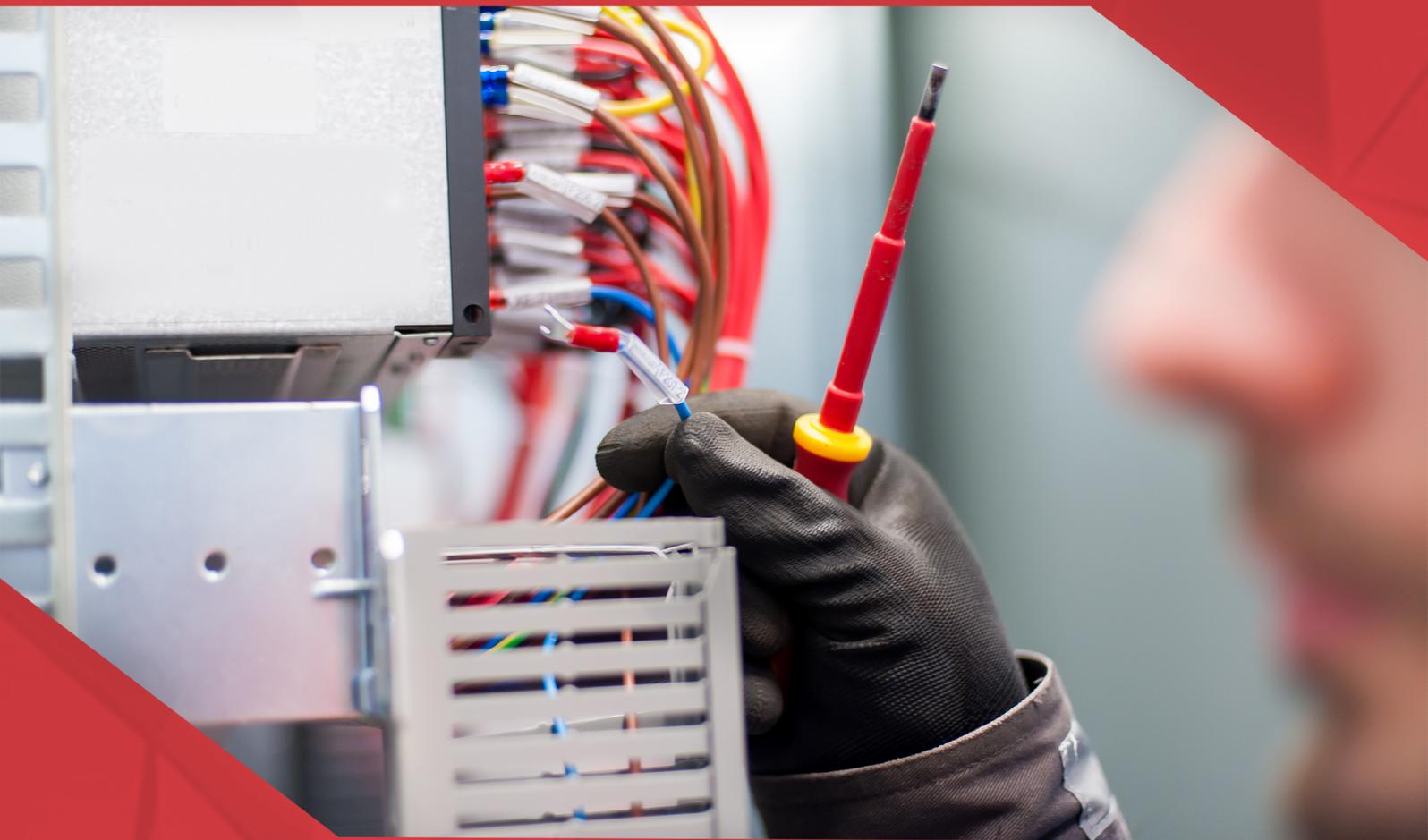


A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Elétrica

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^a 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^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a 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^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a 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
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 eletricitista 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
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	
DOI 10.22533/at.ed.3252017011	
CAPÍTULO 2	10
GESTÃO EFICIENTE DAS ANUIDADES REGULATÓRIAS NA CEMIG DISTRIBUIÇÃO	
Rosane de Pinho Matos Viviane Fernanda de Aguiar Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.3252017012	
CAPÍTULO 3	21
DESAFIOS DA REVISÃO PERIÓDICA DE AJUSTES DE GRANDES SISTEMAS -NORMAS, PROCEDIMENTOS E FERRAMENTAS	
Rodrigo A. Benes Ferreira Mario Roberto Bastos Nilson José Francischetti Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.3252017013	
CAPÍTULO 4	36
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	
DOI 10.22533/at.ed.3252017014	
CAPÍTULO 5	48
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	
DOI 10.22533/at.ed.3252017015	
CAPÍTULO 6	61
CARACTERIZAÇÃO E ESTRATIFICAÇÃO DOS SFVCR NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS	
Diego Piazza Hilgert Jair Urbanetz Junior	
DOI 10.22533/at.ed.3252017016	

