

Energia Elétrica e Sustentabilidade 2

Jaqueline Oliveira Rezende
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

JAQUELINE OLIVEIRA REZENDE

(Organizadora)

Energia Elétrica e Sustentabilidade

2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E56	Energia elétrica e sustentabilidade 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jaqueline Oliveira Rezende. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Energia Elétrica e Sustentabilidade; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-46-8 DOI 10.22533/at.ed.468180110 1. Desenvolvimento energético – Aspectos ambientais. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Energia elétrica. I. Rezende, Jaqueline Oliveira. CDD 338.4
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade de o ser humano utilizar os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades sem comprometer esses recursos para atender as gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade está inter-relacionadas em diversos setores, sendo os principais o social, o ambiental e o econômico. Dessa forma, constitui um dos desafios da sociedade moderna o desenvolvimento sustentável que objetiva preservar o meio ambiente durante a realização de outras atividades.

A energia elétrica representa um dos principais pilares para o progresso econômico de uma nação e, conseqüentemente, para o atendimento de inúmeras necessidades da humanidade. Portanto, esse setor também tem se preocupado com a geração, a transmissão, a distribuição de energia elétrica e a construção de novos empreendimentos, como as usinas hidrelétricas, de maneira a preservar o meio ambiente. Logo, a Engenharia Elétrica tem apresentado significativas pesquisas e resultados de ações pautadas na sustentabilidade.

Neste ebook é possível notar que a relação da Engenharia Elétrica e a Sustentabilidade é de preocupação de diversos profissionais envolvidos nesse setor, sendo esses advindos da academia, das concessionárias de energia elétrica e do governo. Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação da preservação do meio ambiente na engenharia elétrica.

Inicialmente são apresentados artigos que discorrem sobre o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade ambiental, custos ambientais em empreendimentos de geração de energia elétrica, recuperação ambiental, conservação da fauna, políticas administrativas e direcionamento de resíduos eletrônicos.

Em seguida, são descritos estudos sobre formas de geração de energia elétrica renováveis não convencionais, sendo apresentadas a energia eólica e a energia solar fotovoltaica. Essas formas de geração contribuem para o desenvolvimento sustentável, uma vez que geram energia elétrica utilizando recursos naturais não finitos, o vento na geração eólica e o sol na geração fotovoltaica.

Além disso, neste exemplar são expostos artigos que contemplam diversas áreas da engenharia elétrica, como redes smart grids, sistema de proteção, operação remota de usinas hidrelétricas, inteligência computacional aplicada a usina termelétrica, transformadores de potência, linhas de transmissão, tarifa horária, lâmpadas led, prevenção de acidentes em redes de média tensão e eficiência energética.

Jaqueline Oliveira Rezende

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PROSPECÇÃO DE PARQUES HIDROKINÉTICOS ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PROJETOS NOS RIOS IGUAÇU E PARANÁ	
<i>Marcos Aurélio de Araujo</i>	
CAPÍTULO 2	10
TROCADOR DE CALOR – INOVAÇÃO NO AQUECIMENTO DE ÁGUA, FUNCIONAMENTO, RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM TECNOLOGIAS SEMELHANTES	
<i>Odair Deters</i>	
<i>Paulo Valdocci Pereira</i>	
<i>Valério Monteiro</i>	
CAPÍTULO 3	23
SISTEMA ÓPTICO CWDM COMO PLATAFORMA DE MONITORAÇÃO DE ATIVOS E DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA REDES SMART GRIDS	
<i>João Batista Rosolem</i>	
<i>Danilo César Dini</i>	
<i>Claudio Antonio Hortêncio</i>	
<i>Eduardo Ferreira da Costa</i>	
<i>Rivael Strobel Penze</i>	
<i>João Paulo Vicentini Fracarolli</i>	
<i>Carlos Alexandre Meireles Nascimento</i>	
<i>Vítor Faria Coelho</i>	
CAPÍTULO 4	37
PORTAL OPERACIONAL DE EQUIPAMENTOS ESPECIAIS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO - UMA FERRAMENTA PARA GESTÃO DA CONFORMIDADE E DA CONTINUIDADE NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<i>Rafael Cassiolato de Freitas</i>	
<i>Sadi Roberto Schiavon</i>	
CAPÍTULO 5	46
MODERNIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE SAMUEL	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 6	62
OPERAÇÃO REMOTA DE USINAS PELO CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO DA ELETROBRAS ELETRONORTE	
<i>Davi Carvalho Moreira</i>	
<i>Daniel Simões Pires</i>	
<i>Danilo Gomes Matias</i>	
<i>Juliano Cortes de Souza</i>	
<i>Leonardo Siqueira Rodrigues</i>	
<i>Heleno Fülber</i>	
<i>Bruno Merlin</i>	
CAPÍTULO 7	70
ABORDAGEM DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL APLICADA PARA MODELAGEM PREDITIVA DE EMISSÕES DE NOX E CO DE UMA TURBINA A GÁS DE UMA USINA TERMELÉTRICA DE CICLO COMBINADO	
<i>Eduardo Massashi Yamao</i>	
<i>Juliano Pierezan</i>	

João Paulo Silva Gonçalves
Marcos Cesar Gritti
Luís Gustavo Tomal Ribas
Flávio Chiesa
Victor Manuel Lopes dos Santos
Marcos de Freitas
André da Silva Orlandi
Leandro dos Santos Coelho

