MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA

URI
SANTO ÂNGELO

Engenharia
Elétrica

ANAIS
da
II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica

II MTEE

Santo Ângelo
FuRI
2018

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – URI

Reitor: Arnaldo Nogaro

Pró-Reitor de Ensino: Edite Maria Sudbrack

Pró-Reitor de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação: Neusa Maria John Scheid

Pró-Reitor de Administração: Nestor Henrique de Cesaro

CAMPUS DE SANTO ÂNGELO

Diretor Geral: Gilberto Pacheco

Diretor Acadêmico: Marcelo Paulo Stracke

Diretora Administrativa: Berenice Beatriz Rossner Wbatuba

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANAIS DA II MOSTRA DE TRABALHOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA – II MTEE

Catalogação na Fonte:

M916a Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica (2. : 2018 : Santo Ângelo, RS)
Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica - II MTEE [recurso eletrônico] / Organização: Nelson Knak Neto. – Santo Ângelo : FuRI , 2018.
253 p.

ISBN 978-85-7223-513-6

1. Engenharia Elétrica - Anais. 2. Trabalhos científicos. I. Knak Neto, Nelson (org.). II. Título

CDU: 621.3(063)

Responsável pela catalogação: Fernanda Ribeiro Paz CRB 10/ 1720

ORGANIZAÇÃO

Nelson Knak Neto, Doutor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

COMITÊ CIENTÍFICO

Amanda Gressler Dornelles, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, Brasil.

Bruno Knevitz Hammerschmitt, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Carolina Cortez do Prado, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Caroline Beatriz Fucks Darui, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Cláudio Felipe Tomm Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

Criciéle Castro Martins, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Dion Lenon Prediger Feil, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Douglas de Castro Karnikowski, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

Felipe Cirolini Lucchese, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Fernando Guilherme Kaehler Guarda, Doutor, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

Iuri Castro Figueiró, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

Jordan Passinato Sausen, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Júlia Rambo Hammarstron, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Laura Lisiane Callai dos Santos, Doutora, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

Leonardo Hautrive Medeiros, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Leonardo Nogueira Fontoura da Silva, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Lucas de Carvalho, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

Luciano Bonato Baldissera, Mestre, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, São Luiz Gonzaga, RS, Brasil.

Marco Antônio Ferreira Boaski Mestre, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, Brasil.

Matheus Fanfa da Veiga, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Nelson Knak Neto, Doutor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, RS, Brasil.

Priscila Ebert, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Rodrigo Diogo Dahmer, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Suelen Cristiane Freitag, Mestre, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

Tiago Guterres Lucca, Eng. Eletricista, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

APRESENTAÇÃO

O Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – campus de Santo Ângelo, desenvolve atividades de ensino, pesquisa e extensão desde a sua criação. Neste sentido, a II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica, que integra a programação da VI Semana Acadêmica da Engenharia Elétrica, constitui-se num importante espaço de discussão e socialização de pesquisas oriundas desses projetos, bem como das atividades de diversos Cursos da URI e de outras Instituições de Ensino Superior da região. Em sua segunda edição, a diversidade dos trabalhos que integram os Anais da II MTEE, demonstra o comprometimento dos docentes e discentes com a disseminação do conhecimento tecnológico relacionado às diversas áreas da Engenharia Elétrica. Nessa edição temos um volume considerável de trabalhos, que foram avaliados por um comitê científico comprometido com a qualidade e socialização de ideias.

Desejamos a todos e a todas uma excelente leitura!

Prof. Dr. Nelson Knak Neto

Comissão Organizadora

SUMÁRIO

EXPEDIENTE **2**

APRESENTAÇÃO **7**

ARTIGOS **13**

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO ATRAVÉS DA MATRIZ LÓGICA-ESTRUTURAL **14**

Ronise Wentz, Lucas de Carvalho

ANÁLISE DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS **20**

Tiago Engroff, Douglas de Castro Karnikowski

ANÁLISE DAS MUDANÇAS DE NORMATIVAS EM PROJETOS DE REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA LOTEAMENTOS URBANOS JUNTO A CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA RGE .. **26**

Jeferson do Amarante Júnior, Diango de Oliveira

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO RECONDICIONADAS **31**

Frederico Holsbach, Iuri Castro Figueiró

ANÁLISE DE PERDAS TÉCNICAS DE ENERGIA VISANDO VIABILIDADE FINANCEIRA DE RECONDUTORAMENTO DE UM ALIMENTADOR DE ENERGIA **36**

Higor Adriano Rissi, Diango de Oliveira

ANÁLISE DE PÓS-FALTA EM LINHAS DE TRANSMISSÃO **41**

Lucas Santiago Weiser; Diego Roberto Morais

ANALISE DE VIABILIDADE DE MIGRAÇÃO DE CONSUMIDORES CATIVOS PARA O MERCADO LIVRE DE ENERGIA **45**

Carlos Eduardo Bordin Kupske; Iuri Castro Figueiró

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE REDES GPON PARA IMPLEMENTAÇÃO DE FTTH EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL **49**

Eduardo Bernardi, Mauro Fonseca Rodrigues

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA TENSÃO EM REGIME PERMANENTE EM EDIFICAÇÕES 54

Evandro Tretter; Franciele Rodrigues Dutra; Jian Hampel; Yuri Wagner, Nelson Knak Neto

ANÁLISE DO CONTRATO DE ENERGIA DA UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES *CAMPUS* SANTO ÂNGELO 61

Leandro Rambo; Ângelo Trein Lucca

ANÁLISE DO REGULAMENTO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO DE COMUNICAÇÃO MULTIMÍDIA APLICADO À COMUNICAÇÃO NAS REDES 67

Leonardo dos Anjos, Mauro Fonseca Rodrigues

ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE TELEMETRIA PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA 74

Fernando Gurski, Mauro Fonseca Rodrigues

ANÁLISE E CORREÇÃO DE FALHAS EM SISTEMAS DE PROTEÇÃO 80

Edimilson Fernandes Schmitz, Diego Roberto Morais

APROVEITAMENTO DE ENERGIA EÓLICA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA 85

Juliano Kreuzberg, Frantiesco Fruet, Matheus Fernandes, Rodrigo Möller, Samuel Kopp, Nelson Knak Neto

ARQUITETURA DE HARDWARE E SOFTWARE OPEN SOURCE PARA DOMÓTICA UTILIZANDO IOT 92

Leonardo Felipe da Silva dos Santos, Cláudio Felipe Tomm

CÉLULAS FOTOVOLTAICOS EM PONTOS DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E SUAS IMPLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E OS IMPACTOS NA SOCIEDADE 99

Alison Capeletti, Lucas P. de Carvalho, Thiago de A. Rodrigues

COMPARATIVO ENTRE MEDIDORES DE RESPOSTA MÉDIA E *TRUE-RMS* 105

Frederico Holsbach, Leonardo dos Anjos, Lucas Santiago Weiser Nelson Knak Neto

UMA NOVA ABORDAGEM NO ENSINO DE GERAÇÃO DE ENERGIA: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ... 111

Mariluce Castanho Ferreira, Nelson Knak Neto

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA PARA ENSINO DE GERAÇÃO DE ENERGIA BASEADO NA GERAÇÃO POR AEROGERADORES 115

Pedro da Costa Petry, Douglas Karnikowski, Nelson Knak Neto

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA AUXILIAR AO CONTEÚDO DE SÉRIES DE FOURIER DE GEOMETRIA COMPLEXA EM TEMPO CONTÍNUO 121

Lucas Vinicius Strada, Diego Roberto Morais

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS E FERRAMENTA PARA DIMENSIONAMENTO E ADEQUAÇÃO DE CARGA PARA CLIENTES IRRIGANTES GRUPO A 129

Emanuelle Ferreira Brum, Iuri Castro Figueiró

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA UM SISTEMA SUPERVISÓRIO DE ANÁLISE DE MOTORES ASSÍNCRONOS 137

Lucas Danrlei Jappe, Claudio Felipe Tomm, Iuri Castro Figueiró

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA ADEQUAÇÃO E IMPLANTAÇÃO TARIFÁRIA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA CONSUMIDORES DE PEQUENO E MÉDIO PORTE DO GRUPO A 143

Cássio Alex Perius Back, Diango de Oliveira

DIAGNÓSTICO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM INSTITUIÇÃO EDUCACIONAL PÚBLICA ESTADUAL. 149

Franciele Rodrigues Dutra; Ângelo Trein Lucca; Iuri Castro Figueiró

ESTUDO AVALIATIVO ENTRE LÂMPADAS FLUORESCENTES E LÂMPADAS LED QUANTO Á ASPECTOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA 155

Yuri Wagner; Iuri Castro Figueiró

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE BANCO DE BATERIAS PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM CONJUNTO COM A TARIFA HORÁRIA BRANCA PARA CONSUMIDORES DE BAIXA TENSÃO 163

Denise Hartmann; Iuri Castro Figueiró

ESTUDO DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO UTILIZANDO TURBINA PELTON 168

Eduardo Henrique Banaczewski, Gabriel Silveira, Gabriely Osório, Luís Felipe Dutra, Tatiane Von Muhlen, Nelson Knak Neto

ESTUDO DE CASO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM ESCOLA 174

Bárbara V. P. do Rosário, Carlos F. M. Angst, Fábio Marchiori, Fernando R. Kassburg, Mateus F. Scheuermann, Matheus S. da Cruz, Nelson Knak Neto

ESTUDO DE CASO VIABILIZANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 182

Denise Hartmann; Eduardo Bernardi; Jeferson do Amarante Junior; Nelson Knak Neto

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UM CONSUMIDOR COMERCIAL 189

Davi Elias Arend Heiderich, Mariluce Castanho Ferreira, Nelson Knak Neto

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA UTILIZAÇÃO DE SISTEMA *TRACKER* SOLAR SIMPLIFICADO NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA..... 194

Everton Grass; Lucas de Carvalho

IMPACTOS DA INTEGRAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E VEÍCULOS ELÉTRICOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO 199

Lucas Leonardo Wüst, Nelson Knak Neto

LÂMPADAS: SURGIMENTO E COMPARAÇÕES 206

Gabriel Thomas Santos Gehlen, Gustavo Stringuini Fraga, Leonardo Sommer Bratz, Nelson Knak Neto

MERCADO LIVRE DE ENERGIA: BARREIRAS E PERSPECTIVAS PARA AMPLIAÇÃO DA FAIXA DE DEMANDA MÍNIMA E INGRESSO DE NOVOS CONSUMIDORES 210

Arlan Sebastiani, Nelson Knak Neto

METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SUBESTAÇÃO DE MÉDIA TENSÃO 215

Ian Carlos Rios Senger; Ângelo Trein Lucca

PROJETO DE SISTEMA PARA CONTROLE DE TEMPERATURA PARA CRECHE E MATERNIDADE NA SUINOCULTURA 219

Magnus Junior Neuhaus, Lucas de Carvalho

PROTÓTIPO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA PIEZOELETRICIDADE.....225

Gabrieli Milena Sfalcin da Rosa, Matheus Larossa Fortes, Nelson Knak Neto

PROTÓTIPO DE SISTEMA DE CONTROLE DE TORQUE PARA MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO COM CAPACITOR PERMANENTE 230

Lucas Langer Pinheiro; Lucas de Carvalho

QUALIDADE DE ENERGIA: PROBLEMAS E DIAGNÓSTICO EM UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO 238

Davi Elias Arend Heiderich, Hugo Eduardo Alieve, Lucas Jappe, Mariluce Castanho Ferreira, Nelson Knak Neto

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

SISTEMA DE PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTO EM *SMART GRIDS* NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA 244

Dante Bordin Medeiros; Nelson Knak Neto

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE POTENCIAIS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR..... 249

Pedro Henrique Moura da Rosa, Nelson Knak Neto

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ARTIGOS

Os Artigos que integram esses Anais são de autoria de professores e graduandos cuja originalidade se buscou conservar, inclusive no que se refere a metodologia empregada. Os autores e autoras assumem a responsabilidade pelos conteúdos de seus textos.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise da Confiabilidade de Sistemas de Distribuição Através da Matriz Lógica-Estrutural

Ronise Wentz; Lucas de Carvalho
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) - Campus Santo Ângelo
ronise_wentz@hotmail.com; lucasdecarvalho3@hotmail.com

Resumo: A constante exigência pela melhoria da confiabilidade nos sistemas obriga as concessionárias de energia elétrica a buscarem alternativas de melhorias para os índices de continuidade de energia elétrica. Um dos principais desafios das concessionárias é encontrar um equilíbrio entre a satisfação dos consumidores e seu capital, onde na maioria das vezes busca por minimizar recursos e acaba pecando na qualidade de serviço ao cliente. Este trabalho tem por objetivo analisar a confiabilidade de um sistema de distribuição a partir dos indicadores de confiabilidade, utilizando as matrizes lógico-estruturais (MLE). Será proposto um estudo de caso, onde serão analisados sistemas de rede que apresentam falhas, propondo o planejamento de melhorias, buscando a minimização das falhas no sistema.

Palavras Chave: **Planejamento, Confiabilidade, Interrupções, Matriz Lógico-Estrutural (MLE);**

INTRODUÇÃO

Os sistemas de energia elétrica foram criados para atender a necessidade de demanda das várias classes consumidoras, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte. Com o passar do tempo o fornecimento de energia elétrica se tornou indispensável. Variações e interrupções no fornecimento não são tolerados por consumidores e tem impacto negativo no setor econômico das industrias, comércios e serviços em geral.

Consumidores satisfeitos são de grande relevância para as empresas responsáveis pela distribuição de energia elétrica, tendo na melhoria dos índices de confiabilidade uma oportunidade perdurável de atingir estes objetivos. (Bezerra et al., 2015)[5].

A demanda de energia vem aumentando com o constante crescimento populacional, com isso o sistema de energia vem sofrendo uma célere expansão em relação aos avanços tecnológicos, a capacidade de investimentos e recursos relacionados a área. Projetos de expansão foram moldados para conservar a integridade de equipamentos, onde a confiabilidade do sistema não foi inserta como prioridade.

Esse sistema necessita de metodologias que possam garantir um aumento da sua confiabilidade. A confiabilidade é a probabilidade de o sistema cumprir sem falhas o fornecimento de energia, a avaliação dessa confiabilidade é dada em função da continuidade desse fornecimento, onde a minimização do tempo e a frequência das interrupções é prioridade. Os sistemas de energia são vulneráveis aos fatores externos, os quais podem ocasionar variações e interrupções nas condições normais do sistema.

Esse estudo propõe a utilização da metodologia baseada em matrizes lógico-estruturais, a qual leva em consideração a taxa de falhas e tempos de restabelecimento de energia, buscando a redução dos índices de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), para o sistema, assim adotando estes índices como critérios para um plano de ação ou reestruturação da rede.

REFERENCIAL TEÓRICO

A) Qualidade de energia no sistema de distribuição.

Qualidade de energia é um conjunto de eventos, que abrange os interesses dos sistemas de energia elétrica até os problemas de comunicação na transmissão de dados. Com isso, esses eventos devem ser divulgados para conhecimento de todas as categorias de consumo, transmissão e geração de energia elétrica (PAULILO, 2013)[9].

A energia elétrica se faz presente diariamente em nossa rotina, com isso a prestação do serviço do fornecimento de energia elétrica é considerada um dos serviços mais árduos na atual sociedade, pois se torna inimaginável viver na ausência de energia elétrica. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)[6].

A ANEEL, determinou que as empresas responsáveis pela distribuição de energia elétrica mantenham um padrão de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

continuidade, tendo como finalidade estabelecer limites para os indicadores coletivos de continuidade DEC e FEC. (ANEEL, 2016)[2].

B) Confiabilidade

A confiabilidade tem muitas finalidades, uma delas é a composição de regras que possibilitam a compreensão de sistemas muito complexos, que são capazes de atuar mesmo com possíveis falhas em alguns componentes. Uma das primeiras áreas onde foram aplicadas avaliações estatísticas para a delimitação da confiabilidade foi o da Produção e Distribuição de Energia Elétrica.

Consumidores quando se referem a confiabilidade estão relacionando a mesma ao fornecimento de energia, que ainda é destacada pelo conceito de falha, e não por sua continuidade. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)[6].

Indicadores de confiabilidade:

Quando analisado um determinado sistema de distribuição, seu comportamento e interrupções ocorridas, podemos notar que os indicadores de confiabilidade se apresentam como uma forma de identificar danos, buscando uma análise da necessidade de novos equipamentos no sistema com o intuito de aumentar a qualidade do fornecimento de energia.

A ANEEL apresenta parâmetros que estes indicadores devem cumprir, procedimentos que necessitam ser utilizados para contabilizar ocorrências e também as penalidades impostas caso não haja cumprimento desses procedimentos, esses dados são encontrados no módulo 8 do PRODIST[3].

O controle das interrupções é responsável pelos dados para os cálculos dos indicadores de continuidade de serviço, a ANEEL, as centrais geradoras, as distribuidoras e os consumidores, podem avaliar a partir desses dados não só a qualidade do serviço prestado, mas também o desempenho do sistema elétrico. (ANEEL, 2018)[2]

Os indicadores de confiabilidade se dividem em dois tipos de indicadores, os indicadores individuais e os indicadores coletivos. Os indicadores individuais são apurados para todas as unidades consumidoras ou por ponto de conexão e os indicadores coletivos são apurados para cada conjunto de unidades consumidora.

Indicadores individuais: Os indicadores individuais são determinados pelo órgão regulador para mensurar a duração e a frequência das interrupções ocorridas em cada unidade consumidora ou por ponto de conexão, esses indicadores são:

Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC):

$$DIC = \sum_{i=1}^{n} t(i) \quad (1)$$

Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC):

$$FIC = n \quad (2)$$

Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DMIC):

$$DIMIC = t(i)max \quad (3)$$

Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora ou por ponto de conexão (DICRI):

$$DICRI = t(crítico) \quad (4)$$

Onde,

DIC: duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

FIC: frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em número de interrupções;

DMIC = duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

DICRI = duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

i = índice de interrupções da unidade consumidora ou por ponto de conexão no período de apuração, variando de 1 a n;

n = número de interrupções da unidade consumidora ou por ponto de conexão considerado, no período de apuração;

$t_{(i)}$ = tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou do ponto de conexão, no período de apuração;

$t_{(i)max}$ = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora ou no ponto de conexão considerado, expresso em horas e centésimos de horas;

$t_{crítico}$ = duração da interrupção ocorrida em Dia Crítico.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Indicadores Coletivos: Os indicadores coletivos são denominados Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), os quais os máximos valores admissíveis dos índices de confiabilidade. Esses limites são estabelecidos por conjunto de unidades consumidoras, o qual é definido por área de abrangência de cada subestação de distribuição.

Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC):

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc} \quad (5)$$

Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC):

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc} \quad (6)$$

Onde,

DEC = duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de hora;

FEC = frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;

i = índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto;

Cc = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT;

DIC(i) = Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora, excluindo-se as centrais geradoras;

FIC(i) = Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora, excluindo-se as centrais geradoras.

Os indicadores de continuidade de conjunto de unidades consumidoras e individuais deverão ser computados considerando as interrupções de longa duração. Porém para os indicadores DEC e FEC deverão ser consideradas as interrupções de longa duração, devendo ser segredadas os seguintes tipos de interrupções:

- Interrupção de origem externa ao sistema de distribuição e programada, não ocorrida em Dia Crítico;
- Interrupção de origem externa ao sistema de distribuição e não programada, não ocorrida em Dia Crítico;
- Interrupção de origem interna ao sistema de distribuição e programada, não ocorrida em Dia Crítico;
- Interrupção de origem interna ao sistema de distribuição, não programada.

"Considera-se que há interrupção sempre que a tensão de fornecimento for igual ou inferior a 70% (setenta por cento) da tensão nominal." (PRODIST - Módulo 8, 2018, p.57) [3]

Métodos para estudo da confiabilidade

Método agregado – Redes radiais: Esse método consiste em determinar indicadores para um alimentador especifico através da média de valores alcançados por um conjunto de alimentadores com características semelhantes. A principal vantagem deste método é que não é necessário o conhecimento de dados topológicos, de barras e trechos do alimentador, porem algumas características do alimentador são necessárias para obter resultado dos cálculos de indicadores confiabilidade.

Esse alimentador é desenvolvido num setor circular e tem as seguintes características:

- Área de atuação, Z, em km²;
- Ângulo de atuação, θ, em graus;
- Número de pontos de carga, N_{Ponto};
- Número de consumidores, N_{Cons};
- Demanda, D_{Total}, em kW;
- Densidade de carga com distribuição especificada ao longo do raio do setor circular;
- Distribuições de chaves ao longo do tronco, o número de chaves/km ou chaves a cada montante especificado de demanda, MVA;
- Critério para a alocação de fusíveis ao longo dos ramais;
- Taxa de falha dos trechos da rede;
- Tempos de atendimento: T_1, T_2 e T_3.

Esse método resume-se em gerar de forma aleatória redes radiais e presumir os indicadores. Os valores encontrados são colocados numa curva geral de distribuição de probabilidade e assim é determinado sua média.

Para determinar os valores dos indicadores DEC e FEC do alimentador são utilizadas as seguintes hipóteses:

- Os pontos de carga, N_p, devem apresentar o mesmo número de consumidores, N_c.
- A distribuição da carga no setor circular envolvido pelo alimentador pode ser não uniforme.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Essa metodologia tem o inconveniente que necessita uma vasta demanda de simulações a cada vez que se deseja calcular os indicadores.

Método dos cortes mínimos – Redes em malhas: O método dos cortes mínimos tem a função de avaliar os equipamentos que quando falham provocam interrupções de energia, normalmente esses equipamentos estão em manutenção preventiva. O corte é definido pelo conjunto de equipamentos que isolam um consumidor, quando os mesmos estão fora de operação.

Os cortes mínimos são obtidos a partir dos cortes que apresentam o conjunto mínimo de equipamentos que fora de operação resultam em interrupções da carga. O corte mínimo de primeira ordem equivale a um equipamento que quando está fora de operação provoca a interrupção na rede. Já o corte mínimo de segunda e terceira ordem ocorre num conjunto de equipamentos.

O indicador FIC é calculado pelo somatório da taxa de falhas totais de cada bloco. Cada bloco representa um número "x" de consumidores. Os valores de DIC são calculados a partir do somatório das taxas de falhas multiplicadas pelo tempo de restabelecimento de cada bloco.

Para os cortes mínimos de primeira ordem temos de modo genérico que:

$$FIC_{Cj} = \sum_{i=1}^{nprim_j} \lambda_i + \sum_{i=1}^{nprim_j} \lambda_i" \quad (7)$$

$$DIC_{Cj} = \sum_{i=1}^{nprim_j} \lambda_i T_i + \sum_{i=1}^{nprim_j} \lambda_i" T_i" \quad (8)$$

Onde:

λ_i é a taxa de falha forçada do conjunto de equipamentos;

$\lambda_i"$ é a taxa de manutenção preventiva do conjunto de equipamentos;

n_{prim_j} é o número total de cortes mínimos dos consumidores;

T_i corresponde ao tempo médio de restabelecimento do consumidor;

$T_i"$ corresponde ao tempo de manutenção preventiva do consumidor;

Método da Matriz Lógico-Estrutural: O método da MLE tem sido muito utilizado como proposta para estudos de confiabilidade de sistemas elétricos de distribuição (ABAIDE, 2005;[1] RODIGHERI, 2013;[11] SPERANDIO, 2008[13]). Essa matriz resume-se basicamente em definir alguns parâmetros para cada elemento da rede, com esses parâmetros temos a possibilidade de obter os indicadores DEC e FEC.

A taxa de falhas por ano (λ), o tempo médio de reestabelecimento (Tr) e o número de consumidores (β) são alguns dos parâmetros considerados na MLE. São inseridos na MLE os tempos de reestabelecimento do sistema multiplicados pela taxa de falha (λ) de cada equipamento. (BERNARDON et al., 2015)[4]

As linhas da matriz correspondem as cargas elétricas conectadas ao sistema, ou seja, os consumidores. Cada coluna da matriz corresponde a um equipamento seccionado do sistema, esses equipamentos podem ser para proteção ou manobra.

Cada equipamento apresenta uma taxa de falhas que correspondem a frequência de interrupções observadas nos equipamentos seccionados.

Para definir os tempos de reestabelecimento (Tr) é preciso avaliar o tempo necessário para reestabelecer o fornecimento de energia elétrica para os consumidores, quando nesse caso ocorre interrupções nos equipamentos de seccionamento da rede.

O isolamento de alguns consumidores através dos equipamentos de seccionamento e a realimentação da rede a jusante ou a montante desse ponto de seccionamento, e a transferência dos consumidores que não se encontram no trecho de defeito são possibilidades que se tem de aumentar a confiabilidade do sistema. [7]

Adota-se esse método, pois o mesmo permite a inserção de todos os dados necessários, como taxa de falhas e quantidade de equipamentos existentes no sistema, influenciando em melhores resultados.

METODOLOGIA

O trabalho de pesquisa será desenvolvido a partir do estudo das taxas de falhas dos sistemas de distribuição. Primeiramente iremos analisar um sistema de rede teste, como mostrado na Figura 1, para aplicação do trabalho é necessário a análise desse sistema através dos indicadores DEC/FEC, onde será aplicado o método da MLE, adota-se esse método pois o mesmo permite a inserção de todos os equipamentos e dados de falhas existentes na rede, resultando em uma avalição mais segura dos indicadores. Em seguida, iremos aplicar a análise à uma rede existente pertencente a concessionaria.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

.

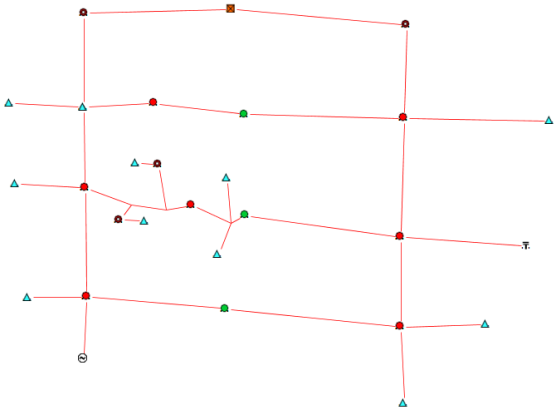


Figura 1: Exemplo de rede teste
Fonte: Autor.

Onde,

- Transformador
- Capacitor
- Chave Faca
- Chave fusível
- Fonte de energia
- Subestação

Para uma análise final adequada é necessário realizar um levantamento bibliográfico embasado em trabalhos já realizados na área. A partir da análise dos resultados será elaborado um projeto de inserção de melhorias na topologia da rede, se necessário.

O fluxograma apresentado na Figura 2 apresenta as etapas da metodologia.

Figura 2: Fluxograma de etapas da metodologia.

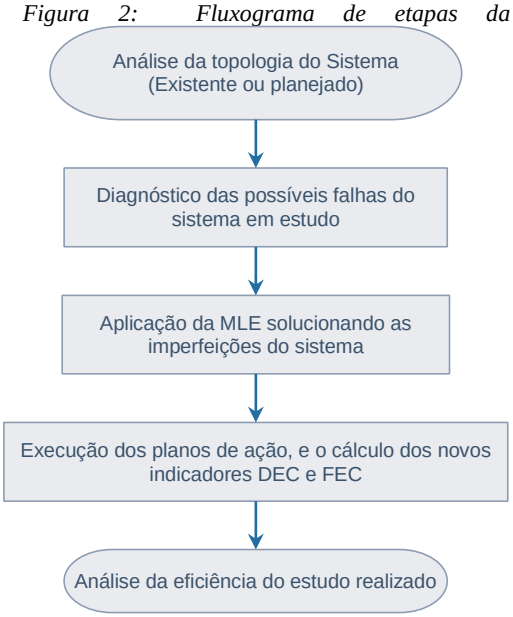


Figura 2: Fluxograma de etapas da metodologia

Fonte: Autor.

1. *Análise da topologia do Sistema (existente ou planejado)*

A topologia da rede deve ser analisada considerando equipamentos de manobras e seccionadores, assim como no histórico de taxas de falhas e no tempo de restabelecimento trabalhado pela concessionária, e quantidade de consumidores atendido pelo sistema, com isso será possível projetar os indicadores de confiabilidade.

Diagnóstico das possíveis falhas do sistema em estudo

Fatores externos são um dos fatores que mais implicam na confiabilidade do sistema, diagnosticar esses problemas ajudam a criar planos de ação com o objetivo de minimizar danos causados a rede. Os fatores externos podem ser quedas de arvores, temporais e até acidentes com veículos que podem interromper o fornecimento de energia.

Aplicação da MLE solucionando as imperfeiçoes do sistema

A MLE consiste em identificar parâmetros para os elementos presentes na rede, e a partir desses parâmetros conseguimos obter os indicadores de confiabilidade. Os cálculos dos indicares possibilitam a identificação do nó que sofre mais danos no sistema, assim podemos seccionar equipamentos para isolarmos e solucionarmos as quedas de energia do sistema.

Execução dos planos de ação e cálculo dos novos indicadores DEC e FEC

Os planos de ação para o aumento da confiabilidade do sistema serão programados a partir dos dados obtidos na

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

aplicação da MLE, com esses dados teremos a possibilidade de avaliar quais equipamentos iremos implementar na rede, buscando melhorias no sistema e o cálculo dos novos indicadores DEC e FEC para a regulamentação dos parâmetros impostos pela ANEEL para que a concessionaria não sofra as penalidades impostas em caso de não cumprimento destes parâmetros.

Análise da eficiência do estudo realizado

A análise do estudo realizado será feita após a implementação da MLE e da aplicação dos planos de ação. A eficiência do estudo será avaliada a partir dos resultados obtidos, se os mesmos estarão ou não dentro dos parâmetros impostos pela ANEEL.

RESULTADOS ESPERADOS

Com um estudo da revisão bibliográfica, vamos aplicar o método escolhido para o levantamento das taxas de falhas. Assim será possível definir quais os equipamentos mais adequados para solucionar as falhas do sistema que será estudado, buscando aumentar a sua confiabilidade.

Durante o estudo será realizada a observação dos seguintes aspectos:

- Avaliação do sistema de distribuição;
- Elaboração de um estudo para levantamento das variáveis para as taxas de falhas;
- Aplicação do método da MLE;
- Simulação de mudanças na topologia da rede;
- Avalição das melhorias impostas na rede;

Nessa avaliação, será levado em consideração quantidade de consumidores afetados com as quedas de energia, duração das interrupções, equipamentos adequados para solucionar as falhas.

Dessa forma é esperado que seja minimizado o número de falhas do sistema, com o aumento da confiabilidade, trazendo melhorias para o sistema, o consumidor e a concessionária.

Por fim, se houver melhorias, sugerir para concessionária a mudança na topologia da rede, tendo em vista apenas a melhoria do sistema.

REFERÊNCIAS

[1] ABAIDE, A. R. (2005). Desenvolvimento de Métodos e Algoritmos para Avaliação de Otimização da Confiabilidade em Redes de Distribuição – Ph.D.Thesis, Universidade Federal de Santa Maria.

[2] ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional Disponível em: http://www.aneel.gov.br. Acesso em: 29 jun. 2018.

[3]ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica: Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST: Disponível em: http://www.aneel.gov.br/prodist. Acesso em: 29 jun. 2018.

[4] BERNARDON, D. P.; PFITSCHER, L. L.,et al. (2015). Sistemas de Distribuição no Contexto das Redes Elétricas Inteligentes: Uma Abordagem para Reconfiguração de Redes. Projeto de P&D AES Sul e UFSM: AGEPOC, 1ed.

[5] Bezerra, J.R.; Barroso, G.C.; Leão, R.P.S; Sampaio, R.F.: Multiobjective Optimization Algorithm for Switch Placement in Radial Power Distribution Networks: IEEE Transactions on Power Delivery (Volume:30, Issue:2), P.545-552, 2015.

[6] Instituto Acende Brasil. Qualidade no Fornecimento de Energia Elétrica: Confiabilidade, Conformidade e Presteza. White Paper 14, São Paulo, p.36, 2014.

[7] Machado Santos, Moises. PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE DISTRIBUIÇÃO CONSIDERANDO A TARIFAÇÃO DA TRANSMISSÃO E ASPECTOS DE CONFIABILIDADE. Tese Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

[8] MARQUES, L. D.(2016) Metodologia de Análise da Confiabilidade no Planejamento de Sistemas de Distribuição Utilizando Matrizes Lógico-estruturais.

[9] PAULILO, Gilson. Conceitos gerais sobre qualidade da energia. Revista O Setor Elétrico, São Paulo, ed. 84, p. 30-37, jan. 2013. Disponível em: https://pdf.magtab.com/leitor/193/edicao/3526 Acesso em: 29 jun. 2018.

[10] PEREIRA NETO, W.M. Restauração Automática de Redes de Distribuição de Energia Elétrica de Grande Porte com Geração Distribuída. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal Paulista, São Paulo, 2011.

[11] Rodigheri, A. Simulação da confiabilidade de redes primárias de distribuição considerando faltas temporárias, equipamentos religadores, e manobras de restauração. Diss. de mestrado. Florianópolis, 2013: Universidade Federal de Santa Catarina, p. 180. 2013.

[12] SILVA, L. G. W.; PEREIRA, R. A. F. e MANTOVANI, J. R. S. Alocação otimizada de dispositivos de controle e proteção em redes de distribuição. Revista Controle & Automação, v.21, n.3, p. 294-307, 2010.

[13] SPERANDIO, M. (2008) Planejamento da Automação de Sistemas de Manobra em Redes de Distribuição – PhD. Thesis - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Desenvolvendo habilidades com foco na integração com o mercado
MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA
22 a 27/10/18
Engenharia Elétrica URI SANTO ÂNGELO

Análise da Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás

Tiago Engroff; Douglas de Castro Karnikowski
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Câmpus Santo Ângelo
tiago_engroff@hotmail.com; douglasdecastrok@gmail.com

***Resumo* — A destinação inadequada de dejetos no meio rural está, cada vez mais, evidenciando uma adversidade, tanto para o meio ambiente, quanto para as pessoas que vivem em áreas rurais. Os resíduos gerados nas propriedades, quando dispostos inadequadamente, podem causar graves prejuízos. Em propriedades rurais que tem como atividade econômica a bovinocultura leiteira, é notório o problema, com a aglomeração de animais e como resultado, o acumulo de resíduos. Desse modo, o presente artigo tem por objetivo a implementação de biodigestores para tratamento de resíduos e, consequentemente, geração de biogás e biofertilizantes em uma propriedade rural que tem a produção de resíduos providos da bovinocultura leiteira. Essa análise, abordará a utilização do biogás para gerar energia renovável e limpa.**

***Palavras-chaves* — Biogás. Biodigestores. Geração de Energia Elétrica. Metano.**

I. Introdução

Em pleno século XXI, o sistema energético internacional é ainda fortemente dependente de combustíveis fósseis, como: carvão, petróleo e gás. Em 2014, 81,0 % do consumo mundial de energia se originou dessas fontes, consumo esse que apresentava um crescimento anual de cerca de 2,0 % (média em 20 anos), e que, nos últimos cinco anos, cresceu 3,1 % ao ano [20]. Trata-se de uma situação que não pode perdurar, não apenas devido à exaustão gradativa das reservas de combustíveis fósseis, como também pelos efeitos negativos ao meio ambiente que resultam de seu uso, entre os quais o aquecimento global.

As energias renováveis, nesse contexto, apresentam inúmeras vantagens ambientais, sociais, econômicas e estratégicas. Dentre elas, a bioenergia apresenta papel especial em vista da elevada geração de empregos e das possibilidades de produção local nos países em desenvolvimento. Entretanto, as energias renováveis, incluindo a biomassa, ainda têm participação reduzida na matriz energética mundial [14].

No caso do Brasil, a participação das renováveis na matriz energética é maior que a média mundial. Porém, observa-se que, na matriz brasileira de energia elétrica, a participação da bioenergia ainda é reduzida em comparação a da hidroeletricidade, como representado na Fig. 1, onde mostra-se os valores obtidos do Banco de Informações de Geração, este que é periodicamente atualizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica.

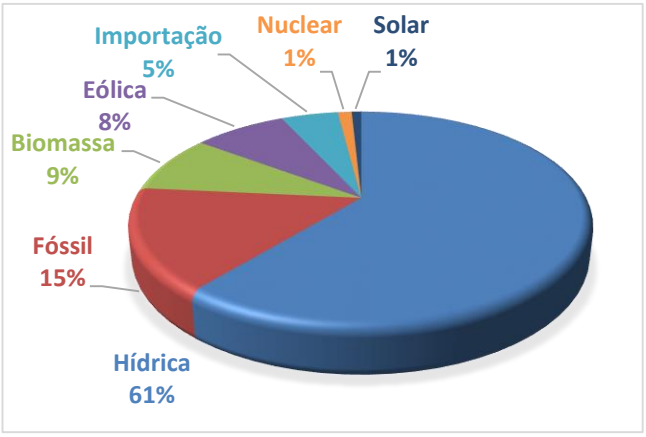


Fig. 1. Oferta interna de energia elétrica no Brasil
Fonte: Adaptado de [2].

No cenário atual, instaura-se uma demanda crescente por alimentos, o que vem forçando o setor rural a se modernizar para atender esse grande contingente, cada vez maior, de consumidores. Com isso, os sistemas de produção a pasto vêm cedendo lugar para os confinamentos tanto na pecuária de corte como na leiteira, o que resulta na concentração de grandes volumes de dejetos animais, sendo necessário o manejo adequado desse material [18].

Desse modo, a destinação inadequada dos dejetos de animais nas propriedades rurais é um problema encontrado pelos agricultores, pois além de afetar o meio ambiente, traz danos que podem prejudicar a saúde desses agricultores e determinar maiores custos administrativos. A resolução n° 420, de 2009, do Conselho Nacional de Meio Ambiente, determina a necessidade de prevenção da contaminação do solo visando à manutenção de sua funcionalidade e a proteção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. As concentrações de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

substâncias químicas no solo resultantes da aplicação ou disposição de resíduos e efluentes, observada a legislação em vigor, não poderão ultrapassar os respectivos valores de prevenção previamente estabelecidos [13].

Para o tratamento de dejetos provenientes de confinamento, tem sido considerada uma boa tecnologia a digestão anaeróbica em biodigestores, pois apresenta um controle satisfatório dos microrganismos e estabilização dos 7 nutrientes, tornando a biomassa resultante boa para reuso como fertilizante, além de possibilitar o aproveitamento dos gases provenientes da fermentação para geração de calor e energia elétrica [5].

O biogás é um combustível formado durante a degradação anaeróbica da matéria orgânica, e suas principais fontes primárias de produção incluem aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto doméstico e industrial, digestores de resíduos animais e vegetais. Cerca de 98% do volume do biogás é tipicamente composto por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Outros componentes, tais como vapor d'água, nitrogênio (N_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e traços orgânicos, estão presentes em pequenas quantidades [19].

Além disso, o aproveitamento do biogás contribui para a mitigação do efeito estufa, visto que a queima deste combustível renovável libera menos poluentes que os combustíveis fósseis e, ainda, evita a liberação de metano (CH_4) para a atmosfera, que possui potencial de aquecimento global 21 vezes superior ao gás carbônico (CO) [7].

O presente artigo, tem como objetivo geral analisar a viabilidade para a geração de energia elétrica a partir do biogás em propriedades rurais, analisando um caso específico que possa servir como exemplo para outras propriedades com características semelhantes. Desse modo, é sugerido um estudo de caso para geração de energia elétrica através dos dejetos dos animais provenientes da prática da bovinocultura leiteira. Dentre os objetivos específicos, tem-se a proposta de realizar um estudo sobre as características e parâmetros para a geração do biogás. Além de relacionar a matéria-prima produzida com a quantidade de biogás gerado. E por fim, definir a configuração do sistema de geração distribuída conectado ao sistema elétrico ou operando de forma isolada.

II. Referencial Teórico

A. Biogás

O biogás é composto por uma mistura de gases cujo tipo e porcentagem variam de acordo com as características do tipo de resíduos e as condições de funcionamento do processo de digestão. Os principais constituintes do biogás são o metano e o dióxido de carbono, no qual o biogás é composto em até 65% de metano (CH_4), sendo o restante basicamente composto de dióxido de carbono (CO_2). Outros gases, como sulfeto de hidrogênio, o nitrogênio, hidrogênio e monóxido de carbono também compõe o biogás em menores concentrações [22]. Na Tabela I, é apresentada a composição do biogás.

Tabela I. Composição do Biogás.

Gás	Símbolo	Porcentagem
Metano	CH_4	55 a 65%
Dióxido de carbon	CO_2	35 a 45%
Nitrogênio	N_2	0 a 3%
Hidrogênio	H_2	0 a 1%

Fonte: Adaptado de [12].

O metano, principal componente do biogás, é um gás incolor, inodoro, altamente inflamável. Sua combustão apresenta uma chama azul-lilás e, às vezes, com pequenas manchas vermelhas. Não produz fuligem e seu índice de poluição atmosférico é inferior ao do butano, presente no gás de cozinha [10].

B. Digestão Anaeróbica

A formação do biogás ocorre por meio de um processo de digestão anaeróbica, no qual a matéria orgânica é decomposta por microrganismos na ausência de oxigênio. As etapas da digestão anaeróbica são mostradas na Fig. 2.