CAPÍTULO 7 75

GEOCORTE CEMIG D: SELEÇÃO ÓTIMA DE ALVOS DE CORTE USANDO
GEORREFERENCIAMENTO: DESENVOLVIMENTO SAP/CCS

Wellington Fazzi Cancian Andre Luiz Soares
Charles Ramos Pimenta

DOI 10.22533/at.ed.3252017017

CAPÍTULO 8 89

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

DOI 10.22533/at.ed.3252017018

CAPÍTULO 9 96

A EXPERIÊNCIA DA COPEL COM RELIGADORES MONOFÁSICOS

Maurício Varassim Hernandes
Oscar Kim Júnior
Fausto Aurélio Portella Garcia
Guilherme Fernandes Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.3252017019

CAPÍTULO 10 108

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

DOI 10.22533/at.ed.32520170110

CAPÍTULO 11 122

TÉCNICA DE RESGATE PARA TRABALHOS EM INSTALAÇÕES ENERGIZADAS – MÉTODO AO
POTENCIAL

Fernando César Pepe
Wlademir Braido

DOI 10.22533/at.ed.32520170111

CAPÍTULO 12 128

MONITORAMENTO DE DESGASTE DE CONTATOS DOS DISJUNTORES DA SUBESTAÇÃO
ISOLADA À GÁS DA UHE BELO MONTE

Davi Carvalho Moreira

DOI 10.22533/at.ed.32520170112

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

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

CARACTERIZAÇÃO E ESTRATIFICAÇÃO DOS SFVCR NO BRASIL: CENÁRIO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

Data de aceite: 03/01/2020

Diego Piazza Hilgert

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
PPGSE

Curitiba - Paraná

Jair Urbanetz Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
PPGSE

Curitiba - Paraná

RESUMO: Este documento apresenta uma análise das informações contidas no banco de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) sobre as instalações de geração distribuída amparadas pela resolução normativa (REN) da N°482/2012. Apresenta-se um breve histórico da referida resolução e da evolução das instalações desde 2012, na sequência é ilustrada a metodologia utilizada no trabalho e a definição das faixas de potência a serem usadas na estratificação, originada de um levantamento dos modelos de inversores disponíveis no Brasil. Nas seções de resultados e discussões, são apresentados os gráficos obtidos com a aplicação da metodologia e uma análise dos mesmos, procurando entender como se dá a expansão dos SFVCR de acordo com a classe do consumidor, comparando este

comportamento com a estratificação utilizada, e buscando encontrar tendências futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar Fotovoltaica, Resolução Normativa ANEEL N°482/2012, Geração Distribuída.

CHARACTERIZATION AND STRATIFICATION OF THE GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN BRAZIL: CURRENT STATE AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT: This document presents an analysis of the information contained in the data bank of the Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regarding the distributed generation supported by the normative resolution (REN) N°482/2012. First it presents a brief history of the referred normative and the evolution of the installations since 2012, after that, the methodology used in the paper is explained, and the power range that are used in the stratification, originated from a collection of the on-grid inverters available in the national market. In the results and discussion sections, the graphics obtained by applying the methodology are presented, with an analysis of them, aiming to understand how the expansion of the grid connected photovoltaic systems happens according to the consumer's class, comparing this behavior with the stratification used and searching for future tendencies.

KEYWORDS: Photovoltaic Solar Power; ANEEL

1 | INTRODUÇÃO

A resolução normativa n° 482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012, que foi posteriormente atualizada pela REN n° 687 de 24 de novembro de 2015, define a microgeração distribuída como “central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” (ANEEL, 2012).

Na prática, esta resolução permite que o consumidor seja recompensado através dos descontos concedidos em sua conta de energia elétrica utilizando como base o mesmo valor que os clientes finais pagam pelo kWh, limitado pelo seu consumo, valor este que é superior ao pago em leilões.

Este é um dos fatos que fez com que o crescimento do número de consumidores que têm aderido à esta opção tenha crescido de forma exponencial desde 2012, hoje já são mais de 32.816 unidades consumidoras com uma potência total instalada de 396,90 MW, segundo dados da ANEEL considerando sistemas incluídos até o dia 30 de junho de 2018. A Figura 1 detalha este crescimento ano a ano, considerando os dados do Banco de Dados de Unidades Consumidoras de Micro e Minigeração Distribuída amparadas pela REN N° 482/2012 (ANEEL, 2019).