CAPÍTULO 8 82

CONFIRMAÇÃO DA EFICÁCIA DO ENSAIO DE RESPOSTA DO DIELÉTRICO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E BUCHAS CAPACITIVAS COMO TÉCNICA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Hugo Rafael Freitas Negrão
Fernando de Souza Brasil
Bárbara Medeiros Campos
Maria Emília de Lima Tostes
Jorge Augusto Siqueira Tostes
Paulo Roberto Moutinho de Vilhena

CAPÍTULO 9 96

A EXPERIÊNCIA DA ELETRONORTE NA IMPLANTAÇÃO DA ANÁLISE DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA PARA DIAGNÓSTICO DE REATORES E TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Vanessa de Cássia Viana Martins Beltrão

CAPÍTULO 10 113

ANÁLISE DE DESEMPENHO DA LINHA DE TRANSMISSÃO 230 KV DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE RONDÔNIA OPERANDO COM CABOS PARA-RAIOS ISOLADOS E ENERGIZADOS EM MÉDIA TENSÃO

José Ezequiel Ramos
Alexandre Piantini
Ary D'Ajuz
Valdemir Aparecido Pires
Paulo Roberto de Oliveira Borges

CAPÍTULO 11 126

ESTUDO DE APLICAÇÃO DO DISPOSITIVO SVC NA LINHA DE TRANSMISSÃO MESQUITA VIANA II

Alcebíades Rangel Bessa
Lucas Frizera Encarnação
Paulo José Mello Menegáz

CAPÍTULO 12 143

IMPLANTAÇÃO DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA 230KV CIRCUITO DUPLO DA COPEL

Márcio Tonetti
Ilmar da Silva Moreira
João Nelson Hoffmann

CAPÍTULO 13 153

TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO: ESTUDO POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E ACOPLAMENTO MAGNÉTICO RESSONANTE

Guilherme Hideki Shibukawa
Eric Eduardo Goveia Pandolfo
Ricardo Andreola
Emerson Charles Martins da Silva

CAPÍTULO 14 168

TARIFAS HORÁRIAS PARA SISTEMA DE TRANSMISSÃO CONSIDERANDO O SINAL LOCACIONAL

Marcio Andrey Roselli
André Meister

*Denis Perez Jannuzzi
Robson Kuhn Yatsu
André Veiga Gimenes
Miguel Edgar Morales Udaeta*

CAPÍTULO 15..... 178

AVALIAÇÃO DAS LÂMPADAS LED NO MERCADO BRASILEIRO (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 16..... 185

AVALIAÇÃO DO MÉTODO INDEPENDENTE DE MEDIÇÃO DE PERTURBAÇÕES RADIADAS – ANEXO B DA CISPR 15 (ARTIGO APRESENTADO NO XXIV SNPTEE)

*Alessandra da Costa Barbosa Pires de Souza
Maurício Barreto Lisboa
Willians Felipe de Oliveira Rosa*

CAPÍTULO 17 193

PADRÕES DE QUALIDADE PARA SERVIÇOS DE PINTURA ANTICORROSIVA APLICADOS AO SETOR ELÉTRICO

*Alberto Pires Ordine
Cristina da Costa Amorim
Marcos Martins de Sá
Elber Vidigal Bendinelli*

CAPÍTULO 18..... 209

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO, PRODUTIVIDADE E CUSTOS DE TECNOLOGIAS DE PROTEÇÃO ANTICORROSIVA PARA ESTRUTURAS ENTERRADAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

*Cristina da Costa Amorim
Alberto Pires Ordine
Marcos Martins de Sá
Wendell Porto de Oliveira*

CAPÍTULO 19 221

ANÁLISE DE QUASE-ACIDENTES, OCORRIDOS NA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO, COMO MEIO EFICAZ E PROATIVO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

*Cristiano José Gober
Cresencio Silvio Segura Salas*

CAPÍTULO 20 235

PORTAL R3E COMO FERRAMENTA INDUTORA E DISSEMINADORA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

*Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues
Marcelo Bezerra de Melo Tinoco
Aldomar Pedrini
Edison Alves Portela Junior
João Queiroz Krause
Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira
Fernando Pinto Dias Perrone*

CAPÍTULO 21..... 246

HIERARQUIA DAS NECESSIDADES E RESILIÊNCIA NO PAGAMENTO DE SERVIÇOS PÚBLICOS UTILIZADOS: UM ESTUDO DE CASO VOLTADO A ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL

*Ana Lúcia Rodrigues da Silva
Fernando Amaral de Almeida Prado Jr.
Carolina Rodrigues de Almeida Prado*

CAPÍTULO 22 258

PROJETO PILOTO PARCELAMENTO PRÓ-ATIVO DE DÉBITOS DE IRREGULARIDADE

Diego Rivera Mendes

Julio Eloi Hofer

Rafael Luís de Avila

CAPÍTULO 23 267

MODELAGEM ESTRATÉGICA PARA A CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ANTECIPAÇÃO DO ATENDIMENTO AO CLIENTE PARA A MELHORIA OPERACIONAL E DE SERVIÇOS

Carlos Alberto Fróes Lima

Anderson Diego Machiaveli

Luciano E. A. Peres

Tales Neves Anarelli

SOBRE A ORGANIZADORA 287

TROCADOR DE CALOR – INOVAÇÃO NO AQUECIMENTO DE ÁGUA, FUNCIONAMENTO, RESULTADOS E COMPARAÇÃO COM TECNOLOGIAS SEMELHANTES

Odair Deters

Rio Grande Energia

Caxias do Sul – Rio Grande do Sul

Paulo Valdoci Pereira

5EC Engenharia.