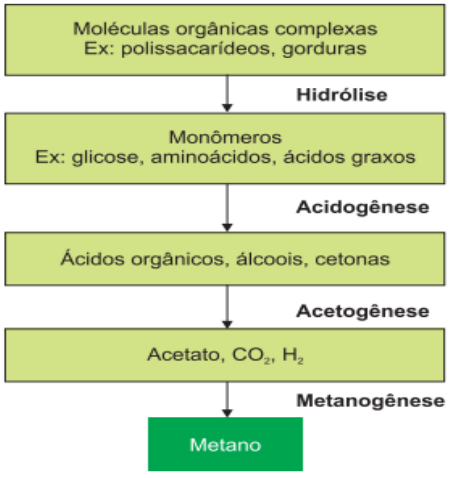


Fig. 2. Etapas do processo de digestão anaeróbica. Fonte: [3] .

Referência [4] apresenta o processo de digestão anaeróbica, divididas em quatro etapas:

• Hidrólise: por ação de exoenzimas liberadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas, os materiais particulados complexos (polímeros) são convertidos em materiais

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

dissolvidos mais simples, sendo reduzidos em moléculas menores que são capazes de atravessar as paredes celulares das bactérias fermentativas.

• Acidogênese: por ação de bactérias fermentativas acidogênicas, os compostos formados na fase de hidrólise são convertidos em diversos compostos mais simples, tais como ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido lático, gás carbônico, hidrogênio, amônia e gás sulfídrico.

• Acetogênese: as bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas; os produtos gerados são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato.

• Metanogênese: é a etapa final do processo de degradação da matéria orgânica, sendo esta convertida em metano e dióxido de carbono por ação das bactérias metanogênicas.

C. Biofertilizante

O biofertilizante é um subproduto obtido da fermentação de resíduos agrícolas ou dejetos de animais que podem substituir ou complementar a adubação química [22].

Referência [9] descreve que o biofertilizante possui teores de nutrientes iguais e até maiores que o do material original. A fermentação anaeróbica faz com que haja menos perda de nutrientes, principalmente de nitrogênio, fósforo e potássio.

D. Biodigestor

Biodigestores são equipamentos herméticos e impermeáveis, nos quais se deposita material orgânico para fermentar anaerobicamente, sem a presença de ar atmosférico e por um determinado tempo de retenção, no qual ocorre um processo bioquímico denominado biodigestão anaeróbica, que tem como resultado a formação de produtos gasosos, principalmente metano e dióxido de carbono, além também como excedente do substrato o biofertilizante [12].

O biodigestor de modelo canadense, ainda que possua uma construção simples, apresenta uma tecnologia mais moderna dentro todos os modelos. Este biodigestor possui uma câmara de digestão escavada no solo com uma devida isolação impermeável além de um gasômetro inflável feito de material plástico ou similar. É do tipo horizontal, com uma caixa de entrada em alvenaria, como pode ser observado na Fig. 3. À medida que o biogás é produzido, a cúpula plástica maleável é inflada e o biogás é acumulado, ou pode ser enviado a um gasômetro separado para se obter um maior controle operacional [11]. Em comparação a outros modelos, o canadense apresenta a vantagem de poder receber grande quantidade de resíduos.

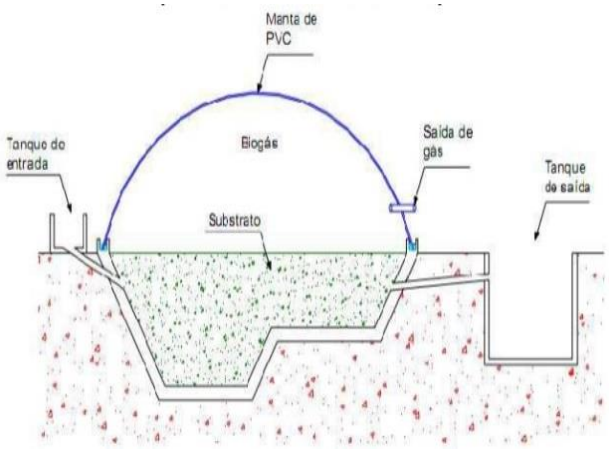


Fig. 3. Biodigestor canadense. Fonte: [15].

E. Localização e dimensionamento dos biodigestores rurais

O local para a construção dos biodigestores deve ser de fácil acesso durante todo o ano, próximo ao local de coleta dos dejetos e aos pontos de consumo de biogás. O terreno que vai ser construído o biodigestor deve apresentar uma pequena declividade, para facilitar o escoamento do biofertilizante, deve-se evitar áreas sujeitas às inundações e devem ser distantes do lençol de água [6].

O volume do biodigestor deve ser de acordo com a produção diária de dejetos e o tempo de retenção hidráulica, levando em consideração ainda, as necessidades energéticas da propriedade [16].

Referência [17], descreve que o volume pode ser calculado por (1):

$$VB = VC * TRH \quad (1)$$

em que, VB é o volume do biodigestor (m³), VC é o volume da carga diária (m³/dia) e TRH é o tempo de retenção diária (dias).

Para estimar a quantidade dejetos que cada animal produz por dia, bem como a correspondente quantidade de biogás que será gerada, apresenta-se a Tabela II.

TABELA II. PRODUÇÃO DE GÁS POR DEJETOS DE ANIMAIS SEMI-ESTABULADOS.

Material (dejetos)	kg de dejetos/dia	m³ de gás/kg de dejetos	m³ de gás/animal/dia
Aves	0,09	0,055	0,0049
Bovinos	10,00	0,040	0,4000
Equinos	6,50	0,048	0,3100
Suínos	2,25	0,064	0,1400

Fonte: Adaptado de [8].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Da mesma forma, necessita-se ter a relação de resíduo/água, mostrado na Tabela III, para conhecer a quantidade água que deve ser aplicada a mistura.

TABELA III. PROPORÇÃO ENTRE DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS E ÁGUA PARA OBTENÇÃO DO SUBSTRATO.

Resíduo orgânico	Proporção de mistura (resíduo : água)
Esterco de aves	1 : 2
Esterco de bovinos	1 : 1
Esterco de equinos	1 : 1
Esterco de suínos	1 : 1

Fonte: Adaptado de [1].

F. Conversão do biogás em energia elétrica

Existem diversas tecnologias para efetuar a conversão energética de biogás em energia elétrica. Nesta conversão, a energia química contida nas moléculas do biogás é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica produz torque em um gerador que a converte em energia elétrica.

Referência [21] descreve a relação de equivalência de energia entre a energia elétrica e o biogás é de 6,5 kWh/m³. Porém, a conversão do biogás em eletricidade utilizando grupos geradores (motor de combustão interna) possui um rendimento médio de 25%, o que reduz a equivalência para 1,62 kWh/m³.

Há basicamente dois tipos de motores de combustão interna: ciclo Otto e ciclo Diesel. Os motores de ciclo Otto caracterizam-se pela combustão da mistura ar combustível ser provocada por uma centelha produzida por uma vela de ignição, enquanto que nos motores de ciclo Diesel, a combustão ocorre em função da compressão da mistura.

A geração de energia elétrica com o uso de biogás como combustível pode ser dividida nas seguintes tecnologias disponíveis, [16]:

• Conjunto Gerador de Eletricidade

Consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de eletricidade, independente da rede de energia elétrica da concessionária local.

• Conjunto Gerador Economizador de Eletricidade

Consiste em um motor de combustão interna Ciclo Otto adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um motor assíncrono, de dois ou quatro pólos, que passa a gerar energia ao ser conectado à rede de energia elétrica da concessionária local.

No primeiro caso, o conjunto é independente da rede de energia elétrica local, gerando energia dentro de propriedade com o sistema de distribuição interno isolado. No segundo caso, o equipamento gera energia somente se estiver conectado à rede de distribuição da concessionária de energia elétrica, deixando de funcionar se a mesma sofrer interrupção, o que elimina possibilidades de acidentes quando técnicos estiverem trabalhando na manutenção nas redes elétricas externas. Neste caso, a energia gerada é distribuída na propriedade e na rede de baixa tensão externa.

III. METODOLOGIA

Para representar o objetivo d a geração de energia elétrica a partir do biogás, a proposta de metodologia caracteriza-se o local de estudo, expondo detalhes referentes a propriedade rural onde será realizado o estudo para implantação de biodigestores e consequente formação de biogás para ser utilizado na geração de energia elétrica.

Posteriormente, far-se-á a coleta de um conjunto de informações sobre a propriedade. Dentre os quais, serão levantados dados referentes a demanda e a quantidade de energia elétrica consumida pela propriedade, bem como o valor da tarifa paga pela energia consumida. Ainda será verificado a quantidade de animais que estão semi-estabulados e também quantidade de fertilizantes químicos consumidos na propriedade.

Com o levantamento de informações, então será elaborado a estimativa de produção de biogás e de biofertilizante pela planta em estudo. Em seguida serão relacionados o modelo de biodigestor que atenda a demanda de resíduos produzidos, bem como o grupo motor/gerador que terá a capacidade de suprir a demanda de energia elétrica requisitada. Também será realizado a escolha da configuração entre sistema isolado ou conectado à rede elétrica.

Por fim, para análise de viabilidade econômica do projeto será utilizada a metodologia conforme [22], no qual utilizou-se uma taxa de desconto de 8%, a qual seria a taxa usual de financiamento do governo federal nas atividades de produção agrícola. Os gastos com operação e manutenção durante o ano, representam cerca de 4% do investimento total. Por meio da tarifa de energia paga pela propriedade é possível obter o tempo de retorno do investimento.

O custo de produção de energia elétrica via biogás é dado por (2):

$$Ce = \frac{(CAG + CAB)}{PE} \quad (2)$$

em que, Ce é o custo da energia elétrica produzida via biogás (R$/kWh), CAG é o custo anualizado do investimento no conjunto motor gerador (R$/ano), CAB é o gasto anual com

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

biogás (R$/ano) e PE é a produção de eletricidade pela planta de biogás (kWh/ano).

O custo anualizado do investimento no conjunto motor gerador é dado por (3):

$$CAG = CIG * FRC + \frac{(CIG * OM)}{100} \quad (3)$$

em que, CIG é o custo do investimento no motor gerador (R$). FRC é o fator de recuperação de capital e OM é o custo com organização e manutenção (%/ano).

O gasto anual com biogás é dado por (4):

$$CAB = CB * CNB \quad (4)$$

em que, CB é o custo do biogás (R$/m³) e CNB é o consumo de biogás pelo conjunto motor gerador (m³/ano).

O fator de recuperação de capital é dado pela equação (5):

$$FRC = \frac{j * (1+j)^n}{(1+j)^{n-1} - 1} \quad (5)$$

em que, j é a taxa de desconto (% ano) e n são os anos para amortização do investimento.

A produção de eletricidade é dada pela equação (6):

$$PE = Pot * T \quad (6)$$

em que, Pot é a potência nominal da planta (kW) e T é a disponibilidade anual da planta (horas/ano).

O custo do biogás é dado pela equação (7):

$$CB = CABD * PAB \quad (7)$$

CABD é o custo anualizado do investimento no biodigestor (R$/ano) e PAB é a produção anual de biogás (m³/ano).

O custo anualizado do investimento no biodigestor é dado pela equação (8):

$$CABD = CIB * FRC + \frac{(CIB * OM)}{100} \quad (8)$$

em que CIB é o custo de investimento no biodigestor (R$), FRC é o fator de recuperação de capital e OM é o custo com organização e manutenção (%/ano).

Para se verificar a viabilidade de geração de energia elétrica, determinou-se o tempo de retorno do investimento, através de (9):

$$TRI = \frac{\ln\left(-\frac{k}{j-k}\right)}{\ln(1+j)} \quad (9)$$

$$k = \frac{A}{CI} - \frac{OM}{100}$$

$$A = CI * \left(FRC + \frac{OM}{100}\right)$$

em que, TRI é o tempo de retorno (anos), CI é o custo de investimento no sistema biodigestor e motor gerador (R$), A é o gasto anual com energia elétrica adquirida na rede (R$/ano), FRC é o fator de recuperação de capital e OM são os gastos com amortização e manutenção da planta (%/ano).

IV. Observações Finais

Desse modo, o artigo tem o propósito evidenciar novas fontes para aproveitamento para geração de energia elétrica em propriedades rurais, tendo como fonte o biogás. No qual, este processo de geração remete a possibilidade de um aproveitamento energético e econômico, além de mitigar os grandes prejuízos causados pela destinação inapropriada dos resíduos gerados pela atividade na propriedade rural.

Para isto a verificação do contexto em que se enquadra a melhor alternativa para a implementação do sistema é determinante, fazendo com que um caso específico possa a ser um modelo para outros sistemas com as mesmas características.

A questão econômica é aspecto principal para a validação do sistema de geração elétrica a partir do biogás. A premissa do projeto é de trazer benefícios ambientais de uma forma geral, mas que não onere o produtor rural que fará o investimento. Questões como as de isenções fiscais e financiamentos especiais, remetem a uma forma alternativa de ser implementado o projeto.

V. Referências

[1] BARRERA, P. Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural. São Paulo: Ícone Editora, 2003.

[2] BIG ANEEL. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>.

[3] BITTON, G. Wastewater Microbiology. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[4] CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias - Reatores Anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

[5] COLATTO, L; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. Joaçaba: Revista Unoesc e Ciência – ACET, 2011.

[6] CRAVEIRO, A. M.; LA IGLESIA, M. R. DE; HIRATA, Y. S. Manual de biodigestores rurais. São Paulo. Ipt, 1982.

[7] DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

[8] FARRET, F. A. Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica. 3. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.

[9] FORNARI, E. Manual prático de agroecologia. 1. ed. São Paulo: Aquariana, 2002.

[10] GASPAR, R. M. B. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR. Florianópolis, 2003.

[11] JUNQUEIRA, S. L. C. D. No Geração de Energia através de Biogás Proveniente de Esterco Bovino: Estudo de Caso na Fazenda Aterrado. Rio de Janeiro, 2014.

[12] MAGALHÃES, A. P. T. Biogás: um projeto de saneamento urbano. São Paulo: Nobel, 1986.

[13] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E CONSELHO NACIONAL AMBIENTE (CONAMA). RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009, 2009.

[14] MOREIRA, J. R. S. (ORG.) .Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

[15] NISHIMURA, R. Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional. Campo Grande, UFMS, 2009.

[16] OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2004.

[17] OLIVER, A. DE P. M. Manual de treinamento em biodigestão. SalvadorWinrock, 2008.

[18] ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J. DE. Influência da relação volumoso: concentrado e do tempo de retenção hidráulica sob a biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 3, p. 386–394, jun. 2010.

[19] PROBIOGAS. (Projeto Brasil Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás). Guia prático do biogás. 5ª edição, Gülzow. p. 234 p, 2010.

[20] REN21. Renewables 2013 Global Status Report. Paris, 2016.

[21] SANTOS, P. Guia Técnico de Biogás. Lisboa: CCE – Centro para a Conservação de Energia, 2000.

[22] SOUZA, S. N. M. DE et al. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Acta Scientiarum. Technology. Cascavel, 2004.

Análise das Mudanças de Normativas em Projetos de Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica Para Loteamentos Urbanos Junto a Concessionária de Energia RGE

Jeferson do Amarante Júnior; Diango de Oliveira
Diango de Oliveira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo/RS
jefersondoamarantejunior@hotmail.com; diango@monparsul.com.br

***Resumo* — Os loteamentos urbanos tem um papel fundamental na sociedade, pois além de auxiliarem no crescimento da malha urbana no quesito planejamento e organização, colaboram também com a população através da viabilização de moradias. O Presente trabalho tem como objetivo a caracterização de loteamentos urbanos com foco na análise das mudanças de normativas relacionadas a elaboração de projetos de redes aéreas de distribuição de energia elétrica, para implantação de novos empreendimentos após a inserção do sistema de Gestão Eletrônica de Documentos (GED), junto a concessionária de energia RGE.**

Palavras-chaves* — *Loteamentos, Projetos, Distribuição, Energia Elétrica.

I. INTRODUÇÃO

O setor elétrico Brasileiro, tem sofrido grandes transformações nas últimas décadas, tornando-se necessário realizações de melhorias nos sistemas de padronização do uso e fornecimento de energia elétrica, através de normativas, garantindo o desenvolvimento e equilíbrio do sistema.

No sistema de distribuição de energia elétrica, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é a responsável pela regulamentação das políticas e também diretrizes, impostas pelo Governo Federal, para a utilização dos serviços de energia elétrica, e também responsabilidades sobre as definições dos padrões de segurança e qualidade de atendimento. Já a Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia (ABRADE), e Associação de Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), reúnem critérios de elaboração, dimensionamento de projetos e construções de redes primárias e secundárias de distribuição, visando os altos padrões de qualidade em projetos e execuções de maneira sistematizada.

Em termos de urbanização, houve um aumento significativo nas últimas décadas, tornando-se necessárias algumas alterações na Lei Federal nº 6766/79, do Parcelamento do Solo, de modo que fossem possíveis intervenções na ocupação desordenada de territórios pela população. Com incentivos proporcionados pela nova Lei nº 9785/99, surgiram então novos empreendedores em busca de investimentos no mercado de loteamentos urbanos. [1]

Após o processo de aprovação das plantas urbanísticas e demais documentos relacionados, junto a Prefeitura Municipal, os loteadores necessitam de profissionais qualificados para elaboração e aprovação dos projetos de distribuição de energia elétrica para alimentação dos lotes de seu empreendimento. A partir disso, cabe então, ao responsável técnico a realização de estudos de casos, analisando as diferentes formas de projeções de rede de energia elétrica para o empreendimento, tendo em vista a qualidade no serviço a ser prestado e a otimização de custos, levando-se em consideração a satisfação do cliente.

1. Ocupação do Solo Urbano

Pode-se dizer que o termo "ocupação do solo urbano" é definido em função das normas que se referem à densificação, atividades, e também dispositivos de controle do parcelamento do solo. As construções nos terrenos dos municípios são definidas de acordo com o tamanho do terreno, número de pessoas e atividades que serão desenvolvidas.

As diferentes formas de ocupações em conjunto com o Plano Diretor dos Municípios promovem o ordenamento territorial e o pleno desenvolvimento de funções sociais objetivando o

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

controle da densidade populacional, organização do território, mobilidade urbanas, controle ambiental e principalmente a qualidade de vida da população. O território municipal é divido em zonas, onde são definidas para cada uma delas, normas para os diferentes tipos de ocupações, ou seja, uma determinação de normas e procedimentos para o uso das divisões do território dentro do município.

Os loteamentos, de acordo com a Lei 6.766/79 art. 4º, são definidos como a subdivisão de gleba com destinação a edificação, modificação ou ampliação das vias existentes, abertura de novas vias ou até mesmo de logradouros públicos, esta lei concede aos Estados e aos Municípios autonomia para aplicação de normas complementares para o parcelamento do solo urbano. Com isso torna-se possível que os Estados e Municípios controlem e fiscalizem os projetos considerando os principais aspectos locais. [3]

2. Procedimentos Administrativos para Liberação de Loteamentos

Os parcelamentos somente poderão ter sua implantação iniciada com a aprovação do projeto junto a prefeitura municipal e licenciamentos para execução nos termos das leis municipais e federais, quando não obedecidos estes critérios e ficando em desacordo com o projeto aprovado e licenciado, o parcelamento será considerado irregular. É dever do município legitimar o uso do solo, desde que em conformidade com as leis, garantindo o respeito e assegurando que sejam respeitados todos os padrões urbanos, visando a comodidade da população. Para que exista a liberação completa do empreendimento junto a prefeitura municipal, antes deverá existir a liberação da viabilidade de fornecimento de energia elétrica por parte da concessionária local.[5]

3. Áreas de Atuação da Concessionária de Energia RGE

A RGE é a distribuidora de energia elétrica que atua no norte – nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Atualmente a empresa atende um total de 255 municípios do estado, sua área de cobertura divide-se em Centro com localização em Passo Fundo/RS e Leste em Caxias do Sul/RS. A Rio Grande Energia, apresenta ótimos índices econômicos e sociais a nível nacional e também assume grandes responsabilidades em relação ao fornecimento de energia elétrica para o setor agrícola, pecuário, turístico e industrial do estado gaúcho. A distribuidora zela pela Gestão de qualidade, objetivando os mais altos índices de eficiência para atendimento de seus consumidores, colaborando desta forma com o desenvolvimento econômico do Rio Grande do Sul. [7]

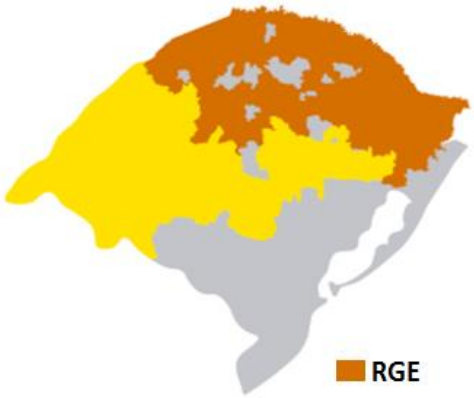


Fig. 1. Áreas de Atuação da Concessionária de Energia RGE
Fonte: Adaptado RGE, 2018

4. Documentos e Procedimentos Básicos para Apresentação e Aprovação de Projetos de Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica para Loteamentos Urbanos

Para apresentação de projetos de redes de distribuição de energia elétrica para energização de loteamentos urbanos é imprescindível que sejam respeitadas algumas normas e procedimentos estabelecidos pela concessionária de energia.

Para efetiva elaboração de um projeto, o profissional deve conhecer as exigências e alterações de normativas para não acarretar prejuízos aos interessados, também é necessário constar no projeto todo o detalhamento de estruturas, configurações de redes primárias e secundárias de distribuição, posteações, metragem entre os vãos dos postes projetados e existentes, limites entre as vias públicas e as áreas particulares; é necessário também escolher o melhor local para instalação do transformador de energia elétrica para melhor qualidade no atendimento. [8]

Para o encaminhamento dos projetos os profissionais responsáveis deveram acessar a página de projetos particulares da CPFL, colocando sua senha e login, após devem efetuar o cadastramento dos dados do cliente e do empreendimento. Após esta etapa de cadastro, abrirá um campo para envio de documentos para análise de viabilidade técnica, devendo ser enviados a planta planialtimétrica, planta construtiva com o traçado da rede interna do loteamento, memorial técnico descritivo, ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

projeto e Anexo 01 com o apontamento dos consumos por unidade consumidora. Após a aprovação da viabilidade de carga do empreendimento no site de projetos particulares, abrirá 2 (dois) novos campos para cadastro, sendo um de Proteção e outro de Análise Técnica. Para Análise de Proteção deve-se encaminhar somente a ART de projeto com todas as descrições da rede projetada e as respectivas potências de transformadores para que a concessionária realize estudos de acréscimo de carga em seu sistema, verificando também a necessidade de alterações da rede em via pública como, por exemplo: alterações de elos fusíveis, substituição de estruturas primárias e secundárias de distribuição, recondutoramentos ou até mesmo instalações de novos equipamentos para manobra e proteção do sistema.

O segundo campo de análise técnica também de grande importância após o de viabilidade, é o campo onde o projetista deve encaminhar todos os documentos pertinentes ao projeto de rede de energia elétrica do loteamento, onde necessita ser anexado os cálculos de queda de tensão, cálculos de esforços mecânicos nas estruturas, ART, planta urbanística aprovada pela Prefeitura Municipal, anexo de segurança referente aos riscos ambientais, documentos pessoais do cliente, anexo de liberação ambiental atestando a necessidade ou não de podas e /ou abates de árvores, declaração do tipo de iluminação pública que será instalada no loteamento com assinatura e carimbo da Prefeitura Municipal e plantas construtivas.

O projeto baseia-se em duas plantas construtivas, uma de interligação de rede e outra de incorporação. A planta de incorporação trata de toda parte interna de eletrificação do loteamento, que após a execução e liberação da fiscalização ficará sob responsabilidade da concessionária de energia. E a planta de interligação deve mostrar apenas o que deverá ser alterado na rede em via pública, para realização do atendimento da parte interna do loteamento. O projeto de interligação tem como finalidade a sugestão para elaboração do projeto definitivo por parte da concessionária. Antes da efetiva aplicação da padronização GED na RGE, não eram necessárias as apresentações de duas plantas construtivas, pois em apenas uma planta eram incluídas todas as informações da rede interna e externa do loteamento planejado. [8].

5. Nomenclaturas e Mnêmonicos em Projetos de Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica

As nomenclaturas nos projetos são de extrema importância, é a partir disso que torna-se possível o entendimento da ideia do projetista, em relação a estruturas e arranjos de redes dentro dos padrões da concessionária de energia.

Os mnemônicos baseiam-se em formas de memorização de maiores construções para facilidade no entendimento, sendo possível saber por exemplo, tipos de materias de cruzetas, classes de tensão de isoladores, características de aterramentos, tipos de estruturas para transformadores, entre outros. [8]

Para o melhor entendimento sobre as mudanças ocorridas em relação as nomenclaturas/mnemônicos, neste trabalho será mostrado algumas configurações que eram apresentadas quando ainda em vigor o antigo Padrão de Projetos e algumas das principais mudanças proporcionadas pela nova padronização de Gestão de Documentos Eletrônicos (GED).

5.1 Nomenclatura de Estrutura em Tangente e Derivação - Padrão de Projetos:

12 (4) –M1-N3 (Poste de concreto de 12 metros de altura, 400daN, estrutura meio beco de alinhamento e estrutura normal do tipo 3 para derivação), conforme figura 2.

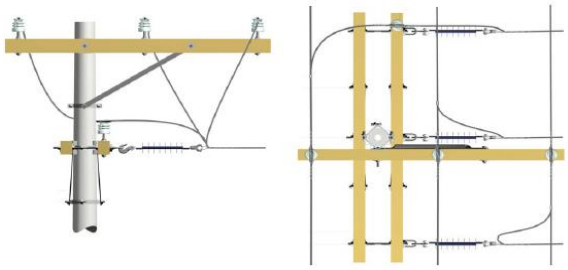


Fig. 2. Estrutura M1 -N3(Meio Beco com Estrutura de Derivação do Tipo N3 (Normal)
Fonte: Padrão de Estruturas RGE

5.1.1 Configuração de Rede de Média Tensão (MT) - Padrão de Projetos:

MT- 3 # 1/0 CA (Rede primária: n° de fases (1; 2 ou 3) + # + bitola (... ; 2 ; 1/0 ; ...) + tipo (CC ; CA; CAA) + MT

5.2 Mnemônicos na Nova Padronização GED 3650 – CPFL/RGE

5.2.1 Configurações de Redes Primárias Aéreas de Distribuição:

Material da fase/tipo:

C – (fio ou cabo de cobre)
A – (cabo de alumínio sem alma de aço)
S – (cabo de alumínio com alma de aço)
E – (cabo de alumínio protegido (rede compacta))

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

B – (cabo aço-alumínio (bimetálico) CAZ)

Bitola da fase: (06, 04, 02, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 336 MCM e 477 MCM (AWG) 16, 25, 35, 50, 70, 95 e 185 mm²).

3 – (número de fases (1, 2 ou 3))
A – (material da fase (alumínio))
336- (bitola da fase)

3A336 (3 Fases de Cabo de Alumínio sem Alma de Aço com Bitola 336MCM)

5.2.2 Exemplo de Mnemônico de Estrutura de Rede Nua para Compacta com Chave Faca

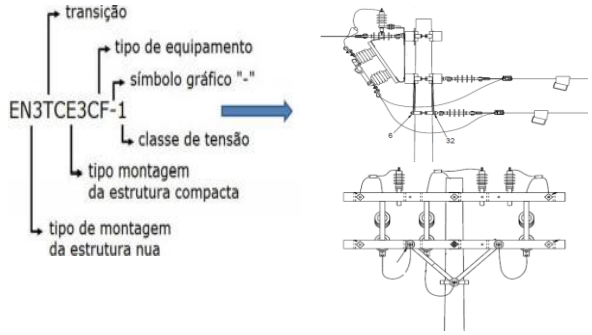


Fig. 3. Mnemônico de Transição de Rede Nua para Compacta com Chave Faca
Fonte: Padrão de Estruturas RGE

6. Simbologias Padrão GED Nº 3650 x Padrão de Projetos

No padrão de projetos os condutores primários eram representados com linhas tracejadas e sem exigências de uma cor em especifico, após a mudança de simbologias para padronização GED, as linhas de redes primárias projetadas devem ser tracejadas e a instalada deve ser apresentada de forma continua. Tanto a rede projetada quanto a instalada devem estar dispostas na cor azul para atendimento da norma, conforme os quadros 1 e 2.

Quadro1: Condutor Primário Aéreo no Padrão GED N° (3650)

Projetado	Instalado	Descrição
- - - - -	———	Condutor Primário

Fonte: GED Nº 3650 - 27/02/2018

Quadro 2: Condutor Primário Aéreo no Padrão de Projetos

Projetado	Instalado	Descrição
————	————	Condutor Primário

Fonte: Padrão de Projetos RGE

6.1 Postes

No padrão de projetos não havia nenhuma exigência de cores para representação, após a mudança para padronização GED, os postes propostos devem apresentar metade do seu preenchimento na cor marrom. Outra mudança também foi em relação ao formato dos postes de concreto do tipo duplo T, conforme os quadros 3 e 4.

Quadro 3: Postes GED Nº 3650

Composição Material-Formato	Simbologia Existente	Proposto	Proposto Remover
Concreto Circular			
Concreto Duplo T			
Eucalipto Circular			
Aço Circular			

Fonte: GED Nº 3650 - 27/02/2018

Quadro 1: Postes do Padrão de Projetos

Projetado	Instalado	Descrição
		Poste de Concreto Circular
		Poste de Concreto Duplo T
		Poste de Aço
		Poste Circular de Madeira

Fonte: Padrão de Projetos RGE

7. Demonstração de Aplicação de Simbologias e Mnemônicos em Projetos de Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica para Loteamentos Urbanos

A planta construtiva mostrada na figura 4, demonstra um projeto de eletrificação da parte interna de um loteamento urbano já aprovado pela concessionária de energia RGE, após a implantação de seu sistema Gestão Eletrônica de Documentos (GED). Embora o projeto não atenda todos os requisitos em relação aos mnemônicos e simbologias, não apresentou nenhum erro significativo em seu planejamento para que houvesse a reprova por parte da concessionária.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 4. Planta de Incorporação de Rede Interna do Loteamento
Fonte: Autor

7.1 Demonstração da Aplicação de Simbologias e Mnemônicos em Projetos de Interligação de Rede

A planta construtiva mostrada na figura 5, teve sua elaboração pela concessionária de energia RGE, pois é dela a responsabilidade de elaboração de projetos que antecedem o ponto de entrega em via pública. Nesta planta, constam todas as exigências em relação a mnemônicos e simbologias de acordo com a nova padronização. Este projeto é elaborado a partir de informações contidas na Sugestão de Projeto de Interligação apresentadas no site de projetos particulares pelo projetista e também pelo levantamento in loco realizado pelo fiscal da concessionária.

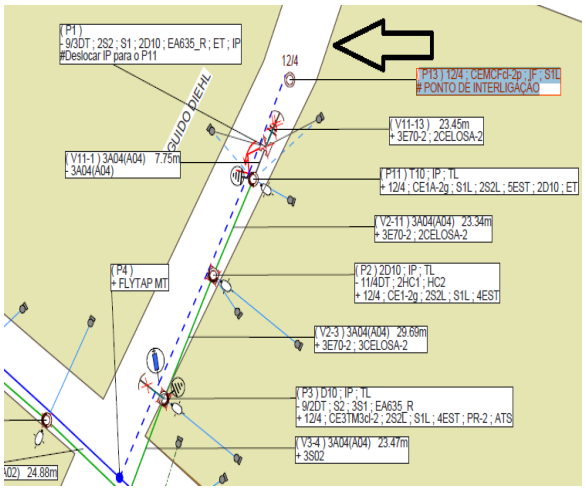


Fig. 5. Planta de interligação de Rede do Loteamento
Fonte: RGE, 2018

II. Observações Finais

Entende-se necessário o completo conhecimento sobre o assunto no qual deseja-se abordar, neste sentido, os loteamentos e suas principais mudanças de normativas relacionadas a elaboração de projetos de redes aéreas de distribuição de energia elétrica, para alimentação de novos empreendimentos residenciais. Sendo assim, compreende-se que os loteamentos são de extrema importância para população em termos de viabilização de moradias. Sabe-se também que antes se sua implantação existe a necessidade de aprovação de diversas etapas por diferentes órgãos responsáveis, sendo uma delas, a aprovação do projeto de rede de distribuição de energia elétrica junto a concessionária de energia local.

Com a elaboração deste trabalho foi possível determinar que, com a implantação do sistema de Gerenciamento Eletrônico de Documentos (GED), junto a concessionária de energia RGE, houveram algumas alterações significativas em relação a mnemônicos, simbologias, arranjos de redes e definições de responsabilidades na elaboração de plantas em via pública (de interligação) e plantas internas (de Incorporação), tais alterações fizeram-se necessárias para unificação de padronizações da Rio Grande Energia (RGE) com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL).

As alterações proporcionadas por este novo sistema, exigem que os profissionais deste setor estejam preparados e atualizados sobre as mudanças de normativas, tendo que em muitas das vezes, repreender a utilizar ferramentas que antes não faziam-se necessárias, mas que agora são de extrema importância para o conhecimento.

III. Referências

[1] AMADEI, V. C.; ABREU, V. **Como lotear uma gleba**: o parcelamento do solo urbano em seus aspectos essenciais. 3. ed. São Paulo: Millenium, 2012.
[2] CASTRO, S. C. S. **Loteamentos Irregulares e Clandestinos**: A Cidade e a Lei, 2002.
[3] BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do solo Urbano e dá outras Providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil 03/leis/16766.htm> Acesso em: 28 maio de 2018.
[4] MASCARÓ, **J. L. *Loteamentos Urbanos*. Porto Alegre**: J.Mascaró, 2005.
[5] CABRAL, Manoel Vilaverde. **Itinerários**. Rio de Janeiro: Bookman, 2008.
[6] **Lei Municipal Nº 3.901/14 do Município de Santo Ângelo** – RS. (2014).
[7] RGE. **Institucional Conheça Mais Sobre Nós**, 2017. Disponível em: <https://www.rge-rs.com.br/institucional/quem-somos/a-rge/paginas/default.aspx>. Acesso em: 06 junho de 2018.
[8] CPFL. **Projeto de Rede de Distribuição** – Projetos de Rede de Distribuição Condições Gerais - GED 3650, 2018. Disponível em: http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-3650.pdf >Acesso em: 01 de junho de 2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Desenvolvendo habilidades com foco na integração com o mercado
22 a 27/10/18
MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Engenharia Elétrica URI SANTO ÂNGELO

Análise de Desempenho de Baterias de Chumbo-Ácido Recondicionadas

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
Frederico Holsbach fredericoholsbach@hotmail.com
Iuri Castro Figueiró iuricastroff@gmail.com

Resumo: Este artigo descreve uma proposta de metodologia para o desenvolvimento de um processo de recuperação de baterias de baixo custo, tendo como objetivo analisar o desempenho das baterias a serem recondicionadas e comparar os resultados obtidos. A bateria de chumbo-ácido foi inventada em 1860, sendo constituída basicamente de chumbo e ácido sulfúrico. São classificadas como de elevado risco ambiental e apresentam alguns problemas químicos que afetam sua vida útil, como a sulfatação, O processo de recuperação consiste na coleta de baterias descartadas para serem submetidas à dessulfatação, para isso deve ser construído um circuito eletrônico para fazer com que essas baterias recuperem suas características originais, após isso, testes devem ser realizados visando analisar as características elétricas e a eficiência do processo.

***Palavras-chaves* — Recuperação; Baterias; Chumbo-Ácido; Dessulfatador; Capacidade; Meio Ambiente.**

II. Introdução

Baterias são dispositivos que transformam energia química, contida em seu interior, em energia elétrica, através de uma reação chamada de reação eletroquímica.[1]

Existem vários tipos de baterias no mercado, dentre todos eles a bateria de chumbo-ácido é a mais antiga, mais barata de ser construída e mais utilizada, estando presente em cerca de 90% dos veículos automotivos.[2]

Entretanto, as baterias de chumbo apresentam alguns problemas químicos que afetam sua vida útil, entre eles a corrosão, a degradação e a sulfatação. Outros fatores que também contribuem para a redução da vida útil das baterias são os níveis inadequados de tensão de recarga, variações na temperatura de operação e descargas profundas.[2]

Além do chumbo que compõe esse tipo de bateria, os demais componentes empregados na sua construção fazem com que as baterias de chumbo-ácido sejam classificadas como de elevado risco ambiental. Se forem descartadas inadequadamente, podem acarretar efeitos negativos sobre os seres vivos em geral, devido a sua toxidez e seu efeito acumulativo no organismo.[3]

Diante disso, qualquer método que possa vir a aumentar a vida útil das baterias sempre será bem-vindo, pois além de gerar uma economia financeira por adiar a necessidade de adquirir um produto novo, também reduzirá a quantidade de unidades que serão descartadas e ou recicladas, trazendo um saldo positivo relacionado também ao meio ambiente.

Pensando assim, a proposta desse trabalho é fazer o estudo e o recondicionamento de baterias de chumbo-ácido, as quais já tenham alcançado o final de sua vida útil, analisando seu desempenho antes e após o processo, para posterior comparação dos resultados e verificação da eficiência do experimento.

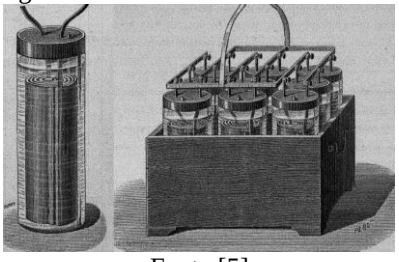
III. Referencial Teórico

A. Uma visão geral sobre baterias

Existem indícios que as primeiras técnicas de utilização de baterias datam de mais de quatro mil anos atrás, época em que já existiam vasos de cobre que eram banhados a ouro por efeitos eletroquímicos, os quais geravam eletricidade.[4]

Ao longo do tempo muitos experimentos foram sendo realizados com vários materiais, sendo um deles o chumbo, isso fez com que o eletroquímico Gaston Planté descobrisse a bateria de chumbo-ácido. Em 1960, Planté apresentou uma bateria com várias células para a Academia Francesa, onde cada célula era formada por duas folhas espirais de chumbo, separadas por um tecido poroso e imerso em ácido sulfúrico. Figura 1.[5]

Figura 1: Células da bateria de Planté.



Fonte:[5]

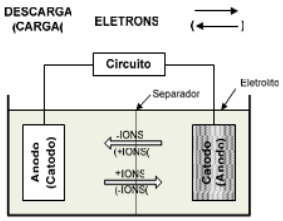
Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Baterias são dispositivos acumuladores de energia que encontram grande aplicação como fonte de tensão CC (Corrente Contínua) em automóveis, lanchas, aeronaves, navios, sistemas telefônicos e em equipamentos portáteis de iluminação. Em alguns casos elas são usadas como a única fonte de potência do sistema. Em outros, constituem a fonte secundária de energia. Uma bateria é formada por diversas pilhas agrupadas em um recipiente comum e ligadas entre si funcionando como fonte de energia elétrica.[6]

Atualmente, tanto as pilhas, como as baterias, são dispositivos em que a energia química se converte em energia elétrica, de modo voluntário. Entretanto, a pilha é o dispositivo feito somente por dois eletrodos (catodo e o ânodo) e um eletrólito, enquanto que o termo bateria se aplica aos dispositivos formados por um conjunto de pilhas ligadas em série ou em paralelo.[7]

Essencialmente, as baterias operam pelo processo de reação química de oxidação e redução, sendo a oxidação um processo de liberar elétrons, enquanto a redução é o processo de consumir elétrons. Uma bateria consiste de quatro elementos básicos: um ânodo feito com material que pode contribuir com elétrons, um cátodo que deverá aceitar elétrons, o eletrólito e um separador. A figura 2 contempla a disposição destes elementos enunciando as funções em modo de carga e descarga.[8]

Figura 2: Elementos de uma célula recarregável.



Fonte: Adaptado de [8].

As pilhas e baterias são classificadas em primárias e secundárias.

Células Primárias não podem ter suas reações eletrolíticas invertidas, desse modo, estes sistemas são aqueles que não podem ser recarregados. [9]

Já uma pilha ou bateria secundária constitui-se num grupo de geradores que emprega as reações eletroquímicas que são passíveis de serem eletricamente invertidas, podendo essas baterias serem recarregadas. [9]

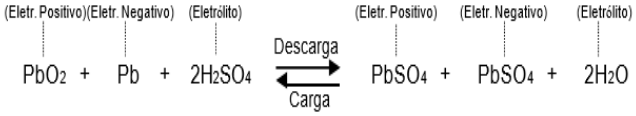
Dos principais tipos de baterias existentes no mercado podem ser citadas: chumbo- ácido, níquel-metal hidreto, íon de lítio, níquel-cádmio e prata-zinco. Dentre todos esses tipos, a de chumbo-ácido é a mais antiga, tendo sua construção mais barata e mais usada no mercado. Cerca de 90% dos veículos automotivos usam baterias de chumbo-ácido. Sua tecnologia permite a construção de baterias nos níveis de corrente exigido em aplicações automotivas e de sistemas de emergência (UPS), por isto é a mais usada nestas aplicações.[2]

B. Estudo das Baterias de Chumbo Ácido

A bateria de ácido chumbo é um dispositivo eletroquímico que armazena energia química até que ela seja liberada na forma de energia elétrica. Os materiais ativos no interior da bateria reagem quimicamente para produzir um fluxo de corrente contínua sempre que um dispositivo de consumo elétrico for conectado aos terminais da bateria. Essa corrente é produzida por reação química entre o material ativo das placas (eletrodos) e o eletrólito (ácido sulfúrico). A bateria de ácido-chumbo é de grande emprego em todo o mundo.[6]

As baterias de chumbo-ácido utilizam dióxido de chumbo como material ativo do elétrodo positivo e chumbo metálico, com estrutura porosa com elevada área de contato, como material ativo do elétrodo negativo. O eletrólito é uma solução aquosa de ácido sulfúrico que tipicamente apresenta uma densidade de 1,28g/cm³, sendo cerca de 37% ácido, quando a célula está completamente carregada.[10] A figura 3 mostra a reação química das baterias de chumbo.