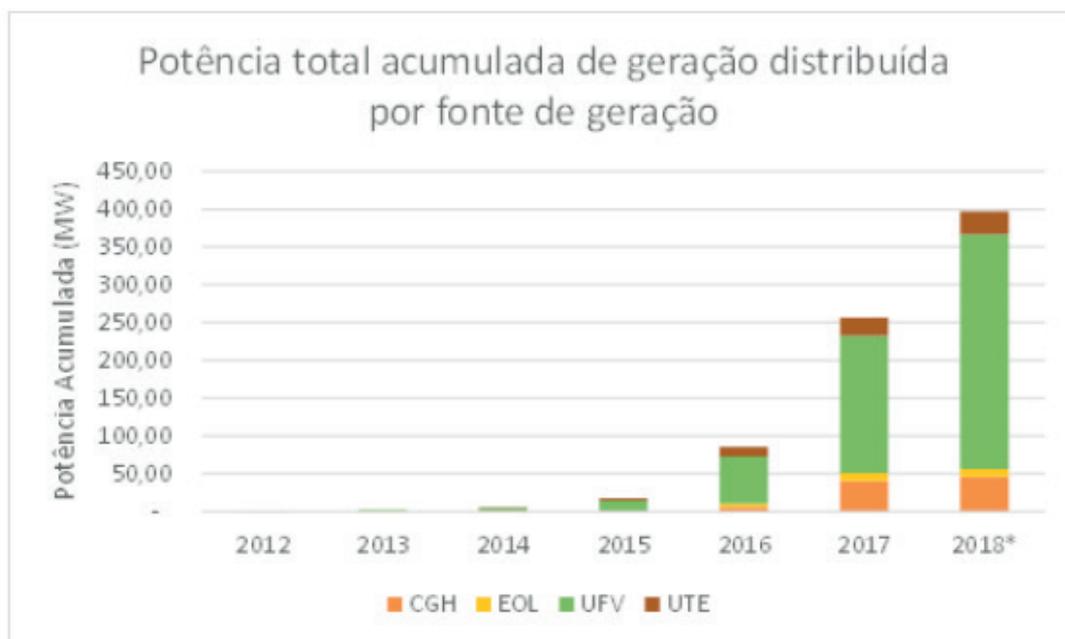


Figura 1- Potência instalada de geração distribuída amparada pela REN N°482/2012 no Brasil.

Fonte: Adaptado de ANEEL, 2019

A fonte com grande destaque dentre as amparadas pela REN N° 482/2012 é a

solar, representando 99,38% dos sistemas instalados e 78,10% da potência instalada. A Figura 2 representa o crescimento apenas dos sistemas em que a fonte de geração é a solar, ou seja, sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR). A potência adicionada até o meio do ano de 2018 já é superior à 2017.

Um dos fatores que contribuiu de forma relevante para este aumento exponencial são a forte queda dos preços dos kits fotovoltaicos entre 2012 e 2017, sendo que o mesmo apresenta uma alta no segundo semestre de 2017 devido à relação cambial entre o Real e o Dólar, conforme estudo do mercado fotovoltaico brasileiro (GREENER, 2018) apresentado na Figura 3.



Figura 2 - Potência acumulada e instalada por ano dos SFVCR amparados pela REN N°482/2012 no Brasil.

Fonte: Adaptado de ANEEL, 2019

Outro fator é o aumento dos valores do kWh cobrado pelas distribuidoras, também conhecida como inflação tarifária de energia, que nos últimos anos têm obtido altas acima da inflação. Segundo EPE (2017), a tarifa média no Brasil para consumidores do grupo B (valores sem impostos) em 2013 era de 272,67 R\$/MWh, já em 2016 este valor era de 434,32 R\$/MWh, um aumento de 59,3%, já o IPCA acumulado do período foi de 25,17% (IBGE, 2018), menos da metade da inflação energética.

Preços dos Kits Fotovoltaicos

De junho de 2016 até janeiro de 2018

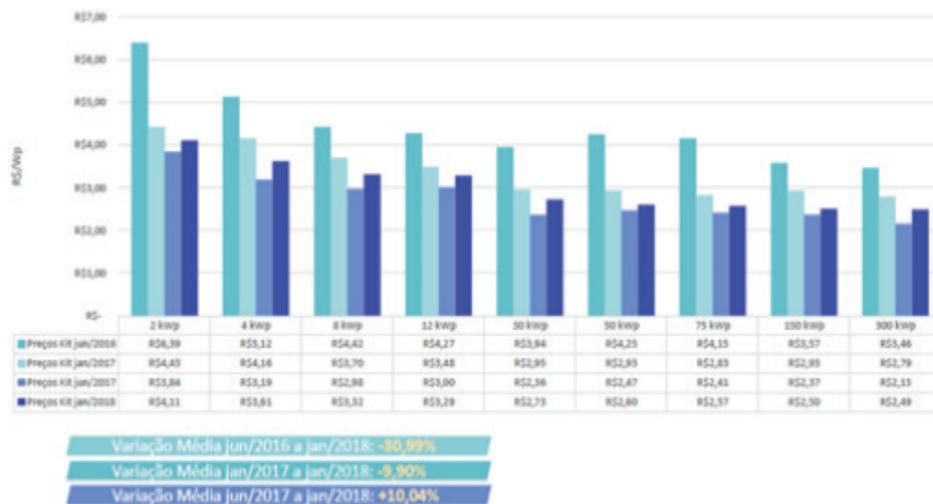


Figura 3 – Preço médio dos kits fotovoltaicos no Brasil.

Fonte: Greener, 2018

2 | OBJETIVO

Se comparados aos valores totais de potência instalada da matriz energética brasileira estes valores ainda são irrisórios, já que os 0,36 GW instalados de geração distribuída representam apenas 0,24% da potência total instalada no final de 2016 no Brasil, mais importação, de 156,3 GW, conforme Figura 4.