São Leopoldo – Rio Grande do Sul

Valério Monteiro

QBanho Ltda.

São Leopoldo – Rio Grande do Sul

RESUMO: O Programa de Eficiência Energética (PEE) das distribuidoras de energia elétrica pode apresentar-se como uma oportunidade para a implantação de soluções inovadoras. Contudo soluções que surgem precisam de implantações em projetos-piloto e medição dos resultados. Este trabalho versa sobre a implantação do aparelho chamado Trocador de Calor, tecnologia de reaproveitamento de calor que apresentou-se como uma alternativa de relevância para atuar em um dos maiores vilões do consumo residencial, o chuveiro elétrico. Apresenta-se neste trabalho o resultado da aplicação de 3500 trocadores de calor em cinco municípios e os resultados das medições decorrentes destas aplicações, onde constatou-se uma alternativa viável para aplicação em comunidades de baixa renda.

PALAVRAS-CHAVE: Trocador de Calor; Aquecimento de água; Comunidades de

Baixa Renda; Economia de Energia; Qbanho; Programa de Eficiência Energética

SUMMARY: The Energy Efficiency Program (PEE) of electricity distributors can present itself as an opportunity for the implementation of innovative solutions. However solutions that emerge need deployments in pilot projects and measurement of results. This work is about the implantation of the apparatus called Heat Exchanger, heat reuse technology that presented itself as a relevant alternative to act in one of the biggest villains of residential consumption, the electric shower. The results of the application of 3,500 heat exchangers in five municipalities and the results of the measurements resulting from these applications are presented, where a viable alternative for application in low-income communities was found.

KEY WORDS: Heat Exchanger; Water heating; Low Income Communities; Energy saving; Qbanho; Energy Efficiency Program

1 | INTRODUÇÃO

Dentre as diversas tipologias de projetos previstas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) existe a obrigatoriedade de investimento mínimo de 60% no segmento de consumidores enquadrados na subclasse residencial baixa renda. Dentre as ações

principais nesta tipologia pode-se citar: substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas e mais recentemente por lâmpadas LED; troca de refrigeradores ineficientes por modelos que consomem menos energia; e a substituição de chuveiros de alta potência de até 7.5 kW por chuveiros de potência menor com a utilização de base recuperadora de calor ou sistemas solares (PRADO & GONAÇALVES, 1998).

Para as concessionárias, a redução no consumo e demanda de energia, obtida dentro dos Programas de Eficiência Energética (PEE), posterga a necessidade de investimentos na expansão da capacidade instalada, sem comprometer a qualidade dos serviços prestados aos usuários finais, promovendo o equilíbrio tarifário e a competitividade do setor (GOLDEMBERG & LUCON, 2007).

Ainda, sabe-se que energia demandada pelo setor residencial no período de ponta do sistema elétrico é verificada, pelas concessionárias e pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), por meio da demanda (maior potência média em cada intervalo de 15 min) (Melo, 2003) durante o período do dia. Entretanto, a carga elétrica não é identificada por tipo de uso, ou seja, a carga não é identificada pelos diversos aparelhos que utilizam energia elétrica.

Estudos apontam que o chuveiro elétrico típico usa menos de 5% da disponibilidade energética que consome, e o resto desperdiça-se (Nogueira, 2007). Apesar da importância deste aparelho na demanda no horário de pico e no consumo residencial, poucos estudos foram dedicados à verificação de resultados desta ação de eficiência energética (MELO, 2003).

Outro ponto observado é que a reutilização de água de descarte de processo para realizar pré-aquecimento, pode fornecer ganhos entre 30% a 55% no aquecimento de água (Proskiw, 2013). Ainda, conforme resultados apresentados pelo laboratório de ensaios de equipamentos solares (Geen-Puc, 2000), segundo norma NBR 12089, como vazão de 3,0 L/min, e temperatura de saída do chuveiro de 40,0°C foi possível evidenciar uma eficiência de aproximadamente 50% para uma base recuperadora estudada, similar ao trocador objeto deste estudo.

O Trocador de calor é o dispositivo usado para realizar o processo da troca térmica entre dois fluidos em diferentes temperaturas. Pode-se utilizá-los no aquecimento e resfriamento de ambientes, no condicionamento de ar, na produção de energia, na recuperação de calor e nos processos químicos (SIPPEL, 2014).

O produto (trocador de calor) aplicado tem como princípio de funcionamento o reaproveitamento de calor gerado pela água utilizada no banho, através de uma placa estruturada de aço inoxidável cuja água que irá atender o chuveiro circula internamente nesta, ou seja, a parede de metal transfere calor da água do banho, externo ao corpo da placa estruturada (que seria desperdiçada), e com isso, permitindo, com que a temperatura inicial de admissão ganhe de 6 a 12°C.

Portanto, o objetivo deste trabalho apresenta-se pela inovação, e absorve-se seu funcionamento, resultados e comparações com outras tecnologias similares.

Justificando-se a importância do estudo com a legislação de programa de eficiência energética da ANEEL que tornou a aplicação deste sistema viável e atrativo para as concessionárias, as quais várias incorporaram em seus projetos de eficiência energética a ação de *retrofit* de chuveiros.

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 O Trocador de Calor

A aplicação desta tecnologia de reaproveitamento de calor apresentou-se como uma alternativa de relevância para que as ações dos programas de eficiência energética da ANEEL atuem em um dos maiores vilões do consumo residencial, o chuveiro elétrico, principalmente na Região Sul e Sudeste. Permitindo uma atuação na redução da potência do chuveiro e do consumo de energia elétrica em comunidades de baixo poder aquisitivo.