Figura 3: Reação química de uma bateria de chumbo-ácido;



Fonte: Adaptado de (JUNIOR, 2004);

Durante a descarga, ambos os eletrodos são convertidos em sulfato de chumbo, a partir do consumo de ácido sulfúrico e produção de água. Este é um processo que apresenta um mecanismo de dissolução-precipitação. Quando a célula está a ser carregada, o processo inverte.[10].

C. Aspectos Construtivos das Baterias de Chumbo-Ácido

Tratando do aspecto construtivo, as baterias diferem com relação ao meio em que estão imersas as suas placas, que pode ser fluido (água ou ácido), gel ou sólido (AGM - Absorbed Glass Mat – semelhante a uma fibra de vidro). A maioria das baterias em meio gel e sólido possuem a vantagem que é impossível de derramar ou respingar ácido. A desvantagem é

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

que ambas devem ser descarregadas em uma taxa de corrente menor para evitar o excesso de formação de gás.[2]
Existem as baterias que necessitam de manutenção (reposição de água) e as baterias livres de manutenção. As livres de manutenção são divididas em baterias de chumbo-ácido seladas (SLA – Sealed Lead Acid) e as baterias VLRA (Valve Regulated Lead Acid).[2]

D. Características Elétricas das Baterias de Chumbo-Ácido

Uma bateria com a especificação de capacidade de 50 Ah, possui condições de fornecer 2,5 A por 20 horas (2,5 A x 20 horas = 50 Ah). A capacidade de uma bateria é especificada para a condição de 20 horas de fornecimento de corrente. Porém este comportamento não é linear, ou seja, para o mesmo exemplo, não é correto deduzir que essa bateria teria condições de fornecer 5,0 A por 10 horas.[2]

As Tabela 1 e 2 mostram a capacidade nominal e a descarga máxima para baterias estacionárias de tecnologia de válvulas com permeabilidade seletiva da marca Moura, linha Moura Clean, com tensão de 12 V. Essas baterias possuem tensão final de descarga, ou tensão de corte, de 10,5V.

Nota-se, através das tabelas, que a bateria modelo 12MF63 consegue entregar 63 amperes em 20 horas de descarga, já em 10 horas esse valor cai para 57 amperes.

Tabela 1: Capacidade nominal da bateria de chumbo-ácido linha Moura Clean;

Capacidades (Ah) a 25°C										
Tensão de Corte 10,5 V (1,75 Vpe)										
Modelo	Horas									
	1	2	3	4	5	8	10	20	24	100
12MF30	18,4	20,7	22,3	23,5	24	26,5	27	30,0	31,0	33,0
12MF36	20,8	24,0	25,4	26,6	27,0	30,9	33,0	36,0	37,3	39,6
12MF45	27,8	31,7	33,9	35,6	37,0	39,8	41,0	45,0	46,6	49,5
12MF45A	27,8	31,7	33,9	35,6	37,0	39,8	41,0	45,0	46,6	49,5
12MF55	33,7	38,4	41,2	43,4	44,2	49,0	50,0	55,0	56,9	60,5
12MF63	40,2	46,1	49,1	51,6	52,6	55,3	57,0	63,0	65,2	69,3
12MF80	45,6	52,1	56,1	58,5	60,3	68,2	72,0	80,0	82,8	88,0
12MF100	59,0	68,9	74,3	75,2	81,8	88,8	92,0	100,0	103,5	110,0
12MF105	61,4	71,5	78,2	83,3	87,2	93,5	95,0	105,0	108,7	115,5
12MF150	79,1	94,8	103,4	110,0	115,3	127,5	135,0	150,0	155,3	165,0
12MF170	99,5	111,9	121,0	127,7	132,7	148,3	155,0	170,0	176,0	187,0
12MF175	104,2	116,1	125,2	132,2	136,5	153,0	160,0	175,0	181,1	192,5
12MF220	131,0	157,8	166,9	173,8	179,4	191,8	200,0	220,0	227,7	242,0

Fonte: Adaptado de [14].

A tabela abaixo mostra que a bateria de 63Ah consegue suportar uma corrente de 40,2A em uma hora.

Tabela 2: Descarga máxima da bateria de chumbo-ácido linha Moura Clean;

Correntes de Descarga (A) a 25°C										
Tensão de Corte 10,5 V (1,75 Vpe)										
Modelo	Horas									
	1	2	3	4	5	8	10	20	24	100
12MF30	18,4	10,3	7,4	5,9	4,8	3,3	2,7	1,5	1,3	0,33
12MF36	20,8	12,0	8,5	6,7	5,4	3,9	3,3	1,8	1,6	0,40
12MF45	27,8	15,8	11,3	8,9	7,4	5,0	4,1	2,3	1,9	0,50
12MF45A	27,8	15,8	11,3	8,9	7,4	5,0	4,1	2,3	1,9	0,50
12MF55	33,7	19,2	13,7	10,9	8,8	6,1	5,0	2,8	2,4	0,61
12MF63	40,2	23,1	16,4	12,9	10,5	6,9	5,7	3,2	2,7	0,69
12MF80	45,6	26,1	18,7	14,6	12,1	8,5	7,2	4,0	3,5	0,88
12MF100	59,0	34,4	24,8	18,8	16,4	11,1	9,2	5,0	4,3	1,10
12MF105	61,4	35,7	26,1	20,8	17,4	11,7	9,5	5,3	4,5	1,16
12MF150	79,1	47,4	34,5	27,5	23,1	15,9	13,5	7,5	6,5	1,65
12MF170	99,5	56,0	40,3	31,9	26,5	18,5	15,5	8,5	7,3	1,87
12MF175	104,2	58,1	41,7	33,1	27,3	19,1	16,0	8,8	7,5	1,93
12MF220	131,0	78,9	55,6	43,5	35,9	24,0	20,0	11,0	9,5	2,42

Fonte: Adaptado de [14].

E. Sulfatação

Sulfatação é a recristalização dos finos cristais de PbSO4 (Sulfato de Chumbo) em grânulos de PbSO4(Sulfato de Chumbo). Isto ocorre durante longos períodos de baixo estado de carga. A sulfatação reduz os volumes de chumbo e de eletrólito. Consequentemente, as capacidades de carga e de fornecimento de energia se reduzem. As baterias de chumbo devem ser armazenadas carregadas, sob pena de causar a sulfatação.[2]

Nessa situação o sulfato de chumbo nos eletrodos se agrupa em cristais, que dificultam sua conversão para chumbo ou dióxido de chumbo, formando uma capa isolante na superfície dos eletrodos. Algumas vezes isso pode ser contornado aplicando uma carga lenta na bateria, porém nem sempre isso é possível. Com o uso da bateria esses cristais vão ficando maiores e com vibrações esses cristais tendem a descolar do eletrodo diminuindo a eficiência da bateria.[11]

F. Questão Ambiental Relacionada à Baterias

As baterias de chumbo-ácido são classificadas como de elevado risco ambiental, e se forem descartadas indevidamente, podem proporcionar efeitos maléficos aos seres vivos em geral devido a sua carga tóxica. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução N° 257/99, aborda a questão relacionada com o descarte de pilhas e baterias usadas tratando de sua disposição final.[3]

O processo de reciclagem gera uma grande quantidade de resíduos sólidos chamados de escória, essa escória é composta de ferro na forma de óxidos e sulfeto, e apresenta um teor de chumbo na faixa de 1 a 3%. Outros metais que estão como impurezas nas matérias primas também são encontrados na escória.[12]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

O chumbo pode causar diversos males a saúde humana, ele interfere na produção da hemoglobina e na produção de espermatozoides e causa distúrbios renais e neurológicos. [13]

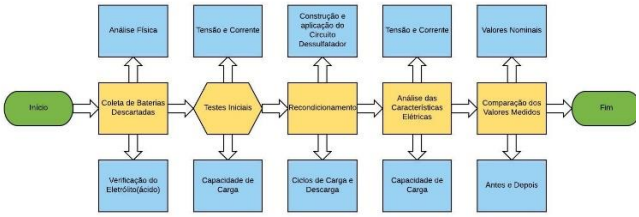
IV. METODOLOGIA

A. Processo de Recuperação

O processo de recuperação busca recondicionar as baterias através do método de dessulfatação.

Para melhor entender todas as etapas do processo, foi desenvolvido um fluxograma, que pode ser visto na figura 4.

Figura 4: Fluxograma do processo de recuperação.



Fonte:(O Autor)

1. Coleta De Baterias

A primeira etapa do processo consiste na realização de uma coleta de baterias descartadas em um desmanche ou loja de baterias. Nessa coleta, deve ser feita uma análise física para verificar se a bateria não possui nenhuma rachadura ou algo mais grave, e, posteriormente, verificar se a bateria não está seca, ou seja, sem a presença do eletrólito (ácido), pois a maioria das baterias vem seladas, o que impossibilita a reposição da solução.

2. Testes Iniciais

Após a coleta, deverão ser feitos os testes iniciais, onde devem ser medidos tensão e corrente para verificar se a bateria não está com nenhuma de suas placas em curto-circuito, se, ao carregá-la a mesma não atinja a tensão nominal em repouso, a mesma tem grandes chances de estar em curto circuito, se for verificada esta condição, esta não servirá para o recondicionamento. Deve ser medida também a capacidade de carga da bateria, processo esse que será explicado a seguir.

3. Capacidade De Carga

O teste de capacidade de carga tem como objetivo mensurar os valores de energia que a bateria está conseguindo armazenar.

Para isso, deve ser levado em consideração que uma bateria de 12V, estando carregada, apresenta uma tensão em seus polos de cerca de 12,6V (2,1V por célula). Quando passa a alimentar uma carga, essa tensão tende a baixar até atingir a tensão final de descarga de 10,5V (1,75V por célula).

Então, para medir a quantidade de energia armazenada pela bateria, deve ser conectada a ela uma determinada carga, e então, através de um wattímetro, aferir a potência que a bateria consegue entregar entre as tensões de 12,6V e 10,5V. Quanto maior for o tempo que a bateria levar para atingir a tensão de corte, maior é a quantidade de energia que ela conseguiu acumular e entregar, possibilitando a estipulação de sua capacidade atual.

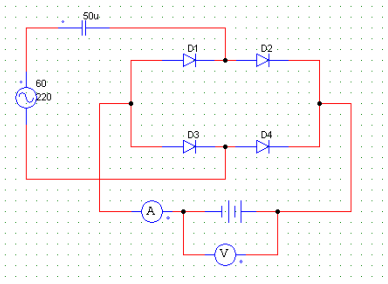
4. Recondicionamento

Nesse ponto deve ser construído e aplicado o Circuito Dessulfatador, que consiste em um circuito ressonante, o qual aplica uma tensão contínua pulsante fazendo com que os cristais de chumbo, que estão presos às placas, possam se desprender, voltando ao seu estado original.

5. Circuito Dessulfatador

O circuito é composto por um capacitor bipolar, uma ponte de diodos retificadores, um fusível de proteção e um LED indicador de funcionamento. O circuito foi montado no software de simulações PSIM como mostra a figura 5.

Figura 5: Simulação do Circuito Dessulfatador



Fonte:(Adaptado de PSIM)

Levando em consideração as diferentes capacidades das baterias, devem ser construídos dois circuitos dessulfatadores, um com um capacitor de 50 µF e outro com um capacitor de 7 µF. O primeiro, por possuir um capacitor de maior capacitância, é destinado a baterias convencionais de veículos, já o segundo, é indicado para baterias menores como as de motocicletas.

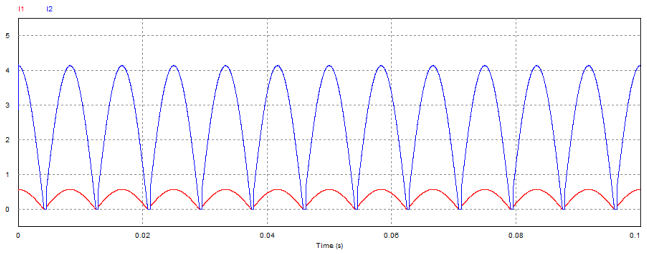
6. Ciclos de Carga e Descarga

O circuito capacitivo, além de fazer o processo de dessulfatação, aplica uma corrente elétrica que faz com que a bateria também seja carregada, essa corrente é determinada pelo seu capacitor. O circuito que possui o capacitor de 50µF entrega cerca de 4A à bateria, consequentemente o capacitor

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

de 7µF limita a corrente a aproximados 450mA, como pode ser visto na figura 6. Esses valores de corrente foram determinados através de simulações levando em conta a aplicação de uma carga "lenta", que corresponde de 10 a 20% da capacidade da bateria.

Figura 6 Valores de corrente em simulação



Fonte: Adaptado de PSIM.

A bateria deve ser submetida a ciclos de carga e descarga, sendo que, quanto maior o número de ciclos, maiores serão os níveis de dessulfatação, e melhores tendem a ser os resultados.

7. Análise das Características Elétricas

Nessa etapa, devem ser analisadas as características elétricas da bateria, novamente deve ser medido tensão e corrente e capacidade de carga.

8. Comparação dos Valores Medidos

Os dados obtidos no processo anterior devem ser comparados com os dados encontrados antes do recondicionamento, fazendo o chamado "antes e depois", esses resultados também devem ser confrontados com os valores nominais da bateria, ou seja, com os valores provenientes de uma bateria nova.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte de baterias é um assunto delicado nos dias de hoje, pois se cometido irregularmente, pode gerar graves danos ao meio ambiente bem como a todos os que dele dependem.

O processo de recuperação, como um todo, busca avaliar o desempenho das baterias e verificar se elas tem condições ou não de retornarem as suas funções originais. Se, após o processo, as baterias não apresentarem os requisitos mínimos para isso, elas podem ser realocadas em aplicações mais brandas, que exijam quantidades inferiores de acumulação de energia, como nobreaks e iluminações de emergência, por exemplo. Isso faz com que elas não venham a ser descartadas ou submetidas ao processo de reciclagem, o que traz um impacto positivo relacionado também à questão ambiental.

III. REFERÊNCIAS

[1] SCROSATI, C. V. B. (1997). Modern Batteries (2nd Editio). London. https://doi.org/10.1016/B978-0-340-66278-6.X5000-1

[2] LAZZARIN, T. B., Silva, R., & BARBI, I. (2006). Estudo e implementação de um carregador de baterias com uma técnica de avaliação de sua vida útil. Power. Universidade Federal de Santa Catarina. Retrieved from https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/103148/232187.pdf?sequence=1

[3] FERNANDES, J. D., RODRIGUES, E., DANTAS, B., & BARBOSA, E. A. (2011). Estudo de impactos ambientais em solos : o caso da reciclagem de baterias automotivas usadas , tipo chumbo-ácido Study of environment impacts in soils : Acid lead type used car bateries recycle case. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, 7, 231–255.

[4] KIEHNE, H. (2003). Battery Technology Handbook. Taunton: CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203911853

[5] PLANTÉ, G. (1887). The Storage of Electrical Energy. The Storage of Electrical Energy.

[6] U.S. NAVY, BUREAU OF NAVAL PERSONNEL, T. P. D. (2002). Curso Completo de ELETRICIDADE BÁSICA. (M. Behar, Ed.). HEMUS.

[7] POP, V., Bergveld, H. J., Notten, P. H. L., & Regtien, P. P. L. (2005). State-of-the-art of battery state-of-charge determination. Measurement Science and Technology, 16(12), R93–R110. https://doi.org/10.1088/0957-0233/16/12/R01

[8] JUNIOR, E. M. S. . (2004). Sistema Fotovoltaico para Iluminação Pública em Horário de Ponta. Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, Ceará.

[9] LINDEN, D. (1984). Handbook of Batteries and Fuel Cells (1st Editio). New York: McGraw Hill Higher Education.

[10] REDDY, T. B. E LINDEN, D. (2002). Handbook of Batteries. (M.-H. Pub., Ed.). Nova York, EUA.

[11] LOURENÇO, F. (2010). Estudo De Confiabilidade De Baterias De Chumbo-Ácido E O Impacto Do Tempo De Pátio Na Sua Confiabilidade São Paulo 2010, 94. Retrieved from http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3149/tde-26122014-180708/pt-br.php

[12] GOMES, G. M. F.; MARQUES, L. L. (2005). Caracterização e minimização da geração da escória da reciclagem de baterias ácido-chumbo.

[13] NAKAMURA, M. S. (2002). Intoxicação por chumbo. Revista de Oxidologia, v.11, n. 1, 37–42,.

[14] MOURA, B. (2014). Manual Técnico Moura A bateria para instalações ecoeficientes.

Análise de Perdas Técnicas de Energia Visando Viabilidade Financeira de Recondutoramento de um Alimentador de Energia

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
Higor Adriano Rissi, Diango de Oliveira
higorarissi@hotmail.com; diango@monparsul.com.br

Resumo - A demanda no setor elétrico brasileiro tem crescido cada vez mais com o passar dos anos. Fato é que o aumento da tecnologia traz também aumento de carga no sistema elétrico, desse modo, as perdas de energia tendem a aumentar. Este trabalho apresenta um projeto de análise das perdas técnicas de energia em um alimentador de energia, como foco principal a perda de energia ocasionada por efeito Joule no sistema de distribuição. Analisa-se a possibilidade de redução dessas perdas através da utilização do método de recondutoramento. Esta forma de metodologia acarreta consequentemente no aumento de eficiência e na qualidade da energia que chega até os consumidores finais do sistema. São efetuadas pesquisas de cálculos das perdas com base nas informações supridas pelo módulo 7 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Apesar de aumentar a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia, o recondutoramento tem um custo elevado, o que exige uma análise criteriosa. Desta forma é analisado também a viabilidade técnica e econômica desta ação, comparando o prejuízo financeiro que se tem com a quantidade de energia que está sendo perdida na rede e o custo geral da obra para o caso de recondutoramento.

***Palavras-chaves* — Efeito Joule; Perdas técnicas; Recondutoramento; Viabilidade econômica; Viabilidade técnica.**

I. INTRODUÇÃO

As perdas associadas ao sistema de energia são classificadas quanto à sua origem em perda técnica e perda não técnica. A técnica se refere a toda energia perdida durante o transporte, transformação de tensão e medição; e a não técnica são todas as demais perdas associadas ao sistema de distribuição, tais como fraudes, furtos de energia elétrica, erros de medição e faturamento.

As concessionárias sempre tiveram grande preocupação com as perdas técnicas de energia resultantes da atividade de transporte que ocorrem antes da entrega da energia ao consumidor, sejam estes em baixa tensão (BT), média tensão (MT) ou alta tensão (AT), sendo produto da conversão da energia elétrica para energia térmica, causada pelo efeito Joule.

A câmera de comercialização de energia elétrica (CCEE) apura mensalmente o custo dessas perdas que anualmente é definido e rateado em 50% para a geração e 50% para o consumidor. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por sua vez, define os percentuais regulatórios das perdas técnicas e não técnicas das concessionárias na revisão tarifária periódica que ocorre a cada 4 ou 5 anos (ANEEL, 2015).

As perdas na rede são calculadas de acordo com as regras definidas no módulo 7 do PRODIST. Resumidamente, o sistema de distribuição é composto por segmentos de rede (alta, média e baixa tensão), transformadores, ramais e medidores. São aplicados modelos específicos em cada segmento, utilizando informações simplificadas das redes e dos equipamentos existentes, como por exemplo, bitola dos condutores, potência dos equipamentos especiais e energia fornecidas as unidades consumidoras (UC). Com base nestas informações estima-se o percentual de perdas técnicas relativas a energia que é injetada na rede.

A máxima resultada pode indicar a necessidade de introdução de meios que promovam a diminuição das perdas, como por exemplo o recondutoramento da rede ou a implantação de banco de capacitores. O recondutoramento consiste em substituir os condutores que transportam a energia através da rede, de modo que, através da diminuição da resistência do condutor, reduzam as perdas técnicas causadas pelo efeito Joule.

Nesse contexto o principal objetivo deste trabalho é o levantamento de informações e regulamentações referentes a perdas de energia, mais especificamente, em sistemas de distribuição. A partir disso, viabilizar o estudo futuro relacionado ao recondutoramento das redes de distribuição que contenham perdas técnicas significativas, podendo, por conseguinte, analisar a viabilidade econômica, buscando o máximo possível de aproveitamento e qualidade da energia que é liberada na rede.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

II. REFERENCIAL TEÓRICO

I. Composição do sistema elétrico

O sistema elétrico é composto por geração, transmissão e distribuição. As perdas referem-se à energia elétrica gerada que passa pelas linhas de transmissão (rede básica) e redes de distribuição, mas que não chega a ser comercializada, seja por motivos técnicos ou comerciais.
Este trabalho terá o foco apenas nas perdas que ocorrem ao longo do processo de distribuição da energia, ou seja, desde as subestações rebaixadoras, até a casa do consumidor.

II. Perdas Técnicas

Denomina-se perda técnica de energia, toda perda que é relativa às atividades de transporte da energia na rede, ou seja, perdas por efeito Joule, perdas nos núcleos dos transformadores, perdas devido a corrente de fuga no ar e nos isoladores.
Perdas técnicas são inevitáveis em qualquer rede de distribuição, representando um custo para o setor elétrico. Os valores regulatórios das perdas técnicas das distribuidoras são calculados pela ANEEL, que observa os níveis eficientes dessas perdas conforme as características da rede elétrica de cada concessionária.
Conforme já comentado, o sistema de distribuição é dividido de acordo com segmentos de rede, tendo transformadores, ramais de ligação e medidores. Em cada um desses segmentos é aplicado um modelo diferente e específico para o cálculo das perdas, utilizando informações simplificadas da rede e dos equipamentos existentes, levando em conta a bitola e o comprimento dos condutores, potência dos transformadores e energia fornecida às unidades consumidoras. Baseado nessas informações será estimado o percentual de perdas técnicas eficientes relativas à energia que é injetada na rede.

III. Perdas por efeito Joule

Em 1840, o físico inglês James Prescott Joule descobriu que a quantidade de calor que se desenvolve por segundo em um condutor elétrico que carrega uma corrente, é proporcional a resistência elétrica do condutor e do quadrado da corrente. Joule descobriu então que o calor liberado por segundo é equivalente à potência elétrica absorvida, ou seja, a perda da energia. Levando em conta essa descoberta, o fenômeno foi batizado com o nome do físico.
Com base nessa teoria, podemos dizer resumidamente que o efeito Joule nada mais é do que a transformação da energia elétrica em energia térmica através do calor, dissipando então a energia e levando a perda.
As perdas por efeito Joule são consideradas as mais comuns no setor elétrico, uma vez que ela não pode ser excluída por completo do sistema, apenas reduzida.

IV. Perdas não técnicas ou comerciais

Outro agravante que ocorre durante o transporte da energia são as perdas não técnicas, que consistem em furto (ligações clandestinas e desvios de rede), fraude (adulteração no medidor) ou erros de medição.
O furto é caracterizado pelo desvio direto da energia da rede para um consumidor ilegal, fazendo com que a energia seja utilizada sem ser contabilizada, levando então às perdas.
É considerado fraude toda a adulteração no sistema de fiações e medidores em residências/comércios/industrias, fazendo com que o consumidor utilize uma quantidade "x" de energia e só pague por uma quantidade menor (uma fração) do que realmente utilizou, devido a fraude [1]

V. Calculo de perdas

O cálculo das perdas técnicas de energia em uma rede de distribuição é muito complexo devido à necessidade que se tem de estabelecer fluxos de potência do sistema, os quais necessitam de dados pontuais que muitas vezes não são disponibilizados pelas concessionárias. Também se leva em conta que existem muitos fatores de difícil determinação, como a fadiga dos condutores e possíveis problemas nas conexões dos cabos, entre outros. A ANEEL representa a partir da Figura 2, um exemplo simplificado do cálculo de perdas no sistema de energia.

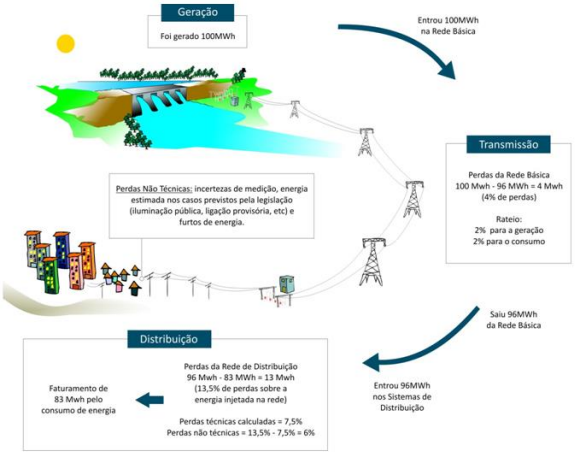


Figura 2 – Exemplo simplificado do cálculo de perdas

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fonte – ANEEL, 2015

Tendo em vista todos esses agravantes, a ANEEL padronizou em 2008 através do PRODIST os métodos de cálculos das perdas técnicas de energia, desta forma, proporcionando algumas simplificações que facilitam a obtenção e a confiabilidade dos resultados.

Segundo o PRODIST modulo 7, seção 7.3, (2015) "O cálculo de perda de energia é realizado para cada alimentador de média tensão considerando os transformadores de distribuição, segmentos de média e baixa tensão, ramais de ligação e medidores de energia associados ao alimentador".

No sistema de distribuição, as perdas de energia são calculadas através do método de fluxo de potência, de modo que, os elementos não-lineares, como geradores a alguns outros tipos de carga, são considerados como equivalentes de Norton, com matriz de admitância nodal que é mantida constante e corrente de compensação que a ajusta a porção não-linear.

A corrente de compensação é a corrente que é adicionada ao vetor de injeção corrente e compõe as equações nodais do circuito.

Desconectando todas as cargas do sistema e considerando apenas os elementos passivos ligados em série no circuito, obtém-se valores iniciais de tensão em módulo e ângulo em todas as barras do circuito.

Sendo assim, inicia-se um ciclo de iterações, em que são obtidas as correntes injetadas solicitadas pelos elementos ativos no circuito, que são adicionadas ao vetor de injeção de corrente, para assim, obter novos valores de tensão nas barras do circuito.

Com as perdas de energia calculadas, inicia-se o cálculo para obter as perdas técnicas, no qual é considerado a presença das perdas não técnicas.

Primeiramente é realizado o cálculo de perdas técnicas nos medidores considerando as unidades consumidoras do grupo B, este que se refere a consumidores de baixa tensão que são atendidos em tensões inferiores a 2,3kV, com tarifa monômia (aplicável apenas para o consumo).

$$P_M = K * P_C * 10^{-6} [MW]$$

Onde: PM é a perda de potência do medidor [MW]; Pc é a perda por circuito de tensão no medidor [W]; K é o multiplicador da perda de potência do circuito de tensão do medidor cujo valor deve ser fixado em:

3 - Para unidades consumidoras alimentadas em 3 fases e 4 fios;

2 - Para unidades consumidoras alimentadas em 2 fases e 3 fios e em 1 fase e 3 fios;

1 - Para unidades consumidoras alimentadas em 1 fase e 2 fios.

A perda de energia no medidor (EM) é obtida através do produto da multiplicação entre PM e o período analisado:

$$E_M = P_M * \Delta T \ [MWh]$$

VI. Indicadores de perda

Para auxiliar na avaliação do sistema da distribuidora, são necessárias informações dos montantes de energia e das perdas calculadas pela metodologia já explanada.

Energia Injetada - EI: Energia ativa medida proveniente de agentes supridores (transmissores, outras distribuidoras e geradores) e da geração própria necessária para atendimento do mercado da distribuidora e das perdas ocorridas no sistema de distribuição.

Para auxiliar na avaliação do sistema da distribuidora, são necessárias informações dos montantes de energia e das perdas calculadas pela metodologia já explanada. A partir disso a ANEEL considera algumas nomenclaturas conforme descritas a seguir:

Energia Fornecida - EF: Energia ativa entregue medida ou estimada, nos casos previstos pela legislação, a outras distribuidoras, às unidades consumidoras cativas e livres, mais o consumo próprio;

Energia Passante - EP: Total de energia ativa que transita em cada segmento do sistema;

Perdas na Distribuição - PD: Diferença entre a Energia Injetada e a Energia Fornecida;

Perda Técnicas - PT: Energia dissipada no sistema devido a fenômenos da física;

Perda Técnicas do Segmento - PTS: Perdas técnicas em cada segmento do sistema;

Perda Não Técnicas - PNT: Diferença entre as Perdas na Distribuição e as Perdas Técnicas.

A partir dos dados acima, são obtidos os indicadores de perdas:

Percentual de perdas técnicas do segmento – IPTS:

$$IPTS_{(i)} = \frac{PTS_{(i)}}{EP_{(i)}} * 100 \ [\%]$$

Onde: i corresponde a um segmento do sistema de distribuição.

Percentual de perdas técnicas – PPT:

$$PPT = \frac{PT}{EI} * 100 [\%]$$

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Os percentuais regulatórios das perdas técnicas, obtidos conforme a metodologia estabelecida no Módulo 7 do PRODIST, são utilizados para a obtenção dos percentuais das perdas não técnicas. Os percentuais de perdas técnicas "reais" são resultantes das metodologias de cálculos das perdas técnicas de cada distribuidora, sendo os percentuais de perdas não técnicas "reais" obtidos pela diferença das perdas totais com as perdas técnicas consideradas por cada concessionária. Os percentuais reais e regulatórios das perdas técnicas e não técnicas são resultantes de metodologias de cálculo diferentes, portanto, não são estritamente comparáveis.

III. METODOLOGIA

A. Cenários de estudo

Para se realizar uma análise da viabilidade econômica para o recondutoramento de um alimentador de energia, foram definidos quatro cenários para estudo. Nesses cenários será analisado o que realmente são perdas na rede e, diferenciando as mesmas, em perdas técnicas ou não técnicas buscando caracterizar as perdas ocasionadas por efeito Joule e analisar as normas vigentes associadas a mesma.
Após essa caracterização, será realizado um estudo de caso, para verificar se cabe a solução do recondutoramento, sendo analisado a viabilidade econômica entre a energia que é perdida na rede e o custo que a obra de recondutoramento pode trazer para a concessionária.

Na Figura 1 pode-se observar o fluxograma com as etapas do estudo a ser implementado.

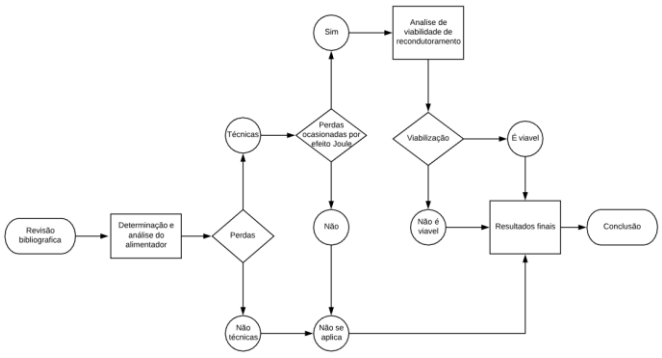


Figura 1 - Fluxograma do estudo a ser realizado
Fonte – O autor

Com o intuito de identificar e evidenciar as perdas técnicas no alimentador, será necessário definir alguns itens:

- Definir se realmente existem perdas no sistema, através dos cálculos de perdas que estão conceituados no modulo 7 do PRODIST;
- Definir as porcentagens de perdas.
- Através da utilização de um termovisor, identificar que as perdas no sistema estão sendo causadas pelo efeito Joule. Tendo evidência desse fenômeno, podemos evidenciar que o recondutoramento realmente é uma forma de diminuição para o caso.
- Sendo aceitativo o recondutoramento, verificar qual o condutor a ser utilizado e o valor que o mesmo acarretará para a obra.

IV. PROPÓSTA

A. Recondutoramento

O recondutoramento nada mais é que a substituição dos condutores que transportam a energia através da rede, para condutores com uma menor resistência, sendo assim, reduzam-se também as perdas ocasionadas pelo efeito Joule. Essa substituição geralmente é feita visando o aproveitamento máximo da posteação existente na rede, visando a redução dos custos da obra.
Esse método geralmente é utilizado pelas concessionárias de distribuição em situações de manutenção, muitas vezes ocasionada pelo aumento da demanda de energia contratada no sistema. Nem sempre o recondutoramento é aplicado visando a diminuição das perdas técnicas, o método também pode ser utilizado tendo em vista crescimento da vegetação no entorno da rede, entre outros motivos pontuais.

B. Determinação do condutor

A determinação do condutor elétrico que deve ser utilizado em caso de recondutoramento, irá depender das normas vigentes pela concessionária que opera o alimentador.
Algumas concessionárias exigem que toda construção de nova rede ou manutenção de rede de distribuição com recondutoramento, realizada na zona urbana, deve ser adotado os cabos isolados ou protegidos, neste caso, será analisado a utilização de cabos para rede compacta.
Por fim, a determinação do cabo vai depender a classe de tensão da rede que o emprega, tendo em vista sua resistência elétrica e resistência física, dependendo do esforço da rede no sistema. Vale lembrar que no caso da utilização de rede compacta para o recondutoramento, as estruturas de rede são totalmente alteradas, sendo desprezados alguns materiais e empregados outros porém, a tecnologia de rede protegida compacta propicia benefícios como a melhoria da

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

confiabilidade do fornecimento de energia, redução da faixa de passagem, redução do custo de manutenção, diminuição da poluição visual além de melhorar o relacionamento com entidades de controle ambiental e órgãos governamentais.
Os valores dos materiais variam de um fornecedor para outro, uma vez que mesmo sendo materiais específicos para esse tipo de serviço, são considerados materiais de construção e, portanto, não tem um valor tabelado.

C. Tipos de condutores elétricos de distribuição

Cada rede de distribuição possui uma demanda diferente de consumo, sendo assim, cada rede pode ter um perfil e configuração diferente de seus condutores, sendo compostas por cabos ou fios de cobre (CU), cabos de aço zincado (CAZ), cabos de aço galvanizado, cabos de alumínio com alma de aço (CAA) ou sem alma de aço (CA) ou até mesmo cabos de alumínios cobertos e isolados.
O princípio de utilização entre cabos e fios é o mesmo, a grande diferença está no material que ambos são construídos e na flexibilidade que cada um proporciona. Os cabos são feitos de fios de cobre ou alumínio torcidos entre si, por isso tem-se a possibilidade de dobrados, ao contrário dos fios, que por sua vez são maciços, o que exige um cuidado maior na hora do manuseio, pois devido a sua rigidez, pode ser danificado com maior facilidade.
Os cabos e fios de cobre não fazem mais parte do padrão das concessionárias, tendo em vista a alta incidência de furtos e devido a obsolescência do material.
Levando em conta o esforço físico que possa ser exigido em uma rede de distribuição, é que foram criados os cabos de alumínio CAA e CA. Os cabos CAA possuem em seu interior um fio maciço de aço, que torna esse condutor mais resistente a rompimentos e quebraduras. Já o cabo CA, não possui essa alma que o torna mais resistente.
Os cabos cobertos e isolados, possuem em seu entorno uma proteção feita em XLPE (polietileno reticulado), que envolve todo o cabo e o protege e isola de contatos físicos entre as fases e contatos com a vegetação.
Os condutores são divididos em bitolas diferentes, cada uma comportando uma classe de tensão e possuindo uma resistência variada. Como são utilizados apenas para condução e energia, serão evidenciados nesse trabalho apenas os cabos de alumínio CA, CAA, isolados e protegidos.

V. OBSERVAÇÕES FINAIS

- A partir da análise das perdas técnicas de energia, espera-se determinar se a mesmas são ocasionadas por efeito Joule, tendo como elemento norteador o cálculo de perdas. O percentual de perdas técnicas definirá a quantidade de energia que está sendo perdida por conta das perdas técnicas.
- A partir do diagnóstico de quantidade de energia perdida será possível comparar o valor de prejuízo financeiro com o valor do material e da mão de obra que serão necessários para o recondutoramento.
- Os custos dos materiais necessários para a tomada da ação serão definidos com bases em preços disponíveis na internet (empresas confiáveis). Para mão de obra que deve ser empregada ao processo de recondutoramento da rede de MT ou BT, será feito pesquisa de mercado em três empresas de Santo Ângelo - RS.
- Com esse estudo, espera-se obter uma análise mais realista da questão técnica e econômica da ação que se procura tomar.

VI. REFERÊNCIAS

[1] PRODIST modulo 7. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo7_Revisao_4-2_.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Perdas de Energia - Conteúdos Relacionados à Distribuição – ANEEL. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/conteudos-relacionados-distribuição> Acesso em: 10 abr. 2018.

FIGUEIREDO, Gonçalo. Caracterização das Perdas na Rede de Distribuição de Média Tensão. 2012. 90F. Dissertação de mestrado. Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

MÉFFE, André. Calculo de perdas técnicas em sistema de distribuição - Modelos adequaveis a caracteristica do sistema e a disponibilidade das informações. 2007. Tese apresentada à escola politécnica da USP para obtenção de titulo de doutorado.

BULHÕES, Romulo. Métodos de redução de perdas elétricas em sistema de distribuição. Dissertação para graduação de curso de engenharia. Universidade federal da Bahia. 2011.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise de Pós-Falta em Linhas de Transmissão

Lucas Santiago Weiser ; Diego Roberto Morais
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
lucasweiser@yahoo.com.br ; diego.morais@enel.com

***Resumo* — "Grandes potências mundiais, dentre elas o Brasil, tem como principal fonte geradora de energia, a energia elétrica de origem hidráulica, nesse sistema dar-se a necessidade de construção de extensas linhas de transmissão que interligam tais fontes aos principais centros consumidores e ao sistema interligado nacional (SIN). Dentro do contexto de transmissão de energia elétrica, as subestações de energia possuem um papel essencial no futuro desempenho do sistema. O presente artigo tem como objetivo, estudar, avaliar e analisar alternativas viáveis para a extinção de faltas em linhas de transmissão através de estudo de caso em linhas de transmissão da subestação da Eletrosul Santo Ângelo, tendo como princípio, a análise de dados fornecidos pela empresa requerida. "**

***Palavras-chaves* — Energia Elétrica, Linhas de Transmissão, Análise.**

I. INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico de Potência, que se distribui principalmente em sistemas de , geração, transmissão e distribuição, tem se mostrado uma eficaz para conversão e transporte de energia de maneira cada vez mais segura e confiável, da qual se mostra uma importante área de se dirigir investimentos para a melhoria e expansão deste sistema.

Atualmente o setor elétrico passa por uma renovação em questão de sistemas de controle, os quais eram baseados em tecnologias eletromecânicas e eletro analógicas e hoje vem sendo direcionados para a era da tecnologia digital, mudança que no setor vem sendo chamada de "Automação de Subestações" [1]

Diante desta renovação, permanece de forma ativa a atuação do Operador Nacional do Sistema (ONS), uma entidade privada composta por representantes dos diversos agentes do setor elétrico, consumidores e da União, o qual detém a função de administrar as redes de transmissão, entre outras funções. [2]

Neste sentido, este artigo trata da proteção de linhas de transmissão de energia, através de análises pós desligamentos forçados, os quais, serão submetidos a análise de origem, avarias, possíveis falhas futuras que possam ou não desencadear em uma reação de interrupções em cadeia nas linhas de transmissão adjacentes. Além da sondagem de potenciais medidas preventivas em caso de novo surto que possa vir a gerar novos desligamentos forçados.

II. REFERENCIAL TEORICO

A. *Características Gerais do Sistema Elétrico*

Tanto a questão de qualidade e consumo de energia são vias indicadoras principais do desenvolvimento econômico de um pais. Esses e demais indicadores expõem a representação das áreas industriais, comerciais e sociais a que refletem a capacidade de aquisição de equipamentos cada vez mais avançados tecnologicamente.

O modelo corporativo do setor elétrico sofreu mudanças desde a década de 90. Uma das primeiras mudanças envolveu a privatização de companhias operadoras de energia, das quais determinaram que a exploração de potenciais hidrelétricas ou outros sistemas hídricos ocorressem por meio de leilões, estimulando a competitividade.

Hoje o Setor Elétrico é composto por várias instituições que possuem atribuições especificas, que asseguram a manutenção e os objetivos que deram origem a sua reformulação. Neste novo modelo do Setor, existem Agentes do Governo que são responsáveis pela política energética, sua regulação, operação e comércio de energia.

Dentre os Agentes do Governo, temos a: CNPE (Conselho Nacional de Política Energética), MME (Ministério de Minhas e Energia), ANEEL, CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), CMSE (Comitê de Monitoramento do Setor Energético), dentre outras. [3]

B. *Sistema Interligado Nacional*

O sistema de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com inúmeros associados. O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte. A interconexão dos sistemas elétricos, por meio de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

redes de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas.