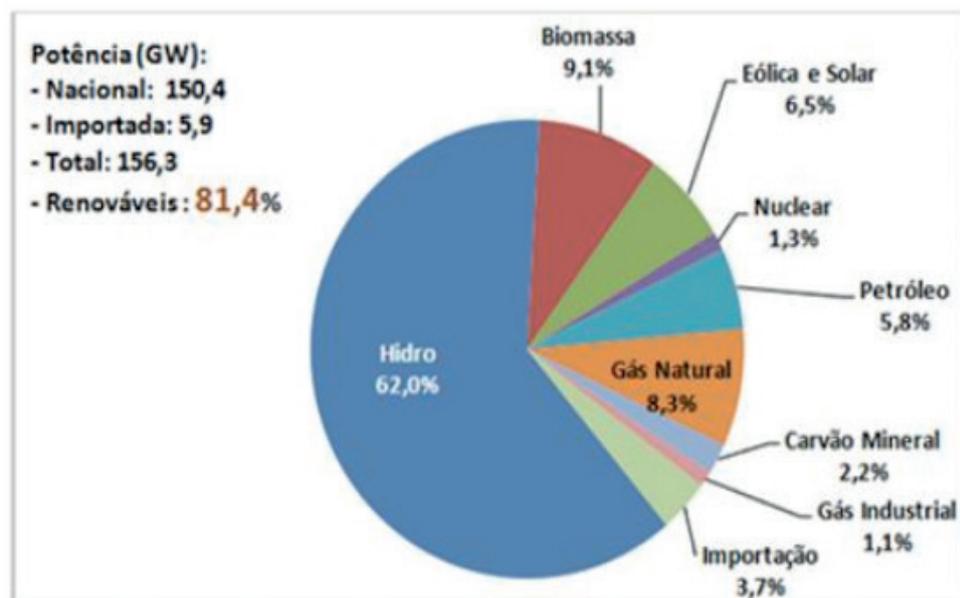


Figura 4 – Oferta de potência de geração elétrica.

Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2017

De qualquer forma, devido à fatores como a maior importância que as energias

renováveis vêm obtendo mundialmente e ao grande crescimento da potência instalada, que deve continuar nos próximos anos, o estudo da caracterização destes sistemas, bem como a forma como se dá o crescimento, como a potência média e a distribuição entre os tipos de sistema, é de fundamental importância e o momento é propício já que está aberta a Consulta Pública 010/2018 pela ANEEL, que tem como objetivo “obter subsídios ao aprimoramento das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída, estabelecidas pela Resolução Normativa nº 482/2012” (ANEEL, 2018).

3 | MÉTODOS

A análise apresentada neste documento foi feita com base nos relatórios sobre as Unidades Consumidoras com Geração Distribuída, disponibilizados pela Aneel, que é o banco de dados oficial de todas as Unidades Consumidoras cadastradas no sistema de compensação de energia de acordo com a REN Nº482/2012 (ANEEL, 2019). Portanto, por tratar-se da análise dos dados coletados utilizando técnicas estatísticas, trata-se de uma pesquisa quantitativa (MICHEL, 2005).

Todas as informações disponibilizadas foram introduzidas em uma planilha do Excel, filtradas para considerar apenas as usinas a qual a fonte de geração é “Radiação solar”, e a partir deste ponto demais filtros e fórmulas foram aplicadas ao banco de dados para obtenção dos dados necessários.

Importante ressaltar que, devido a este banco de dados ser constantemente atualizado, o estudo se limitou a considerar as informações inseridas até o dia 30 de julho de 2018, e realizou um corte no banco de dados para considerar apenas sistemas incluídos até o dia 30 de junho de 2018.

Para escolha dos limites de estratificação dos sistemas fotovoltaicos, primeiramente foram pesquisados quais as marcas de inversores com maior representatividade no mercado nacional. Como não existe um dado oficial sobre *market share* dos inversores para sistemas fotovoltaicos, foi considerado como base para definição dos fabricantes mais relevantes o estudo realizado pela Greener (2018), com mais de 550 empresas integradoras de todo o Brasil, onde um dos itens avaliados é o “% de empresas que utiliza a marca de inversor”, conforme Figura 5.

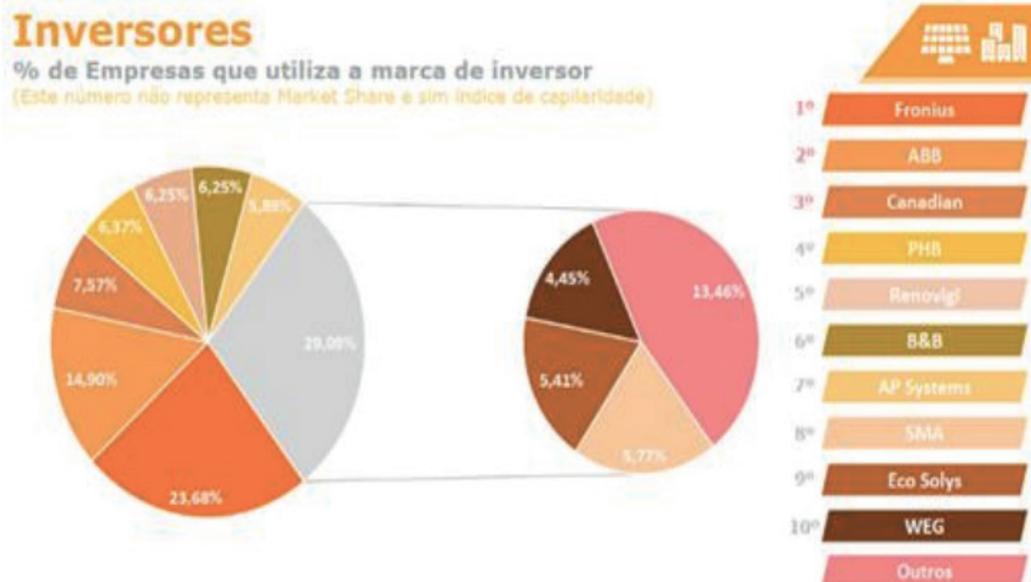


Figura 5 – Índice de capilaridade de diferentes fabricantes de inversores.