De maneira a contribuir com este cenário, observa-se que a Rio Grande Energia (RGE) realiza diversas ações de eficiência energética em seus clientes tendo como objetivo a redução do consumo de energia. Uma destas ações é a substituição do aquecimento de água tradicional (chuveiro elétrico), patente do ano de 1950 (Nogueira, 2007), por um modelo mais eficiente. Estudos mostram que o chuveiro elétrico é responsável por quase 26% da energia elétrica consumida nas residências brasileiras (Nogueira, 2007) e consumindo cerca de 180 kWh por ano (LINS & SILVA, 1998 apud. GELLER & JANNUZZI, 1996).

O modelo que considera-se neste estudo mais eficiente trata-se do trocador de calor, produto patenteado pela empresa *Qbanho Industrial Ltda*. Trata-se de chuveiros equipados com trocadores de energia térmica, com o reaproveitamento de energia térmica.

O sistema de funcionamento do trocador dá-se da seguinte forma: Ao ser aberto o registro, a água (fria) é conduzida por uma mangueira até a plataforma de Plástico de Engenharia com o Trocador de Calor de placas de aço inoxidável (hermético), onde ocorre a troca térmica, a plataforma em formato retangular inicialmente estando com a mesma temperatura da água de admissão do trocador. A água sai do trocador com temperatura de saída igual à de admissão chegando ao chuveiro. Iniciando assim o funcionamento do chuveiro elétrico de potência reduzida (fonte de aquecimento), o trocador de calor fica posicionado no piso abaixo do chuveiro, onde a água aquecida oriunda do chuveiro cai e escorre para o ralo, ao entrar em contato com a placa de aço inoxidável, inicia o processo de transferência do calor residual contido na água usada para a água limpa (diferencial de temperatura) de forma indireta.

A partir daí a água de admissão (limpa) passa a percorrer o interior da placa de aço inoxidável, permitindo a eficiente troca térmica entre a água usada que cai aquecida pelo chuveiro e a água com temperatura menor no interior. A água é levada

até o chuveiro com uma temperatura de saída da placa de aço inoxidável maior que a temperatura de admissão, sendo aquecida no chuveiro por resistência elétrica (efeito *Joule*). O trocador de calor estando abaixo do chuveiro começa a entrar em contato com a água do banho (quente) e passa a ser aquecido absorvendo a energia térmica da água, que antes era desperdiçada e jogada no ralo. Transmite-se então o calor para a água que entra na plataforma, realizando um pré-aquecimento antes de entrar no chuveiro com uma temperatura maior que a temperatura de admissão do trocador, conforme evidencia-se na Figura 1.



Figura 1: Sistema de troca térmica do Trocador de Calor

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Observa-se ainda que a água que cai do chuveiro está em contra fluxo em relação à água de admissão no trocador, caso este de maior troca térmica (ÇENGEL & GHAJAR, 2012). Ainda nota-se que é considerada como temperatura da água que cai sobre a base recuperadora, a temperatura de saída do chuveiro onde é desprezando a perda térmica neste percurso do chuveiro até a base recuperadora de calor (LOPES, *et. Al.*, 2008).

Na Figura 2 apresenta-se o modelo de trocador de calor utilizado para recuperar calor junto ao chuveiro elétrico.



Figura 2: Modelo de Trocador de Calor

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.



Figura 3: Plataforma de aço inoxidável do trocador

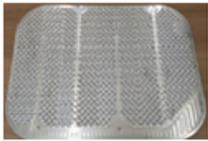
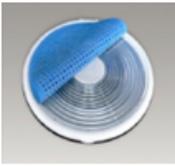
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O Trocador de calor como alternativa de aplicação nos Programas de Eficiência Energética, idealizado com materiais nobres e duráveis, tendo como objetivo desenvolver um produto viável que funcionasse como sistema de banho, o produto ganhou e a empresa fabricante ganharam o nome de *QBanho*. A *QBanho* foi fundada em 2015 para produzir o trocador de calor, suas operações foram iniciadas na cidade de São Leopoldo/RS, de forma a encontrar-se próxima a dois polos de tecnologia,

em metalurgia e polímeros. Permitindo a apresentação de um produto inovador e que atendesse as demandas dos PEE. Logo o produto apresentou o resultados de seus primeiros testes, um deles desenvolvido pelo Instituto Senai de Inovação, o produto foi apresentado a RGE, distribuidora do Grupo CPFL, que prontamente conferiu a viabilidade da aplicação do produto no PEE ao comprovar-se de redução de consumos em amostra significativa com continuidade e ainda pela redução de demanda e fator de coincidência no horário de ponta da utilização do sistema, realizando-se uma aplicação de um lote inicial de 3500 unidades em cinco municípios de sua área de concessão. (SENAI, 2015)

A RGE empenha-se em aplicar soluções no PEE, e uma das soluções aplicadas concorre com o trocador de calor, trata-se do Recuperador de Calor, tecnologia já empregada por muitas distribuidoras em seus PEE, inclusive na RGE. O Recuperador de Calor foi desenvolvido no ano de 1999, trata-se de um sistema similar de aproveitamento do calor da água que sai do chuveiro. O produto foi apresentado a CEMIG em 2000 e imediatamente inserido no programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da CEMIG¹ - P&D 004 que ensaiou e avaliou o ganho energético da tecnologia. Onde se observou os excelentes resultados obtidos no P&D, surgindo a partir de então a empresa *REWATT* que desenvolveu o sistema recuperador de calor ao qual em 2005 tornou-se comercial com a designação *KIT Rewatt*. (DETERS & SIPPEL, 2015)

Neste sentido, compara-se o Trocador de Calor com o Recuperador de Calor, em três grupos comparativos: Base (Quadro 1), Acessórios (Quadro 2) e Ducha (Quadro 3).