O ONS é o responsável pelas atividades de planejamento e programação da operação, elaboração de estudos, normas e procedimentos operacionais, coordenação, supervisão e controle da Rede de Operação do Sistema Energético,

A Fig. 1 permite a visualização da dimensão da interligação estabelecida no Sistema Interligado Nacional (SIN). [4]

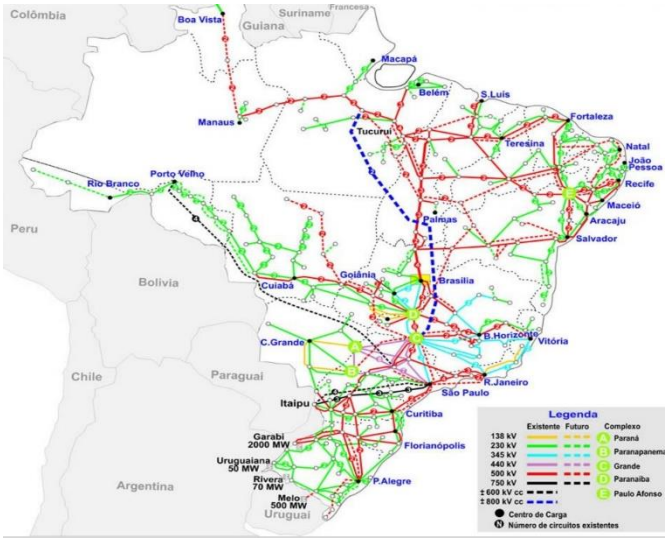


Fig. 2- Sistema Interligado Nacional – SIN
FONTE: (ANEEL, 2017)

C. *Sistema Elétrico de Potência*

Como parte integrante do SEP, as linhas de transmissão são de suma importância para a transmissão de energia elétrica. Contudo, as mesmas são passiveis da intervenção humana, como em erros operacionais ou de projeto, e da ação da natureza, como em questões relacionadas a vegetação ou descargas atmosféricas: fatos que podem implicar na indisponibilidade no sistema.

D. *Curto-Circuito*

No evento de uma falta, a responsabilidade de proteger o sistema de transmissão fica a cargo de equipamentos de proteção, que visam identificar e eliminar a falta (curto-circuito) na linha a que deve proteger. Os danos provocados por curto-circuito podem gerar, além do desligamento permanente de malhas de transmissão, alterações nas parametrizações de tensão, corrente, frequência, potencia, podendo até causar danos irreversíveis em sua estrutura física (setores da SE, equipamentos, etc.). Os curtos-circuitos mais recorrentes, são causados pelo contato entre as fases ou entre fase e terra.

E. *Proteção*

A principal finalidade de uma proteção é detectar as anomalias que ocorrem na instalação a que deverá ser protegida, se necessário desligando-a e protegendo-a contra os efeitos da danificação que poderiam ocorrer.

Em segundo lugar, o conjunto de proteção tem a função de fornecer aos responsáveis pela sua operação, as informações necessárias para a identificação dos defeitos e suas sequente recuperação. A proteção de um sistema de proteção, de modo geral, é projetada tendo como base, fusíveis e reles anexos a um disjuntor, cujo equipamento responsável pela desconexão do circuito sob falta com a sua fonte geradora, ou ponto de interconexão do sistema interligado nacional.

F. *Terminologia*

Os relés ou dispositivos de proteção são equipamentos ou instrumentos especialmente projetados e devidamente aplicados para detectar condições anormais, indesejáveis e intoleráveis no sistema elétrico e prover, simultânea ou parcialmente, os seguintes eventos:

- pronta remoção de serviço (desligamento) dos componentes sob falta, ou dos componentes sujeitos a danos, ou ainda dos componentes que de alguma forma possam interferir na efetiva operação do restante do sistema.
- adequadas sinalizações, alarmes e registros para orientação dos procedimentos humanos posteriores.
- Acionamentos e comandos complementares para se garantir confiabilidade, rapidez e seletividade na sua função de proteção.

G. *Sistemas de Proteção*

Conjuntos de relés e dispositivos de proteção, outros dispositivos afins, equipamentos de teleproteção, circuitos de corrente alternada e corrente contínua, circuitos de comando e sinalização, disjuntores, etc. que associados, têm por finalidade proteger componentes ou partes do sistema elétrico de potência quando de condições anormais, indesejáveis ou intoleráveis.

Quando se fala em Sistema de Proteção, frequentemente se entende tal sistema como “Relé de Proteção”. Na realidade um sistema de proteção consiste, além dos relés de proteção, também de outros subsistemas que demandam do processo de remoção da falha. [5]

Tais subsistemas são mostrados na Fig. 2.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

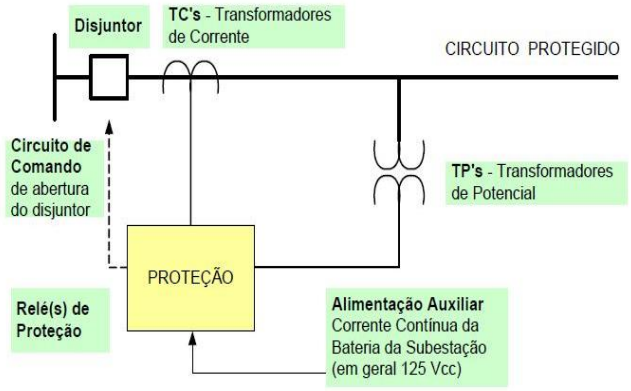


Fig. 3- Sistema de Proteção
FONTE: (SIEMENS)

H. Requisitos Básicos de um Sistema de Proteção

Os requisitos básicos para que um sistema de proteção atue corretamente devem ser medidos de acordo com alguns critérios, como, seletividade, confiabilidade, velocidade, economia, simplicidade e mantenabilidade. Os sistemas de proteção devem atuar o mais rápido possível, contudo, devem atuar sob parâmetros de coordenação e seletividade, não interferindo em trechos que não precisem de atuação imediata.

Como as linhas de transmissão podem conter grandes extensões e algumas se encontram em locais de difícil acesso, é de grande importância para as concessionárias, possuir um método de diagnóstico de faltas que indique a localidade da falta de forma rápida e de grande precisão, já que a localização rápida do ponto pode reduzir radicalmente o tempo de deslocamento das equipes de manutenção, assim reduzindo o tempo que a linha ficaria indisponível, aumentando a qualidade do sistema de transmissão de energia elétrica. [5]

Diante do cenário apresentado, será realizado um estudo de caso, junto à subestação de energia da Eletrosul em Santo Ângelo. Através de uma empresa acessante, que possui linhas de transmissão no local, será realizado um levantamento de dados de equipamentos, arranjos e demais informações disponibilizadas pela mesma com a finalidade de estudo para melhoria de resposta em casos de trip na linha.

III. OBJETIVOS

A. Geral

O objetivo geral do referido projeto é realizar um estudo de caso onde se possa identificar e analisar, alternativas mais práticas e rápidas para extinguir faltas que ocasionem desligamentos permanentes no sistema elétrico, tendo como fonte de informações o histórico de eventos registrados.

B. Específicos

- Realizar um levantamento do conhecimento do operador, criando uma base de dados para análise posterior.
- Com o levantamento, caracterizar uma base de regras a serem utilizadas simultaneamente com o registro de regas do ONS.
- Revisar as regras do operador do sistema a fim de obter maior simplicidade e praticidade para os sistemas de supervisão e controle.
- Com a revisão, buscar a rápida compreensão dos alarmes a fim de acelerar a eliminação da falta ocorrida.

IV. METODOLOGIA

Para êxito com os objetivos definidos anteriormente, o primeiro passo é realizar levantamento bibliográfico sobre o Sistema Elétrico de Potência, Subestações de Energia e seus equipamentos de proteção empregados. Para demonstração teórica, o conhecimento de métodos e definição dos conceitos de proteção de equipamentos de potência.

Para elaboração do estudo e possibilidade de analise final coerente, é necessário buscar minuciosamente os dados obtidos, proteção de subestações de energia, instruções operacionais, procedimentos de rede do Operador do Sistema Elétrico, e demais órgãos fiscalizadores do setor elétrico.

Com as informações obtidas através de levantamento com o operador do sistema elétrico e a empresa acessante, busca-se desenvolver alternativas para aplicação dos objetivos do estudo de caso.

V. ESTUDO DE CASO

A. Sequência de Eventos

Os sistemas de supervisão controle dos agentes devem conter seus relógios internos ajustado com exatidão igual ou diferença de no máximo 1(um) milissegundo, através de sincronismo por GPS, o qual permite a comparação de eventos sequenciais registrados em instalações distintas, que pertencem a um ou mais agentes em diferentes localidades.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Assim, possibilitando a análise posterior aos eventos, podendo determinar onde ocorreu a falha que ocasionou um desligamento e como se propagou.

A Fig. 3 abaixo mostra uma sequência de eventos, que ao ser analisada, observou-se a existência de campos contendo hora, identificação do circuito, descrição do ponto e condição atual.

DataHora	Reconhecido	Condição Ativa	Mensagem
25/02/2008 12:06:33,248	Não	Sim	TR-01 - Falha de comunicação com relé sobrecorrente AT RL1
25/02/2008 12:06:33,238	Não	Sim	Bay de entrada - Falha de comunicação com relé RL1 - Painel
25/02/2008 12:06:33,228	Não	Sim	AL05 - Falha de comunicação com relé RL1 - Painel PN3
25/02/2008 12:06:33,218	Não	Sim	AL07 - Falha de comunicação com relé RL3 - Painel PN3
25/02/2008 12:06:33,218	Não	Sim	TR-01 - Falha de comunicação com relé reguladot REG D RL3
25/02/2008 12:06:28,281	Não	Não	SAUX - Normalizada comunicação com relé 2411
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	AL06 - Atuou mola descarregada
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	AL08 - Atuou mola descarregada
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	AL07 - Atuou baixo nivel de CC (2ª nivel 100 Vcc)
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	RL1 PN1 - Atuou baixo nivel de CC (2ª nivel 110 Vcc)
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	AL05 - Atuou baixo nivel de CC (2ª nivel 100 Vcc)
25/02/2008 12:03:28,613	Não	Sim	AL06 - Atuou baixo nivel de CC (2ª nivel 100 Vcc)
25/02/2008 12:03:28,603	Não	Sim	AL07 - Atuou mola descarregada
25/02/2008 12:03:28,603	Não	Sim	AL08 - Bloqueou religamento
25/02/2008 12:03:28,603	Não	Sim	RL1 PN2 - Atuou baixo nivel de CC (2ª nivel 110 Vcc)

Fig.; 4- Exemplo de Sequência de Eventos
Fonte: (KIMURA et al., 2008).

Cada alteração de estado de um ponto, aciona um alarme sonoro e visual no sistema de supervisão e controle. Em caso de faltas que provoquem desligamentos permanentes, a prioridade é restaurar a parte do sistema elétrico de potência atingido o mais breve possível. Para que isto ocorra, o operador deverá seguir alguns passos:

i. Reconhecer a descrição do ponto em alarme;
ii. Interpretar o seu significado;
iii. Executar o comando de diagnóstico do alarme, silenciando o efeito sonoro e visual. Desta forma o operador assume a responsabilidade do alarme e suas implicações;
iv. Analisar o conjunto de alarmes, e o significado que todos juntos simbolizam;
v. Tomar decisão baseada em procedimentos operacionais determinados pelo COS.
vi. Atuar, conforme a decisão tomada para prover a recomposição do sistema. O mais breve possível a sua regularidade.

Em ocorrência de perturbações, a grande complexidade operacional encontrada dar-se na interpretação, em curto espaço de tempo de todos os alarmes gerados. Caso a decisão tomada seja correta, atinge-se sucesso na recomposição do sistema, reduzindo o tempo de interrupção e restaurando a confiabilidade do Sistema Elétrico de Potência. Se a decisão tomada for errada, a situação tende a se agravar e se propagar pelo SEP na religação de equipamentos defeituosos, podendo ainda agravar os danos nos demais equipamentos[6]

B. Dados Obtidos

Com os dados obtidos através da empresa acessante, será possível realizar uma análise referente a parametrização dos equipamentos de proteção, a fim de identificar os pontos primordiais do sistema de proteção em questão. Com base no relatório de indisponibilidade (desligamentos forçados) será possível determinar a causa de uma falta momentânea ou falta permanente no sistema.

VI. RESULTADOS ESPERADOS

Com o aumento de faltas nas linhas de transmissão se tornando cada vez mais frequentes, o número de eventos aumentando a cada alarme, acaba se tornando um tanto quanto complexo o entendimento do operador perante tantos eventos exibidos em seus dispositivos.

Através da elaboração de um método experimental, espera-se uma contribuição para uma possível melhora no tempo de análise e resposta a extinção de faltas em linhas de transmissão. Contribuindo para que uma falta não se torne um evento permanente ocasionando em desligamento de equipamentos e possíveis linhas de transmissão que possam vir a causar um desbalanço no sistema interligado nacional, além da deterioração, ou até danos irreversíveis a equipamentos interligados na subestação referida e adjacentes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] PEREIRA, Roberto M.; SPRITZER, Ilda M. D. P. A. Automação e digitalização em subestações de energia elétrica: um estudo de caso. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 3, n. 4, p. 147-160, 2007.
[2] SERRATO, Eduardo. Fronteiras paramétricas de eficiência para o segmento de transmissão de energia elétrica no Brasil. 2006. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público), Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
[3] ANEEL. Energia no Brasil e no Mundo. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, p. 1–12, 2008a.
[4] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Procedimentos de Rede. Rio de Janeiro: ONS, 2010.
[5] PROTEÇÃO; Manual de operação e manutenção; O&M, Abengoa Brasil.
[6] CARDOSO JR, Ghendy; ZÜRN, Hans H.; ROLIM, Jacqueline G. Diagnóstico de faltas em sistemas de potência: definição do problema e abordagens via inteligência artificial. Revista Controle & Automação, Porto Alegre, Abril, Maio e Junho 2004. 215-229.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Analise De Viabilidade De Migração De Consumidores Cativos para o Mercado Livre De Energia

Carlos Eduardo Bordin Kupske; Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
carlosebkupske@aluno.santoangelo.uri.br; iuricastroff@gmail.com

Resumo- O Mercado Livre de Energia Elétrica no Brasil surgiu para estimular a livre concorrência entre geradores e assim reduzir os custos com a energia elétrica. Com isso o consumidor no Ambiente de Consumo Livre (ACL), pode definir livremente suas estratégias de consumo, negociações de contratação de preço e prazos, enfim, pode gerenciar sua conta de energia como qualquer outro insumo que utiliza em sua empresa. Baseado neste entendimento de tipos de contratação de energia em mercado cativo e do mercado livre, faremos uma avaliação de um consumidor que está no mercado cativo e deseja entrar no mercado livre, considerando as regras, prazo e documentos inerentes ao processo migratório e os riscos inerentes à migração; formas de contratação de energia.

Palavras-chaves - Comercialização de Energia, Mercado Livre de Energia Elétrica, Mercado Cativo.

I. INTRODUÇÃO

Durante boa parte de sua história, o mercado brasileiro de energia elétrica encontrou-se verticalizado e estatizado, tendo assim um ambiente de monopólio, tendo todas as suas tarifas reguladas pelo estado, sendo todos os consumidores cativos. Tal modelo começou a apresentar estagnação e falta de investimento em todo o setor elétrico.

Em 1996 viu-se a necessidade de uma reformulação dessa verticalização, e decidiu-se pela setorização, criando assim os setores de: geração, transmissão e distribuição de energia. Para conseguir baixar os custos, optou-se por incentivar a concorrência nos segmentos de geração, sendo criada uma regulamentação para os setores de transmissão e distribuição.

Para se tornar viável essa setorização, havia a necessidade de criar órgãos reguladores para gerenciar e normalizar cada um desses braços do setor elétrico brasileiro. Deu-se então a criação dos seguintes órgãos reguladores: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), encarregada pela regulamentação tarifária e pelo acesso ao sistema de transmissão; Operador Nacional do Sistema (ONS); Operador do Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo esses dois operadores como responsáveis pela coordenação e operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Brasil; Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE), responsável pelo ambiente de comercialização de energia[2].

Com todas essas modificações, foi possível reorganizar o mercado de energia elétrica, tornando-o competitivo e passível de investimentos de capital estrangeiro. Com essa abertura de mercado, surgiram dois ambientes de contratação de energia: o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulado (ACR).

O mercado livre de energia elétrica é um ambiente em que consumidores podem fazer a contratação de energia diretamente com as fontes geradoras [1]. Tudo teve início quando em 1995, com a Lei 9.074 foram criados: o Produtor Independente de Energia e o conceito de Consumidor Livre. Assim, passaram a existir dois tipos de consumidores, livres e cativos, sendo que este último consiste no consumidor que contrata a energia diretamente da concessionária que lhe atende.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

No começo, somente poderiam aderir ao Comercio Livre de Energia, consumidores que tinham demanda contratada igual ou superior a 3 MW, atendidos com nível e tensão igual ou superior a 69 kV. Em 21 de dezembro de 2006, a ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) aprovou a resolução normativa nº. 247 que autorizava os consumidores com demanda a partir de 500 kW, independentes do nível de tensão e pertencente a classe A (A2, A3, A3a, A4 e AS) a ingressarem no Mercado Livre, sendo chamados de consumidores especiais. Primeiramente, os consumidores especiais só poderiam

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

comprar energia elétrica de pequenas centrais hidrelétricas (PHC). A partir de 2002, as possibilidades de fornecimento dos consumidores especiais tornaram-se mais abrangentes, incluindo outras fontes, tais como a eólica, solar e a biomassa[1].

Para se tornar um consumidor livre, como dito anteriormente, o usuário deverá ter demanda contratada de igual ou superior a 500 kW, ou se estiver contratada pelo mesmo CNPJ, as cargas devem se encontrar em locais distintos, municípios distintos, em que as somas de todas as cargas suprem a condição de contratação mínima de 500 kW de demanda. Mas no caso de a carga for a um local somente, as regras das principais distribuidoras da nossa região, consideram que consumidores com demanda contratada acima de 300 kW, deverão ter medição em média tensão, que em nosso caso é 23 kV[4]. A medição deverá atender a requisitos exigidos pela Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE), que é o medidor instantâneo, o qual possibilita a leitura da memória de massa a qualquer hora do dia e em qualquer lugar. Outro requisito é a comunicação à concessionária, também chamada de denúncia à concessionária, que deverá respeitar o prazo de 180 dias de antecedência[3].

Atualmente existem muitas empresas que prestam assistência a consumidores que queiram ingressar no Livre Comércio de Energia Elétrica. Estas companhias oferecem orientação e assessoria na tomada de decisões e sobre a forma de como contratar a energia, seja diretamente de geradores ou de comercializadores que compram energia em larga escala e vendem para consumidores com pequena demanda[6].

A questão de contratação de energia é bem criteriosa, pois CCEE leva em consideração um grande conjunto de variáveis para formar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), sendo elas por exemplo: custos de geração de hidrelétricas, custo de geração de termoelétricas, níveis de pluviosidade mensais e dos últimos 5 anos, dentre outros. O PLD é atualizado semanalmente levando em consideração as macrorregiões do país[5].

Durante boa parte de sua história, o mercado brasileiro de energia elétrica encontrou-se verticalizado e estatizado, tendo assim um ambiente de monopólio, tendo todas as suas tarifas reguladas pelo estado, sendo todos os consumidores cativos. Tal modelo começou a apresentar estagnação e falta de investimento em todo o setor elétrico.

Em 1996 viu-se a necessidade de uma reformulação dessa verticalização, e decidiu-se pela setorização, criando assim os setores de: geração, transmissão e distribuição de energia. Para conseguir baixar os custos, optou-se por incentivar a concorrência nos segmentos de geração, sendo criada uma regulamentação para os setores de transmissão e distribuição.

Para se tornar viável essa setorização, havia a necessidade de criar órgãos reguladores para gerenciar e normalizar cada um desses braços do setor elétrico brasileiro. Deu-se então a criação dos seguintes órgãos reguladores: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), encarregada pela regulamentação tarifária e pelo acesso ao sistema de transmissão; Operador Nacional do Sistema (ONS); Operador do Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo esses dois operadores como responsáveis pela coordenação e operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Brasil; Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE), responsável pelo ambiente de comercialização de energia.

Com todas essas modificações, foi possível reorganizar o mercado de energia elétrica, tornando-o competitivo e passível de investimentos de capital estrangeiro. Com essa abertura de mercado, surgiram dois ambientes de contratação de energia: o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Ambiente de Contratação Regulado (ACR) que será o objeto de estudo do nosso trabalho[6].

O mercado livre de energia elétrica é um ambiente em que consumidores podem fazer a contratação de energia diretamente com as fontes geradoras. Tudo teve início quando em 1995, com a Lei 9.074 foram criados: o Produtor Independente de Energia e o conceito de Consumidor Livre. Assim, passaram a existir dois tipos de consumidores, livres e cativos, sendo que este último consiste no consumidor que contrata a energia diretamente da concessionária que lhe atende.

No começo, somente poderiam aderir ao Comercio Livre de Energia, consumidores que tinham demanda contratada igual ou superior a 3 MW, atendidos com nível e tensão igual ou superior a 69 kV. Em 21 de dezembro de 2006, a ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) aprovou a resolução normativa nº. 247 que autorizava os consumidores com demanda a partir de 500 kW, independentes do nível de tensão e pertencente a classe A (A2, A3, A3a, A4 e AS) a ingressarem no Mercado Livre, sendo chamados de consumidores especiais. Primeiramente, os consumidores especiais só poderiam comprar energia elétrica de pequenas centrais hidrelétricas (PHC). A partir de 2002, as possibilidades de fornecimento dos consumidores especiais tornaram-se mais abrangentes, incluindo outras fontes, tais como a eólica, solar e a biomassa[7].

Para se tornar um consumidor livre, como dito anteriormente, o usuário deverá ter demanda contratada de igual ou superior a 500kW, ou se estiver contratada pelo

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

mesmo CNPJ, as cargas devem se encontrar em locais distintos, municípios distintos, em que as somas de todas as cargas suprem a condição de contratação mínima de 500 kW de demanda. Mas no caso de a carga for a um local somente, as regras das principais distribuidoras da nossa região, consideram que consumidores com demanda contratada acima de 300 kW, deverão ter medição em média tensão, que em nosso caso é 23 kV[8]. A medição deverá atender a requisitos exigidos pela Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE), que é o medidor instantâneo, o qual possibilita a leitura da memória de massa a qualquer hora do dia e em qualquer lugar. Outro requisito é a comunicação, também chamada de denúncia à concessionária, com 180 dias de antecedência[3].

Atualmente existem muitas empresas que prestam assistência a consumidores que queiram ingressar no Livre Comércio de Energia Elétrica. Estas companhias oferecem orientação e assessoria na tomada de decisões e sobre a forma de como contratar a energia, seja diretamente de geradores ou de comercializadores que compram energia em larga escala e vendem para consumidores com pequena demanda.

A questão de contratação de energia é bem criteriosa, pois CCEE leva em consideração um grande conjunto de variáveis para formar o Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), sendo elas por exemplo: custos de geração de hidrelétricas, custo de geração de termoelétricas, níveis de pluviosidade mensais e dos últimos 5 anos, dentre outros. O PLD é atualizado semanalmente levando em consideração as macrorregiões do país.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar todo esse conjunto de fatores que envolvem a migração de um consumidor cativo para um consumidor livre com demanda contratada de 500 kW, como requisitos legais, técnicos e a viabilidade econômica da sua migração, bem como os riscos decorrentes de contratos de energia mal elaborados, apresentando os resultados viáveis da migração ao Mercado Livre de Energia.

III. METODOLOGIA

Esse trabalho baseia-se primeiramente em uma análise teórica e legal sobre todo o processo de migração de um consumir que tenha uma demanda de 500 KW e queira migrar ao Mercado Livre de Energia, fazendo-o de forma correta, com grande análise de caso e com uma tomada de decisão que não cause nenhuma negativa a seu empreendimento.

Em um segundo momento, será coletado informações em um consumidor que esteja em processo migratório onde analisaremos os seguintes aspectos:

- Analisar as faturas para verificarmos o preenchimento e requisito de demanda necessária para a migração;
- Verificar *in loco* as condições da medição deste consumidor, verificando a necessidade de melhorias para atender os requisitos de medição com telemetria exigida pela CCEE e todos os custos envolvidos para a adequação se necessário;
- Aferir a curva de consumo de energia ao longo de um período de 12 meses, analisando as faturas desse período para termos uma base de contratação;
- Explorar com a direção da empresa a possibilidade de ampliação na produção e consequentemente aumento de consumo de energia;
- Fazer um comparativo de consumo de energia e de custos nesse período de 12 meses antes e depois da migração;
- Analisar a viabilidade da migração levando em consideração todas as etapas e custos necessários ao processo;
- Detalhar quais geradores estão disponíveis para a contratação da energia, quais vantagens em relação a subsídios de TUSD cada gerador tem a oferecer;
- Analisar o período a ser contratado, fazendo uma análise de mercado, verificando histórico de valores do PLD, para escolhermos o momento e a época correta para fazer a contratação;

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao findarmos o trabalho, espera-se uma análise totalmente viável do processo migratório, com um saldo positivo na comparação de custos em relação ao consumo de energia antes e depois da migração, tendo considerado todos os custos inerentes ao processo migratório e as melhorias decorrentes desse processo.

Desejamos ter um aumento significativo do processo produtivo desse consumidor, tendo em vista que ele opera em regime de tarifa verde, parando o processo produtivo no horário de pico, pois com a migração os custos de energia não têm variação durando o dia, fazendo com que esse consumidor possa produzir 24 horas por dia, ao invés de 21 horas de produção atual.

IV. REFERÊNCIAS

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[1] ABRACEEL. Associação Brasileira de Comercializadores de Energia. Cartilha Mercado Livre de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf>.
Acesso em 01 maio de 2018.
[2] BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents>.
Acesso em 01 de maio de 2018.
[3] CCEE. Câmara de Comércio de Energia Elétrica. Comercialização de energia. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/regras?
Acesso em 23 de junho de 2018.
[4] BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas>.
Acesso em 23 de junho de 2018.
[5] ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <Http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons#>
Acesso em 23 de junho de 2018.
[6] COMERC ENERGIA. Benefícios do Mercado Livre de Energia. Disponível em:
https://www.comerc.com.br/comerc/default.asp
Acesso em 17 de junho de 2018.
[7] MERCATTO ENERGIA. Empresa de Comércio de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.mercattoenergia.com.br/mercadolivre/oque>.
Acesso em 18 de junho de 2018.
[8] CMU ENERGIA. Empresa Comercializadora de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.cmuenergia.com.br/site/ComprarEnergia.
Acesso em 18 de junho de 2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise de viabilidade de redes GPON para implementação de FTTH em condomínio residencial

Eduardo Bernardi, Mauro Fonseca Rodrigues
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
eduardobernardi@aluno.santoangelo.uri.br, mauro.rodrigues@gmail.com

***Resumo* — Com o avanço da tecnologia, correspondendo aos conteúdos que usamos, necessita-se uma maior largura de banda, onde será realizado este trabalho para a implantação de uma rede ótica passiva Gigabit (GPON), para um condomínio residencial, como solução adotada (FTTH) *fiber-to-the-home*. Na maioria dos casos, temos como realidade o uso de par metálico para os serviços de dados e voz, que já se encontra ultrapassado devido à suas limitações de vida útil e as devidas interferências que o mesmo sofre. O projeto de rede proposto aumentaria a eficiência de atendimento aos clientes, entregando uma maior velocidade de transmissão, estabilidade e durabilidade. Foi realizado um projeto para atender clientes de um condomínio residencial, no qual se conclui que uma das melhores soluções para os usuários seria (GPON).**

***Palavras-chaves* — *fiber-to-the-home*, rede ótica passiva, dados, voz.**

I. INTRODUÇÃO

Correspondendo às necessidades de mercado e da sociedade em um todo, as tecnologias de telecomunicações sofreram grandes mudanças no final do século XX e início do século XXI, com a finalidade de atendimento à demanda, de uma população cada vez mais exigente. Na maioria dos casos, a rede de acesso se faz por par metálico, o que implica em baixas velocidades devido à qualidade deste meio de comunicação, o que ressalta a importância de investimentos das (LAN's) Rede de Área Local.

Contudo, sabe-se das limitações do uso de conexões (xDSL) Linha Digital de Assinante, que conforme a distância que o usuário está da central implica diretamente em perdas consideráveis do sinal e consequentemente em redução de velocidade. Quanto mais perto da central, maior a largura de banda disponibilizada ao cliente. Logo, tendo um usuário a 2 quilômetros de distância da central, seria impossível atendê-lo utilizando um par metálico com a tecnologia (VDSL) *Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line*, por exemplo, com uma banda de 50 Mbit/s efetivamente.

Se tratando da tecnologia (PON), o (GPON) mostra-se como uma tecnologia viável de ser implantada e com um custo que cabe no bolso do consumidor. A necessidade da implementação dessa tecnologia se daria em virtude dos serviços que hoje executam-se na internet, Triple Play, que são caracterizados por voz, dados e vídeo e o IPTV o qual pode-se considerar o futuro da transmissão da TV, e divide a mesma banda de voz e dados.

Algumas vantagens que ela proporciona é possibilidade de atender vários clientes com uma única fibra, com a multiplexação da informação. Com isso, é possível atender até 128 vezes mais clientes do que uma rede (FTTH) Fibra para a Casa em um enlace ponto-a-ponto.

Se tratando de (FTTX) Fibra até o Nó pode-se utilizar para variados serviços com uma grande largura de banda. É uma boa alternativa ao par metálico, pois com uma única fibra também é possível atender muitos clientes com alta velocidade e estabilidade. Porém, se sua ampliação não for feita de forma correta e ordenada, pode comprometer suas principais características, que são a viabilidade e rendimento. Deste modo para conseguir-se uma correta construção e ampliação de rede, necessita-se do conhecimento de banda larga e os termos técnicos que a envolvem, justificando-se a finalidade deste trabalho.

II. TECNOLOGIA ADSL

(ADSL) Linha Digital Assimétrica para Assinante é um padrão de comunicação digital que utiliza o par trançado de cobre (linha telefônica comum) como meio de transmissão. O termo "assimétrico" surgiu da percepção que seria melhor em um canal de transmissão, reservar a maior parte da banda para download, uma parte menor para upload e por fim uma parte fixa para voz, caracterizando assim 3 canais distintos. Essa

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

estratégia partiu da análise de conexões comuns onde apenas um clique solicitando uma página recebia muitas vezes mais informações que transmitia.

O (ADSL) permitiu um ganho considerável nas taxas de transmissão de dados se comparado aos meios comuns disponíveis utilizando o mesmo canal telefônico. O ADSL permite transmissões até 9 Mbit/s de download, até 1 Mbit/s de upload e ainda reservando o canal para voz. Estas taxas são mensuradas de acordo com a distância do ponto do assinante até a central, caracterizando assim o limite máximo de taxa para Internet. Desta forma, quanto mais próximo à central, maior será a probabilidade da taxa máxima ser maior que 6 Mbit/s chegando até os 9 Mbit/s.

O aparelho que modula o sinal (ADSL) deve estar em constante comunicação com o servidor localizado na central, sincronizados, para que haja troca de informações em altas taxas. Este aparelho possui um componente chamado "POTS Splitter", *Plain Old Telephony Services* ou linha de voz comum, que tem a responsabilidade de dividir o canal telefônico em 2, dados e voz, sendo voz um canal independente e ininterrupto mesmo havendo falhas com o (ADSL).

A voz utiliza uma banda de 4 kHz. No entanto é comum obter até 2 MHz de banda em um par metálico, dependendo das condições da linha telefônica e da distância até a central. O canal de dados ainda sofre uma nova divisão, através de um outro componente chamado "*Channel Separator*", sendo este para alocar banda para *downstream* e *upstream*. Esta divisão pode ser percebida na figura 1 [1].

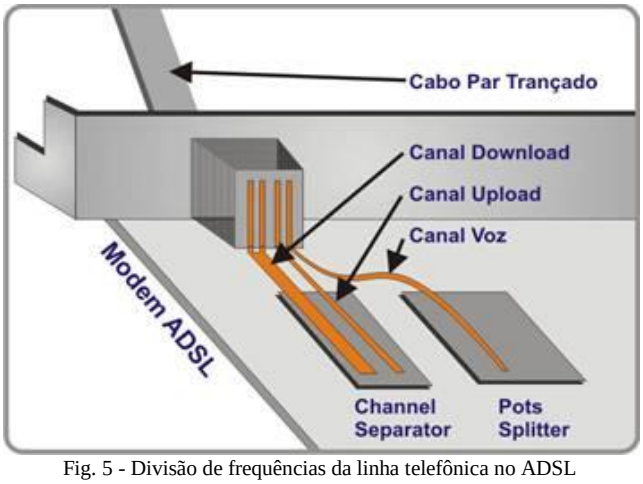


Fig. 5 - Divisão de frequências da linha telefônica no ADSL

(ADSL) é uma tecnologia de comunicação. O Asymmetric indica que a velocidade de download é maior que a velocidade de upload. Nesse modelo a comunicação é feita por meio de "pulsos elétricos", que são afetados por campos magnéticos, eletricidade, entre outros fatores, diminuindo muito a qualidade do sinal [2].

III. TECNOLOGIA ADSL2

Os padrões de segunda geração do ADSL (ADSL2 e ADSL2+) foram lançados em 2002 e 2003 [2, 3]. A novas funcionalidades mais importante do ADSL2 (G.992.3) foram:

- Um anexo da norma que definiu um canal *upstream* com maior capacidade, o que tornou possível dispor de uma taxa de dados *upstream* de até 3 Mbit/s;
- Um anexo da norma com a finalidade de aumentar o alcance para de mais de 5 km [3].

IV. TECNOLOGIA ADSL2+

O padrão (ADSL2+) (G.992.5) duplicou o espectro para o canal *downstream* (o (ADSL) e o (ADSL2) têm um espectro de 1,1 MHz, e o (ADSL2+) tem um espectro de 2,2 MHz), fornecendo taxas de dados ainda maiores em acesso custa distância (figura 1). O (ADSL2+) também definiu uma caixa de ferramentas para configurar a transmissão *downstream* para atender os diferentes requisitos de capacidade do espectro disponível, em especial quando o ADSL2+ é colocado em um armário. As figuras 2, 3a e 3b mostram o desempenho, sob diferentes condições do ruído, de um sistema (DSLAM) com acesso DSL Ethernet (*Ethernet DSL access – AED*) da Ericsson para (ADSL2) e (ADSL2+). Esse padrão expande a capacidade do (ADSL) básico, em que a transferência de dados pode chegar a velocidade de 24 Megabit por segundo em downstream, e de 1 Megabit por segundo de upstream [4]-[5].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

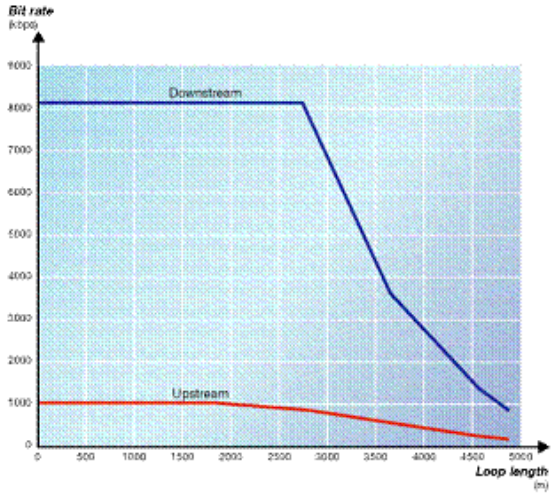


Fig. 6 - Capacidade do ADSL2 em linhas telefônicas (par trançado de cobre)

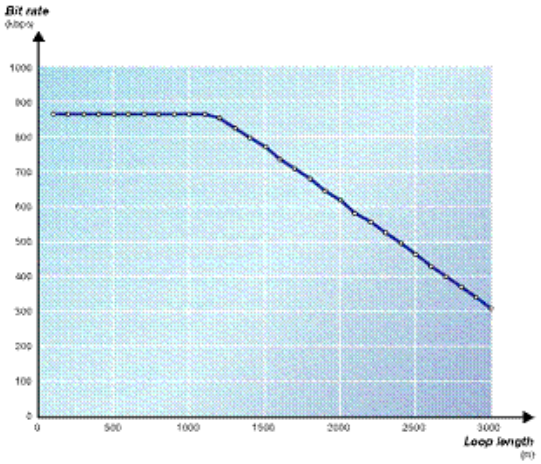


Fig. 3b - Capacidade do ADSL2+ (upstream) em linhas telefônicas (par trançado de cobre)

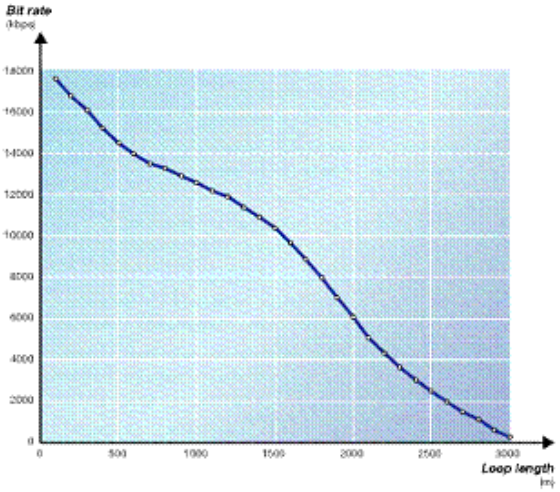


Fig. 7a - Capacidade do ADSL2+ (downstream) em linhas telefônicas (par trançado de cobre)

V. TECNOLOGIA VDSL2

O escopo do padrão (VDSL2) é bastante amplo. Seus objetivos são aumentar o desempenho em acessos mais longos, como uma evolução a partir do ADSL2+, e nos acessos mais curtos.

Usando as contribuições das normas ANSI e ETSI, a ITU começou a elaboração do seu padrão (VDSL2) (G.993.2) em Janeiro de 2004. O consenso para o padrão foi alcançado numa reunião em Genebra em Maio de 2005. Tal como aconteceu com o ADSL/2/2+, a modulação no padrão (VDSL2) é o multitom discreto (DMT). O (VDSL2) baseia-se nas recomendações VDSL1-DMT e ADSL2/ADSL2+. Portanto, é compatível em espectro com os serviços existentes e permite operação multimodo com o ADSL/2/2+.

Na sequência, a introdução da tecnologia (VDSL2) será responsável apenas por uma pequena parte das mudanças fundamentais que afetam a arquitetura da rede. Atualmente, maior custo das linhas de acesso instaladas está no ambiente da central telefônica. Do mesmo modo, a distância média dos acessos de par trançado de cobre existentes vai muito além da distância ideal para obter o valor adicionado do (VDSL2). Muitas operadoras têm, portanto, começado a considerar o uso de fibra na rede de acesso – por exemplo, fibra até o nó de rede (*Fiber To The Node – FTTN*) e fibra até a porta dos domicílios (*Fiber To The Curb – FTTC*) – reduzindo o comprimento da rede de acesso de cobre para menos de 1500 metros.

A segunda grande mudança é a introdução da Ethernet como tecnologia de pacotes de dados em todo o caminho até o usuário final. O ADSL2/2+ emprega o ATM na primeira milha (acesso), mas os (DSLAM's) O Multiplexador de Acesso à

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Linha Digital do Assinante baseados em IP/Ethernet empregam a Ethernet na segunda milha (*backhaul*). Muitas soluções de banda larga legadas também utilizam o STM1/OC-3 no lado agregado.

A mudança no sentido de usar a Ethernet e acessos de fibra do tipo (FTTN/FTTC), bem como a introdução de serviços adicionais, irá conduzir a uma alteração no ponto de seleção do serviço na rede, que atualmente é o servidor de acesso remoto de banda larga (*Broadband Remote Access Server – BRAS*).

A arquitetura (FTTN) *Fiber to the Node* é também altamente distribuída para acomodar um número menor de assinantes por site quando os (DSLAM's) são localizados próximos aos usuários finais. Um grande número de nós de rede distribuídos necessita de um processo de ativação automática de clientes que permite que as operadoras ativem um novo assinante sem ter que se deslocar fisicamente até um site (FTTN). Muitas operadoras veem a arquitetura (FTTN) como uma ferramenta estratégica para competir eficazmente com alternativas de rede de acesso de cabo e fibra [6]-[7].

VI. FIBRA ÓTICA

A transmissão via fibra óptica oferece virtualmente largura de banda ilimitada, e é amplamente considerada como uma possível solução para fornecer acesso de banda larga à primeira milha, onde se encontra o principal gargalo provocado pelo envio de serviços de alta velocidade. Não obstante, precisa-se uma nova infraestrutura de rede para suportar as novas aplicações que vão surgindo e para as que se preveem no futuro.

A fibra óptica tem uma banda simétrica, ou seja, tem a mesma velocidade de upload e download. A comunicação é feita pela luz, sem sofrer interferência de campo magnético ou eletricidade, por isso a qualidade é muito superior. Além das vantagens, também se tem que levar em consideração o custo da fibra ótica em relação ao par metálico, o qual se faz disponível em quase todas as localidades do país e também por seu material de fabricação ser frágil, o que requer mais atenção ao manusear o mesmo.

As redes ópticas passivas (PON) são dispostas por fibras ópticas e diversos dispositivos ópticos e sistemas, como (ONUs), (OLTs), filtros, divisores passivos e lasers, assim como pode-se observar na figura 4.