Fonte: Greener, 2018

Ao se considerar as 9 empresas com maior percentual é atingido um índice de capilaridade de 82,27% do mercado nacional. De posse desta lista de fabricantes, o próximo passo foi pesquisar junto a cada fabricante as potências dos modelos vendidos no Brasil, ao que se chegou à Tabela 1.

Por esta tabela pode-se ver que os valores mais comuns, com mais de 3 fabricantes com a mesma potência, são 3 kW, 5 kW, 20 kW e 25 kW. Parte-se destes valores para definir os limites da estratificação, incluindo os valores de 1,5 kW e de 7,5 kW devido à alta representatividade de potências próximas a estes valores. O valor de 10 kW também será incluído por ser um dos limites da ANEEL/INMETRO (sistemas com potência superior a 10 kW necessitam de documentação extra, bem como os inversores acima deste valor não são validados pelo Inmetro e devem ser apresentados os certificados), assim como o valor de 75 kWp, que define o limite para microgeração (ANEEL, 2012). Distribuindo uniformemente os valores faltantes tem-se a Tabela 2, que será a estratificação a ser considerada.

Fabricante	Potência Nominal do Inversor (kW)																																							
	<1	1	1,2	1,5	1,6	2	2,5	3	3,3	3,6	4	4,6	5	5,8	6	7,5	8,2	8,5	10	12	12,5	14	15	17,5	20	25	27	27,6	30	33	40	50	60	100	120					
Fronius							X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
ABB			X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Canadian				X			X						X												X	X		X												
PHB				X			X				X											X				X	X													
Renovigi	X				X		X						X								X				X															
B&B					X		X	X		X	X									X	X		X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
AP Systems	X																																							
SMA				X			X	X		X	X		X										X		X	X														
Eco Solys		X				X																																		
SOMATÓRIO	2	1	1	3	2	2	1	7	1	2	3	3	6	1	2	1	2	1	3	3	2	1	3	1	7	5	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1				

Tabela 1 – Potência nominal dos inversores fotovoltaicos por fabricante presentes no mercado nacional.

Fonte: Compilação de dados feita pelo autor.

Intervalo	Limite inferior (acima de)	Limite superior (inferior ou igual a)
1	-	1,5
2	1,5	3,0
3	3,0	5,0
4	5,0	7,5
5	7,5	10,0
6	10,0	15,0
7	15,0	20,0
8	20,0	25,0
9	25,0	30,0
10	30,0	50,0
11	50,0	75,0
12	75,0	5.000,0

Tabela 2 – Estratificação da potência a ser considerada para o estudo.

Fonte: O autor.

4 | RESULTADOS

A fonte que mostra maior adesão às regras impostas pela REN N°482/2012, tanto em número de sistemas como potência instalada, devido às facilidades e menores custos, é a energia fotovoltaica, conforme Figura 6, onde observa-se que a fonte “radiação solar” tem se mantido entre 70 e 80% do total da potência instalada, com um valor de 78% até junho de 2018.

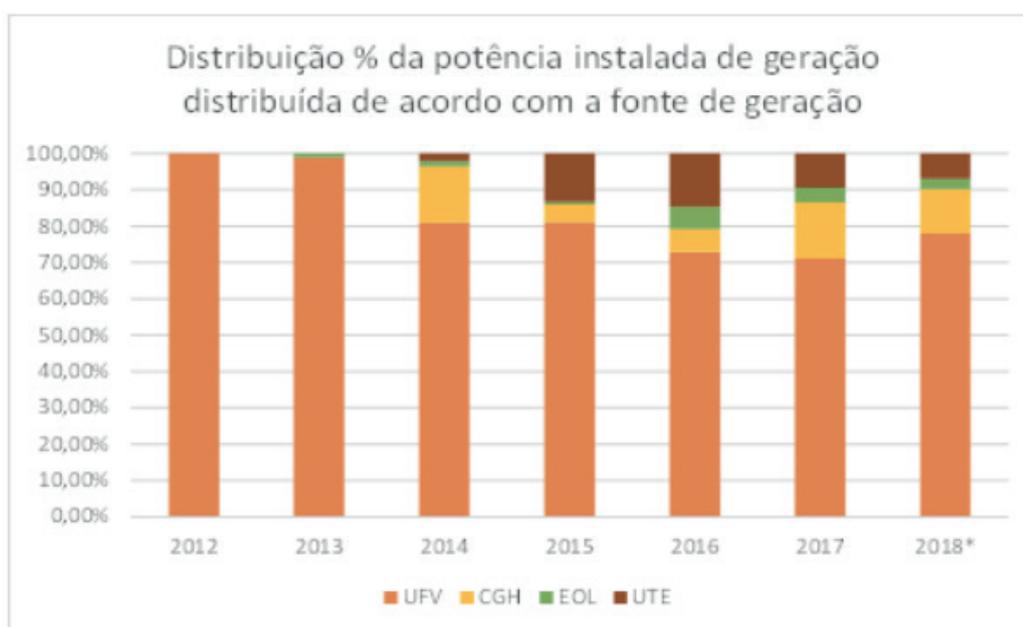


Figura 6 – Distribuição do % da potência instalada por ano de acordo com a fonte de geração.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

Considerando apenas a geração solar, os dados podem ser separados de acordo com a classe ao qual se enquadram. Conforme a Tabela 3, a grande maioria dos sistemas instalados hoje são residenciais (77,1%), mas o setor comercial representa a maior parte da potência instalada (43,6%), pois a potência média de um sistema comercial é 5,48 vezes maior que a de um residencial, e, juntas, estas duas classes representam 93,2% do número de sistemas instalados e 81,7% da potência total instalada. As classes Rural e Industrial possuem uma menor representatividade devido à suas tarifas mais baixas que as tarifas residências e comerciais, tornando os SFVCR menos atrativos para estas classes.