TROCADOR DE CALOR		RECUPERADOR DE CALOR	
<ul style="list-style-type: none"> • Placa de aço Inox; • Solda Moderna e segura; • Não retém sujeiras, fácil limpeza; • Fixada com Poliuretano. 		<ul style="list-style-type: none"> • Serpentina de Alumínio; • Solda Química; • Retém sujidades de difícil remoção; • Fixado com abraçadeiras. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma em Plástico de Engenharia virgem; • Resistente a ataque químico; • Longa Durabilidade; • Tapete de Plástico de Engenharia virgem; 		<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma em ABS Comum; • Material suscetível à higroscopia e ataque químico; • Tapete de Borracha. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Alta estruturação mecânica; • Distribuição uniforme do peso do usuário; • Longa durabilidade. 		<ul style="list-style-type: none"> • Média estruturação mecânica; • Apoio somente no perímetro; • Engate comum; • Média durabilidade. 	

Quadro 1: Comparações entre as bases do Trocador e do Recuperador de Calor.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

¹ Companhia Energética de Minas Gerais S.A. é uma concessionária de energia elétrica, tendo sede na cidade de Belo Horizonte/MG.

Ao apresentar uma estrutura de aço inox de fácil limpeza e uma plataforma em plástico resistente a ataque químico (oriundo principalmente dos produtos usados para o banho) o trocador de calor tende a apresenta-se como um produto de maior durabilidade.

TROCADOR DE CALOR		RECUPERADOR DE CALOR	
<ul style="list-style-type: none"> • Pés Reguláveis em plástico de engenharia; • Sapatas de Borrachas antiderrapante fixadas, garantindo segurança e estabilidade para o usuário. 		<ul style="list-style-type: none"> • Não possui regulagem de nível; • Perfil antiderrapante apenas encaixado, oferece pouca segurança e estabilidade ao usuário. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Produzido em Policarbonato; • Regulador de Vazão Lateral; • Engates rápidos especiais e com trava; • Estruturado mecanicamente para capa de acabamento; 		<ul style="list-style-type: none"> • Produzido em Polipropileno; • Regulador de Vazão acima; • Engates lisos e comuns; • Depende do apoio da parede e não possui capa de acabamento; 	

Quadro 2: Comparações entre os acessórios do Trocador e do Recuperador de Calor.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nos itens aqui definidos como “acessórios”, nota-se no trocador uma capacidade de fixação junto ao chão, ou seja, estrutura com pés antiderrapantes e os engates possuem uma capa de acabamento que os esconde tornando os arquitetonicamente mais condizentes.

TROCADOR DE CALOR		RECUPERADOR DE CALOR	
<ul style="list-style-type: none"> • Ducha Eletrônica com Indicador de potência LED. • Válvula de Ajuste de vazão lateral. • Capa de acabamento. • Engates Rápidos com trava; • Resistência de mercado, fácil reposição. 		<ul style="list-style-type: none"> • Ducha Mecânica 8 Temperaturas; • Ajuste de Vazão acima (risco de contato com os fios Elétricos); • Sem capa de acabamento; • Engates comuns. • Resistência Personalizada, difícil reposição. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Pressurizador de fácil acoplamento na parede; • Dispositivo Termo-protetor; • Engates rápidos e embutidos com fixação das mangueiras na saída para a plataforma. 		<ul style="list-style-type: none"> • Pressurizador sem conexão centralizada, sem visão de acoplamento; • Não possui termo protetor; • Engates lisos e aparentes sem fixação das mangueiras 	

Quadro 3: Comparações entre as duchas do Trocador e do Recuperador de Calor.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Ao analisar-se o comparativo das duchas empregadas, evidencia-se que no caso do trocador de calor, a ducha é um modelo eletrônico com sinalizador em LED que apresenta a potência em uso, bem como a resistência - considerado um item que tende a apresentar problemas - neste caso emprega-se uma resistência de mercado, permitindo no caso da queima a fácil e rápida substituição.

Ainda pode-se, através da análise comparativa simples, identificar que o aparelho trocador de calor frente ao recuperador de calor, dispõe de recursos e diferenciais que o apontam como equipamento mais eficiente e com diferenciais relevantes como: Durabilidade; facilidade de limpeza; resistência mecânica e química; uso e manuseio simples e didático; facilidade de manutenção e checagem de Vazão e Pressão.

2.2 Resultados da Aplicação

Aplicou-se o trocador em um total de 3.500 clientes em cinco municípios da área de concessão da RGE, junto realizou-se uma pesquisa estatística que atingiu em 100% dos beneficiados.

