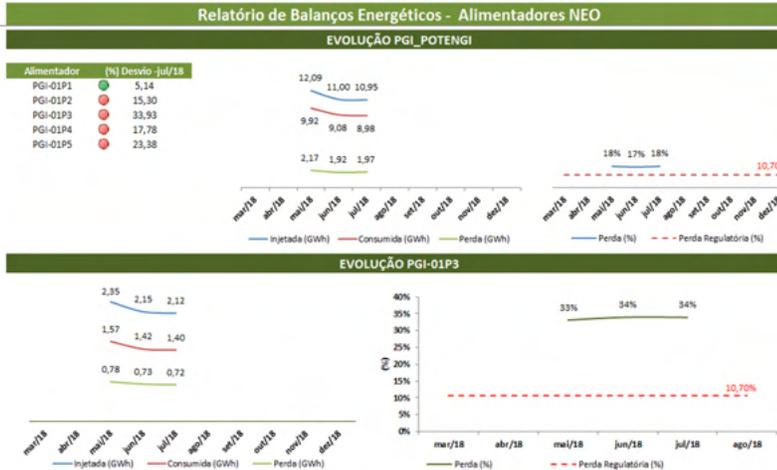


Figura 18 - Balanço Energético - SE Potengi.

A figura 18 traz o histórico das perdas do alimentador PGI-01P3 em destaque, com perda de 33,94% para Jul/18, onde também temos os alimentadores PGI-01P2 e PGI-01P4 com perda entre 15 e 18% e o PGI-01P5 com 23,38%. Na Cosern também foi solicitado ações de campo para os alimentadores com maior perdas apuradas.

## 5 | CONCLUSÕES

A instalação da medição nos alimentadores possibilitará as distribuidoras ampliar seus controles de energia injetada e distribuída nas subestações, através de balanços energéticos por alimentador.

Nos casos apresentados das distribuidoras, ficou claro a necessidade de validação dos dados comerciais e técnicos para reduzir a incerteza cadastral, além da necessidade da medição completa dos ciclos medidos e faturados para identificação dos valores reais de perdas e evitando estimativas que podem afetar a precisão do cálculo das perdas reais.

Com base nas perdas calculadas por alimentador, as equipes de campo poderão ser acionadas para validar, a existência de fraudes e assim aumentar a assertividade da seleção e do combate a redução das perdas nos alimentadores indicados pelos maiores desvios calculados.

Em alguns casos é recomendado a instalação de sensores inteligentes para medir trechos menores dos alimentadores e detecção das fraudes. Dessa forma será possível aplicar a regra do Pareto (80/20), e atuar com menor esforço e melhores resultados.

Novas rodadas de balanços energéticos, com os dados medidos e faturados completos e algumas correções cadastrais são necessárias para acompanhar o comportamento das perdas nos alimentadores e melhorar a assertividade alvo do trabalho de redução dos custos operacionais.

Os dados medidos são a chave para detectar os bolsões de perdas e priorizar investimentos com retorno mais rápido das ações de redução de perdas em campo.

## REFERÊNCIAS

SILVA, A. L., SANTANA, F. C. **5418 - Instalação de Medição nos Alimentadores das Subestações**. In: **XXIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**, 2018, Fortaleza – CE – Brasil. Anais.

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – **PRODIST - Módulo 7 – Cálculo de Perdas na Distribuição**, site <<https://www.aneel.gov.br/modulo-7>>, acesso em 29/03/2018.

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – **PRODIST - Módulo 5 – Sistemas de Medição**, site <<https://www.aneel.gov.br/modulo-5>>, acesso em 29/03/2018.

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – **PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**, site <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>, acesso em 29/03/2018

Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica - **Resolução Normativa nº 414/2010**, site <<https://www.aneel.gov.br/ren-414>>, acesso em 28/09/2010.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

ADMI 106, 108

Alimentadores 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105

Angulação 140, 141, 142, 143, 144, 147, 150, 151

Aprendizagem baseada em projetos 115, 118

Atenuação de riscos 114, 115

### B

Balanco energético 20, 90, 91, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Barramento magnético 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192

Bomba centrífuga 33, 35, 41, 46

Borracha sintética 199

### C

Circuitos digitais 21

Cliente 106, 108, 110, 112, 113

Controle adaptativo 50

Conversor CA/CC 153, 158

Conversor MAB 184, 187, 188

Correntes de Foucault 153, 155, 162

### D

Densidade de ligações cruzadas 198, 199, 200, 201, 202, 204, 205, 206, 209

Descargas atmosféricas 119, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 137, 138, 139

Direcionamento 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151

### E

Economic feasibility 15

Eficiência energética 33, 35, 40, 41, 140, 151

Electronic spreadsheet 15

Energia solar 20, 113, 140, 141, 143, 145, 150, 151, 152

Engenharia elétrica 49, 61, 62, 114, 115, 138, 152, 182, 184, 210

Engine knock 1, 2, 3, 13, 14

### F

Filtros probabilísticos 61, 62, 63, 72

Flory-Rehner 199, 201, 202, 204, 205

Freio eletromagnético 153, 154, 156, 158, 159, 161, 165, 166, 181, 182

Fuzzy cognitive maps 50, 51, 58, 59, 60

## I

Inversor de frequência 33, 34, 35, 39, 40, 43

## L

Localização 61, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 72, 132, 143, 144

Logistic regression 1, 2, 3, 4, 14

## M

Machine learning 1, 4

Medição de alimentadores 90

Misturador industrial 50

Model based design 1

Mooney-Rivlin 199, 202, 204, 205, 207

## N

Núcleos magnéticos 184

## O

Operações modulares 21

Ouvidoria 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113

## P

Perda de energia 90

Photovoltaic energy 15, 16, 20

Prazos serviços comerciais 106

Processamento digital de sinais 21

## Q

Qualidade de energia 90, 91, 92, 167

## R

Red de distribución eléctrica 74

Responsabilidade social 115, 116, 118

Robótica 61, 62, 63, 64, 67, 68, 72, 73, 162

## **S**

Satisfação 106, 108, 109, 111, 112, 113

SBR 198, 199, 200, 201, 206, 207, 208

Sistema de distribuição de água 33, 34, 35, 40, 41, 42, 43, 46

Sistemas de proteções contra descargas atmosféricas 128

Smart grid 74, 75, 86, 88

## **T**

Transformador de estado sólido 184

## **V**

Vehículo eléctrico 74, 75, 76, 77, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88

Videoaulas 61, 62, 72

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

*Collection:*

# APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

  
Ano 2022

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

*Collection:*

# APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING

  
Ano 2022