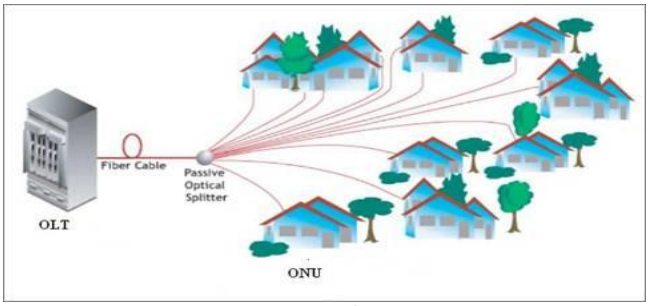


Fig. 8 – Caracterização rede óticas passivas (PON)

A (OLT) Terminal de Linha Ótica se caracteriza pela realização do enlace da rede de acesso do cliente, até a rede que sai da central, onde a (OLT) está localizada, que se chama de rede metropolitana. Ela possui controle de transmissão sobre as (ONUs).

A (ONU) Unidade de Rede Ótica, por sua vez, tem sua aplicação definida por permitir o acesso, fazendo a transmissão dos dados até a OLT. Normalmente está locada para o cliente final, mas sua configuração pode ser da mais variada e não somente aplicável a FTTH, que seria o caso mais comum, mas também para FTTB (sigla). Também pode ser denominada como ONT (*Optical Network Terminal*) por sua aplicação às duas últimas configurações.

O Divisor Passivo (*Splitter*) é encarregado de reunir e dividir o sinal ótico [8].

A fibra ótica se divide em várias arquiteturas, tais como:

(FTTA) Fibra para o Apartamento: Arquitetura de rede de transmissão, onde a rede ótica passiva termina dentro do edifício (Residencial ou Comercial) chegando a um centro de distribuição. Após isso, o sinal pode ser dividido por *splitters* e sendo repassado de forma individual para os apartamentos ou salas comerciais, sendo sua aplicação muito característica ao (FTTH).

(FTTB) Fibra para o Edifício: Com o mesmo princípio da FTTA, é uma arquitetura de rede de transmissão que se finaliza na entrada do condomínio. A partir deste ponto a rede interna é distribuída geralmente por cabeamento estruturado, entregando o acesso ao cliente. Geralmente se utiliza cabo de rede CAT5e ou CAT6 para a distribuição, dependendo da velocidade que o cliente requer.

Esta infraestrutura deverá permitir primeiramente mais largura de banda, rápido fornecimento de serviços, e garantias de QoS (qualidade de serviço) a um custo efetivo e de maneira eficiente.

(FTTC) Fibra para o Armário de Distribuição: Normalmente essa arquitetura se define pelo atendimento da fibra da central (OLT) até um armário, que se localiza nas ruas ou nos postes, e a partir disso sua distribuição é feita através da tecnologia

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

(xDSL), com o par metálico. Para uma melhor qualidade e velocidade, recomenda-se que o cliente atendido por esse armário se localize até uma distância de no máximo 300 metros.

(FTTH) Fibra para a Casa: É uma arquitetura de rede ótica, que sai da central da operadora via OLT**,** chegando à residência do cliente por uma fibra ótica exclusiva, que sai do *splitter* que está no poste. Esse sistema pode atingir altas velocidades de mais que 100 Mbps por cliente [9].

A figura 5 ilustra as arquiteturas existentes na tecnologia de fibra ótica.

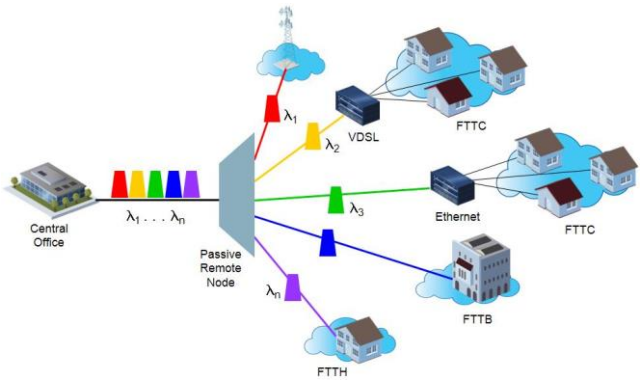


Fig. 5 – Caracterização das arquiteturas de fibra ótica

VII. CONCLUSÃO

Tanto o (VDSL), (ADSL) e (FTTX) fazem parte da família de soluções de rede para acesso banda larga à Internet para o assinante.

As operadoras no Brasil vinham utilizando a tecnologia (ADSL/2/2+) para o provimento de serviços banda larga de até 24 Mbit/s. Embora a qualidade deste serviço dependa em grande parte da seleção do par telefônico e exista o risco de queima de equipamentos por incidência de raios em regiões tropicais, como é o caso de grande parte do Brasil, a demanda desses serviços ainda é grande.

Com base nas tecnologias analisadas nesse trabalho, ficou demonstrado que a melhor opção de projeto para uma rede de atendimento é através das redes (GPON), por apresentar mais vantagens em questão de durabilidade e velocidade, em relação às tecnologias que são disponibilizadas através de par metálico.

VIII. REFERÊNCIAS

[1] TEIXEIRA, D.P; MARQUES, G.G.F; ANSCHAU, Q.J. Tecnologia ADSL.
[2] DERITTI, Marco. ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).
[3] TEIXEIRA, D.P; MARQUES, G.G.F; ANSCHAU, Q.J. Tecnologia ADSL2.
[4] ITU-T Recommendation G.992.5 (2005), Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers – extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus).
[5] TEIXEIRA, D.P; MARQUES, G.G.F; ANSCHAU, Q.J. Tecnologia ADSL2+.
[6] TEIXEIRA, D.P; MARQUES, G.G.F; ANSCHAU, Q.J. Características VDSL2.
[7] ERIKSSON, Per-Erik; ODENHAMMAR, Björn. VDSL2: Next important broadband technology.
[8] KAISER, G. COMUNICAÇÃO POR FIBRAS ÓTICAS. 4. ed. – Porto Alegre: AMGH, 2014.

[9] OLIVEIRA, P.B. Arquitetura PON.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise do Comportamento da Tensão em Regime Permanente em Edificações

Evandro Tretter; Franciele Rodrigues Dutra; Jian Hampel; Yuri Wagner, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo
evandrotretter@hotmail.com; fran.dutra657@gmail.com; jianhampel@hotmail.com; yuriwagner_@hotmail.com; nelsonknakneto.eng@gmail.com

***Resumo* — A qualidade de energia elétrica é fundamental para o perfeito funcionamento de máquinas e equipamentos de uso final. A falta da qualidade no serviço oferecido por concessionárias de energia pode gerar interrupções e insatisfações aos clientes. Neste contexto, este trabalho visa realizar estudo de caso através de auxílio de instrumento de medição apropriado para realização de diagnóstico de tensão em regime permanente em instituição educacional possibilitando a apresentação de formas de mitigação ao distúrbio encontrado.**

***Palavras-chaves* — Qualidade de energia, instrumento de medição, diagnóstico, tensão em regime permanente.**

I. INTRODUÇÃO

Os distúrbios relacionados a má qualidade de energia vêm gerando grande preocupação em todos os setores que dependem da energia elétrica para funcionamento, pois causa efeitos negativos à operação de máquinas e equipamentos. Algumas definições afirmam que um sistema elétrico possui excelente qualidade de energia quando caracterizado por fornecimento de tensão com forma de onda senoidal pura, sem alterações de amplitude e frequência. Outra definição diz que há uma ampla variedade de problemas de qualidade de energia que podem afetar os sistemas elétricos e, desta forma, interromper processos de produção, afetar equipamentos sensíveis e causar indisponibilidade e prejuízos.

Desta forma, resoluções normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que estabelecem limites de tensão divididos em categorias, de modo que os indicadores individuais e coletivos estejam em conformidade de tensão elétrica, ou seja, ao comparar o valor de tensão obtido por meio de medição apropriada no ponto de conexão, este deve estar dentro da faixa de tensão especificada como adequada. Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica do Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, o qual é dividido em módulos, determina os critérios de medição e de registro e, também, os prazos para que haja compensação ao consumidor caso as medições de tensão excedam os limites indicadores.

Neste contexto, este trabalho busca analisar o comportamento de tensão em regime permanente utilizando uma instituição educacional como estudo de caso e o Módulo 8 do PRODIST, o qual estabelece os limites indicadores para tensão em regime permanente, com o objetivo de definir as possíveis causas para a ocorrência deste problema e, assim, sugerir medidas mitigatórias.

II. TENSÃO EM REGIME PERMANENTE

Tem-se tensão em regime permanente quando em um intervalo de tempo de leitura de tensão, definido como sendo de 10 (dez) minutos, não ocorram distúrbios elétricos capazes de invalidar a leitura [2].

De acordo com o PRODIST – Módulo 8, 10ª Revisão, a classificação das leituras associadas à tensão em regime permanente divide-se em três categorias: adequadas, precárias e críticas. Essa divisão baseia-se no afastamento do valor da tensão de leitura em relação à tensão de referência. Esta pode ser definida como o valor nominal da tensão, ou valores contratados, os quais devem situar-se dentro de uma faixa em torno da tensão nominal pactuados entre os agentes e os responsáveis por unidades consumidoras.

Devem ser realizadas um conjunto de 1008 (um mil e oito) leituras válidas em intervalos consecutivos de 10 (dez) minutos cada para gerar indicadores individuais e, após, avaliadas. Para que esta avaliação seja efetiva, a medição dever ser realizada nos pontos de conexão à rede de distribuição, nos pontos de conexão entre distribuidoras e nos pontos de conexão com as unidades consumidoras de acordo com as especificações existentes no PRODIST [1].

A. Caracterização dos fenômenos e parâmetros

De acordo com o PRODIST – Módulo 8, 10ª Revisão, os valores de tensão obtidos por medições devem ser comparados à tensão de referência, a qual deve ser a tensão nominal ou a contratada, de acordo com o nível de tensão do ponto de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

conexão [1]. Os valores nominais devem ser fixados em função dos níveis de planejamento do sistema de distribuição, de modo que haja compatibilidade com os níveis de projeto dos equipamentos elétricos de uso final.

Para os níveis de tensão contratados, o PRODIST determina que:

- Para os acessantes da Rede Básica, devem ser obedecidos os procedimentos de rede;

Para as tensões contratadas entre distribuidoras:

- A tensão contratada nos pontos de conexão com tensão nominal de operação igual ou superior a 230kV deverá ser a tensão nominal de operação do sistema nos pontos de conexão;
- Ainda entre distribuidoras, para a tensão contratada nos pontos de conexão com tensão nominal de operação inferior a 230kV deverá situar-se entre 95% e 105% da tensão nominal de operação do sistema no ponto de conexão.

Para as tensões contratadas junto à distribuidora:

- Para acessantes atendidos com tensão nominal de operação superior a 1kV deve situar-se entre 95% e 105% da tensão nominal de operação do sistema no ponto de conexão e, também, deve coincidir com a tensão nominal em um dos terminais de conexão exigido ou recomendado para o transformador da unidade consumidora;
- Havendo acordo comum entre as partes, também poderá ser contratada intermediária entre os terminais de derivação;
- Para acessantes atendidos em tensão igual ou inferior a 1kV, deve-se considerar a tensão nominal do sistema.

Quanto à regulação das tensões de atendimento:

- As tensões de atendimento para as tensões contratadas pelos acessantes da Rede Básica, entre as distribuidoras e junto às distribuidoras, devem ser classificadas de acordo com as variações de tensão de leitura, conforme estabelecido pelos Procedimentos de Rede e/ou as tabelas existentes nos anexos do PRODIST – Módulo 8 e, também, contemplado no Acordo Operativo firmado entre as partes.

B. Classificação das leituras

A classificação das leituras de tensão de atendimento deve ser realizada, seguindo as faixas em torno da tensão de referência (TR) apresentada pela Fig. 1 [1].

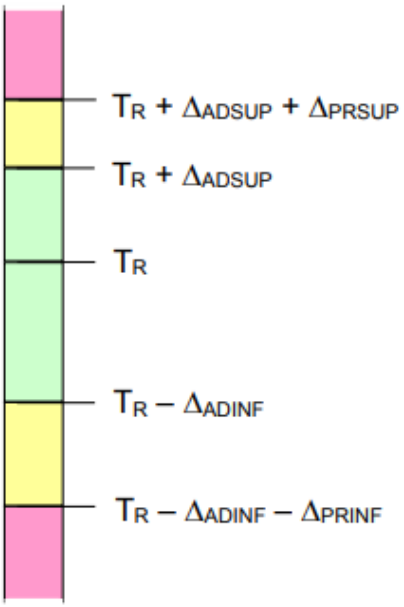


Figura 1 – Faixas de tensão em relação à tensão de referência [1]

Onde:

a) Tensão de referência (**TR**);
b) Faixa adequada de tensão (**TR + ΔADSUP, TR – ΔADINF**);
c) Faixa precária de tensão (**TR – ΔADINF, TR + ΔADSUP + ΔPRSUP ou TR – ΔADINF – ΔPRINF, TR – ΔADINF**);
d) Faixa crítica de tensão (**>TR + ΔADSUP + ΔPRSUP ou < TR – ΔADINF – ΔPRINF**).

Entretanto, para acessantes da Rede Básica, as faixas de tensão devem ser classificadas de acordo com os procedimentos de rede ou em observância aos valores estipulas em regulamentação [1].

C. Forma de calcular

Após a obtenção do conjunto de leituras válidas através de instrumento de medição denominado como analisador de qualidade de energia, deve-se calcular os índices de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC), conforme (1) e (2) definidas pelo PRODIST [1].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \times 100(\%) \quad (2)$$

Onde:
nlp = número de leituras situadas nas faixas precárias;
nlc = número de leituras situadas nas faixas críticas;
1008 = número de leituras válidas a cada 10 minutos no período de observação.

D. Valor limite

O valor da duração relativa da transgressão máxima de tensão precária (DRPM) estabelece-se em 3%. Já o valor da duração relativa da transgressão máxima de tensão crítica (DRCM) estabelece-se em 0,5% [1].

E. Compensação aos consumidores

O PRODIST ainda determina a compensação aos consumidores que estiverem submetidos a tensões de atendimento com transgressão dos indicadores DRP ou DRC e os titulares daquelas atendidas pelo mesmo ponto de conexão. Esta compensação é calculada através da (3), apresentada a seguir [1].

$$Valor = \left[\left(\frac{DRP - DRPlimite}{100}\right)k1 + \left(\frac{DRC - DRClimite}{100}\right)k2\right] EUSD \quad (3)$$

Onde:

- K1 = 0, de DRP ≤ DRPlimite;
- K1 = 3, se DRP > DRPlimite;
- K2 = 0, se DRC ≤ DRClimite;
- K2 = 7, para consumidores atendidos em baixa tensão, se DRC > DRClimite;
- K2 = 5, para consumidores atendidos em média tensão, se DRC > DRClimite;
- K2 = 3, para consumidores atendidos em alta tensão, se DRC > DRClimite;
- DRP = valor do DRP expresso em %, apurado na última medição;
- DRPlimite = 3%;
- DRC = valor do DRC expresso em %, apurado na última medição;
- DRClimite = 0,5%;
- EUSD = valor do encargo de uso do sistema de distribuição correspondente ao mês de referência da última medição.

III. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização deste trabalho baseia-se em estudo de caso efetuado em edificação de instituição de ensino situado na cidade de Santo Ângelo, onde instalou-se um analisador de qualidade de energia para monitoramento do comportamento de parâmetros de tensão, corrente, potência e fator de potência durante o período de 07 a 14 de maio de 2018.

A. Compensação aos consumidores

O analisador de qualidade de energia é um instrumento de medição que permite o diagnóstico de sistemas de energia. Permitindo analisar parâmetros de tensão, corrente, potência, desbalanceamento, distorção harmônica até 50ª ordem, afundamentos e elevações de tensão e corrente, além de outros distúrbios de qualidade de energia a que estão sujeitas as instalações elétricas.

O analisador de qualidade de energia, apresentado pela Fig. 2, também permite gerar relatórios precisos sobre a situação atual das instalações elétricas da edificação analisada. Ainda é capaz de registrar e armazenar dados por longos períodos, além de monitorar as necessidades da rede que abastece a edificação e apontar falhas existentes para que sejam mitigadas.

Figura 2. Analisador de qualidade de energia

O PRODIST, em seu Módulo 8, orienta que o analisador de qualidade de energia deve ser conectado aos pontos de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

conexão do acessante e realizar monitoramento por um período de 168h, totalizando 1008 leituras em intervalos de 10min cada [1]. Possibilitando a análise dos dados obtidos e o diagnóstico de distúrbios de qualidade de energia na edificação analisada.

IV. Estudo de Caso

Com os dados coletados, permitiu-se analisar e identificar o distúrbio ocorrido nas instalações elétricas da instituição analisada, identificando a existência de distúrbio de qualidade de energia elétrica do tipo tensão em regime permanente nas instalações elétricas da edificação.

Analisou-se separadamente os valores de leitura obtidos para as fases A, B e C de alimentação da edificação estudada, possibilitando a realização de cálculo para a determinação da duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC).

Desta forma, pode-se obter gráficos em que apresenta os valores situados nas faixas precária e crítica, facilitando a análise do comportamento da tensão em regime permanente. Nos gráficos estão sendo representados 92 leituras, com intervalo de 20 minutos entre cada leitura.

Abaixo podemos analisar os dados de tensão da fase A em relação ao tempo conforme Fig. 3.

Figura 3. Forma de onda da tensão da fase A em relação ao tempo de medição.

Com os dados obtidos no gráfico da figura 3 foi realizado o cálculo de DRP e DRC em relação a fase A.

$$DRP = \frac{36}{1008} \cdot 100\%$$
$$DRP = 3{,}58\%$$

$$DRC = \frac{2}{1008} \cdot 100\%$$

$$DRC = 0{,}20\%$$

Em relação aos cálculos realizados pode-se analisar que na fase A, o DRP está acima do limite que é até 3%, ultrapassando 0,58%. O cálculo do DRC está dentro do limite que é de 0,5%.

Na Fig. 4 podemos analisar os dados de tensão da fase B em relação ao tempo.

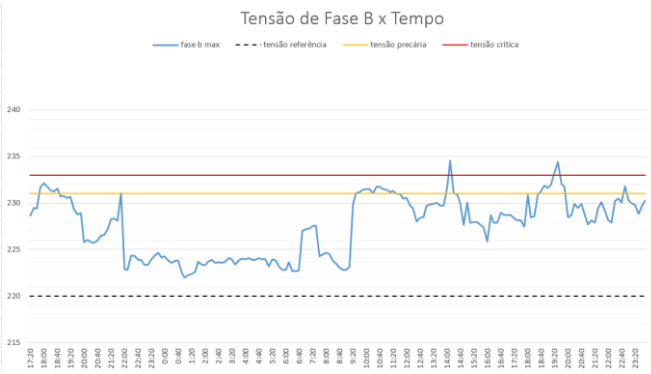


Figura 4. Forma de onda da tensão da fase B em relação ao tempo de medição

Com os dados obtidos no gráfico da figura 4 foi realizado o cálculo de DRP e DRC em relação a fase B.

$$DRP = \frac{78}{1008} \cdot 100\%$$
$$DRP = 7{,}74\%$$

$$DRC = \frac{14}{1008} \cdot 100\%$$

$$DRC = 1{,}39\%$$

Em relação aos cálculos realizados pode-se analisar que a fase B, o DRP está acima do limite que é até 3%, ultrapassando 4,74%. O cálculo do DRC está acima do limite que é até 0,5%, ultrapassando dentro do limite que é de 0,89%.

Na Fig. 5 podemos analisar os dados de tensão da fase C em relação ao tempo.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

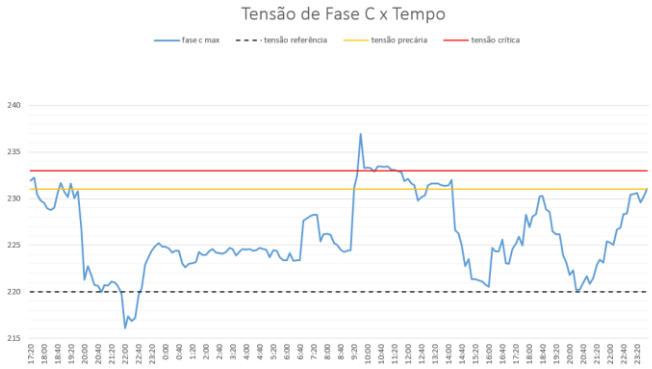


Figura 5. Forma de onda da tensão da fase C em relação ao tempo de medição

Com os dados obtidos no gráfico da figura 5 foi realizado o cálculo de DRP e DRC em relação a fase C.

$$DRP = \frac{89}{1008} \cdot 100\%$$
$$DRP = 8{,}83\%$$

$$DRC = \frac{19}{1008} \cdot 100\%$$
$$DRC = 1{,}88\%$$

Em relação aos cálculos realizados pode-se analisar que a fase C, o DRP está acima do limite que é até 3%, ultrapassando 5,83%. O cálculo do DRC está acima do limite que é até 0,5%, ultrapassando dentro do limite que é de 1,38%.

Para uma melhor visualização na Fig. 6 colocou-se as fases A, B e C em relação ao tempo de medição, para obter melhor comparação.

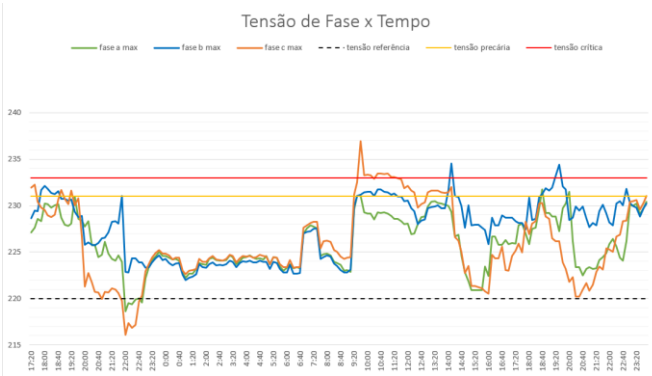


Figura 6. Forma de onda da tensão das fases A, B e C em relação ao tempo de medição

A partir da análise gráfica de comportamento da tensão na edificação, observou-se que a edificação analisada está submetida a tensão de regime permanente, possibilitando calcular os índices DRP e DRC e permitindo que o cliente faça reclamação junto a concessionária.

Para que a reclamação seja efetuada e a unidade consumidora ressarcida, é necessário que seja seguido o fluxograma de processo de medição por reclamação do acessante que não possua a medição permanente fornecido pelo PRODIST e apresentado pela Fig. 7 neste trabalho.

Como constatou-se que a unidade consumidora analisada está submetida a tensões de atendimento com transgressão dos indicadores DRP e DRC, a distribuidora deve ressarci-la.

Os valores de ressarcimento foram calculados para cada fase e, no final, o somatório dos valores destas resulta no valor total ressarcido pela distribuidora.

Foi realizado o cálculo de ressarcimento para cada fase:

- Fase A:

$$VALOR = \left[\left(\frac{3{,}56 - 3}{100}\right).3 + \left(\frac{0{,}20 - 0{,}5}{100}\right).0\right] . R\$\ 5.156{,}46$$

$$VALOR = R\$\ 86{,}63$$

- Fase B:

$$VALOR = \left[\left(\frac{7{,}74 - 3}{100}\right).3 + \left(\frac{1{,}39 - 0{,}5}{100}\right).7\right] . R\$\ 5.156{,}46$$

$$VALOR = R\$ 1.054{,}49$$

- Fase C:

$$VALOR = \left[\left(\frac{8{,}83 - 3}{100}\right).3 + \left(\frac{1{,}88 - 0{,}5}{100}\right).7\right] . R\$\ 5.156{,}46$$
$$VALOR = R\$\ 1.399{,}97$$

Após calcular o ressarcimento individual de cada fase, pode-se efetuar o cálculo de valor de ressarcimento total para as fases A, B e C:

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

$$VALOR_{TOTAL} = VALOR_{FASE\ A} + VALOR_{FASE\ B} + VALOR_{FASE\ C}$$

$$VALOR_{TOTAL} = R\$\ 86{,}63 + R\$\ 1.054{,}49 + R\$\ 1.399{,}97$$

$$VALOR_{TOTAL} = R\$\ 2.541{,}09$$

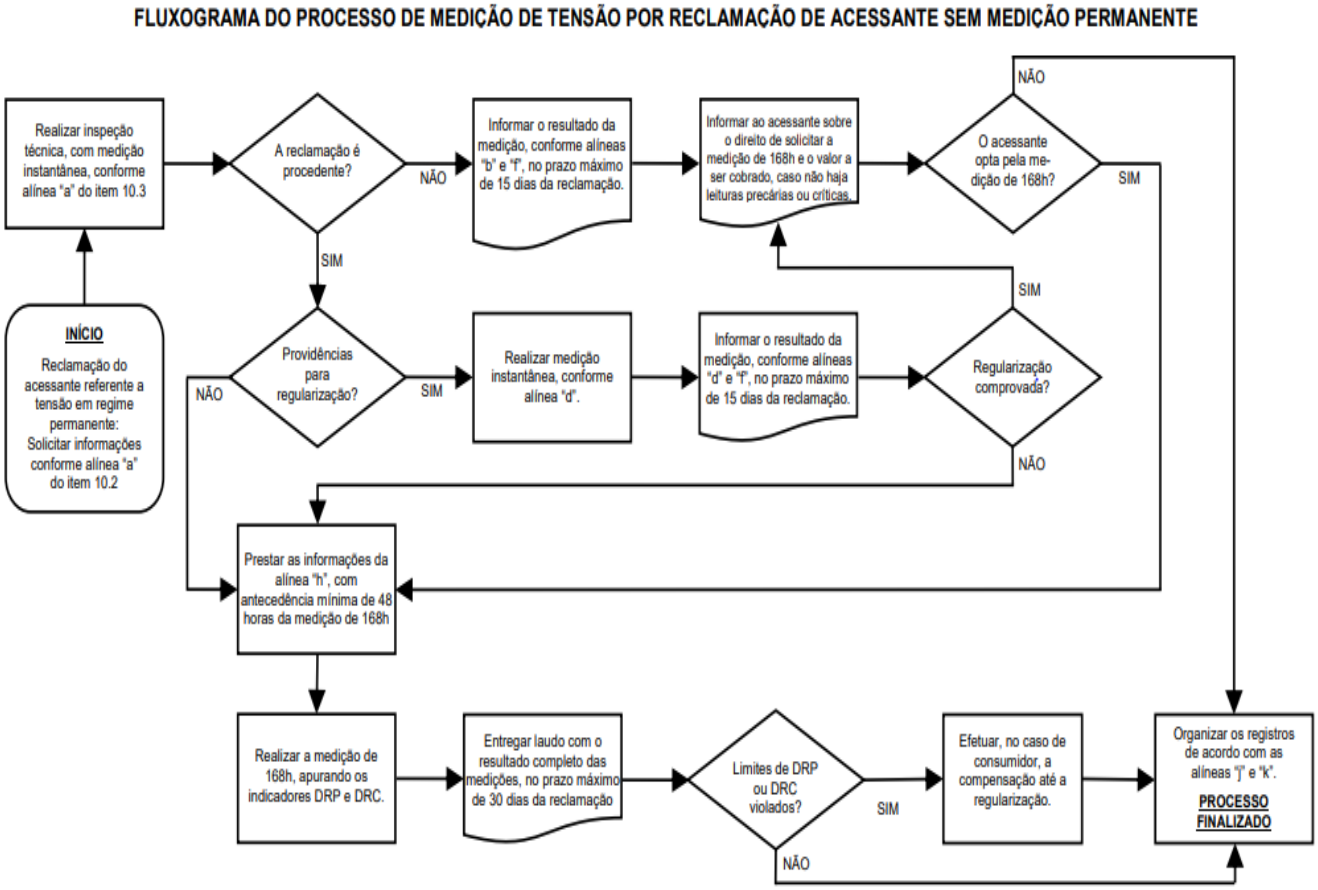


Figura 7. Fluxograma do processo de medição de tensão por reclamação de acessantes sem medição permanente [1]

V. Observações Finais

O presente trabalho buscou analisar o comportamento dos parâmetros de tensão através de um analisador de qualidade de energia. Após a realização de comparação do conjunto de leituras válidas obtidas para valores de tensão em relação ao horário de desenvolvimento de atividade da instituição de ensino, observou-se que durante o período em que não há atividades nas salas de aula e no intervalo do almoço, há a ocorrência de tensão em regime permanente.

Observou-se que para a fase A os valores de leitura obtidos encontram-se na faixa de tensão precária. Já para as fases B e C, os valores de leitura obtidos encontram-se nas faixas de tensão precária e crítica.

Desta forma, pode-se dizer que a localização da edificação analisada na instituição de ensino é um fator para este comportamento da tensão, pois o nível de tensão considerado adequado para uma unidade consumidora localizada próxima a subestação de distribuição de energia elétrica pode não ser considerada adequada a uma unidade consumidora localizada distante da referida subestação. Sugere-se a utilização de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

diferentes fontes de energia como painéis fotovoltaicos ou bancos de baterias, possibilitando maior qualidade de energia elétrica entregue ao consumidor. Possibilitando a elevação do fator de potência e evitando variações de tensão em períodos com diferentes demandas.

Portanto, o processo de regulação de tensão deve ser iniciado na fase de planejamento, considerando características e requisitos de qualidade de energia para o possível crescimento temporal desta unidade consumidora. Porém, há dificuldade em fornecer tensões em faixas adequadas aos consumidores devido à queda de tensão existente durante o transporte de energia elétrica.

VI. REFERÊNCIAS

[1] ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrica Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica**. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/modulo-8>. Acesso em 15 de maio de 2018.

[2] ANEEL. **Resolução nº 505**, de 26 de novembro de 2001. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 16 de janeiro de 2004. Revogada pela REN ANEEL 395 de 15 de dezembro de 2009. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res2001505.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2018.

[3] ANEEL. **Resolução Normativa nº 395**, de 15 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 24 de dezembro de 2009. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/documents>. Acesso em 07 de junho de 2018.

[4] OLIVEIRA, M. A. G.; SHAYANY, R. A.; et al. **Ferramenta Computacional de Análise e Gestão da Qualidade de Energia**. XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI 2008. Pernambuco. Disponível em < http://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/04/Ferramenta-Computacional-de-Analise-e-Gestao-da-Qualidade-da-Energia-Eletrica.pdf >. Acesso em 07 de junho de 2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise do Contrato de Energia da Universidade Regional Integrada Do Alto Uruguai e das Missões *Campus* Santo Ângelo

Leandro Rambo; Ângelo Trein Lucca
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
leandrorambo@aluno.santoangelo.uri.br; angelotlucca@gmail.com

***Resumo* — É importante o dimensionamento correto das cargas e demanda a ser utilizada, bem como o fator de utilização dessa carga. A revisão da demanda é um passo a reduzir os custos no contrato, verificando qual o melhor valor a escolher. A concessionária oferece revisão anual junto ao cliente, possibilitando realizar ajustes básicos, conforme mudanças ocorridas no aumento ou redução de cargas na instalação, ou seja, na demanda utilizada. O objetivo do presente trabalho é obter a demanda que seja mais benéfica para a unidade consumidora, ou seja, que lhe proporcione menos custo no final de cada mês. Para isso, é necessário analisar as contas de energia e através de cálculos matemáticos obter a melhor demanda e tarifa.**

***Palavras-chaves* — Contrato, demanda, viabilidade econômica, tarifas de energia, consumo.**

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado com o intuito de verificar qual a melhor demanda a ser contratada pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) *Campus* Santo Ângelo, pois há períodos do ano em que há excesso de consumo de energia ocasionando altos valores financeiros à serem pagos a concessionária, em contraponto certos meses do ano o valor de energia consumida é extremamente baixo. Por isso é necessário encontrar aproximadamente o valor ideal onde o valor a ser pago a concessionária seja mais benéfico para ambas as partes.

Para o desenvolvimento do trabalho deve-se ter noção básica de como é composto a estruturação do contrato de energia e os dados de consumo dos prédios universitários.

O contrato de energia é o documento formal em que o consumidor contrata uma certa demanda junto a sua concessionária, para atender suas instalações elétricas gerais.

Cada consumidor, independentemente de sua região possuí um contrato de energia perante sua concessionária ou permissionária local. Neste contrato consta seus dados pessoais de cadastro, como logradouro e CPF, dados contratuais de energia, conforme caracterização da demanda, tarifas, e seu consumo mensal da instalação.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulariza o padrão de tarifas e preços devido ao tipo de consumidor, demanda, classe de tensão (em Baixa, Média Tensão ou Alta Tensão) e serviço a ser utilizado na unidade consumidora (residencial, comercial, industrial, irrigação, etc).

Com a utilização do "Analisador de Qualidade de Energia" espera-se verificar quais os pontos de maior consumo de energia nos prédios universitários.

Sendo assim, o estudo baseia-se na análise no contrato atual de energia da URI *Campus* Santo Ângelo, visando verificar se a demanda contratada perante a RGE condiz com a demanda utilizada diariamente nos prédios e ambientes externos do *Campus*, prevendo assim readequar o contrato, visando economicamente.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Para um estudo referente a contratação de energia, é necessário o conhecimento referente as partes que envolvem todo o método de cobrança do valor consumido e contratado pelo cliente, além de todas as tarifas e impostos cobrados, histórico do consumo, legislação vigente que rege a indústria de energia elétrica.

Na pesquisa bibliográfica, além da literatura específica, serão estudados normativas da ANEEL, cartilhas da Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE), e dados/valores fornecidos pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) / RGE (Rio Grande Energia S.A.)

Conforme estabelecido pela ANEEL, a conta de energia de cada unidade consumidora é estabelecida por diversos parâmetros analisados, contendo os custos desde a geração de energia até a medição de energia do cliente.

A. Estrutura Tarifária

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A estrutura tarifária é determinada pela ANEEL. As tarifas mais comuns são a de Baixa Tensão (grupo B) e a de Média Tensão (grupo A).

Para entender-se melhor sobre o funcionamento das tarifas deve-se ter conhecimento sobre a definição de demanda e o consumo de energia.

- **Demanda:** É a medida das potências instantâneas solicitadas a concessionária de energia pelo consumidor e integradas em função de um determinado intervalo de tempo, conhecido como período de integração, onde no Brasil esse tempo é de 15 minutos.
- **Consumo:** É a energia gasta durante o tempo de utilização. É determinada através da seguinte equação: Potência (W) x Tempo (h). Assim, o consumo de uma unidade de medida é W.h (Watt.hora).

De acordo com a Resolução 414/2010 da ANEEL, artigo 2º parágrafo XVXII-A, a estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicadas ao faturamento do mercado de distribuição de energia elétrica, que demonstra a significativa diferença relativa entre os custos da distribuidora de energia entre os subgrupos, classes e subclasses tarifárias, de acordo com as modalidades e postos tarifários estabelecidos pela agência [11].

A ANEEL estabelece 2.300 V como sendo o limite de tensão para diferenciar os níveis de fornecimento de tensão.

Desse modo, os grupos de consumidores são classificados como:

- Grupo B: unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou seja, são alimentados em Baixa Tensão.

Se a unidade consumidora recebe energia em Baixa Tensão (Grupo B), a mesma pagará somente o consumo mensal em kWh. Em baixa tensão, as tarifas são monômia.

- modalidade tarifária convencional monômia: adotado em unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, que independem das horas de utilização durante o dia.

São denominadas como grupo B os seguintes consumidores:

1) Consumidor residencial de baixa renda.
2) B1: Consumidor residencial;
3) B2: Consumidor rural e cooperativa de eletrificação rural.
4) B3: Demais classes.

Recentemente surgiu um novo modelo de tarifa para consumidores de Baixa Tensão, determinado como Tarifa Branca, que é adotada em unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, que são caracterizadas por tarifas diferentes de consumo de energia elétrica, com relação as horas de uso durante o dia.

Quando a unidade consumidora tem fornecimento de energia elétrica em Média Tensão, classificada como Grupo A, a mesma pagará valores estipulados no contrato com a concessionária, dos valores de consumo (kWh) e de demanda (kW):

1) A1: Fornecimento de tensão igual ou superior a 230 kV;
2) A2: Fornecimento em tensão de 88 a 138 kV;
3) A3: Fornecimento de tensão em 69 kV;
4) A3a: Fornecimento de tensão em 30 a 44 kV;
5) A4: Fornecimento em tensão de 2,3 a 25 kV;
6) Subgrupo AS: a tensão de fornecimento é inferior a 2,3 kV, e o sistema de distribuição é subterrâneo.

Sendo assim, obedece a uma das seguintes tarifas abaixo:

- modalidade tarifária convencional binômia: destinado às unidades consumidoras do grupo A, onde é caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização durante o dia; essa tarifa a partir de 2018 está sedo retirada, o os clientes deveram migrar para a Horária verde ou azul conforme melhor se adequarem.
- modalidade tarifária verde: destinado às unidades consumidoras do grupo A, caracterizadas por tarifas diferentes de consumo de energia elétrica, com base nas horas do dia, e apresenta uma única tarifa de demanda de potência.
- modalidade tarifária azul: destinado às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferentes do consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas do dia.

Conhecendo as tarifas de energia elétrica, estabelece quais são os períodos de utilização durante o dia que são definidos para cobrança diferencial na fatura de energia. São os chamados horário de ponta, fora de ponta e intermediário, descritos abaixo [4].

- **posto tarifário ponta:** período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora local, onde é considerado a curva de carga de seu sistema elétrico, para toda sua área de concessão, menos aos sábados, domingos e feriados.
- **posto tarifário intermediário:** período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, considerando uma hora anterior e outra posterior, aplicado basicamente para consumidores do Grupo B;
- **posto tarifário fora de ponta:** composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

complementares às horas delimitadas nos postos ponta e, para o Grupo B, intermediário.

Na Fig. 1 está descrito os valores cobrados pela RGE na Tarifa Verde, aplicadas aos consumidores de Média Tensão, como o estudo de caso analisado.

Tarifa Verde

Sub Grupo	TUSD			TE (R$/MWh)								Ultrapassagem (R$/KW)
					Ponta				Fora Ponta			
	R$ KW	Ponta R$ MWh	Fora Ponta R$ MWh	TE	Bandeira Verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha	TE	Bandeira Verde	Bandeira Amarela	Bandeira Vermelha	
A3a (30 a 44 kV)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A4 (2,3 a 25 kV)	13,47	993,30	62,65	402,05	402,05	412,05	452,05	249,92	249,92	259,92	299,92	26,94

Fig. 1. Tarifas RGE
Fonte: Site CPFL Energia, 2018

III. METODOLOGIA

O estudo será realizado com o objetivo de reduzir os gastos com a conta de energia da URI *Campus* Santo Ângelo, adequando o contrato conforme se analisar. A tarifa contratada pela universidade é a tarifa verde, e sua demanda contratada é de 360 kW. Para se analisar a conta de energia deve-se levar em consideração não só a demanda contratada, mas também outros pontos essenciais citados no referencial teórico.

Na Fig. 2 há explicado os passos a passos à serem realizados para a resolução do problema.

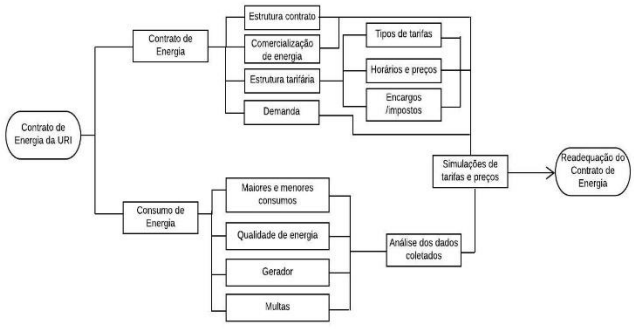


Fig. 2. Metodologia
Fonte: Autor, 2018

A. *Contrato de energia*

Para se realizar esse estudo será analisada as contas de energia da universidade, de no mínimo 24 meses (2 anos) para se ter uma caracterização mais sólida do consumo mensal de energia, verificando os valores de demanda contratada que é de 360 kW com a demanda consumida mensalmente. Além disso, observar também a potência reativa consumida tanto no período de ponta e fora de ponta.

Após checar as contas de energia será analisado a estrutura do contrato, os dados transmitidos nela, e os aspectos cobrados pela concessionária. A estrutura é padrão para todas as fornecedoras de energia elétrica, mudando só o aspecto visual de uma para outra empresa.

B. *Local de Estudo de Caso*

O estudo de caso será no Campus da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões em Santo Ângelo, situado na Av. Universidade das Missões, nº 464.

Será instalado o equipamento Analisador de Qualidade de Energia nos CDs dos prédios, conforme Fig. 3.

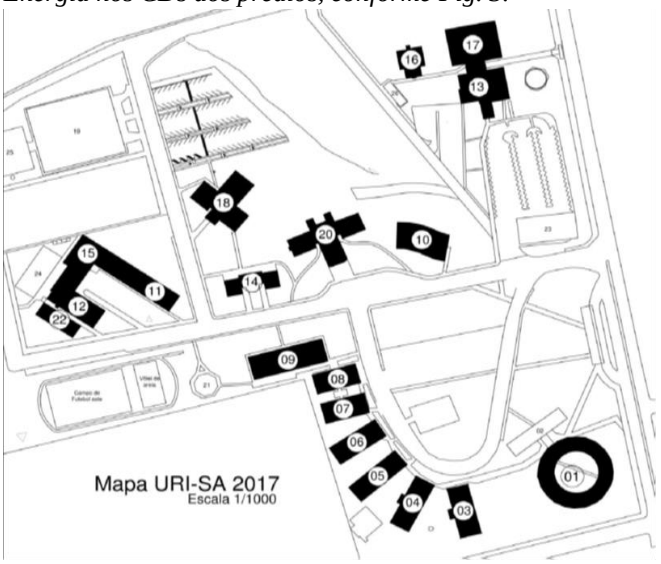


Fig. 3. Campus URI Santo Ângelo
Fonte: Mapa URI-SA, 2017

A. *Consumo de energia*

As instalações elétricas residenciais, industriais, escolares, comerciais e de serviços possuem diversas cargas elétricas instaladas e características próprias de seu funcionamento. O somatório da potência, em kW, dessas cargas nos dá uma ideia da potência instalada. No entanto, nem todos os equipamentos funcionam ao mesmo tempo.