Classe	Quantidade de Sistemas	Potência Total (kW)	Potência Média (kW)	% em número de sistemas	% em potência total
Comercial	5.244	135.115,65	25,77	16,1%	43,6%
Iluminação Pública	7	80,70	11,53	0,0%	0,0%
Industrial	799	27.011,15	33,81	2,5%	8,7%
Poder Público	267	10.591,59	39,67	0,8%	3,4%
Residencial	25.142	118.256,57	4,70	77,1%	38,1%
Rural	1.108	17.385,36	15,69	3,4%	5,6%
Serviço Público	45	1.543,11	34,29	0,1%	0,5%
TOTAL	32.612	309.984	9,51	100,0%	100,0%

Tabela 3 – Distribuição dos SFVCR por classe.

Fonte: O autor.

A Tabela 3 também mostra a baixa relevância de instalações públicas deste universo, representando apenas 1% das instalações e 3,9% da potência instalada, indicando que poderia haver um incentivo maior do governo com um maior número de instalações.

Também é interessante analisar como esta divisão das classes evolui ao longo do tempo, conforme Figura 7. Pode-se ver que desde 2015 existe pouca variação na distribuição dos percentuais, o que indica uma tendência de que estas classes continuem sendo as grandes responsáveis pelo aumento da potência instalada. Devido a este fato as próximas análises se limitaram principalmente a estas duas classes.

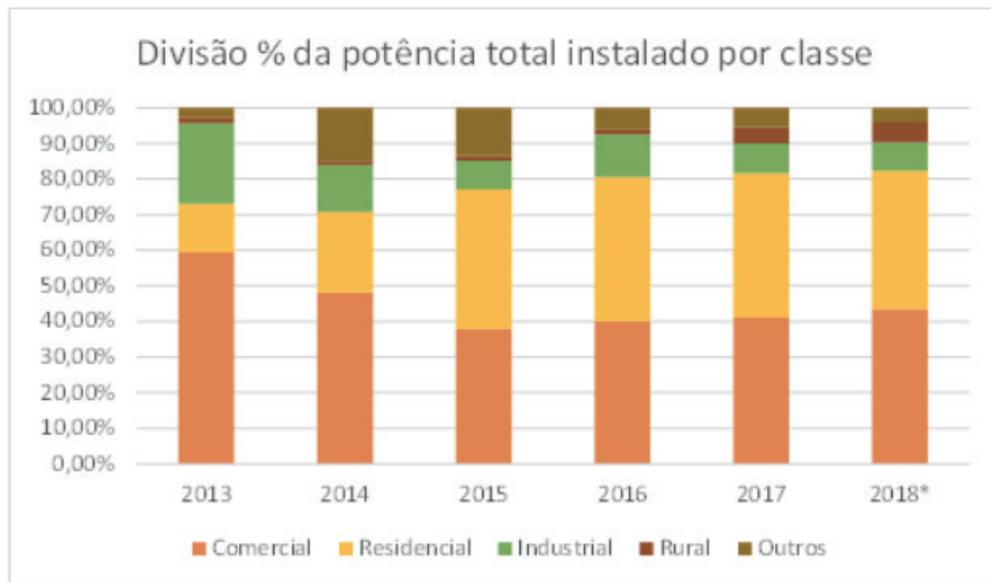


Figura 7 – Distribuição do % da potência instalada por classe de consumo.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