Porém antes da aplicação imbuu-se de verificar a efetividade do produto, onde na Figura 4, apresenta-se os valores de temperatura e potência da ducha eletrônica ao trocador de calor. No ensaio a potência nominal de 4600 Watts(W) e potência real média de 4659 W. O gradiente de temperatura entre a entrada e saída do trocador foi de 16°C (Celsius). A temperatura máxima obtida na saída do chuveiro foi de 61,4°C, sendo que o gradiente entre a saída do chuveiro e a saída do trocador foi de 22,6°C. O gradiente entre as temperaturas de saída do trocador e a temperatura de nuca, a 50 centímetros foi de 17°C. Além destes outros ensaios (testes) foram realizados. (SENAI, 2015)

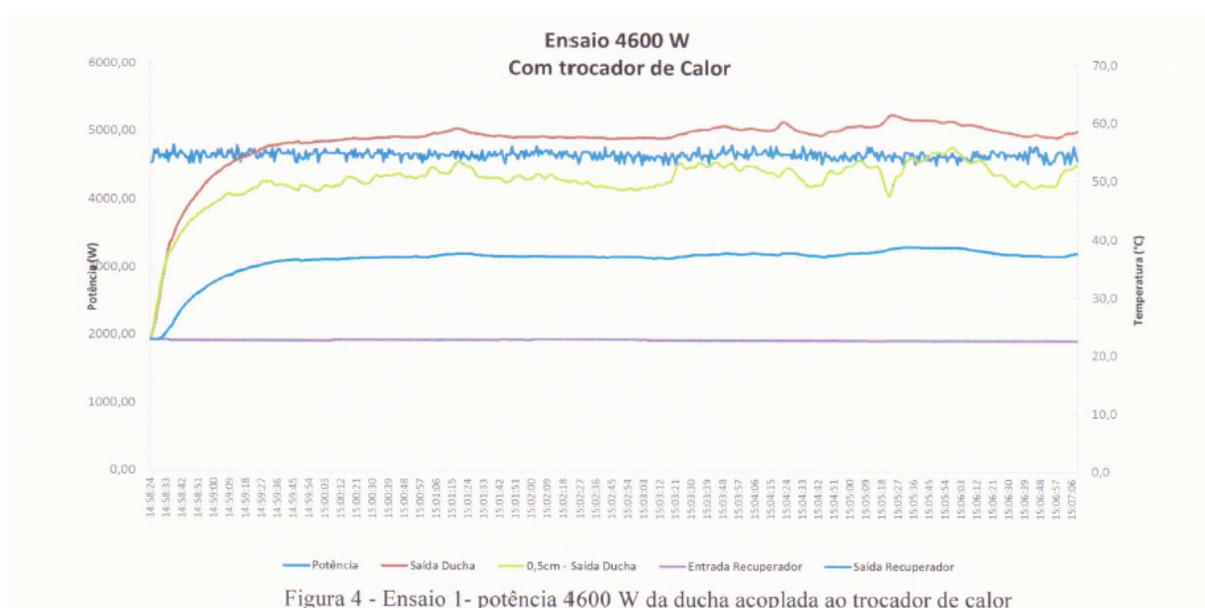


Figura 4 - Ensaio 1- potência 4600 W da ducha acoplada ao trocador de calor

Figura 4: Ensaio na potência 4600W da ducha acoplada ao trocador de calor.

Fonte: SENAI (2015)

Observa-se, no entanto que existe a necessidade de comprovação destes resultados quando aplicado aos usuários finais. Assim, campanhas de medição em projetos de eficiência energética desempenham um papel fundamental na avaliação das reais reduções de consumo conseguidas com cada projeto (ANEEL, 2008).

Esta comprovação deve-se ao fato de que um domicílio seja afetado por mudanças em pelo menos cinco conjuntos de parâmetros os quais se pode citar como mais relevantes: a população (refletida no número de banhos e tempo de banho), condição de uso (refletida em termos da vazão e aumento da potência) e as variáveis climáticas (AGAMI *et al.*, 1997). Segundo (LAMBERTS *et al.*, 2007) existe diferenças significativas no uso da eletricidade nas zonas bioclimáticas do Brasil sendo mais significativa para o chuveiro e ar condicionado.

Percebe-se assim que atendeu-se mais de 13 mil pessoas e que cada residência utiliza em média 45 minutos de chuveiro ao dia, conforme Tabela 1.

Medição & Verificação 2015					
Município	Contagem de Residências	Soma de Pessoas Total	Média de BanhosPorDia	Média de TempoBanho	Média de Chuveiro_Ligado
Santo Ângelo	1352	5133	4,015	10,22	42,76
Bento Gonçalves	304	1223	4,161	12,95	57,17
Lagoa Vermelha	654	2540	3,910	11,75	48,11
São Luiz Gonzaga	1073	3826	3,776	11,42	44,25
São José do Ouro	117	422	3,855	9,40	36,36
Total Geral	3500	13144	3,929	11,08	45,25

Tabela 1: Compilação da pesquisa para Medição & Verificação da etapa 2015.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para a relação de clientes aplicou-se o processo de Medição e Verificação (IPMVP, 2012), apresenta-se que das 80 unidades consumidoras (clientes) selecionados para o cálculo da energia, foram descartadas sete medições que apresentavam com alguma inconsistência ou distorção em relação ao conjunto, e o resultado das medições apresenta-se no Quadro 4.