Para avaliar o uso eficiente de energia elétrica pelo consumidor há o Fator de Carga (FC), que basicamente é a razão entre as demandas média e máxima da unidade consumidora no mesmo intervalo de tempo especificado. O FC

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

é um índice adimensional que vai de 0 a 1 – quanto mais próximo de 1, melhor a utilização da eletricidade [8].

Na imagem abaixo, tem-se os valores das contas de energias de no mínimo 2 anos (março de 2016 até o mês de agosto de 2018) obtidas junto a universidade.

TABELA I: DADOS DE DEMANDA CONTRATADA X UTILIZADA

Demanda Contratada (kW)	Demanda Utilizada (kW)
360	459
360	488
360	511
360	338
360	323
360	278
360	336
360	328
360	384
360	386
360	235
360	232
360	523
360	434
360	301
360	330
360	251
360	251
360	401
360	407
360	364
360	408
360	215
360	211
360	476
360	451
360	389
360	295
360	249
360	276

Fonte: Autor, 2018

Para verificar o consumo de energia em cada prédio universitário utilizou-se do equipamento "Analisador de Qualidade de Energia" do modelo PowerNET PQ-700 G4 da IMS Power Quality. Instalação será realizada observando os padrões de segurança em instalações do Ministério do Trabalho.

Fig. 4. PowerNET PQ-700 G4
Fonte: Site IMS Soluções em Energia Ltda, 2018

O produto é aplicado para medições em circuitos de alimentação de motores, máquinas e dispositivos industriais. Registra em sua memória interna as grandezas elétricas para posterior geração de gráficos e relatórios disponibilizadas pelo software da empresa. Verifica o comportamento de cargas com indicação dos principais parâmetros de qualidade de energia [5].

Fig. 5. Instalação Analisador de Qualidade de Energia
Fonte: do autor, 2018

B. Análise dos dados do Analisador

Após obter os dados de consumo de energia em cada prédio universitário através da utilização do analisador de qualidade de energia, será obtido as planilhas para verificação e análise dos dados de consumo de energia elétrica. Em seguida, através de cálculos matemáticos, será analisado qual a melhor

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

alteração a se fazer para reduzir o valor financeiro a ser pago nas próximas faturas.

C. Cálculos

Também será utilizado os seguintes cálculos abaixo para se obter o valor a ser pago para consumo de energia, demanda contratada e demanda de ultrapassagem, entre outros fatores que interferem no valor final no preço cobrado mensalmente.

A parcela do consumo é calculada multiplicando-se o consumo medido pela Tarifa de Consumo, conforme (1) [01]:

$$\boldsymbol{Pcons}: Tarifa_{consumo} * Consumo_{medido} \quad (1)$$

A demanda é calculada multiplicando-se a Tarifa de demanda pela Demanda Contratada ou pela demanda medida maior, conforme (2):

$$\boldsymbol{Pdemanda} = Tarifa_{demanda} * Demanda_{contratada} \quad (2)$$

A parcela de ultrapassagem é cobrada apenas quando a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a Demanda Contratada. Calcula-se multiplicando a Tarifa de Ultrapassagem pelo valor da demanda medida que supera a Demanda Contratada, conforme (3) :

$$\boldsymbol{Pultrap}: Tarifa_{ultrap} * (D_{medida} - D_{contratada} \quad (3)$$

Para a demanda de ultrapassagem tem-se a seguinte equação, conforme (4):

$$Dultrap(p) = [PAM(p) - PAC(p)] \times 2 \times VRDULT(p) \quad (4)$$

Onde:
Dultrap(p)= valor correspondente à demanda de potência ativa por posto horário "p", quando cabível, em Reais (R$);
PAM(p)= demanda de potência ativa medida em cada posto horário "p" no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);
PAC(p)= demanda de potência ativa contratada, por posto horário "p" no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);
VRDULT(p)= valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A; e
p= indica posto horário, ponta ou fora de ponta [10].

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Visa-se adequar corretamente o contrato de energia da URI *Campus* Santo Ângelo, com a demanda mais atualizada com o condizente atualmente pelo consumo, visando reduzir o valor pago mensalmente. Assim, com os cálculos e simulações à serem realizadas pode-se tanto aumentar ou diminuir a demanda contratada. As simulações estão em andamento, ainda sem nenhum resultado para esclarecimento.

V. CONCLUSÕES

Através deste estudo, foi possível entender mais sobre como é composto um contrato de energia de qualquer tipo de unidade consumidora, dentro da concessionária CPFL/RGE e respeitando as normativas estabelecidas pela ANEEL. Forneceu uma visão teórica e prática no que se refere as tarifas, demandas, impostos, regulamentos e normativas e viabilidade econômica.

VI. REFERÊNCIAS

[1]MME < http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20El%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf>. Acesso em 1-10-2018.

[2] CPFL Energia <https://www.cpflempresas.com.br/institucional/tarifas.aspx?emp=D008>. Acesso em 07-05-2018.

[3] CPFL Energia< https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/entenda-sua-conta/Paginas/default.aspx>. Acesso em 07-05-2018.

[4] ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica): Resolução Normativa nº 479, de 03 de Abril de 2012. < http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>. Acesso em 13-06-2018.

[5] IMS Soluções em Energia Ltda. < http://www.ims.ind.br/produto-detalhe/powernet-pq-700-g4>. Acesso em 30-06-2018.

[6] ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica): < http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa/-/asset_publisher/uQ5pCGhnyj0y/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fentendendo-a-tarifa%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_uQ5pCGhnyj0y%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso em 23-06-2018.

[7] DOCPLAYER < https://docplayer.com.br/8487405-Em-resumo-tarifa-de-energia-eletrica-dos-consumidores-cativos-e-de-forma-um-pouco-mais-detalhada-constituida-por.html>. Acesso em 28-06-2018.

[8] BATISTA FILHO, Dirceu Vargas. O Mercado de Energia Elétrica não Regulado: Estudo dos Procedimentos para a Migração de Clientes Cativos ao Mercado Livre de Energia, 2017. Acesso em 20-06-2018.

[9] FLORES, Gabriel Cima. Desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica de Baixo Custo. Acesso em 25-06-2018.

[10]Copel <ttp://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Faltatensao%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FF5EAD992942579F903257EBB0042F764>. Acesso em 01-10-2018.

[11]ANEEL<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0> Acessado em 13-06-2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise do Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia Aplicado à Comunicação nas Redes

Leonardo dos Anjos, Mauro Fonseca Rodrigues
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
leo4njos@gmail.com; mauro.rodrigues@gmail.com

Resumo - Através da comunicação presente na rede elétrica as empresas prestadoras dos serviços, podem ter um maior controle e gerência do sistema, apresentando uma melhor organização na sua forma de trabalho e demonstrando que a integração de sistemas de Telecomunicações é iminente e necessária. Esta comunicação presente nas redes elétricas é implantada formando uma rede inteligente, havendo uma troca de informações desde a geração, passando pela transmissão, até chegar ao cliente final, o que se enquadra nas chamadas *Smart grids*, organizando e controlando os sistemas por procedimentos computacionais e lógicas implementadas via software e acionadas por hardware específico. Com a análise do Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia (RGQ-SCM), poderão ser retirados os principais critérios que a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) utiliza para cobrar das empresas de telecomunicações e relacioná-los às REIs, para que se desempenhem bem as redes de comunicação ou sejam melhoradas, de acordo com os tópicos que serão listados para uma boa qualidade no serviço de comunicação multimídia dentro das Redes Elétricas Inteligentes(REI).

***Palavras-chaves* — Redes Elétricas Inteligentes, *Smart Grids*, Telecomunicações, Comunicação, Serviço de Comunicação Multimídia, Regulamento de Gestão de Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia, Qualidade na Comunicação.**

I. INTRODUÇÃO

Atualmente o tema que vem se tornando um dos tópicos principais no que diz respeito a evolução da Engenharia Elétrica, são as chamadas Redes Elétricas Inteligentes (REI), provindas do termo inglês *Smart Grids*, que tem como sua ideia principal a concatenação de vários elementos dentro de uma rede elétrica, tendo como base para isso os serviços de telecomunicação, que fazem com que as unidades presentes no sistema elétrico se comuniquem entre si, desde a geração da energia, passando pela transmissão e distribuição desta, até chegar no consumidor final. Diz-se, então, que se formará um arranjo inteligente.

No Brasil quem tem o poder de regulamentar e vistoriar a área de telecomunicações é a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), na qual se encaixa o Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia (RGQ-SCM), Resolução Nº 574, de 28 de outubro de 2011, o qual determina os objetivos de qualidade que devem ser atingidos pelas empresas que prestam o Serviço de Comunicação Multimídia (SCM), bem como as formas com que estas serão avaliadas, aquisição dos dados, assessoramento da qualidade do serviço prestado e também as informações que necessitam ser passadas para a ANATEL [1].

O Serviço de Comunicação Multimídia (SCM), é um serviço de telecomunicação que oferece a uma pessoa jurídica a possibilidade de emitir e transmitir informações multimídia, e a um subscritor dentro da área de domínio a contingência de receber estas, sendo qual for o meio utilizado. Conceituam-se informações multimídia sinais de áudio, vídeo, dados, voz e etc. [2].

Para que uma empresa possa prestar serviços de comunicação de dados e banda larga no Brasil, como por exemplo um provedor de internet, esta deve possuir uma autorização do SCM, possibilitando o seu uso de comunicação agregando-se áudio, imagem e dados [2].

Assim como nos Estados Unidos, vários países da Europa já disseminam as REI, predominando a instalação de medidores inteligentes de energia elétrica, que se tem como base para todo o processo de evolução destas redes no setor elétrico mundial [3]. As demais tecnologias vão escalonando o nível de automação e reconfiguração automática que o sistema poderá realizar.

Dentro de uma REI deve haver a comunicação entre os elementos presentes nas suas instalações, portanto para que não haja perdas na troca de informações e para que estas cheguem até o lugar que se necessita, se faz necessária uma infraestrutura comunicativa com alta velocidade e precisão, sendo esta bidirecional, interligando os pontos da instalação da

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

rede de forma que haja uma conversação entre si, trocando dados, além de um *backbone* que traga ao sistema em que está inserido confiabilidade, segurança, resistência e um bom gerenciamento [3].

Através deste trabalho, com a aplicação do Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia nas Redes Elétricas Inteligentes, poderão ser listados os principais tópicos a serem cobrados das empresas prestadoras de serviços de telecomunicações no Brasil, sabendo estas suas fundamentais obrigações diante de seus assinantes, ajustando-se às instalações de *smart grids* existentes e futuras no país, para que desempenhem um perfeito funcionamento.

II. Referencial Teórico

A. Serviço de Comunicação Multimídia (SCM)

A ANATEL tem a responsabilidade de vistoriar as empresas que prestam os serviços de comunicação multimídia através do RGQ-SCM, trazendo alguns pontos como indicadores de atendimento ao cliente e indicadores de rede [1].

Hoje em dia no Brasil, para que uma empresa do setor de telecomunicações possa prestar serviços dentro das normas, esta deve receber uma autorização da ANATEL que só será liberada a ela após o preenchimento de condições presentes em outro regimento da agência, chamado de Regulamento do Serviço de Comunicação Multimídia, aprovado pela Resolução n.° 614, de 28 de maio de 2013 [4].

Para a obtenção dos dados a serem enviados à ANATEL, as empresas devem contar com um software para medição dos parâmetros da rede e de um trabalho de pesquisa, nos quais os assinantes terão que, por meio do programa fazer as medições corretas para obter valores sobre a qualidade do que é contratado e através da pesquisa expressar suas opiniões sobre o serviço prestado, seguindo alguns parâmetros como: se estão sendo bem atendidos, se quando tiveram algum problema ele foi resolvido ou se foi feito o serviço e o problema voltou a aparece e assim por diante [1].

B. Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia (RGQ-SCM)

A ANATEL supervisiona a aptidão dos SCM através de parâmetros de operação. No RGQ-SCM, estão postados 14 indicadores pelos quais são apresentados como estão sendo desempenhadas as atividades por parte de prestadoras de serviço com mais de 50 mil acessos, demonstrando opiniões dos clientes conforme a rede, atendimento e sua reação diante destes pontos [5].

Para cada indicador presente no regulamento de qualidade, as prestadoras do serviço devem cumprir um propósito que é um desempenho mínimo a ser atingido por elas para sua adequação dentro dos padrões de normalidade impostos pela ANATEL em cada área onde o regulamento implica, cada região do país de uma forma [5].

Acredita-se que o ponto principal de cobrança do Regulamento seja os critérios utilizados pela ANATEL para indicar a qualidade da rede em que se encontram os assinantes, inclusive para um bom funcionamento de uma instalação de redes elétricas inteligentes, passam principalmente por uma rede com bom desempenho. Estes indicadores são: Garantia de velocidade Instantânea contratada, Garantia de Velocidade Média Contratada, Latência Bidirecional, Variação de Latência, Taxa de Perda de Pacote e Taxa de Disponibilidade [6].

Após a publicação do regulamento, a ANATEL disponibilizou para as prestadoras do serviço de comunicação multimídia um software, chamado SIMET – Sistema de Medição de Tráfego em Última Milha, que mede os indicadores de qualidade da rede já apontados anteriormente [6].

A todo ano, a ANATEL faz uma média em percentual do cumprimento das metas por parte das empresas de telecomunicações no Brasil com mais de 50 mil acessos, que considera os dados dos indicadores obtidos no ano através dos serviços desempenhados pelas prestadoras. Em 2017 o percentual atingiu 64,2%, tendo um aumento referente aos anos de 2015, com 59,4%, e 2016, com 63,2%. Na tabela 1 abaixo são apresentadas as companhias do serviço, suas determinadas regiões de atuação e a porcentagem do desempenho das metas obtida no ano de 2017 [5].

TABELA I - ÁREA DE OPERAÇÃO DAS PRESTADORAS DE (SCM) E PERCENTUAL DE METAS CUMPRIDAS EM 2017

Prestadoras	Área de Atuação (2017)	Municípios de Atuação (2017)	Percentual de cumprimento das metas (2017)
Algar Telecom	4 Estados (GO, MG, MS e SP)	87 municípios	84,5%
Cabo Telecom	RN	3 municípios	90,7%
Claro (Embratel + Net)	Nos 27 Estados do país	4.226 municípios	83,2%
Copel Telecomunicações	2 Estados (PR e SC)	70 municípios	61,2%
Multiplay	CE	1 município	85,7%

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Oi	26 Estados (não atua em SP)	4.691 municípios	23,1%
Sercomtel	PR	2 municípios	91,7%
SKY	22 Estados (não atua no AC, MS, MT, RR e TO)	112 municípios	82,4%
Tim	2 Estados (RJ e SP)	11 municípios	71,8%
Vivo	Nos 27 Estados do país	1.517 municípios	61,8%

Fonte: Adaptado de (Anatel, 2016).

C. Redes Elétricas Inteligentes (REI)

As Redes Elétricas Inteligentes ou Smart Grids, são consideradas redes inteligentes por ter a capacidade de os elementos presentes no sistema se comunicarem e comutar dados, permitindo a rede uma maior segurança e eficiência. Elas proporcionam o poder de oferta e controle de variadas fontes de energia, concedendo aos consumidores desta, a opção da origem a ser utilizada, visando a economia financeira e a redução das ameaças de sobrecarregar à rede [8].

O conceito fundamental de uma rede elétrica inteligente é a relação a ser feita entre a energia elétrica, os meios de comunicação e a tecnologia de informação, constituindo um sistema inteligente, visando um desenvolvimento de todo o projeto para levar vantagens aos pontos consumidores [8].

A aplicação de sistemas elétricos inteligentes tende com que os consumidores obtenham benefícios econômicos através do retardo nos acréscimos dos valores pagos nas suas contas de energia elétrica, justamente por causa do controle inteligente instalado. Além da economia por parte de seus clientes, as concessionárias também terão benefícios financeiros e inclusive em áreas simples do seu trabalho, como por exemplo, a leitura do consumo de energia elétrica, corte e religamento que antes dependiam de funcionários para serem feitos, passa a ser feita automaticamente através dos dispositivos inseridos na rede para estes fins [9].

A implementação das REIs permitirá com que haja interação entre as concessionárias de energia e seus consumidores, criando um cenário de comunicação entre as duas partes, permitindo os clientes por exemplo acesso em tempo real ao seu consumo e a qualidade do sinal elétrico recebido, também podendo se adequar a tarifas de acordo com o quanto consome e melhorando o tempo de para receber um atendimento, assim como as empresas fornecedoras da energia possuírem o poder de manusear alguma parte da rede e atender os clientes remotamente, detectar problemas e faltas ao longo da rede, ou seja, gerenciando e monitorando cada detalhe com maior facilidade [3].

Em uma instalação de smart grid existem tipos de hierarquia para controle, e estruturação do sistema, esta é disposta em camadas, que são as seguintes:

- Dispositivos do Consumidor: Estes dispositivos enviam dados ao concentrador do consumidor. Os dados de interesse do consumidor podem ser mantidas no local, já os que interessam a concessionária necessitam ser enviados a um nível superior;
- Concentrador e Interface do Consumidor: Esta camada tem a responsabilidade de expor os dados e comunicar-se com o consumidor, após feito isso, manda essas informações a uma camada superior;
- Medidores e Instrumentos: Tem como função conceber informações tanto das camadas inferiores quanto superiores e assegurar que estas cheguem até o destino final;
- Pontos de Concentração de dados: Recebem os dados de uma pequena extensão geográfica, agrupando-os e comunicando com a concessionária através de uma rede segura [3].

Através destas estruturas citadas acima, tem-se os seguintes termos, que representam a rede de comunicação para ligação entre o ponto de origem e destino dos dados:

- *Home Area Network* (HAN): Refere-se a rede que comunica o Concentrador e interface com os dispositivos do consumidor, em sua maioria, aparelhos que se encontram no interior das residências;
- *Home Building Area Network* (BAN): Tem praticamente as mesmas funções da HAN porém é voltada para instalações prediais;
- *Industrial Area Network* (IAN): Possui função semelhante da HAN e BAN, porém está presente em instalações industriais;
- *Personal Area Network* (PAN): Esta é uma rede de curta distância, normalmente ponto interno na área consumidora, associando dispositivos, abrangida por exemplo por um sistema Bluetooth;
- *Neighborhood Area Network* (NAN): Rede que liga medidores e instrumentos a um concentrador, abrange uma área não muito extensa, como por exemplo um bairro ou alguns quarteirões;
- *Wide Area Network* (WAN): Abrange uma rede de longa distância entre concentradores e a concessionária de energia [3].

Os Intelligent Electronic Devices (IEDs) constituem pontos importantes nos sistemas das REIs, eles integram uma saída convencional para gerir e controlar uma rede, geralmente chamada de SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition Systems). Esta abrange interfaces, componentes

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

de controle e gerenciamento, terminais remotos e IEDs conectados por uma rede comunicadora. Ultimamente os IEDs vem se desenvolvendo e fazendo parte de novos medidores inteligentes, sensores e sistemas de proteção. Já no SCADA, o modelo como se distribui o sistema não é encontrado comumente nas instalações de smart grids hoje em dia [8].

Similarmente às camadas citadas anteriormente, temos uma arquitetura de rede expressa na Figura 1 abaixo, onde demonstram os sistemas de energia e de controle da rede, nos quais as camadas que estão abaixo oferecem serviços as que estão acima e assim sucessivamente. Neste esquema as REI estão divididas em: camada de aplicação, camada de comunicação, camada de controle de energia e camada de sistema de energia [10].

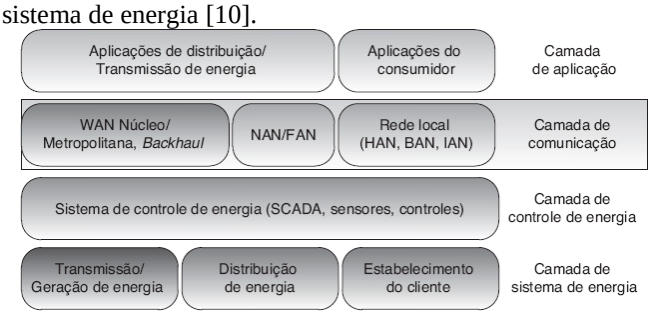


Figura 9 - Estrutura da rede para Smart Gridsa
Fonte - (BERGER, 2015)

1) Rede Local: Esta rede local está relacionada aos dispositivos utilizados pelo consumidor final, como aparelhos domésticos, através desta rede concessionária e cliente podem acompanhar os dados sobre a carga consumida e qualidade de sua rede. Neste setor de uma REI encontram-se as redes HAN, BAN e IAN, sendo a instalação domiciliar, predial ou industrial. É na rede local que estão inseridos os medidores inteligentes permitindo a concessionária e seus clientes o gerenciamento da energia elétrica [10].

Nas redes locais existem dois tipos de sistemas que podem ser implantados, com fio e sem fio, atualmente a preferência mundial é pelo segundo, por ser uma estrutura de fácil implementação e flexibilidade, já a rede com fio por ser mais onerosa é menos utilizada, porém trás a instalação mais confiabilidade e segurança, então vem sendo utilizada em alguns casos como retaguarda da outra, trazendo mais eficiência ao processo [10].

As principais tecnologias que são encontradas nas redes locais são: a *ZigBee* e a *HomePlug* [10].

A *Zig Bee* é uma estrutura sem fio bastante utilizada, por possuir um baixo custo e operar em baixa potência de sinal, baseado no padrão sem fio IEEE 802.15.4 proposto pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) e através de sistemas que auxiliam na operação através de protocolo IP utilizando inclusive IPV6 e em redes com perdas, e trabalhando em faixas de frequência de 868 MHz da Europa, 915 MHz na Austrália e nos EUA e também no padrão mundial de 2.4 GHz [10].

A *HomePlug* é uma estrutura que opera com fio, porém tem um baixo custo por transmitir informações sobre a própria linha de energia, funcionando paralelamente a comunicação com a transmissão da corrente elétrica. Este é um sistema que além de baixo investimento econômico propõe alta velocidade de propagação dos dados e simples forma de utilizá-lo. Também é padronizada pelo IEEE, utilizando o chamado padrão IEEE 1901 que implica justamente na utilização de comunicação através da rede de energia elétrica [10].

Como citado anteriormente, para maior segurança em uma instalação de redes elétricas inteligentes, utiliza-se a combinação dessas duas estruturas de rede, trazendo maior confiabilidade ao sistema, tendo uma tecnologia como retaguarda da outra [10].

A Figura 2 abaixo mostra as tecnologias que podem ser utilizadas nas redes locais.

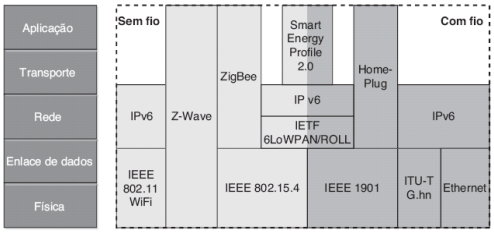


Figura 10 - Tecnologias de comunicação nas redes locais
Fonte - (BERGER,2015)

2) Rede de Vizinhança: Também conhecida como rede NAN, é ela que conecta os medidores inteligentes dispostos em pequenas áreas, como bairros, alguns quarteirões e etc., assim como tem o encargo de fazer a comunicação até a WAN, levando dados até as concessionárias, fazendo com que estas e seus clientes tenham controle aos dados de consumo e qualidade da energia elétrica entregue [10].

A escolha do tipo de tecnologia a ser utilizada neste tipo de comunicação varia um pouco em função do tamanho da área que ela precisa abranger, geralmente são utilizadas tecnologias sem fio, como o *worldwide interoperability for microwave access* (WiMAX), que trabalho com micro-ondas, assim como sistemas de comunicação celular, utilizando a 3G e a *long term evolution* (LTE) [10].

O WiMAX trabalha com sistema banda larga, segue o padrão IEEE 802.16, podendo atingir uma área de aproximadamente 5km com alta velocidade na transmissão das informações, podendo alcançar 40 MBits/s. A latência apresentada nessa estrutura se encontra entre 10 e 50 ms e eles trabalham nas frequências de 2,3, 2,5 e 3,5 GHz [10].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Os sistemas de telefonia celular tem uma boa utilização nas redes de vizinhança, a 3G pode desempenhar transferência de dados de alta velocidade, podendo conceder serviços de dados e voz. Ultimamente a tecnologia 3G pode fornecer aos usuários acesso a rede banda larga, com boa velocidade de conexão. Existem algumas regiões, como por exemplo nos Estados Unidos, onde se utiliza para interligar os medidores inteligentes a própria rede 3G existente no local, porém em todas as instalações de *smart grids* faz-se necessário o estudo do local para que a rede seja confiável e segura [10].

A LTE, chamada de comunicação de longo prazo é um sistema criado pelo Projeto de Parceria para Terceira Geração (3GPP), ela é uma tecnologia celular , mais precisamente chamada de 4G, na qual a transmissão de dados atinge tranquilamente a faixa dos 100 Mbits/s, transmitida por antenas inteligentes ela opera na faixa de frequência de 1,4 à 20MHz [10].

A Figura 3 abaixo apresenta a estrutura com fio e sem fio que pode ser empregada nas redes de vizinhança.

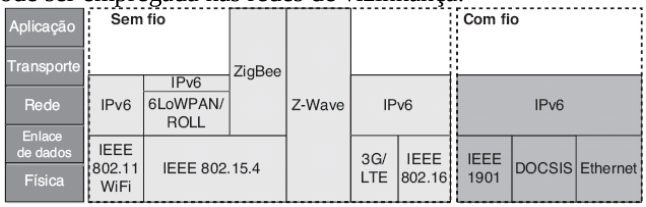


Figura 11 - Tecnologias de comunicação nas redes de vizinhança
Fonte - (BERGER, 2015)

3) Rede de Longa Distância: A rede de longa distância, chamada de WAN, pertence a concessionária, ela é o ultimo nível na estrutura de comunicação, composta pelo *backbone*, espinha dorsal do sistema, e da rede *backhaul*, responsável pela comunicação entre WAN e NAN. Os *backbones* em sua maioria utilizam redes de fibra óptica em seus arranjos, oferecendo a tendência a altas velocidades de conexão e baixa latência [10].

A redes WANs também se apresentam no sistema SCADA, gerenciando também a comunicação com as usinas de energia elétrica. Assim como a aplicação de redes através de fibra óptica, a WAN pode contar também com sistemas sem fio como WiMAX e 3G/LTE, que são sistemas seguros e podem ajudar na confiabilidade da rede. A Figura 4 abaixo apresenta as tecnologias que podem ser empregadas em uma instalação de comunicação nas redes elétricas inteligentes [10].

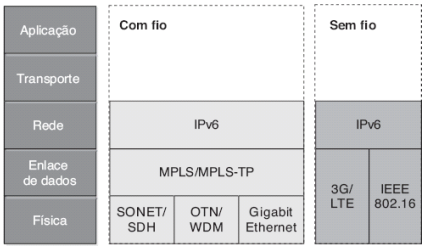


Figura 12 - Tecnologias de comunicação de redes de longa distância
Fonte – (BERGER, 2015)

No Brasil segundo o Projeto Estratégico de P&D - Programa Brasileiro de Redes Inteligentes, chamada nº 011/2010 da ANEEL de 2010, o que mais se apresenta são projetos de instalação de medidores inteligentes em algumas cidades do país, porém são iniciativas privadas, onde não se encontra muitos detalhes do desenvolvimento, mas que vem se desenvolvendo nos últimos anos e tende-se a aumentar essa disseminação nos próximos anos.

Portanto, como se tem em alguns lugares, como na cidade de Aparecida no interior de São Paulo, a aplicação de medidores inteligentes em cerca de 10 mil consumidores, segundo o P&D, suponha-se que se terá ao final do seu desenvolvimento um bom sistema de gerenciamento da rede de comunicação, possuindo redes HAN, NAN E WAN.

III. METODOLOGIA

Com a evolução das redes elétricas inteligentes, tende-se com que se desenvolvam também os serviços de comunicação e com isso se fará necessário que as redes tenham alta confiabilidade e segurança e com o desenvolvimento da análise desenvolvida nesse trabalho poderão ser aprimorados por parte das empresas de telecomunicações alguns pontos essenciais para que não haja falhas nas redes.

Para alcançar os objetivos pretendidos com o presente trabalho, criou-se o fluxograma apresentado na Figura 5 abaixo para auxiliar no desenvolvimento da analise do Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia aplicado nas formas como se comunicam as redes elétricas inteligentes.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Figura 13 - Fluxograma do estudo a ser realizado
Fonte – O autor

Através da revisão e análise do RGQ-SCM poderão ser obtidos alguns critérios utilizados por parte da ANATEL, para exigir uma boa qualidade na entrega do SCM por parte das prestadoras, serviços estes que estão presentes nas instalações de *smart grids* e com o desenvolvimento destas ao decorrer do tempo, necessitam de melhoras e soluções nas formas de atendimento por parte das empresas com os clientes e na entrega do sistema em ótimo funcionamento.

As REIs no Brasil, mantém um constante desenvolvimento e ainda tem-se poucos projetos finalizados nessa área, porém, poderão ser analisadas as tecnologias de comunicação que se apresentam nas *smart Grids* no geral, seja elas em redes locais, de vizinhança ou de longa distância, inclusive analisando as instalações no presentes no país.

Através de pesquisas sobre as instalações de redes elétricas inteligentes no Brasil, será feita uma comparação com as que já existem em alguns países da Europa e nos Estados Unidos para que se tenha como se basear diante de alguns padrões de funcionamento que já existem mundo a fora.

Após retirados do regulamento os critérios da ANATEL para uma boa qualidade nos serviços de comunicação e comparado as instalações de fora e as existentes no país, poderá ser feita uma relação com as *smart grids*, expondo tópicos pelos quais as empresas de telecomunicação devem se basear para desempenhar, de forma que a comunicação entre as camadas presentes nas redes elétricas inteligentes opere sem problemas.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é esperado nos próximos anos, as redes elétricas inteligentes tenderão a se expandir, não só no mercado brasileiro, mas no internacional, e com isso necessita-se de redes com uma infraestrutura de comunicação, sendo estas seguras, confiáveis, flexíveis e resistentes, podendo levar a transmissão de informações dentro da *smart grid* com alta velocidade.

Através das análises desempenhadas no presente projeto, espera-se os seguintes resultados para cada item presente no fluxograma mostrado anteriormente.

- Revisão do Regulamento de Gestão de Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia: Espera-se obter os principais critérios que a ANATEL utiliza para que se tenha uma boa qualidade nos serviços de comunicação multimídia;
- Analise dos requisitos da Anatel de qualidade para comunicação no Brasil: Espera-se utilizar os critérios da ANATEL de qualidade do serviço de comunicação e comparar com o serviço que é utilizado, tentando retirar do regulamento os principais indicadores que resultam em uma boa operação na comunicação;
- Estudo das aplicações de *Smart Grids* no Brasil: Espera-se obter as principais instalações existentes no país para comparar com os serviços de comunicação mais utilizados e poder analisar o que mais se tem no Brasil e o que pode ser melhorado.
- Estimar as formas de comunicação utilizada nas *Smart Grids*: Retirar as principais formas de comunicação existentes nas *Smart Grids* para que se tenha uma comparação dos serviços de telecomunicação prestados no Brasil e as principais cobranças para as prestadoras do serviço;
- Com a comparação entre as instalações de redes elétricas inteligentes no Brasil com as feitas em outros países, os futuros sistemas a serem implantados no país poderão se basear nas melhores formas de funcionamento que são utilizadas fora para uma melhora no que já existe e novas ideias para o que venha a ser feito nos próximos anos.
- Analise dos principais tópicos do regulamento utilizados para um bom funcionamento da comunicação nas *Smart Grids*.

Após toda a análise do regulamento e das comunicações presentes nas REIs, espera-se obter os principais tópicos exigidos pela ANATEL para um bom funcionamento nas comunicações, tanto para qualidade da rede, quanto para atendimento ao cliente por parte das prestadoras do serviço para um bom desempenho em seu trabalho, auxiliando para novas instalações que venham a ser feitas no Brasil e para melhora no desempenho das empresas de telecomunicações no cenário nacional.

Todos os objetivos do presente projeto continuam sendo explorados e encaminhados, encontra-se dificuldades nas informações sobre instalações de smart grids existentes no Brasil e formas de comunicações mais utilizadas para se ter

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

uma ideia do que pode ser melhorado nas formas de comunicação

VI. REFERÊNCIAS

[1] - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL) – Regulamento de Gestão da Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia. 2011. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/26-2011/57-resolucao-574>.

[2] - TELEBRASIL, Associação Brasileira de Telecomunicações. O Setor de Telecomunicações no Brasil: Uma visão estruturada. Novembro de 2011.

[3] - TOLEDO, F. Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes. (2012).

[4] - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL) – Comunicação Multimídia. 2015. Disponível em: < http://www.anatel.gov.br/setorregulado/comunicacao-multimidia-outorga>

[5] - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL) – Qualidade – Banda Larga Fixa. 2015. Disponível em: < http://www.anatel.gov.br/dados/controle-de-qualidade/controle-banda-larga>

[6] - TOSTA, Fernando César Baraviera. Prestação do serviço de comunicação multimídia via redes WAN: aspectos tecnológicos e regulatórios. 2012.

[7] - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL) – Área de Operação das Prestadoras (SCM). 2016. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=311>

[8] - LOPES, Y., FRANCO, R. H. F., MOLANO, D. A., DOS SANTOS, M. A., CALHAU, F. G., BASTOS, C. A. M.,FERNANDES, N. C. Smart Grid e IEC 61850 : Novos Desafios em Redes e Telecomunicaçõe para o Sistema Elétrico. (2012). Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT), (October). <https://doi.org/10.13140/2.1.2462.8168>. Acesso em Maio de 2018

[9] - PENETEL, F.H.J. Análise de Problemas Ligados às Comunicações em Redes Elétricas Inteligentes. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica.

[10] - BERGER, Lars Torsten, INIEWSKI, Krzysztof. Redes Elétricas Inteligentes - Aplicações, Comunicação e Segurança. LTC, 10/2015. [Minha Biblioteca].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Análise e Comparação de Sistemas de Telemetria para Mecanização Agrícola

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões
Fernando Gurski, Mauro Fonseca Rodrigues
fernandogcallegaro@gmail.com; mauro.rodrigues@gmail.com

***Resumo* — "Telemetria é um sistema de monitoramento à distância. A tecnologia funciona com base em comunicação sem fio e pode ser usada para comandar, medir ou rastrear equipamentos. No agronegócio, ela é usada para conectar máquinas e veículos, permitindo a coleta e o compartilhamento remoto de dados. Desse modo, os produtores rurais podem melhorar o gerenciamento de seus ativos e aproveitar ao máximo o potencial produtivo das lavouras. A telemetria é fundamental para o desenvolvimento da agricultura de precisão. Equipadas com sensores, as máquinas passam a coletar dados sobre o solo, o clima e a plantação. Informações como temperatura, umidade relativa, imagens, além de dados sobre o próprio funcionamento da máquina, são transmitidos em tempo real, por meio de rádio, satélite ou telefonia celular. Isso permite aos produtores rurais tomar medidas que otimizem a operação e aumentem a produtividade. O presente artigo tem como objetivo, verificar os meios de transmissão de dados existentes, eficiência dos mesmos e custo beneficio.**

***Palavras-chaves* — Telemetria, transmissão de dados, gprs.**

IX. INTRODUÇÃO

As pesquisas da computação têm contribuído com um grande avanço em todas as áreas, especialmente na agricultura com a automação em equipamentos agrícolas, o que contribui para uma melhoria das condições de trabalho e do meio ambiente, além de promover um aumento significativo na qualidade, produtividade e competitividade.

Para que uma máquina agrícola seja utilizada de forma otimizada, algumas características como consumo de combustível e a capacidade efetiva de trabalho precisam ser conhecidos. A aquisição e transmissão de dados é um dos principais problemas enfrentados por administradores de propriedades rurais.

[1] Define a importância dos dados com um sistema de aquisição eletrônico. A fim de qualificar e analisar corretamente a relação máquina agrícola-solo, faz-se necessária à aquisição de dados que sejam ao mesmo temo precisos, confiáveis e de rápida obtenção. Tal tarefa somente é possível por meio da utilização de equipamentos eletrônicos, como sensores, meios de armazenamento e transmissão de dados coletados, os quais devem basear-se em três princípios básicos: precisão adequada, custo acessível e boa robustez.

A comunicação em áreas remotas com uma central de captação de informações é o principio básico de funcionamento da transmissão via telemetria. Telemetria é a transferência e utilização de dados provindos de uma ou mais máquinas remotas, para seu monitoramento, medição e controle, permitindo uma comunicação instantânea via rede de computadores fixa ou sem fio (wireless).[2].

Com o avanço tecnológico, um número cada vez maior de equipamentos eletrônicos é utilizado em máquinas agrícolas e com eles nasce à necessidade de se obter a análise dos dados de forma on-line. Para isso, é preciso que haja o desenvolvimento de sistemas de transmissão de dados próprios para ambientes como operações de campo [3].

X. REFERENCIAL TEÓRICO

Todo sistema de telemetria é como uma engrenagem de tecnologias onde a falha em qualquer parte pode acarretar uma sequencia de falhas, e comprometer todo o sistema. Para que um sistema seja bem sucedido, o sincronismo entre as tecnologias deve ser muito bem ajustado, conforme as

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

particularidades de cada equipamento especificado pelo fabricante, destacando seu melhor desempenho.

Serão apresentadas as partes integrantes do sistema de telemetria, justificadas nesta pesquisa, desde sensores, sistema de coleta de dados, sistemas de transmissão e sistema de armazenamento.

A. Mecanização Agrícola

A mecanização agrícola passou a ser imprescindível quando o agricultor deixou de cultivar terras apenas para seu auto abastecimento e passou a desejar a remuneração do seu trabalho. As regiões que produziam pouco passaram a serem as mais produtoras. A máquina agrícola teve seu desenvolvimento à medida que o progresso evoluiu e com ele apareceram as facilidades de transporte e comunicação. Assim o agricultor viu-se obrigado a recorrer a meios que pudessem aumentar sua produção e que baixassem o preço dos produtos, melhorando a qualidade.

No final do século XX, deu-se início a uma nova fase da mecanização agrícola através da instrumentação das máquinas com componentes eletrônicos, sistemas ergonômicos de trabalho, proteção e segurança do operador. Esse novo período caracteriza-se pela automatização e robótica, proporcionando ao operador um fácil comando da maquina, possibilitando a eliminação de tarefas repetitivas, assim como fornecendo diversas informações por meio de transmissões automáticas de dados para a correção de processos errôneos, mostrados em computadores de bordo.

Segundo alguns autores [4], a agricultura sofrerá grandes transformações nos próximos anos, pela redução substancial de mão-de-obra no campo e por meio da substituição de culturas variadas pela monocultura numa mesma exploração agrícola, havendo a reconvenção e adaptação de novas culturas mais rentáveis.

As novas competências na área da mecanização agrícola buscam:

- O aumento da produtividade e qualidade, com uma melhor utilização dos recursos disponíveis reduzindo os custos e as perdas;
- A aquisição de conhecimentos e programas informativos que permitam a tomada de decisão com mais precisão e agilidade;
- O melhoramento das condições ergonômicas das máquinas agrícolas tendo em vista a maior segurança dos trabalhadores;
- A administração da exploração procurando reduzir ao máximo à contaminação do meio ambiente, prestando especial atenção à problemática dos agroquímicos.

A utilização de máquinas agrícolas é essencial para o aumento de áreas cultivadas e para a agilização da execução dos serviços, porém seus custos são expressivos e justificam um acompanhamento técnico e gerencial rigoroso. [6].

No final do século XX, deu-se início a uma nova fase de mecanização agrícola através da instrumentação das maquinas com componentes eletrônicos, sistemas ergonômicos de trabalho, proteção e segurança do operador e também da própria máquina. Este novo período caracterizou-se pela automatização e robótica, proporcionando um fácil manuseio da máquina, possibilitando a eliminação de tarefas repetitivas, bem como fornecer diversas informações por meios de transmissão de dados eficazes e confiáveis para correção de processos errôneos, mostradas em computador de bordo.

Segundo alguns autores [4], a agricultura sofrerá grandes transformações nos próximos anos, pela redução substancial de mão-de-obra no campo e por meio da substituição de culturas variadas pela monocultura numa mesma exploração agrícola, havendo a reconvenção e adaptação de novas culturas mais rentáveis.

As novas competências na área da mecanização agrícola buscam [4]:

- O aumento da produtividade e qualidade com uma melhor utilização dos recursos disponíveis reduzindo os custos e as perdas;
- A aquisição de conhecimentos e programas informativos que permitam a tomada de decisão com mais precisão e agilidade;
- O melhoramento das condições ergonômicas das maquinas agrícolas tendo em vista a maior segurança dos operadores;
- A administração da exploração procurando reduzir ao máximo à contaminação do meio ambiente, prestando especial atenção à problemática dos agroquímicos.

B. O que é a Telemetria

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Telemetria é a transferência (via rede fixa ou sem fio) e utilização de dados provindos de múltiplas máquinas remotas, distribuídas em uma área geográfica de forma pré-determinada, para o seu monitoramento, medição e controle. (Teleco, Inteligência em Telecomunicações).