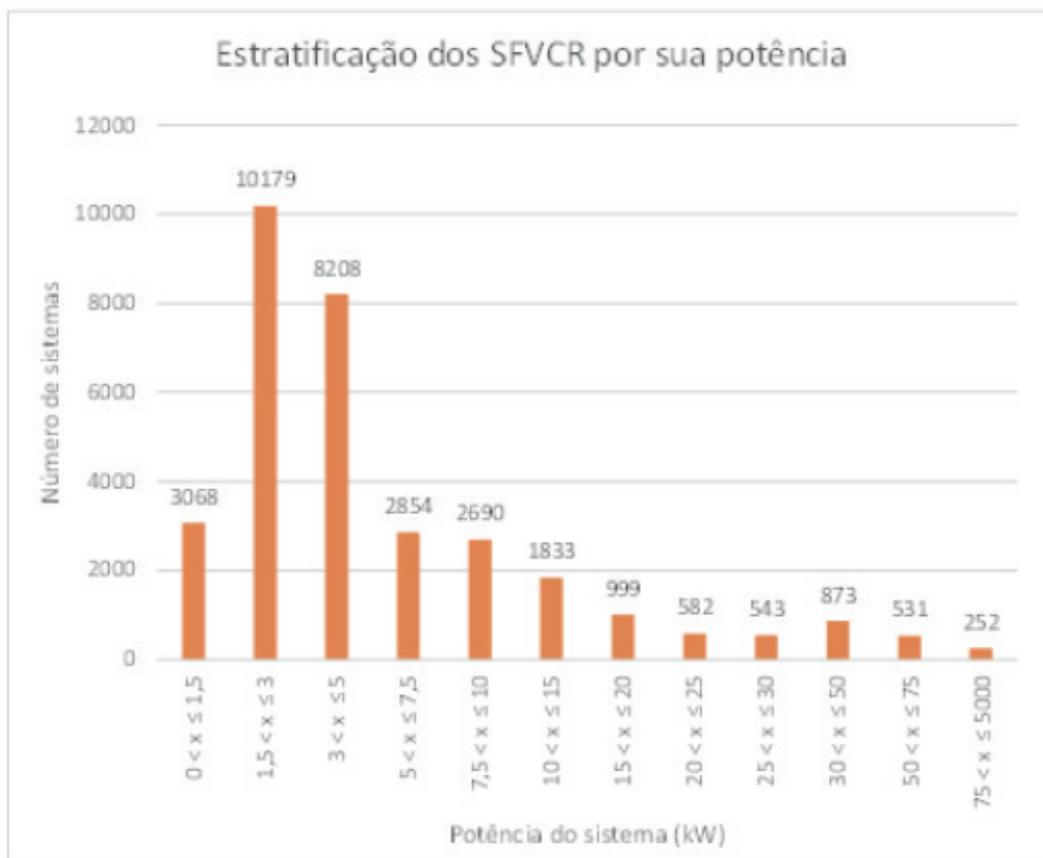


Figura 8 – Estratificação dos SFVCR por sua potência.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

Aplicando a estratificação proposta tem-se o resultado apresentado na Figura 8, onde é possível ver que aproximadamente 75% dos sistemas instalados até 30 de junho tem uma potência de até 7,5 kW, enquanto os sistemas enquadrados em

minigeração (acima de 75 kW) representam apenas 0,77% do total de sistemas instalados. Realizando a mesma estratificação, mas agora para as classes residenciais e comerciais, é possível visualizar a distribuição dos sistemas entre as potências conforme Figura 9.



Figura 9 – Estratificação dos SFVCR por potência e classe.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

A estratificação de sistemas comerciais concentra-se em faixas de potências maiores que nas residenciais, como 10 a 15 kW (14,71%) e 30 a 50 kW (11,31%), enquanto nos sistemas residências 54,16% dos sistemas estão na faixa de até 3 kW. Esta faixa coincide com a que possui maior quantidade de inversores, pois observa-se da Tabela 2 que 7 fabricantes possuem inversores de valor nominal de 3 kW e 6 fabricantes possuem inversor de valor nominal de 5 kW, além de ter-se 10 valores nominais diferentes na faixa de 1,5 a 5 kW e do fato de que a maioria dos fabricantes possuem um inversor desta faixa. Na faixa maior de potência, a concentração dos fabricantes está nas potências nominais de 20 kW (7 fabricantes) e 25 kW (5 fabricantes), e olhando a tabela acima, nota-se que uma estratégia interessante para estas faixas é focar no público comercial.

Outro fato que merece destaque é a falta de opções de inversores na faixa de 7,5 a 10 kW, que está entre as 5 mais representativas tanto dos sistemas residenciais como de sistemas comerciais, e possui apenas 4 opções de potência de três fabricantes distintos.

5 | DISCUSSÃO

Quanto às perspectivas futuras para os SFVCR, separando as instalações em até final de 2017 e as realizadas em 2018, conforme Figura 10, percebe-se uma tendência de crescimento da potência dos sistemas, destacando-se o forte crescimento de todas as faixas entre 7,5 até 75 kW, que representam crescimento expressivo, enquanto há uma diminuição considerável da representatividade, em percentual de sistemas instalados, nas faixas de 0 até 3 kW. Mesmo sendo a faixa de 1,5 a 3 kW a com maior representatividade, está também foi a que apresentou maior diminuição.