Outros				Realizado
Premissas do cálculo do tempo de utilização	Fora Ponta	Minutos/Banho:		4,49
		Banhos/Dia:		4,72
	Ponta	Minutos/Banho:		4,70
		Banhos/Dia:		1,98
Dias/Ano:				365
Horas/ano trabalhadas:			t	129,00
Fator de Coincidência de Ponta:			FCP	5,17%
Sistema Atual				
Tipo de equipamento / Tecnologia				Chuveiros
Chuveiro	Potência	(W)	C ₁	4.433
	Potência Ponta	(W)		4.241
	Quantidade		NC ₁	3.500
Periférico	Perdas	(W)	P ₁	-
	Quantidade		NP ₁	-
Potencia Instalada		(kW)		15.516,03
Energia Consumida		(MWh/ano)		2.001,63
Sistema Proposto				
Tipo de equipamento / Tecnologia				Trocadores
Chuveiro	Potência	(W)	C ₂	2.891
	Potência Ponta	(W)		2.690
	Quantidade		NC ₂	3.500
Periférico	Perdas	(W)	P ₂	-
	Quantidade		NP ₂	-
Potencia Instalada		(kW)		10.119,06
Energia Consumida		(MWh/ano)		1.305,40
Resultados Esperados				
Redução de potência (kW)			RDP	280,42
Energia Conservada (MWh/ano)			EE	696,23
Economia (%)				34,78%
CEE: 228,5	CED: 444,85		B	283.813,22

Quadro 1: Resultado de Medição e Verificação dos trocadores instalados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que com a aplicação da tecnologia proposta, diante dos resultados medidos se aplicados para todo o grupo de clientes beneficiados, tem-se uma redução de potência no horário de ponta de 280,42 kW e uma energia economizada de 696,23 MWh/ano, constatando-se assim uma alternativa viável e com resultados considerados excelentes para aplicação dentro do Programa de Eficiência Energética das distribuidoras de energia elétrica.

Como forma de medir qualitativamente os resultados, a RGE realizou ainda uma pesquisa, onde do universo de 3500 clientes atendidos com o trocador de calor, conseguiu-se entrevistas 1872 (53,49%), realizaram-se 08 perguntas, onde constatou-

se conforme se observa na Figura 5, que 93% dos clientes beneficiados encontram-se satisfeitos com o produto.

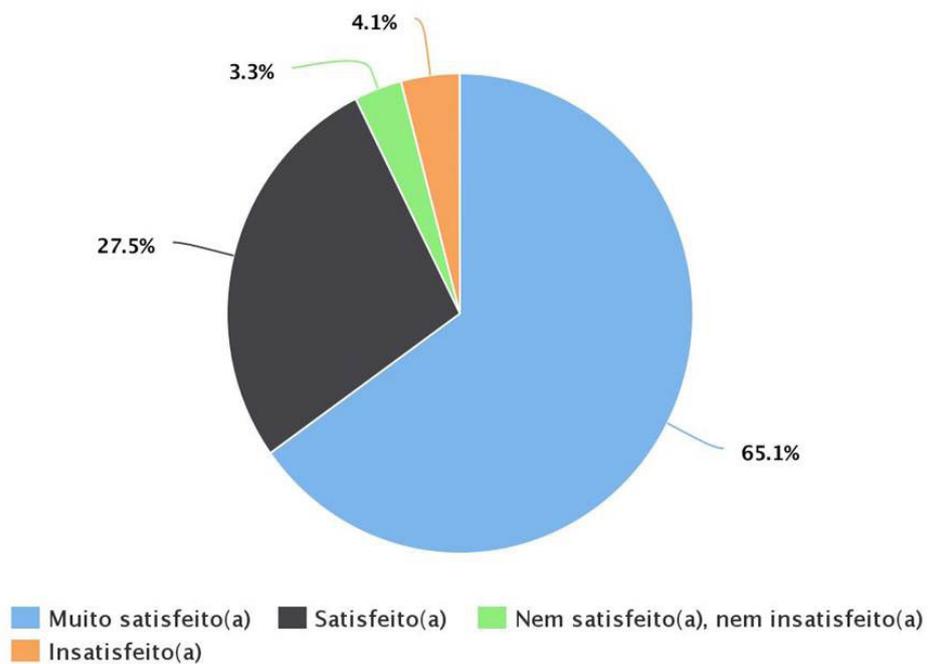


Figura 5: Qual foi seu nível de satisfação com o seu novo equipamento?

Fonte: Elaborado pelo autor com base na pesquisa realizada

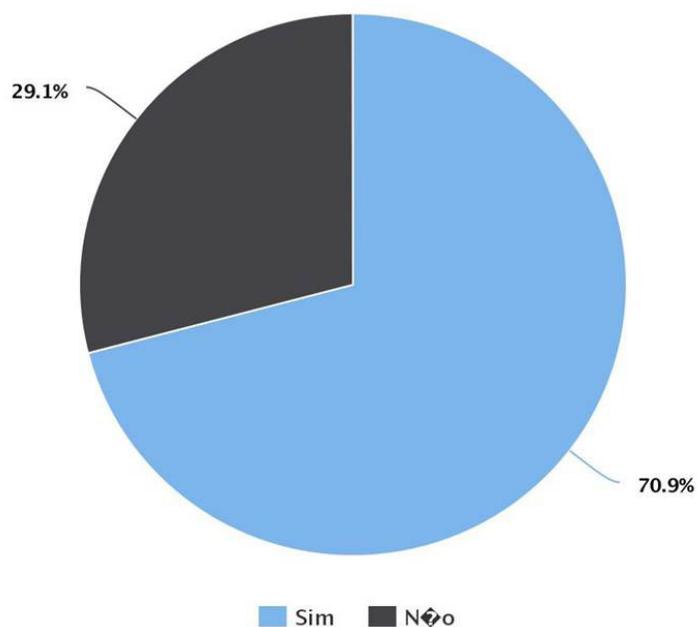


Figura 6: Notou se sua conta de luz diminuiu com o uso do equipamento?

Fonte: Elaborado pelo autor com base na pesquisa realizada

Ademais, registrou-se conforme Figura 6 que dos clientes entrevistados, 71% dos beneficiados identificou uma redução do consumo de energia elétrica após a

implantação do equipamento, o que mostra-se relevante, dado que a fatura de energia elétrica mensal destas consumidoras registra o consumo integral da residência e suscetível a múltiplas variáveis, evidenciando-se assim a aceitabilidade e o resultado diante da instalação do trocador de calor.