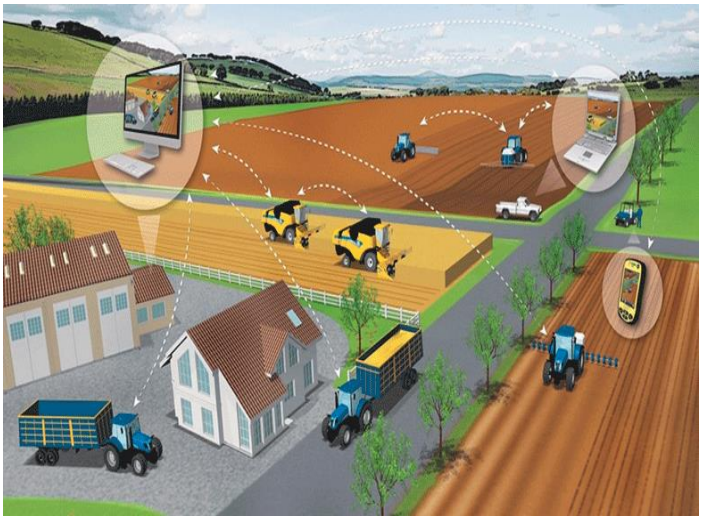
A origem da palavra telemetria vem de termos gregos como tele, que significa longe ou remoto, e metron, que se relaciona à medida, e de forma sucinta pode ser definida como uma técnica de obtenção de dados à distância, com a transferência de dados coletados pra o monitoramento, medição e controle. [5].

No agronegócio, ela é usada para conectar máquinas e veículos, permitindo a coleta e o compartilhamento remoto de dados. Desse modo, os produtores rurais podem melhorar o gerenciamento de seus ativos e aproveitar ao máximo o potencial produtivo das lavouras. A telemetria é fundamental para o desenvolvimento da agricultura de precisão. Equipadas com sensores, as máquinas passam a coletar dados sobre o solo, o clima e a plantação. Informações como temperatura, umidade relativa, imagens, além de dados sobre o próprio funcionamento da máquina, são transmitidos em tempo real, por meio de rádio, satélites ou telefonia celular. Isso permite aos produtores rurais tomar medidas que otimizem a operação e aumentem a produtividade.

Com a telemetria é possível saber imediatamente se uma máquina apresentou algum defeito. Ou medir o tempo em que os equipamentos ficam parados para a troca de turnos dos operadores. Os dados sobre o funcionamento das máquinas também permite uma gestão mais eficiente dos processos de manutenção. O que reduz custos e aumenta o tempo de vida útil dos equipamentos.

Também é possível gerenciar o gasto de combustível dos equipamentos. Com isso, os gestores poderão identificar desvios de consumo acima da media e enviar o equipamento para a revisão. A telemetria pode ser utilizada ainda para aperfeiçoar o uso dos insumos nas lavouras, o que toma sua aplicação mais eficiente e diminui o custo para o produtor. Na pulverização, por exemplo, a telemetria pode ser usada para controlar a atividade e promover uma aplicação mais homogênea dos defensivos. [6].

Figura 1- Sistema de Telemetria



FONTE: revista globo rural 05/06/2017

C. Componentes da telemetria.

Um sistema de rádio telemetria é composto por três unidades básicas: transmissor, receptor e antena. Para o caso de telemetria via satélite, além dos dois primeiros componentes, há também uma estação na terra, responsável pela coleta e processamento inicial de dados. No entanto, diferentes combinações de tecnologias podem tornar o sistema mais complexo. Descrevemos agora as unidades básicas do sistema ao longo do texto.

Transmissor: O transmissor é um dispositivo que fixado a máquina transmite sinais (usualmente ondas VHF ou UHF) que podem ser rastreados a distancia, relevando sua posição, transmissores podem, além disso, registrar, armazenar e/ou transmitir informações da maquina tais como posicionamento, velocidade, status que a maquina se encontra entre outras mais. Em um sistema de telemetria cuja coleta de dados é efetuada via satélite, os transmissores emitem sinais de radio captados pelos satélites em orbita terrestre que estão sobre a área no momento em que o sinal é emitido.

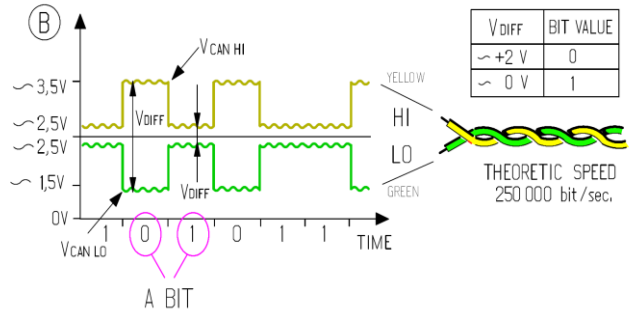
Receptores: o receptor é a unidade que capta os sinais emitidos pelo transmissor e os codifica, possibilitando a identificação e/ou localização da unidade transmissora. Os receptores tornam possível o controle da frequência de recepção do sinal. Essa função é de extrema importância, especialmente para o acompanhamento simultâneo de diversas máquinas em uma mesma região. Atualmente há diferentes características, no geral têm as mesmas funções básicas.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Antena: A antena receptora de sinal de satélites instalada na máquina recebe os sinais de localização e calcula seu posicionamento, armazenando esse dado no módulo eletrônico juntamente com o status atual.

Rede Can: Can Bus é um modelo de barramento para comunicação desenvolvido pela empresa BOSCH na década de 80, como meio de suprir a interligação e comunicação entre equipamentos eletrônicos embarcados em veículos automotores. Fisicamente, o CAN BUS é constituído por dois condutores para comunicação de dados, o que torna o projeto simples e barato, podendo no mesmo barramento ser conectados diversos nós de sistemas. Atualmente, tem larga aplicação na indústria de automação, aplicações médicas e automação residencial devido aos baixos custos, implementação facilitada e confiabilidade de comunicação. [7].

Figura 2- Sistema rede CAN



FONTE: (Redemaq)

Sensores: Um sensor é como um dispositivo que recebe e responde a um estimulo ou a um sinal. Um transdutor, por sua vez é um dispositivo que converte um tipo de energia em outra, não necessariamente em um sinal elétrico [8]. O sensor pode ser composto de um transdutor e de uma parte que converte a energia resultante em um sinal elétrico.

Tipos de Sensores: existem vários tipos e modelos de sensores que variam conforme o objeto alvo de sensoriamento em determinadas aplicações e expectativa de resultados. Destacam alguns dos tipos mais utilizados [9].

Indutivos: Esses sensores são considerados como componentes eletrônicos capazes de detectar a aproximação de um objeto sem a necessidade de contato físico entre o sensor e o acionador, e aumentam a vida útil do sensor por não possuir peças moveis sujeitas a desgastes mecânicos.

Capacitivos: Os sensores capacitivos são capazes de detectar a aproximação de objetos sem a necessidade de contato físico, tal quais os sensores indutivos, porem com principio de funcionamento baseado na variação da capacitância. [10].

Aquisição e armazenamento de dados

Como visto, os sensores apresentados como primeiro equipamento ou tecnologia que faz parte do sistema de transmissão são mecanismos que detectam alterações físicas no contexto de sensoriamento e geram informações das mais diversas formas, como pulsos, dados em série de forma digital, analógica, ou outras formas definidas pelos fabricantes dos sensores. Os dados gerados são armazenados automaticamente em um módulo sem que haja qualquer interferência do operador, que na maioria das vezes nem sabe da existência do equipamento. Esse módulo armazena as informações a cada minuto, sendo enviado um pacote de 10 em 10 minutos contendo o histórico mapeado no período.

Além disso, caso o sistema perca o sinal/conexão por algum motivo, ele mantem os dados das ultimas 50 horas e, ao restabelecer a comunicação, o sistema atualiza os dados automaticamente, inclusive informando o período que ficou sem conexão [10].

Transmissão de dados

Atualmente não se pode falar em tecnologia da informação sem pensar em transmissão de dados. A transmissão de dados é entendida como o transporte da informação de um lugar para outro, da origem ao destino. Para que se possa realizar uma comunicação de dados é necessária à utilização de sinais, que são fenômenos físicos aos quais se associa a informação. Para se realizar a transmissão de dados podem ser usados os sistemas de telemetria. [11].

Meios de transmissão de dados

Pode- se conceituar meio de transmissão como sendo todo suporte que transporta informações, desde a origem ate o destino e vice-versa. Os sistemas de transmissão de dados utilizam meios para o envio das informações, que podem ser dois tipos, meios físicos, por exemplo, cabo coaxial e fibra óptica, e meio não física, o espaço livre, com é o caso da comunicação por radiofrequência ou por satélites.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Sistemas celulares: Na telefonia, historicamente, o serviço básico, disponibilizado pelos provedores de redes de transporte, tem sido a aplicação da voz. Com o advento dos computadores, a partir da ultima década este cenário vem mudando. Desde a criação dos primeiros roteadores, que permitem a comunicação entre computadores, criou-se uma nova necessidade ao homem, comunicar-se através do transporte de pacotes de dados. [12]

Sistema GPRS: O GPRS- General Packet Radio Serviçe ou serviço ou Serviço geral de Rádios por Pacotes ou comutação por pacotes. O gprs oferece uma taxa de transferência de dados que pode ultrapassar a marca dos 170 kbps, mas na pratica fica em torno de 40 kbps. Diferente das tecnologias de comutação de circuitos, que é um modo no qual uma conexão é estabelecida do ponto de origem da transferência de dados ao destino e os recursos da rede são dedicados por toda a duração da chamada, o gprs é um serviço sempre ático. Ou seja, ele é um modo no qual os recursos somente são atribuídos a um usuário quando for necessário enviar ou receber dados. Esta técnica permite que vários usuários compartilhem os mesmos recursos, aumentando assim a capacidade da rede e permitindo uma gerencia razoavelmente eficiente dos recursos. Isto permite as operadoras gprs disponibilizar acesso á internet móvel em velocidade moderada a um custo razoável, pois a cobrança é feita pela quantidade de pacotes de dados transmitidos e não pelo tempo de conexão a rede. [13]

Na região sul do Brasil, as operadoras de telefonia móvel que mantêm a concessão do serviço sobre a tecnologia GSM dispõem de pacotes de transmissão de dados com custo baixo. Contam com o grande número de informações geradas pela coleta em um equipamento durante o processo no campo, e pode-se considerar que a técnica de envio de dados por SMS ficaria com custo elevado em função de a cada dois segundos gerarem-se uma nova mensagem.

Transmissão via satélites

A comunicação via satélites tornou-se, desde a sua criação, a maior evolução do homem no quesito comunicação. Através da comunicação via satélite foram possíveis vários progressos, dentre eles e com destaque a área das geociências, as telecomunicações e o transporte aéreo. Isto melhorou substancialmente a segurança e o desenvolvimento mundial. [14].

Com o avanço das tecnologias em microinformática, o satélite passou a ser o mais importante meio de transmissão de dados, podendo interligar qualquer parte do mundo quase em tempo real. Um dos recursos mais empregados nas telecomunicações são os satélites artificiais, que podem ser geoestacionários ou não estacionários. A comunicação via satélite apresenta grande vantagem em relação aos demais meios tradicionais, principalmente no que diz respeito a grande largura de banda disponível. Em termos simples, o satélite é como um grande chaveador, recebendo sinais de uma VSAT e repetindo-o diretamente para o ponto máster. Dessa forma, sua rede tem um ponto no espaço que facilita a transposição de grandes distâncias. [14].

Por se tratar de um meio que dispensa a utilização de cabos e grandes investimentos em infraestrutura, pode atender diversas localidades isoladas como fazendas, pequenas cidades e mesmos em barcos e caminhões. [14].

Diante do cenário apresentado, será acompanhado os dados recebidos de um trator equipado com telemetria via gprs a fim de verificar as deficiências em relação a qualidade de sinal, pois na região que o trator se encontra há uma grande falta de cobertura de sinal das operadoras, o que dificulta bastante o acompanhamento do mesmo em tempo real.

XI. OBJETIVOS

C. Geral

O objetivo geral é pesquisar e analisar novos meios de transmissão de dados para um sistema de telemetria agrícola, a fim de garantir uma entrega de toda coleta de dados em tempo real sem falhas, possibilitando uma tomada de decisão mais rápida e não baseada apenas em intuições.

D. Específicos

- Caracterizar o sistema de telemetria e seu funcionamento;
- Estudar a importância do uso da telemetria nos dias atuais;
- Analisar componentes que geram a coleta de dados;
- Verificar influência do relevo na comunicação;
- Avaliar as vantagens e desvantagens de seu uso;

XII. METODOLOGIA

A presente pesquisa será desenvolvida em três etapas:

Na primeira etapa, será feito o levantamento bibliográfico e um estudo sobre o que é a telemetria e qual sua importância, bem como suas vantagens e desvantagem.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Na segunda etapa, serão analisados os componentes que estruturam um sistema de telemetria, como são coletados os dados e também onde são armazenados. Destaque para a comunicação via rede CAN que compõe a maioria dos maquinários agrícolas e sensores que são responsáveis pela parte de coletar e informar o status em que a máquina se encontra.

A terceira etapa consistirá da analise dos meios de transmissão mais utilizados atualmente, considerando sua eficiência na entrega dos dados e também seu custo beneficio.

Fonte: Autor

XIII. RESULTADOS ESPERADOS

Através deste estudo será possível verificar a importância do uso da telemetria na agricultura, analisar os meios de transmissão de dados disponíveis, custo beneficio, rapidez e confiabilidade dos dados recebidos.

Também serão analisados quais deles se encaixam melhor na região sul, pois a diferença entre relevo tem grande influencia quando se diz respeito a transmissão de dados, a fim de garantir uma correta entrega dos dados podendo assim tomar decisões corretas e em tempo para intervir e corrigir futuros problemas e gastos desnecessários.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1]. MACHADO, Antônio Lilles Tavares**. Sistema eletrônico para aquisição de dados em máquinas agrícolas**. BioEng. 2007. Disponível em: http://www.ct.unicamp.br/docmenos/bioeng3/6_RENATO26-1.pdf. Acesso em: 24/06/2018

[2]. BONDE, Ian. Telemetria. Seção**: tutorial telefonia celular**. Disponível em: http://www.teleco.com/tutoriais/tutorialtelemetria/defaul.asp. Acesso em: 24/06/2018

[3]. SOUZA, R.V. INAMASU, R.Y.: TORRE-NETO, A. **Levantamento e sistematização de padrões desenvolvidos para máquinas e implementos agrícolas baseados no protocolo** CAN. In: SIMPÓSIO SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 3, 2001, Piracicaba. | Anais..., Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 2001.

[4]. SARUGA, F. Evolução da mecanização agrícola. Disponível em: < http://www.cna.pt/artigostecnicos/filipesaruga/06%20vtjulho2002_filipesaruga.pdf>. Acesso em: 26/06/2018.

[5]. SALLES, Cristiano. **A influência da Informação (telemetria) na Gestão de Frota**: um Estudo de Caso em uma Empresa de transportes de Médio Porte do Interior do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_319_30056.pdf. Acesso em: 28/06/2018.

[6]. BONATO, R.G. **Qualidade operacional da fenação: análise do processo de produção**. 2004. Dissertação de Mestrado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

[7]. TOTVS. Disponível em: https://www.totvs.com/biblioteca/noticias/como-a-telemetria-impulsiona-a-produtividade-na-agricultura . Acesso em: 26/06/2018.

[8]. LACERDA, Sergio**. Avaliação da Eficiência da Comunicação via Radiofrequência Utilizando o Transceiver NRF-24L01 para Monitoramento de Sistemas Elétricos no Conceito de Smart Grid**. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7553/2/arquivototal.pdf Acesso em: 27/06/2018.

[9]. OGATA, Katsuhiko**. Engenharia de controle moderno**. 4. Ed. São Paulo: Prentice-hall do Brasil, 2003.

[10]. WENDLING, Rafael Fazolin**. Técnicas de sensoriamento**. 2006. 43 p. Disponível em: http://s2i.das.ufsc.br/tikiwiki/apresentações/técnicas-sensoreamento.pdf. Acesso em: 26/06/2018.

[11]. SANTOS, F.B. Tsada- **Sistema de Telemetria Redundante e Tolerante a Falhas e utilizando Tecnologia** GSM/GPRS e ZIGBEE. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2010. Disponível em: http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5368/Santos%2C%20fernando%20beux%dos.pdf?sequence=1&isALOWED=y. Acesso em 28/06/2018.

[12]. Sichonany, Oni. **Sistema de Apoio À Decisão para utilização no Agronegócio** (SADA): Telemetria e Tratamento de dados de Desempenho de Máquina de Colheita https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3588/SICHONANY%2C%20ONI%20REASILVIA%20DE%20ALMEIDA%20OLIVEIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[13]. MOLIN, J. P. Revisão bibliográfica agricultura de precisão parte1**: o que é e estado da arte em sensoriamento**. Disponível em: http://br.monografias.com/trabalhos901/agricultura-precisão-sensoriamento/agricultura-precisão-sensoriamento.pdf. Acesso em: 26/06/2018.

[14]. VLADAS, Vaitekunas Junior. **Telemetria na Gestão de Equipamentos.** Sobratema, Palestra em 30 de maio de 2012. Disponível em: http://www.radiodados.com.br/Palestra.pdf. Acesso em: 26/08/2018.

[15]. COMUNICAÇÃO VIA SATÉLITE. https://pt.scribd.com/document/233251170/Comunicacao-via-Satelite Acesso em: 26/06/2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Desenvolvendo habilidades com foco na integração com o mercado
MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA
22 a 27/10/18
Engenharia Elétrica URI SANTO ÂNGELO

Análise e Correção de Falhas em Sistemas de Proteção

Edimilson Fernandes Schmitz; Diego Roberto Morais
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI
edimilson_bob@hotmail.com; diego.morais@san.uri.br

***Resumo* - Como o sistema elétrico de potência apresenta características peculiares e complexas, o objetivo desse trabalho será estudar alguns casos de sistemas de proteção de Linhas de Transmissão (LT's) e/ou subestações, verificando a possibilidade de implantação de melhorias que tornem o seu funcionamento mais eficiente e confiável. Este estudo levará também em conta o que é definido como critério de análise nos Procedimentos de Rede do ONS.**

***Palavras-chaves* – sistema elétrico, potência, linhas de transmissão, subestações, ONS.**

I. INTRODUÇÃO

Devido ao sistema elétrico de potência existente atualmente no Brasil ser bastante complexo, tanto na geração, transmissão ou distribuição, consequentemente os esquemas de proteções existentes para protegê-los serão de grande complexidade, para poderem ser adequados aos requisitos que o próprio sistema e o nível de tensão empregado exigem, variando entre 138kV até 750kV em corrente alternada e 600kV até 800kV em corrente contínua [4].

Nesse contexto, serão vários ajustes possíveis, variando de um local para o outro, porém seguindo algumas filosofias que regem os sistemas de proteção, geralmente definidos pelos procedimentos de rede do Operador Nacional do Sistema (ONS), visto que cada ajuste deve seguir algum tempo mais comum para a sua atuação se adequando ao que o local onde ele será implantado exigirá.

Para se conseguir um bom sistema de proteção é necessário que ele faça medições em tempo real, através delas poderão ser supervisionados os equipamentos a serem protegidos, atuando sempre que condições anormais ocorrerem, e assim manter esses equipamentos operando dentro dos parâmetros que eles foram projetados.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

É definido por esquema de proteção uma série de equipamentos que atuam juntos e assim mantém o sistema operando conforme esperado. Esses equipamentos são disjuntores, transformadores de potencial capacitivo (TPC's), transformadores de corrente (TC's), relés, circuitos de comando e alimentação auxiliar.

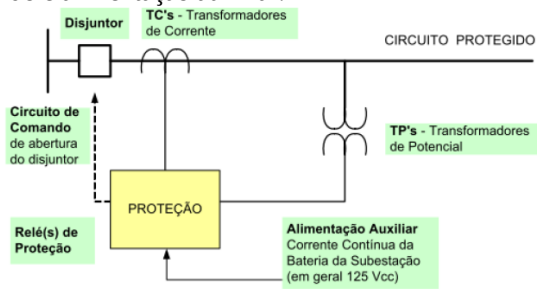


Fig. 1: Esquema de proteção com todo seu sistema.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

2.1 - Faltas em sistemas de proteção

Para poder realizar esse trabalho, serão vistas algumas faltas ou condições anormais que normalmente ocorrem e através delas que serão projetadas as proteções para atuarem corretamente.

É considerada falta, uma condição anormal perceptível, resultante da redução de isolação entre fase-fase ou fase- terra dos condutores de algum circuito ou equipamento, enquanto uma falha pode ser identificada como algum equipamento que não atuou corretamente acabou provocando uma falta. Como a maioria das LT's são aéreas, vários fatores podem provocar essas faltas, como vegetação, queimadas, descargas atmosféricas, ventos, entre outros. Existem também as causadas por erro humano, como algum parâmetro em desacordo com o que deveria estar ajustado e também decorrente de manobras errôneas, casos que também podem ser considerados como falhas.

A seguir, algumas ocorrências mais comuns que podem ser vistas em sistemas de proteção:

Falta trifásica com ou sem terra;
Falta fase-fase com ou sem terra;
Falta fase-terra;
Faltas simultâneas em pontos diferentes do sistema, afetando fases diferentes.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Rompimento de condutores de LT's com ou sem conexão à terra.

Curto circuito entre espiras de enrolamento de geradores, transformadores ou motores.

Todas as faltas são causadas por desbalanceamento no sistema, exceto as que são trifásicas, podendo elas ser somente trifásicas ou trifásicas à terra.

Nas tabelas a seguir serão vistas as distribuições de faltas por equipamento, estatísticas das causas e os tipos de faltas que podem ocorrer.

Equipamento	Probabilidade (%)
Linhas aéreas e cabos	69,7
Transformadores e reatores	9,2
Barramentos	6,7
Outras	5,7
Geradores	4,7
Outros equipamentos (motores, compensadores, etc.)	2,1
Sistemas externos	1
Consumidor	0,4

Tabela 1: Distribuição de falhas por equipamento.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

Tipos de faltas	Probabilidade (%)
Fenômenos naturais	50,2
Falha de equipamento	69,7
Falha humana	9,2
Falha operacional	6,7
Outras	5,7

Tabela 2: Estatísticas em relação à causas de falhas.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

Tipos de falta	Probabilidade (%)	Classificação	
		Permanente (%)	Transitória (%)
Trifásica	2	95	5
Bifásica	11	70	30
Fase-Terra	79	20	80
Outros	8	-	-

Tabela 3: Tipos de falta.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

2.2 - Requisitos mínimos para um bom funcionamento de um sistema de proteção

Também muito importante para a realização desse trabalho, existem alguns princípios que devem ser seguidos, assim pode-se conseguir uma boa eficácia em um sistema de proteção:

Velocidade: é a capacidade de atuar no tempo pré-estabelecido, atendendo as características particulares de cada sistema. Uma velocidade considerada eficiente é no tempo menor ou igual a 100 mili segundos.

Seletividade: deve restringir a área de interrupção ao mínimo necessário para isolar completamente o curto circuito, não afetando outra parte do sistema que não foi afetado pela falta ocorrida.

Segurança: a atuação instantânea dos esquemas de proteção diminui os efeitos causados através de um curto circuito, aumentando a segurança pessoal de quem tem acesso à subestação ou linha protegida.

Sensibilidade: capacidade para atuar nas condições normais de operação para a qual foi projetada, evitando danos ao sistema.

Confiabilidade: deve ter operação correta e precisa somente para o qual foi projetada, não atuando em outras condições e assim afetar demais equipamentos.

Além desses requisitos, um bom sistema de proteção, deve atuar coordenadamente, respeitando a sequência de atuação programada através das lógicas implantadas no sistema e com isso, eliminar a fata que provocou um comportamento indesejado no sistema protegido.

2.3 - Zonas de proteção

Responsável por proteger uma parte do sistema sendo definida por uma linha divisória imaginária no diagrama unifilar no sistema de potência. Pode ser constituída por um ou vários relés que são os responsáveis por todas as faltas que ocorram dentro da sua zona de proteção. Quando ocorrer uma falta, esse relé que estará fazendo a varredura do sistema em tempo real sentirá a falta e tomará a ação necessária, enviando um pulso elétrico que ativará as bobinas de disparo dos disjuntores isolando, assim a área com falta, dentro da sua zona de atuação.

A figura 2 mostra zonas de atuação para diferentes equipamentos, englobando geradores, barramentos, equipamentos internos de subestações, como transformadores e LT's. Em alguns casos pode ser percebido que elas possuem pontos ou áreas em comum, essa configuração tem a finalidade que nenhuma parte do sistema fique sem a proteção primária, que será a de atuação instantânea ou de alta velocidade e também, impede que o sistema como um todo tenha algum

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ponto cego e possa ficar desprotegido, podendo ocorrer alguma falta sem atuação correta do sistema de proteção.

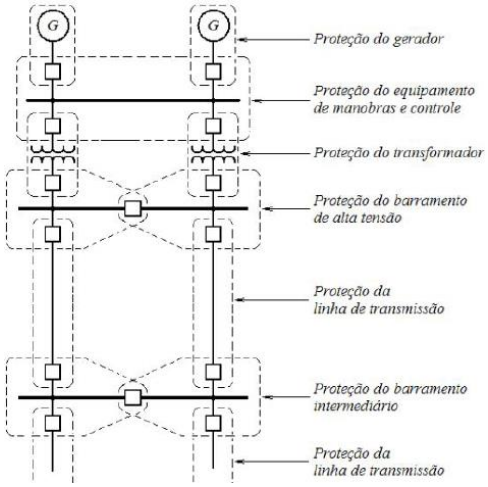


Fig 2: Zonas de proteção
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

Geralmente pode existir mais de uma zona atuando na função distância, com cada uma ajustada para a atuação no seu tempo e alcance definidos. As figuras a seguir mostram quatro zonas atuando simultaneamente, sendo três delas direcionais e outra com alcance não direcional.

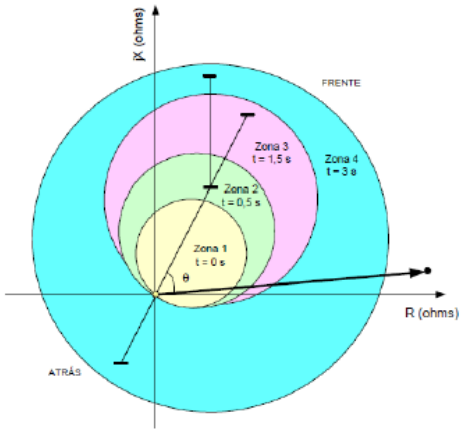


Fig 3: Zonas de alcance de distância.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

Em alguns casos, as zonas de proteção podem não ser definidas pelos disjuntores. Se isso ocorrer, devem ser abertos os disjuntores remotos, por um comando de disparo através de um canal de comunicação.

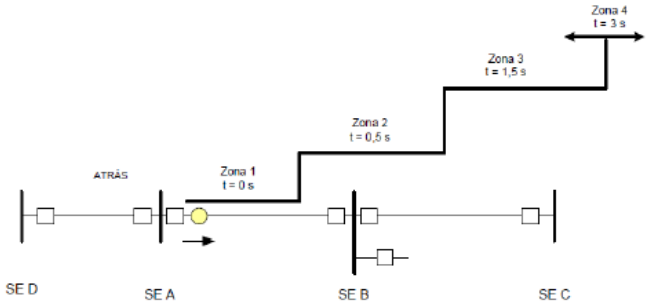


Fig 4: Zonas de alcance de distância.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

2.4 - Classificação das zonas de proteção

Em geral, uma mesma zona deve ser protegida por pelo menos, dois sistemas de proteção, que recebem o nome de proteção principal e alternada, que são sistemas redundantes, atuando exatamente igual ao outro, porém de forma independente. Isso garante que alguma falha dentro do próprio sistema impossibilite a atuação e deixe o sistema de potência desprotegido. Além disso, existem as retaguardas, para garantir a correta atuação, em caso de falta e garantir a correta atuação e proteger o sistema.

Em LT's com tensão igual ou superior a 230kV e grandes geradores, são duplicadas inclusive as fontes do serviço auxiliar, com fontes em corrente contínua atuando em paralelo, pois se tiver apenas uma fonte e caso aconteça alguma interrupção no serviço auxiliar, todo o sistema de proteção será perdido, e as linhas e subestações que estão ligadas a esse sistema ficarão desprotegidas.

Também são utilizados enrolamentos diferentes dos TC's e TPC's, com a proteção principal utilizando um enrolamento e a alternada utilizando outro, isso evita algum erro de medição e também pode ser usado como comparação, utilizando as medições de ambos para assim, garantir uma correta atuação.

A proteção principal caracteriza-se por ser uma atuação instantânea e seletiva, eliminando apenas o elemento defeituoso. Já a de retaguarda, é temporizada e quando ela atua, normalmente são desligados mais equipamentos que o necessário, ela só realizará a ação, quando ocorrer falha na proteção principal. Como exemplo para diferenciá-las, podemos usar a proteção diferencial de um transformador como principal, enquanto a sobrecorrente temporizada será a retaguarda local, que também pode ser remota através dos relés de distâncias, abrindo os disjuntores instalados nas subestações adjacentes.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

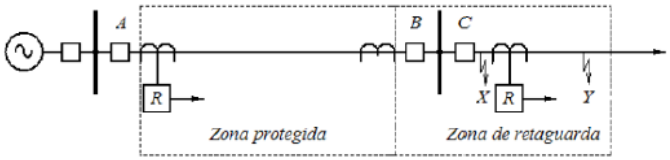


Fig 5: Zonas protegida e de retaguarda através de em esquema de proteção de distância.
Fonte: Eltman engenharia e sistemas, 2015.

O ONS, através de seus procedimentos de redes, no submódulo 2.5, item 3.2, revisão 1, define alguns parâmetros para proteção pertencentes a rede básica brasileira, que são as redes e equipamentos que operam em tensão igual ou superior a 230kV, conforme definição da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEL) [4] [5].

Proteção restrita ou unitária: destinada a detectar e eliminar, seletivamente e sem retardo de tempo intencional, faltas que ocorram apenas no equipamento protegido.

Proteção irrestrita ou de retaguarda: destinada a detectar e eliminar faltas que ocorram no equipamento protegido e fornecer proteção adicional para os equipamentos adjacentes.

Proteção principal: esquema composto por um conjunto de proteção unitária e outro de retaguarda, funcionando identicamente ao conjunto de proteção alternada e completamente independente deste, funcionando como sistema de redundância.

Proteção alternada: esquema composto por um conjunto de proteção unitária e outro de retaguarda, funcionando identicamente ao conjunto de proteção principal e completamente independente deste, funcionando como sistema de redundância.

Proteção intrínseca: dispositivos de proteção normalmente integrados ao equipamento, como relé de gás nos transformadores e disjuntores, relés de sobre temperatura, etc.

No parágrafo 5.2.2 do submódulo 2.5, o ONS também define que em tensão igual ou superior a 345kV, as mesmas devem possuir um conjunto de proteção principal e outra alternada, totalmente redundantes, já na classe de tensão de 230kV, não precisam ser redundantes, podendo inclusive ser, de tipos e/ou fabricantes diferentes, porém devem ser equipamentos distintos [4].

2.5 - Funções dos relés de proteção

Existe uma série de funções em que os relés de proteção podem atuar, elas são listadas e numeradas através da tabela ANSI/IEC 62850. A seguir serão vistas as funções dos relés mais utilizadas em proteções de LT's e equipamentos. São baseadas basicamente em três grandezas, que são elas, sobrecorrente, distância, e diferencial.

Função de sobrecorrente instantânea ou temporizada (50/51): quando ocorre uma falta, a corrente é elevada e se tona muito maior em relação a corrente pré falta na qual o sistema está acostumado a operar, assim a leitura de corrente é um método eficiente na hora de extinguir uma falta. Os relés de sobrecorrente podem ter a característica de atuação instantânea ou temporizada, dependendo da sua área de atuação. Podem ter a função de sobrecorrente de neutro, sendo ela igualmente, instantânea ou temporizada.

Função direcional de sobrecorrente (67): possuem uma característica extra, que é a direção da corrente medida e também podem ter tempos distintos dependendo da configuração desejada, são utilizadas geralmente, como proteção de retaguarda. Também possui a característica de sobrecorrente direcional de neutro.

Função de distância (21): proporcionam excelente proteção, sendo mais adequados para LT's do que os relés de sobrecorrente, devido serem mais rápidos, seletivos e não estarem sujeitos a variação da capacidade geradora conectada ao sistema. Atuam através da relação entre tensão e corrente apropriadas, que representam a fração de impedância de sequência positiva da linha, na qual essa falta ocorre.

Diferencial (87): como o próprio nome indica seu princípio de atuação, se baseia na comparação de grandezas que entram e saem no circuito protegido e agindo quando detectada alguma diferença de medição entre essa entrada e saída. Pode ser utilizados em motores, equipamentos de subestações, como transformadores, barramentos e também em LT's, utilizando um meio de comunicação existente entre as duas subestações interligadas.

2.6 - Teleproteção

Definida como a função 85 da tabela ANSI, é a solução encontrada para conciliar velocidade e seletividade, ou seja, garantir que a LT inteira seja provida de proteção de alta velocidade, sendo desejável numa rede integrada, onde a abertura temporizada de um dos terminais da linha seja intolerável para o sistema. Como o sistema de potência é firmemente unido, nenhuma falta pode ser considerada distante o suficiente para que uma isolação lenta possa ser aceitável, por isso a utilização da teleproteção se torna de extrema importância.

Ela atua através de dois requisitos dos sistemas de proteção, que são comparação de direcional e transferência de disparo. Cada um desses sistemas conduz a subclassificações

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

adicionais: esquemas permissivos e não permissivos, sobre ou subalcance, esquemas de bloqueio ou desbloqueio, etc.

Os esquemas de teleproteção requerem comunicação entre os dois terminais da LT para informar se uma falta está na direção da zona de proteção ou direção oposta, ou simplesmente para comandar o disparo remoto. Existem alguns meio de comunicação que são utilizados nos esquemas de teleproteção, entre eles.

Fio piloto (conexão por cabos de cobre, entre os terminais da LT)

Carrier (OPLAT – onda portadora sobre linhas de alta tensão).

Rádio UHF.

Fibra óptica em cabo OPGW.

Fibra óptica em cabo dielétrico.

Rede de comunicações, pública ou privada, geralmente digital.

III. METODOLOGIA

Primeiramente, serão analisados todos os requisitos de proteção e controle existentes definidos como parâmetros para qualquer estudo ou implementação de algum sistema de proteção nos procedimentos de rede do ONS.

Após essa etapa, com todas as definições listadas para seguir, será idealizado algum sistema de proteção, envolvendo subestações, linhas de transmissão e geradores, definindo um modelo padrão de proteção que possa ser instalado e que cumpra os requisitos dessa configuração, não esquecendo os requisitos acima comentados, porém, adaptando as funções de proteção que mais se enquadram nesse novo projeto.

Na próxima etapa, serão realizados testes de comissionamento para estudar o comportamento do sistema. Como será a primeira vez desse sistema rodando, algumas perturbações serão simuladas, então poderá ser observado como os esquemas de proteção pré-definidos se comportam. Com os resultados desses testes, poderá ser percebida como se comportam as proteções que foram definidas anteriormente. Em virtude de serem os primeiros testes do sistema, algumas atuações ocorrerão de forma errônea, em desacordo com o esperado.

Continuando a pesquisa, serão estudadas as atuações indevidas, modelos e lógicas que estão definidos, inclusive seus tempos de atuação e então, as alterações que forem pertinentes para uma correta atuação, eliminando ou minimizando as faltas, do esquema de proteção desse sistema, serão inseridas.

Após a definição e instalação dessas melhorias, serão feitos novos testes. Como o novo cenário terá novos ajustes, as lógicas de proteção que estão rodando, seus respectivos tempos de atuação de cada função de proteção serão ajustados para obter, a partir de então, uma correta atuação dessa nova configuração dos ajustes instalados nos esquemas de proteção desse sistema.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Esse estudo tem o objetivo de realizar melhorias em sistemas de proteção, para que os estudos e até mesmo os próprios esquemas implantados, obtenham melhor atuação e possam minimizar o tempo de comissionamento e consequentemente viabilizar a parte financeira, visto que essa etapa, financeiramente, é uma que mais pesa em relação às outras, quando da implementação de alguma melhoria, ampliação ou até mesmo construção se alguma nova subestação, LT ou unidade geradora para ser adicionado ao sistema elétrico de potência.

Se os resultados obtidos nos primeiros testes a serem realizados forem os esperados, o comissionamento dessa configuração poderá ser finalizado e entregue, reduzindo também o tempo de trabalho da equipe envolvida, com os novos equipamentos entrando em operação e com um esquema de proteção confiável e eficiente.

V. REFERÊNCIAS

[1] Caminha, Amadeu Casal. Introdução à proteção dos sistemas elétricos. São Paulo, Edgard Blucher. 1977.

[2] Barbosa, I.J. Fundamentos de Proteção de Sistemas Elétricos. São José da Barra, MG. 2009.

[3] Eltman, Engenharia e Sistemas LTDA. Curso básico de Proteção de Linhas de Transmissão. São Paulo. 2015.

[4] Operador Nacional do Sistema Elétrico - Procedimentos de Rede ONS. Disponível em: http://ons.org.br/pt/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes. Acesso em 05 de maio de 2018.

[5] Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Disponível em http://www.aneel.gov.br/. Acesso em 05 de maio de 2018.

[6] Tabela ANSI/IEC 62850 – Disponível em: http://www.contator.com.br/Tabela%20ANSI.pdf. Acesso em 15/06/2018.

Aproveitamento de Energia Eólica Para Geração de Energia Elétrica

Kreuzberg, J.; Fruet, F.; Fernandes, M.; Möller, R.; Kopp, S.; Knak Neto, N.
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
j.kreuzberg@gmail.com; frantiesco.fruet@taesa.com.br ; matheusfernandes1903@gmail.com;
rodrigo.moller13@gmail.com; samuka_kopp@hotmail.com; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — O aproveitamento de recursos naturais sem depreciação dos mesmos é um dos principais desafios do século XXI, abrangendo todos os setores de produção, inclusive o de geração de energia. A utilização de meios de geração de energia limpa como a eólica e a solar, são uma das maiores ferramentas para transpor este revés. Com ênfase nestes meios alternativos de geração este trabalho visa reunir informações sobre o cenário em torno da geração de energia eólica no Brasil, tecnologias e dados climáticos envolvidas em sua produção para construir um protótipo de gerador eólico de baixo custo, com materiais alternativos e de fácil acesso, com intuito de suprir pequenas demandas de energia e que possa ser implementado com facilidade em uma residência.**

***Palavras-chaves* — Protótipo; Geração eólica; Fontes renováveis.**

I. INTRODUÇÃO

A eletricidade possui inúmeras aplicações, desde iluminar ambientes através da produção de luminescência, até movimentar grandes máquinas por meio dos motores elétricos. Desta forma a eletricidade vem ganhando cada vez mais espaço no nosso cotidiano, sendo utilizada para executar as mais diversas funções que antes eram executadas de forma manual, tornando-a essencial para o desenvolvimento econômico e social em dias atuais.

Com as incontáveis possibilidades de uso da eletricidade, a matriz energética de um país torna-se fundamental para seu crescimento, visto que é um recurso básico na maioria dos processos produtivos e no dia-a-dia da população. A sua geração, no Brasil ocorre principalmente através de hidroelétricas através do aproveitamento da energia potencial proveniente do escoamento da água dos rios, situação na qual o país possuí posição privilegiada e termoelétricas pela queima de combustíveis, porém existem inúmeras formas alternativas de produzi-la, entre elas a geração eólica.

O aproveitamento da energia eólica ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, sendo que quando se deseja aproveita-la para gerar eletricidade, esta turbina é acoplada a um aerogerador[1]. As primeiras tentativas de gerar eletricidade desta forma surgiram no final do século XIX, porém sem sucesso efetivo. Somente na década de 1970, com a crise internacional do petróleo que este tipo de aproveitamento ganhou interesse de investimentos maiores, possibilitando a produção destes geradores em escala comercial [2].

Apesar de ser uma fonte de energia limpa, são poucos os geradores de pequeno porte instalados pelos próprios consumidores, isto porque o potencial eólico exige conhecimento mais aprofundado do comportamento do regime de ventos, pois estes dados auxiliam na determinação do potencial energético de uma determinada região, tornando seu uso um tanto complexo[3]. Nesses estudos são considerados a velocidade e a direção do vento, sendo necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos no local da instalação, entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos (edifícios, por exemplo).

Outro fator que dificulta a implementação destes sistemas de pequeno porte é a limitação do mercado, que conta com pouca variedade de geradores de eixo vertical [4]. Tendo em vista este cenário, em que temos uma capacidade de expansão do aproveitamento da energia eólica e a falta de soluções de geração nestes casos, realizou-se o estudo descrito neste relatório, que prevê a pesquisa das características construtivas de geradores eólicos e posteriormente a construção de um aerogerador de pequeno porte, com baixo custo e de fácil manuseio, com finalidade de suprir pequenas demandas.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

II. FUNCIONAMENTO DOS GERADORES EÓLICOS E SEUS COMPONENTES

O projeto de um aerogerador envolve profissionais de vários campos do conhecimento, incluindo meteorologia, aerodinâmica, eletricidade, controle de processos, bem como a engenharia civil, mecânica e estrutural. A construção desses geradores variam de acordo com cada projeto, mas em sua totalidade atuam na conversão da energia cinética proveniente dos ventos em energia elétrica, e para tal possuem alguns componentes essenciais para seu funcionamento sendo comuns, na maioria dos modelos existentes, os quais serão abordados nos próximos tópicos deste trabalho. [5]

A. Rotor e pás

Basicamente existem dois modelos de rotores para aerogeradores, os verticais e os horizontais. As versões com rotores verticais têm como principal característica a não necessidade de mecanismos de acoplamento para variações de direção do vento. Já os modelos de eixo horizontal são os mais comuns, e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização.