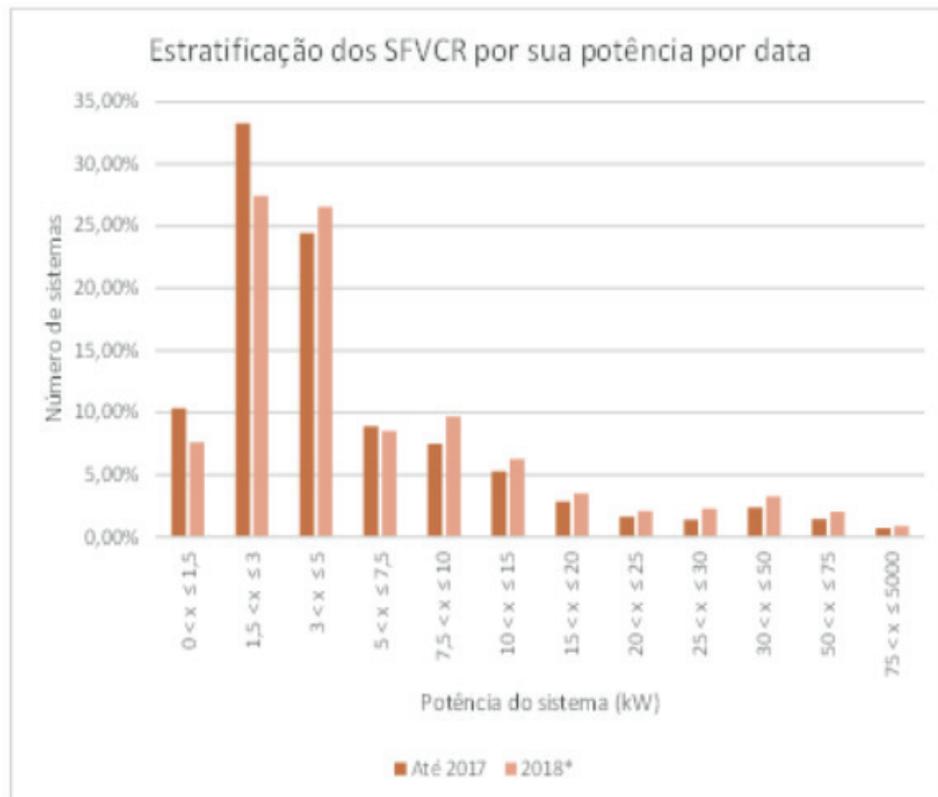


Figura 10 – Estratificação dos SFVCR por sua potência e por sua data de instalação.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

Um fator preponderante para esta migração dos sistemas para faixas maiores é a diminuição do preço para instalação dos sistemas. A Tabela 4 detalha a evolução dos valores médios para instalação de sistemas de 2 e 4 kWp, que são o ponto médio das faixas mais representativas. Pode-se ver que em janeiro de 2018 o valor pago para um sistema de 4 kWp é apenas um pouco maior que o valor pago por um sistema de 2 kWp em junho de 2016.

Potência (kWp)	Preço médio do sistema instalado			
	jun/16	jan/17	jun/17	jan/18
2	R\$ 20.900,00	R\$ 18.860,00	R\$ 15.620,00	R\$ 14.260,00
4	R\$ 35.080,00	R\$ 30.960,00	R\$ 26.080,00	R\$ 23.320,00

Tabela 4 – Distribuição dos SFVCR por classe.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

Em relação ao crescimento do número de sistemas instalados a cada ano, ao avaliar o número de sistemas e a potência instalada mês a mês, chega-se a Figura 11 e 12. Observar-se que tanto 2016 como 2017 apresentavam uma clara tendência de crescimento no número de sistemas instalados a cada mês, o mesmo não pode ser dito de 2018. Entretanto, como os dados de 2018 não estão completos, não é possível afirmar que isto indica uma desaceleração do mercado nacional.



Figura 11 – Potência instalada de SFVCR por mês.

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019



Figura 12 – Número de SFVCR instalados por mês

Fonte: Compilado conforme dados de ANEEL, 2019

Os dados de potência adicionada de geração distribuída mês a mês, no geral, acompanham os dados de número de sistemas instalados. Neste gráfico, apesar de não haver uma indicação clara de crescimento, destaca-se o fato de que todos os

meses de 2018 ficaram acima do mês de novembro de 2017, que até então havia sido o mês com maior potência instalada.

6 | CONCLUSÕES

Através das análises realizadas foi possível identificar a distribuição da potência dos SFVCR de geração distribuída amparados pela REN N° 482 de 2012 dentro de faixas de estratificação pré-definidas, bem como analisar suas perspectivas futuras.

Verificou-se que, dentre as possíveis fontes de geração amparadas pela REN N° 482/2012, a geração fotovoltaica corresponde à 78% da potência instalada, e dentro destes 78%, 93,2% dos sistemas instalados são da classe “comercial” ou “residencial”, já a potência total instalada destas duas classes são muito similares apesar da diferença na potência média do sistema, de 4,70 kW e 25,77 kW respectivamente.

Ao mapear como se distribui a potência dos inversores dos maiores fabricantes disponíveis no mercado brasileiro e criar uma estratificação baseada nesta distribuição, foi possível identificar em quais casos a concentração de sistemas fotovoltaicos corresponde à maior opção de inversores disponíveis e em quais casos existe uma “falta” de opções disponíveis no mercado. Por fim, a análise das perspectivas futuras para SFVCR no Brasil indicou uma possível desaceleração no número de sistemas instalados e uma manutenção do aumento da potência média dos sistemas instalados.

Estes fatores são importantes para se ampliar a compreensão de como se dá a evolução do mercado de geração distribuída no Brasil, permitindo tanto que empresas possam tomar decisões estratégicas em relação a seus produtos como que o governo possa ter uma base de dados para implementação de políticas públicas de incentivo ao setor, e os dados obtidos deixam clara a tendência de forte crescimento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Consulta 010/2018**. ANEEL, Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Outorgas e registros de geração: unidades consumidoras com geração distribuída**. ANEEL, Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012**. ANEEL, Brasília, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário estatístico de energia elétrica 2017, ano base 2016**. EPE, Brasília, 2017.

GREENER. **Estudo estratégico: mercado fotovoltaico de geração distribuída 1º semestre 2018**. Enova Solar Energia LTDA, São Paulo, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Séries históricas IPCA. Disponível em: < https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm>. Acesso em: 20 jun. 2018.

MICHEL, M. H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos**. 1 ed. São Paulo, Atlas, 2005.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha energética brasileira, exercício de 2016, edição junho de 2017**. MME, Brasília, 2017.

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