3 | CONCLUSÕES

Na busca por alternativas inovadoras e viáveis dentro do Programa de Eficiência Energética das distribuidoras apresenta-se o aparelho denominado trocador de calor, uma aplicação que mostrou-se atender todos os objetivos dos projetos, como a redução de demanda no horário de ponta, a economia de energia, e um produto com excelentes características técnicas e arquitetônicas para a aplicação em comunidades de baixa renda.

Nota-se no presente trabalho que as medições e identificações constatarem que o chuveiro elétrico representa-se como um dos vilões do consumo doméstico, principalmente em residências de baixo poder aquisitivo, onde aplicou-se o trocador de calor, como alternativa para a economia de energia, manutenção ou ampliação do conforto do banho, entre outros desdobramentos de aspectos sociais que decorrem dos projetos desenvolvidos dentro do PEE. Ao ter-se a relevância do consumo de energia elétrica do chuveiro, uma alternativa que impacte na redução do consumo torna-se relevantes nas comunidades atendidas.

A proposta aqui apresentada no entanto possui algumas limitações, especialmente relacionada à dificuldade em se encontrar trabalhos disponíveis na literatura na área de recuperação de calor e que pudesse servir de parâmetro comparativo, o que efetivamente enriqueceria sobremaneira a discussão dos resultados apresentados. Portanto ocorreu unicamente a comparação entre dois produtos disponíveis no mercado dos PEE. Contudo, mantêm-se a proposta para continuidade do estudo, criação de novas comparações e de aplicações em outras regiões climáticas.

REFERÊNCIAS

ABNT - NBR 12089. Normas Técnicas NBR 12089. Chuveiros elétricos - Determinação do consumo de energia elétrica - Método de ensaio. ABNT.1991.

AGAMI T. et al. *Baselining Methodology for Facility - Level Monthly Energy Use - Part 1: Theoretical Aspects*. Ashrae. 1997

ANEEL. Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética. Brasília: SPE – Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética. 2008.

ÇENGEL, A. Y.; GHAJAR, A. J. Transferência de calor e massa. 4º ed. Editora McGraw-Hill, 2012

DETERS, Odair; SIPPEL, Cristian. Sistema de Reaproveitamento de Calor para Utilização em Banhos, Funcionamento, Resultados e Comprovação Pro Medição e Verificação. – Seminário de

Eficiência Energética no Setor Elétrico (SEENEL). Costa do Sauípe/BA. 2015, p. 02.

GEEN-PUC. Recuperadores de calor para chuveiros elétricos. 2000.

GELLER, H., & JANNUZZI, G. D. *The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities. Energy Policy* Vol.26. 1998, p. 859-872.

GOLDEMBERG, J., & LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados*. 2007, p. 7-20.

IPMVP (Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance). 2012, Volume I, EVO 10000-1:2012

LAMBERTS et al., R. Electricity end uses in the residential sector of Brazil. *Energy Policy* vol.35. 2007 p. 4107-4120.

LOPES, Rafael S.; PAVIANI, Vinícius A.; SILVA, Bruno A. Estudo de um recuperador de calor para chuveiro. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Acesso em: 22/04/2016 Disponível em: <http://www.ufrgs.br/medterm/trabalhos/trabalhos-2008/recuperadordecadorparachuveiro.pdf> . 2008.

MELO, J. P.. Comparando alternativas para uso do gás canalizado: centrais térmicas ou aquecedores de água. Dissertação de Pós-Graduação - Universidade Federal de Itajubá. Itajubá/MG. 2003

NOGUEIRA, L. A. Uso racional: a fonte energética oculta. *Estudos Avançados*. 2007, p. 91-95.

PRADO, R. T., & GONAÇALVES, O. M. (1998). *Water heating though eletric shower and energy demand. Energy and Buildings* vol.29. 1998, p. 77-82.

PROPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética. Resolução Normativa 556, de 02/07/2013. ANEEL, 2013.

PROSKIW, G. *The Original GFX*. Acesso 29/07/2013, disponível em <http://www.gfxstar.ca/ProskiwNRCan.pdf>

SENAI – Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. Relatório de Ensaio de Trocador de Calor Acoplado a Ducha com Controle Eletrônico de Temperatura. Instituto Senai de Inovação. Laboratório de Ensaios e Calibração. 2015, p. 1-13.

SIPPEL, Cristian. Avaliação do Projeto de Eficiência Energética com Utilização de Chuveiros Elétricos com Base Recuperadora de Calor Aplicados em Populações de Baixo Poder Aquisitivo. Tese de Mestrado. Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul/RS. 2014, p. 11.

SOBRE A ORGANIZADORA

Jaqueline Oliveira Rezende Possui graduação em Engenharia Elétrica, com certificado de estudos em Engenharia de Sistemas de Energia Elétrica e mestrado em Engenharia Elétrica, ambos pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente é aluna de doutorado em Engenharia Elétrica, no Núcleo de Dinâmica de Sistemas Elétricos, pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou como professora nos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle e Automação. Tem realizado pesquisas em Sistemas de Energia Elétrica, dedicando-se principalmente às seguintes áreas: Energia Solar Fotovoltaica; Curvas Características de Painéis Fotovoltaicos; Dinâmica de Sistemas Elétricos; Geração Distribuída; Simulação Computacional; Algoritmo Genético.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-46-8