A conversão da energia eólica em energia elétrica ocorre através da passagem do vento pelas pás da turbina que são acopladas ao rotor. As pás tem a função de bloquear parcialmente a passagem do vento, dessa forma o mesmo exerce uma força sobre as pás forçando o movimento de rotação do eixo (Fig. 1). Para que o movimento ocorra as pás devem ter uma angulação com relação ao vento e não podem estar perpendiculares. Atualmente as máquinas eólicas de grande porte disponíveis são em maioria tripás de eixo horizontal. Entretanto, existem máquinas bipás, monopás, quadripás e multipás de eixo horizontal, além das máquinas Darrieus e Savonius de eixo vertical, bem como diversos outros dispositivos. Essas inúmeras variantes são normalmente utilizadas apenas para máquinas de pequeno porte.

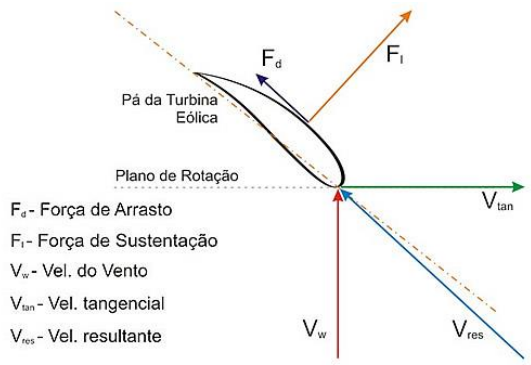


Fig. 1 - Representação da conversão da energia eólica em energia elétrica.

A força de sustentação é perpendicular ao fluxo do vento resultante visto pela pá (V_{res}), resultado da subtração vetorial da velocidade do vento incidente (V_w) com a velocidade tangencial da pá da turbina eólica (V_{tan}), conforme a Equação 1.

$$\overrightarrow{V_{res}} = \overrightarrow{V_w} - \overrightarrow{V_{tan}} \quad (1)$$

Onde Vtan é produto da velocidade angular do rotor (ω_{rotor}) pelo raio do rotor, como visto na Equação 2.

$$V_{tan} = \omega_{rotor} \text{ X Raio} \quad (2)$$

A força de arrasto é produzida na mesma direção de Vres. A resultante das componentes da força de sustentação e de arrasto na direção Vtan, produz o torque (T_{mec}) da turbina eólica. A potência mecânica (P_{mec}) extraída do vento é igual ao torque vezes a velocidade angular do rotor, conforme a Equação 3.

$$P_{mec} = T_{mec} \text{ X } \omega_{rotor} \quad (3)$$

B. Gerador Elétrico

No gerador o movimento do rotor produz a variação do campo magnético, resultando em uma força eletromotriz (f.e.m.) por meio da indução eletromagnética, assim como, nos geradores das usinas hidrelétricas. O gerador utilizado pode variar conforme as características do projeto de cada fabricante, e da capacidade de geração, podendo ser usados tanto geradores de corrente contínua (CC) quanto de corrente alternada (CA). O dimensionamento do gerador é realizado de acordo com a potência mecânica obtida no eixo.

Os geradores eólicos de grande porte possuem juntamente com o gerador, um sistema de controle para regular a energia produzida, a fim de garantir níveis de tensão e frequência estáveis em sua saída. Para auxiliar neste processo geralmente está empregado o uso da eletrônica de potência por meio de retificadores e inversores de frequência ambos conectados ao sistema de controle.

A energia gerada pode ser injetada diretamente na rede, nesses casos não se faz uso de baterias para armazená-la, sendo este sistema é chamado de *on grid*. Já os sistemas off grid (onde ocorre armazenamento), faz-se uso de bancos de baterias, que são utilizadas posteriormente em caso de falta de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

energia da rede elétrica, em sistemas isolados da rede ou ainda em muitos casos para iluminação noturna.

III. PROTÓTIPO DE GERAÇÃO

Após analisar as características dos modelos de aerogerador disponíveis no mercado e um breve estudo do regime de ventos disponíveis na região que indicou uma velocidade média de 3,2m/s, optou-se em desenvolver um protótipo com eixo vertical e pás do tipo Savonius (Fig. 2), devido a força predominante neste tipo de geradores ser a força de arrasto, ou seja, as turbinas giram predominantemente pela pressão do ar sobre as pás. As turbinas Savonius possuem normalmente preços mais baixos e começam a girar em velocidades menor em relação a outros tipos de turbinas eólicas (Fig. 4), porém é o tipo de turbina com menor eficiência tomando em consideração a área de captação de energia.

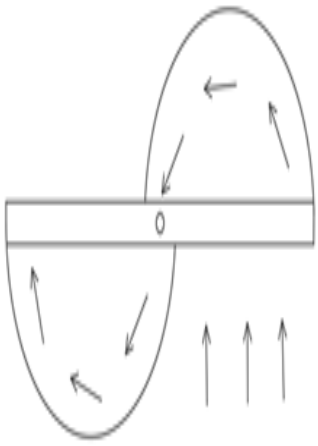


Fig. 2 – Turbina do tipo Savonius.

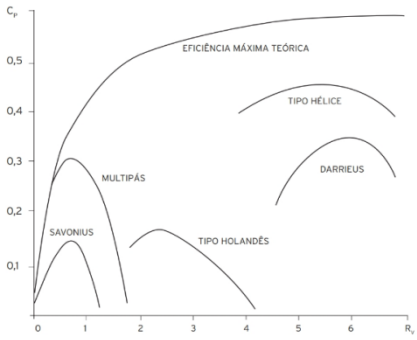


Fig. 3 – Coeficiente de potência x Razão de velocidade.

Avaliando a figura 3 pode-se observar que a turbina Savonius disponibiliza um coeficiente de potência no seu ponto máximo em aproximadamente 0,15 para uma razão de velocidade em torno de 0,8.

No processo de conversão da energia mecânica obtida pelas pás, utilizou-se imãs permanentes como fonte campo magnético, os quais foram fixados em um rotor acoplado as pás por meio de um eixo, assim os mesmos produzem uma variação de fluxo magnético. As bobinas por sua vez estão fixas em torno deste rotor e é responsável por transformar a variação de fluxo em uma diferença de potencial.

Para sustentar todas as partes que compõem o gerador foi utilizado um suporte metálico retangular 710x260x70 mm, que está fixada em uma caixa de MDF para proteger a estrutura medindo 660x545x280 mm Para confeccionar todas as demais partes do protótipo utilizou-se alguns insumos abaixo relacionados (Tabela 1).

Tabela 1 - Matérias utilizados na construção do aerogerador.

Quantidade	Descrição
1 Kg	Fio esmaltado 20 AWG
1 un.	Estator de Lâminas de Ferro Silício de motor de indução
1 un.	Aro de alumínio de 20 cm de raio
2 un.	Mancal de motor de 10 cm de diâmetro
10 cm²	Isolante de poliéster para isolação de motores
4 un.	Diodos 1N4007
1 un.	Canaleta 20x12x2000 mm com adesivo
1 un.	Bateria 12 V
2 un.	Capacitores 1000 uF 50V
1 un.	Régua de bornes
1 un.	Placa perfurada de 50x100 mm
2 m	Tubo retangular 30x70 mm
1 m	Eixo metálico de ½ "
2 m	Cinta de aço galvanizado 10 mm
10 un.	Imãs circulares de magnetron de micro-ondas
20 un.	Parafusos 4x50 mm
20 un.	Porca sextavada para parafuso de 4 mm
1.5 m²	MDF a prova D'água
1 m	Fita LED branca
45 cm	Tubo de PVC 250 mm
2 m	Cabo flexível 1,5 mm
2 un.	Tinta Spray Cinza Médio
1 un.	Tinta Spray Azul Colonial
1un.	Chave liga/desliga 3 A
1 m	Barra de alumínio 10 mm

Logo após realizadas as escolhas de materiais e dimensionamento dos mesmos, pode-se executar a produção do modelo. A montagem da estrutura física do protótipo decorreu-se pelos integrantes do grupo conforme previsto no cronograma inicial, para melhor andamento da atividade e

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

envolvimento de todos, dividiu-se em quatro passos a realização desse arquétipo. As etapas de construção definidas foram: Construção do rotor, seguida da confecção das bobinas de campo e da construção da turbina eólica, e por fim o sistema para estabilizar e maximizar o aproveitamento da energia gerada.

A. Construção do rotor

A construção do rotor foi feita utilizando um aro de bicicleta com raio de 20 cm, imãs de sucata de fornos de micro-ondas e um eixo para fixação da estrutura nos mancais. Para realizar a fixação dos imãs no rotor, foi utilizado uma cinta de metal galvanizado e abraçadeiras plásticas (cinta hellerman) para evitar o deslocamento lateralmente. Foi utilizado um total de 10 imãs na construção do rotor (os imãs utilizados apresentaram diâmetros distintos), igualmente espaçados no perímetro do aro, para isto utilizou-se uma fita métrica flexível para marcar a furação para colocação dos parafusos (Fig. 4).

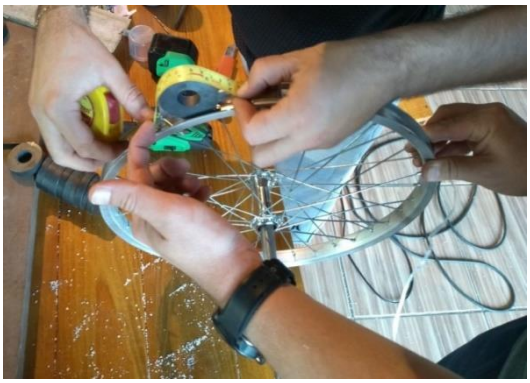


Fig. 4 – Marcação da posição dos imãs a serem fixadas no rotor.

Depois de realizada as marcações, efetuou-se os furos com auxílio de uma parafusadeira, logo após se iniciou a colocação dos imãs na estrutura observando os seus polos para que os mesmos ficassem em uma sequência alternada entre polo norte e polo sul para que a indução de tensão na bobina seja mais eficaz (Fig. 5).

Fig. 5 – Aro com os imãs fixados.

A montagem do rotor foi finalizada colocando o eixo e fixando-o nos mancais. Após o término da montagem verificou-se que os imãs se deslocavam conforme o rotor era submetido a rotações mais elevadas, para resolver este problema adquiriu-se um tubo de PU (Poliuretano), utilizando-o na estrutura para garantir a rigidez necessária.

B. Confecção das bobinas de campo

A construção das bobinas efetuou-se utilizando fio esmaltado de cobre 20 AWG, chapas de ferrosilício, fibra isolante de poliéster, fita e fios isolados. As chapas de ferrosilício foram reaproveitadas de um estator de motor que foi adquirido como sucata, no qual se enrolou as espiras com o fio esmaltado, para concatenar o fluxo magnético fornecido pelos imãs.

Para enrolar as espiras sobre as lâminas do estator, foi necessário isolar o estator em relação ao fio de cobre. Deve haver uma ressalva sobre a isolação do mesmo, tendo em vista que o fio (o mesmo utilizado em motores), não possui proteção contra impactos mecânicos e vibrações. Com a finalidade de obter uma isolação mecânica no est ator, recobriu-se o mesmo com tiras de fibra isolante de poliéster, a qual possui elevada resistência mecânica, bem como elétrica (Fig. 6).

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 6 – Aplicação da isolação de poliéster sobre o estator.

Para que o material isolante não se desprenda foi recoberto com uma camada de fita que também é utilizada em motores elétricos. Após isto o estator recebeu uma camada de verniz para torná-lo mais rígido e proteger contra a corrosão. Com o estator devidamente isolado e envernizado, foi realizado um corte de 18mm de espaçamento, e somente então iniciou-se o processo de confecção da bobina em si, enrolando manualmente o fio sobre o núcleo. Ao total foram construídas 2 bobinas com 1000 espiras cada, com uma indutância de 139,34 mH (Fig. 7), que foram fixadas na mesma estrutura que sustenta o rotor, porém imóveis.

Fig. 7 – Bobinas do estator finalizadas.

C. Construção da turbina eólica

A construção da turbina eólica do modelo Savonius elaborou-se utilizando um cano de PVC de 250 mm partido ao meio, como representado abaixo (Fig. 8), nas extremidades foram colocadas chapas de metal galvanizado para que ocorra um melhor aproveitamento do vento. As dimensões totais da turbina são de 39x46x36 cm e sua área frontal (área de aproveitamento do vento) é de 0,069 m².

Fig. 8 – Projeto da turbina tipo Savonius.

D. Sistema de estabilização de tensão

Este sistema é constituído de um circuito retificador de onda completa com 4 diodos do tipo 1N4007 e dois capacitores (1000 µF/ 50 V) para filtrar a tensão retificada e torná-la mais uniforme. Após serem realizados as medições e constatado que o sistema funcionava corretamente para o projeto foi confeccionada uma placa de circuito para substituir o circuito de testes montado em protoboard. Ao final do circuito de estabilização de tensão, sua saída foi ligada a uma bateria para armazenamento da energia em regime a vazio (Fig. 9).

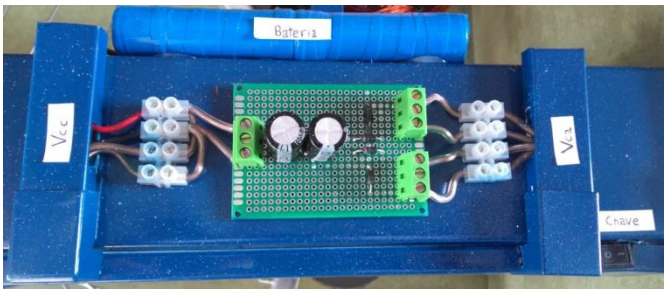


Fig. 9 – Circuito retificador e estabilizador de tensão.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

E. Circuito elétrico equivalente

Ao final das etapas de produção do protótipo obtivemos o circuito elétrico equivalente do sistema completo do aerogerador (Fig. 10), sendo composto pela fonte geradora de tensão alternada (Vca), transformada em tensão contínua (Vcc) pelo retificador de ponte completa ligado em paralelo com uma bateria, a carga é controlada por meio de uma chave de acionamento manual.

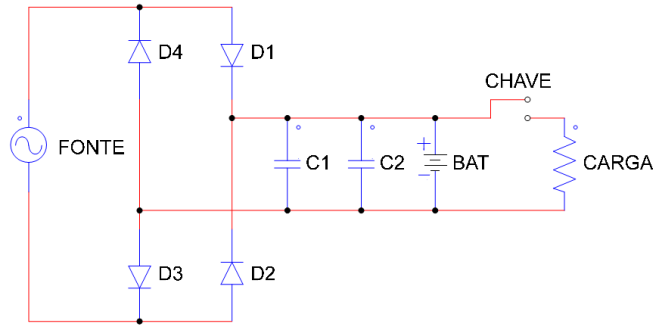


Fig. 10 – Circuito equivalente do protótipo.

IV. EXECUÇÃO DE TESTE PRÁTICO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO

Como resultado final da construção do protótipo de geração de energia eólica (Fig. 11), realizou-se alguns testes para averiguar as grandezas elétricas e mecânicas do dispositivo. Para tais testes, utilizamos um motor para rotacionar o eixo do gerador, devido à falta de recursos naturais e de um túnel de vento controlado, assim obteve-se medições com mais precisão, mantendo-se uma velocidade constante em cada teste.

Fig. 11 – Sistema de geração de energia eólica.

Todas as medições foram realizadas com o gerador a vazio, a corrente de curto-circuito alcançou a grandeza de 250 mA, já a tensão máxima que obteve chegou no valor de 15,5 V em 150 rpm. Nas medições foi utilizado um tacômetro para aferir as rotações em rpm no eixo principal, com um multímetro mediu-se os valores de tensão em cada teste. Foram realizadas medições com 5 velocidades diferentes, valores na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Teste de Aferição do Aerogerador.

Aferição de Medições	
Velocidade (rpm)	Tensão Saída (Vcc)
50	5,6
75	6,6
100	10,9
125	13
150	15,5

Com a utilização de uma balança de mola foi possível estimar um valor aproximado de torque na extremidade das pás, necessário para romper a inércia, por meio da equação de torque. O valor obtido com a medição utilizando a balança foi de aproximadamente 1kg que se equivale a 9,8 N e sabendo que o raio das pás é de 0,195m obtivemos um torque de 1,91 N.m por meio da Equação 4:

$$T = F.I \quad (4)$$

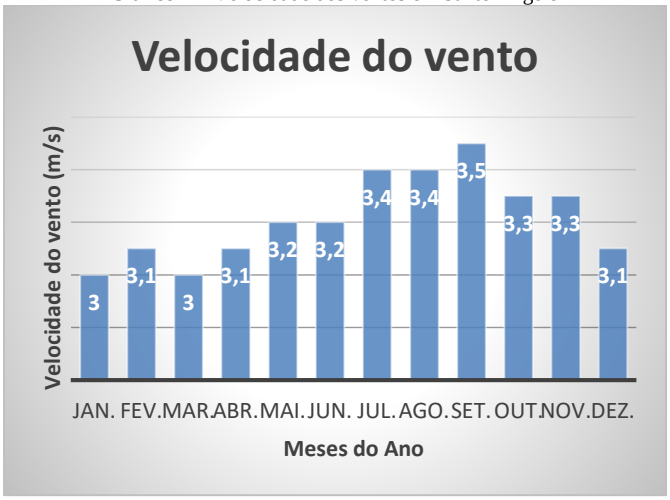
Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

O estudo da velocidade dos ventos na cidade de Santo Ângelo, Rio Grande do Sul disponibilizada pela NASA [6] esta apresentada no Gráfico 1, tendo uma média anual da velocidade dos ventos em 3,2 m/s a 10 metros de altura. A potência total gerada pelo protótipo foi calculada pela Equação 5, onde a potência total de uma massa de ar com velocidade média utilizada de 4 m/s em 10 metros de altura, atravessando uma área de 0,069 m² em que a densidade do ar no local (1,225 Kg/m³) obtemos uma potência de ± 2,70W.

$$P_d = \frac{1}{2} * d * A * V^3 \quad (5)$$

O aspecto mais relevante dessa equação é que a potência do vento é proporcional ao cubo de sua velocidade. Isso significa que pequenas variações de velocidade de vento podem ocasionar grandes variações de potência, de mesmo modo que a potência eólica aumenta com a altura da turbina, mas sempre levando em consideração o fator de rugosidade do terreno.

Gráfico 1 – Velocidade dos ventos em Santo Ângelo



V. CONCLUSÃO

A expectativa inicial do projeto visava fornecer conhecimento base para o desenvolvimento de um protótipo de geração renovável de pequena escala, baseado no aproveitamento do potencial energético das massas de ar. Seguindo esta linha de trabalho elaborou-se um modelo de aerogerador, prevendo condições de instalação simples e passível de ser utilizado em residências na obtenção de geração de energia para alimentar pequenas cargas.

Com a montagem e execução de alguns testes elétricos no aerogerador podemos levantar alguns pontos positivos, o mesmo se mostrou funcional pois foi capaz de suprir energia em pequena escala, suficiente para acender uma fita de LED, apesar de ser construído com materiais reaproveitados, e de arranjo simples, fato que contribui no seu processo de fabricação. Contudo, alguns aspectos do projeto necessitam de adequações em caso de sua futura utilização em âmbito comercial, sendo que este fora construído com imãs permanentes, não sendo possível assim controlar o nível de tensão gerado, estando sujeito a variação em função da oscilação do vento.

Como melhoria do projeto pode-se sugerir que seja elaborado posteriormente um modelo mais compacto, para possibilitar seu uso em locais pequenos, e também o aumento da sua capacidade de geração com aumento da quantidade de bobinas. Pode-se também, como objeto de pesquisa fazer variações na estrutura das turbinas para verificar um possível aumento do rendimento, submetendo-o a um ambiente controlado.

VI. REFERÊNCIAS

[1] BELO, Caique Gomes Filadelpho ; SILVA, Victor Eid Soares da. O Panorama da evolução da energia eólica e a contribuição para a inovação no Brasil. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_233_358_29930.pdf>. Acesso em 6 mai. 2018.

[2]ANEEL. Energia Eólica . Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf >. Acesso em 30 abr. 2018.

[3]ELECTRONICA. Energia Eólica. Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/energia-eolica>. Acesso em 6 mai. 2018.

[4]MAGALHÃES, Alex Azevedo; NUNES, Gillian de Azevedo. Energia Eólica no Brasil . Disponível em: < http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/download/1810/988>. Acesso em 6 mai. 2018.

[5]REIS, Lineu Belico dos. Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. 3. Ed. Barueri, SP: Manole 2003.

[6]NASA, Power Data Access Viewer. Meteorologia. Disponível em: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=-29.69&lon=-53.80&submit=Submit> Acesso em 10 Jul. 2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Arquitetura de hardware e software open source para domótica utilizando IoT

Leonardo Felipe da Silva dos Santos[1], Cláudio Felipe Tomm[1]
leosan95@live.com; claudiotomm@san.uri.br
[1] Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo

***Resumo* — Hoje todas as pessoas possuem um computador móvel ou um celular, qual é a ferramenta mais importante para a domótica, sendo ela feita pelo próprio usuário, ele pode montar sua ferramenta. A ferramenta apresentada é o Domoticar uma qual o usuário pode montar o sistema tanto a parte Web quanto o hardware conforme sua necessidade e seu gosto, podendo modificar as configurações e utilizando um modelo pré modelados. A proposta de ter um software e um hardware open source é que todos poderemos utilizar e compartilhar nossos modelos conforme o projeto for evoluindo e ganhando adeptos até mesmo com outras placas de prototipagem rápida e outras linguagens, gerando assim uma nova gama de conhecimento.**

***Palavras-chaves* — Sistema Web, Open Source, Placa de prototipagem rápida, ESP-32, ESP-WROOM 32, Sistema Front-End, Sistema Back-End, Automação Residencial, Domótica, .**

I. INTRODUÇÃO

A domótica, foi criada na concepção de controle e supervisão de casas, módulos únicos, ou qualquer equipamento gerenciado por meio de uma interface homem máquina. Hoje com o auxílio da internet das coisas (IoT – Internet of Things), qual nos possibilita, conectar, dispositivos à internet criando uma conexão com o computador e dispositivos móveis. Hoje com a evolução das técnicas de troca de informações e com dispositivos menores e com uma grande potência de processamento, gerando assim conexões por meio da troca de informações entre o operador e micro controlador, gerando uma pequena rede, com uma interface em Hypertext Markup Language (HTML), com referência de informações por meio de Hypertext Preprocessor (PHP), controle de versão em GIT, foi utilizada um micro controlador ESP-32S da Espressif[1], qual possui Wifi e Bluetooth integrados, e com baixo custo, no Brasil chega a custar R$47 em lojas com poucas avaliações e em média R$55 reais em lojas seguras, facilitando a domótica com a idéia de IoT.

A domótica normalmente é aplicado em produtos embarcados próprios para este fim, normalmente tem aplicativos próprios, e aplicação é feita por uma empresa especializada, mas esses produtos custam um valor alto, sendo eles inacessível à maioria da população de média e baixa renda. Mas agora a domótica, vem ser aplicada diversas áreas desde controle da própria casa até a qualidade de certos parâmetros de energia, como quando temos uma geração própria de energia renovável[2], qual podemos nos espelhar em outros projetos, a domótica[3], normalmente baseada em comportamento, ela aprende com os usuários, criando perfis. Porém nesse projeto, não faremos ela totalmente Autômata, sim como suporte, para gerar um ambiente mais seguro e cômodo, veremos desde sua criação como servidor Web, passando do processo de criação do HTML, CSS, o JavaScript, configuração de Banco de dados, PHP, o código do arduino, até a apliação com processo real em uma maquete. O Servidor Web constitui-se do HTML, CSS, JavaScript, MySQL e PHP. Já a parte física de acionamentos fica com base no arduino e seus periféricos.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

O HTML[4] uma das linguagens que utilizamos para desenvolver websites. O acrônimo HTML[4] vem do inglês e significa Hypertext Markup Language ou em português Linguagem de Marcação de Hipertexto.

O HTML[4] é a linguagem base da internet. Foi criada para ser de fácil entendimento por seres humanos e também por máquinas, como por exemplo o Google ou outros sistemas que percorrem a internet capturando informação.

Sigla para o termo em inglês Cascading Style Sheets, conhecido como CSS, que traduzido para o português significa Folha de Estilo em Cascatas. CSS é uma linguagem de folha de estilos, que tem o papel de tornar uma página apresentável na web, relacionada diretamente com o

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

design e aparência. Ou seja, o CSS é uma camada que se usa para controlar o estilo da sua página da web.

O CSS ilustra como os elementos em HTML de um site devem ser apresentados nas telas. De uma forma direta, é o CSS que determina o visual do seu site. Desde o tamanho da fonte até a imagem de fundo, tudo pode ser alterado com o CSS.

O JavaScript ou HecmScript é a linguagem de programação amplamente utilizada no front-end para diferentes finalidades. Desde validação de campos à criação de menus, é possível fazer muita coisa usando essa linguagem que adiciona algum dinamismo às páginas que apenas com HTML e CSS são consideradas "estáticas".

Os Fameworks são consjuntos de templates com diversas funções que podem ser usadas pelo desenvolvedor. Com ele, é desnecessário gastar tempo para reproduzir a mesma função em diferentes projetos.

Uma boa comparação é a da caixa de ferramentas. Só que, em vez de chaves de fenda e martelos, há bases para formulários de login, validação de campos e conexão com bancos de dados, como parte da tendência de buscar reduzir custos e aumentar a produtividade, o uso desse recurso tem se tornado cada vez mais popular. Hoje, já existe uma grande variedade de soluções disponíveis para as mais diversas linguagens, com comunidades que testam e a criam diferentes funções.

O BOOTSTRAP[5] é um framework front-end que facilita a vida dos desenvolvedores web a criar sites com tecnologia mobile (responsivo) sem ter que digitar uma linha de CSS para "*fazer e acontecer*". Não é à toa que o termo "Bootstrap" em inglês significa "inicialização", algo que possui um ponto de partida. Além disso, o Bootstrap possui uma diversidade de componentes (plugins) em JavaScript (jQuery) que auxiliam o designer a implementar: tootlip, menu-dropdown, modal, carousel, slideshow, entre outros sem a menor dificuldade, apenas acrescentando algumas configurações no código, sem a necessidade de criar scripts e mais scripts.

O MYSQL é o sistema gerenciador de banco de dados relacional de código aberto usado na maioria das aplicações gratuitas para gerir suas bases de dados. O serviço utiliza a linguagem SQL (Structure Query Language – Linguagem de Consulta Estruturada), que é a linguagem mais popular para inserir, acessar e gerenciar o conteúdo armazenado num banco de dados.

Na criação de aplicações web abertas e gratuitas, o conjunto de aplicações mais usado é o XAMPP[6], Apache, MySQL e Perl/PHP/Python. Nesse conjunto de aplicações, inclui-se, respectivamente, um sistema operacional, um servidor web, um sistema gerenciador de banco de dados e uma linguagem de programação. Assim, o MySQL é um dos componentes centrais da maioria das aplicações públicas da Internet.

O modo de funcionamento do protocolo I2C é baseado na interação entre elementos seguindo a hierarquia mestre/escravo, ou seja, quando temos vários dispositivos se comunicando segundo esta premissa, pelo menos um destes deve atuar como mestre e os demais serão escravos. A função do mestre consiste em realizar a coordenação de toda a comunicação, pois, ele tem a capacidade de enviar e requisitar informações aos escravos existentes na estrutura de comunicação, os quais, devem responder às requisições citadas.

A estrutura na qual o protocolo I2C atua é uma estrutura de barramento, figura 1, que por sua vez, consiste em um arranjo em que todos os elementos se encontram conectados a um ramal principal.

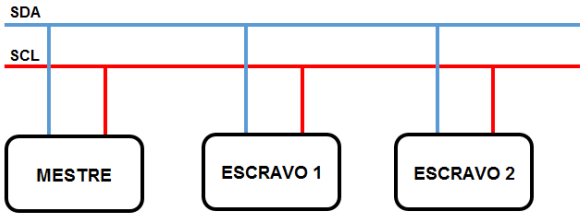


Fig. 1. Diagrama Base I2C.

O modelo simplificado de barramento de I2C, figura 1, citado anteriormente, mostra seu arranjo básico. Note que, neste arranjo, o barramento de comunicação I2C pode ser dividido em dois barramentos. Um deles é denominado SDA (Serial Data), o qual, é responsável pela troca de dados entre os dispositivos do arranjo e o outro barramento, denominado SCL (Serial Clock), possui a função de sincronizar os dispositivos e garantir a confiabilidade do sistema.

III. METODOLOGIA

O socket na interface de desenvolvimento da base de distribuição das placas Arduino qual é open source, e tem compatibilidade para as placas ESP da Espressif, é dado

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

pelo meio de uma biblioteca, qual pode ser baixada diretamente pela interface de construção do código. Socket: "*é um mecanismo de comunicação, usado normalmente para implementar um modelo cliente/servidor, que permite a troca de mensagens entre os processos de uma máquina/aplicação servidor e de uma máquina/aplicação cliente.*" [7].

O protocolo que o socket utiliza é o TCP (transmission Control Protocol), com ele é possível ter um fluxo entre dois dispositivos como no sistema qual vamos utilizar.

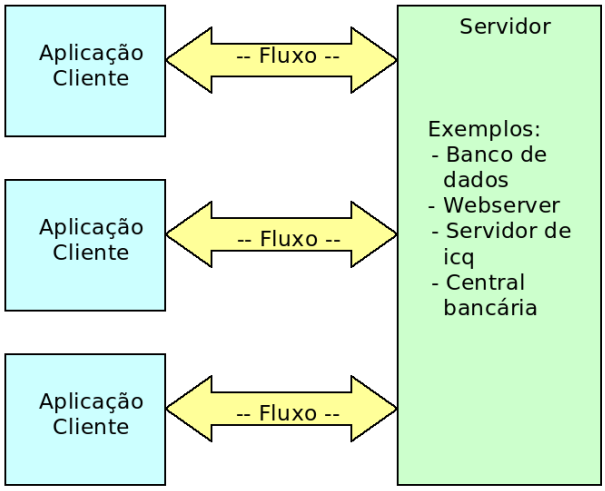


Figura 2: Diagrama básico de funcionamento do protocolo TCP [7]

Utilizando esse protocolo podemos ter mais de um cliente ao mesmo tempo no mesmo servidor. As classes são disponibilizadas pelo próprio PHP, qual pode mudar conforme as atualizações. O protocolo TCP, é disponibilizado só necessário incluir ele no PHP.

Em relação a porta, já que normalmente clientes possuem apenas um endereço físico, a porta é a solução para identificar diversas aplicações em uma máquina ou servidor. Assim como o IP serve para definir uma máquina na rede, a porta é um número de 2 bytes que varia de 0 a 65535, porém se todas as portas não estiverem disponíveis não é possível se conectar.

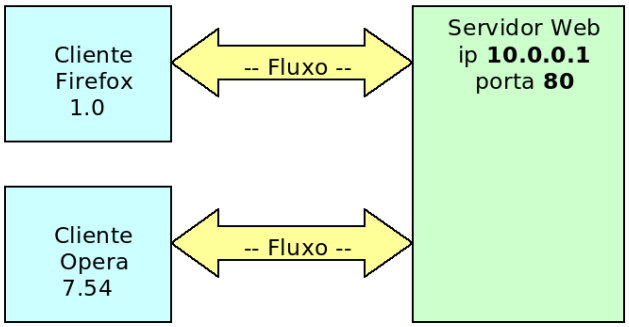


Figura 3: Funcionamento de Porta [7]

Base de funcionamento de uma conexão socket tem um exemplo básico, que funciona da seguinte forma, se um cliente se conecta a uma porta de um servidor enquanto ele não se desconectar dessa porta será impossível que outro cliente se conecte, porém, o Socket vem com a função que quando o servidor aceita a conexão ele redireciona tal cliente para outra porta liberando a porta inicial sendo assim permite várias conexões de outros clientes.

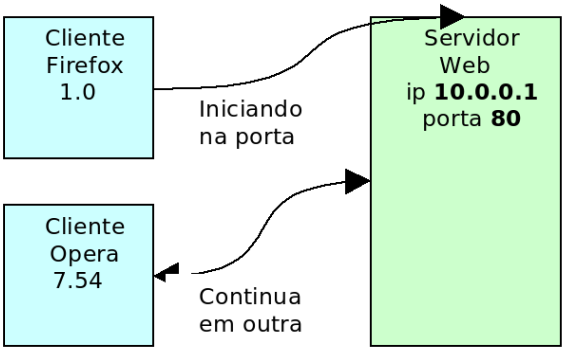


Figura 4: Funcionamento Socket [7]

O servidor é a parte qual deve aceitar os pedidos de clientes, e servi-los com respostas conforme a linguagem utilizada, teremos que abrir a conexão com a porta primeiramente, logo após aceitar a conexão pelo IP e pela porta ligada, a partir daí pode-se ler as informações que o cliente envia até que a conexão seja encerrada ou pelo cliente ou pelo servidor.

A tarefa do programa cliente é enviar mensagem para o servidor, primeiro é utilizado o comando qual utilize o servidor IP e porta qual foi definida no servidor, após isso o cliente pode começar a enviar comandos para o servidor para que ele os interprete, a conexão dura até que uma das conexões seja fechada.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

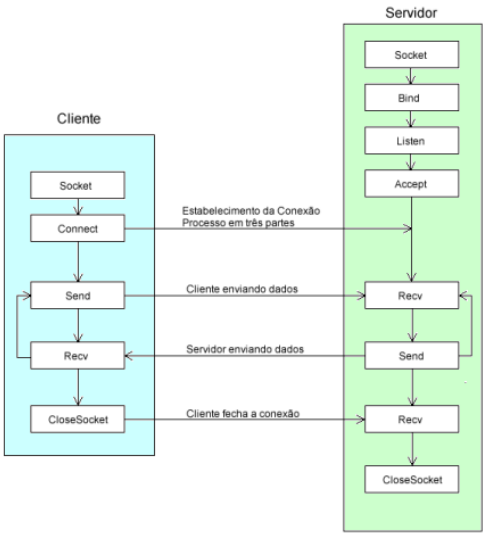


Figura 5: Diagrama de funcionamento completo do Socket[7]

A criação do Sistema de interface dos clientes, consiste em um sistema web rodando em um sistema local, com XAMPP, qual inclui ao sistema os principais servidores de código aberto, o Apache, o PHP e o MySQL, tudo isso com um fácil gerenciamento, para desenvolvimento de sistemas web e integrados, através dele é possível rodar qualquer website ou aplicação web, direto do sistema local até mesmo rede local, portanto para acesso é necessário estar na mesma conexão que os dispositivos móveis.

A aplicação web, Domoticar, possui um sistema HTML com interação do framework Bootstrap para gerar um sistema responsivo, controle de ações com o PHP para mostrar dados e controle do banco de dados MySQL, fazendo autenticação do usuário, assim como a gravação do comando e leitura para mostrar ao usuário.

A aplicação construída em HTML5, para que possa ser acessada em todo e qualquer browser ou navegador, sendo possível acessar por meio da rede tanto em um computador quanto por um celular, o HTML5 é a estrutura do projeto, a base que ligaremos ao Bootstrap, JavaScript, PHP, MySQL.

A base organizacional nos dará pelo Bootstrap para que textos, interfaces, sejam responsivos e não mantenham uma hierarquia de código, deixando ele de fácil personalização, manutenção e principalmente de criação, poupando todas as linhas de código de criação de classes, botões e atribuições gerais.

A parte de comunicação entre o que será exibido na página, as ações a serem realizadas e o banco de dados MySQL, ele atua junto com servidor local processando as ações da aplicação gerindo e verificando ações dentro do sistema, como comandos, banco de usuários para login e verificando os dados gravados pela ESP e exibindo ao Usuário.

O MySQL é o gerenciador de bancos de dados, quais estão os comandos dados ao sistema, usuários e senhas, IP da ESP e consumo da instalação. O MySQL será todo configurado pelo PHP evitando o contato com o usuário, diminuindo a chance de falha na configuração ou erro de conexões.

O Domoticar como apresenta uma Interface Homem Maquina (IHM) o JS auxiliará o usuário, com mensagens de ajuda, sucesso, erro, para que o usuário seja ciente do que acontece com o sistema.

O sistema web para ser responsivo ele deve consistir em diversos parâmetros de configuração, como o Bootstrap nos traz essa ferramenta inclusa no seu pacote de .css e .js básicos utilizaremos suas configurações, e incluiremos alguns feitas pelo autor com base no Bootstrap, para tornar a apresentação do Domoticar mais agradável ao usuário, sendo possível ter a mesma experiência de visualização num celular de tela pequena até ao computador, independe dos sistemas operacionais.

Por ser uma aplicação de uma arquitetura, utilizaremos peças de hardwares já existentes, compradas ou em lojas físicas ou digitais, para montagem do sistema básico, esse hardware pode ser misto com várias outras peças não utilizadas em primeiro plano, conforme o usuário sente necessidade ele pode adaptar seu hardware para que o mesmo faça o que ele necessita, mas conforme o passar dos anos e as tecnologias se tornem mais baratas facilitando o acesso, a equipamentos já próprios para IoT podendo assim, o hardware ser modificado e até mesmo reutilizado ou sofrer um upgrade para uma versão mais novas das peças à gosto do usuário.

Foram utilizadas peças como conjunto de relés, expansão de portas e controladores de I2C (MCP23017), leitores análogos de corrente para gerar a potencia consumida do sistema, peças em geral de eletrônica básicas, como resistores, capacitores, LEDs de estados para testes.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 6. NodeMCU - ESP-32s

A placa utilizada, como previamente dita, foi a ESP-32s[8][9], modelo da NodeMCU, V1.1, apta para ligar em uma porta USB com um cabo micro usb comum. Partir disso é acessar a IDE da Arduino[10] qual roda no computador sendo instalada ou pela aplicação web podendo utilizar também a ESP-IDF qual roda dentro da aplicação eclipse, que tem funções auto completar, função de debug entre outras.

Em um projeto paralelo, estamos estudando utilizar a plataforma blynk para criação de uma domótica mais fácil, voltada a interface de dispositivos móveis para ver qual é a possível finalidade de utilizar as duas aplicações no mesmo projeto.

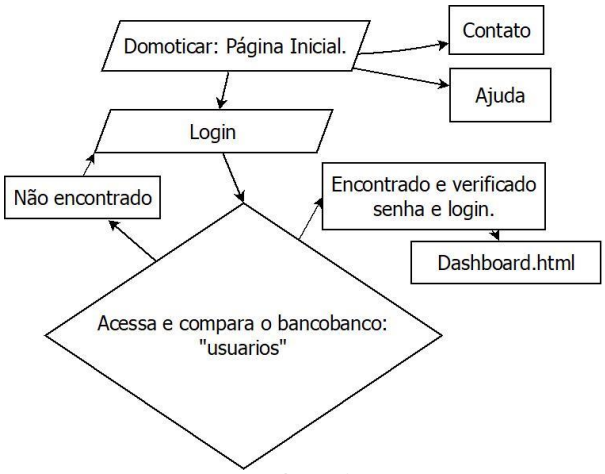


Fig. 7: Estrutura secundária de funcionamento.

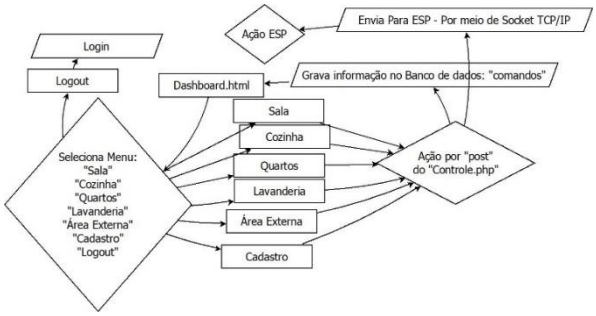


Fig. 8. Estrutura primária de funcionamento.

A estrutura Secundária figura 7, não necessariamente pode ser implementada pelo usuário, a aplicação pode se auto sustentar somente com a Estrutura primária figura 8, na qual são feitas as ações de escrita em banco de dados, envio de informações, buscas, parâmetros de configurações. A parte do Sistema Web pode funcionar só com a estrutura primária, mas para maior segurança em casa pode ser colocados um sistema de segurança de login.

IV. Observações Finais

O Domoticar qual é um nome de projeto, que vem de Domotica mas que pode ser feita como ação pelo usuário, criar algo baseado em domótica, assim gerado o nome de Projeto Domoticar, uma domótica de fácil gerenciamento e de fácil entendimento.

Fig. 9. Tela base do sistema primário.

Como podemos ver no menu da figura 9, qual tem as funcionalidades, foi pensando para ser o mais limpo possível, como uma imagem de fundo, qual pode ser personalizada, um logo próprio, uma foto da sua residência, até mesmo um fundo sem nada, cor sólida, conforme o usuário achar melhor.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

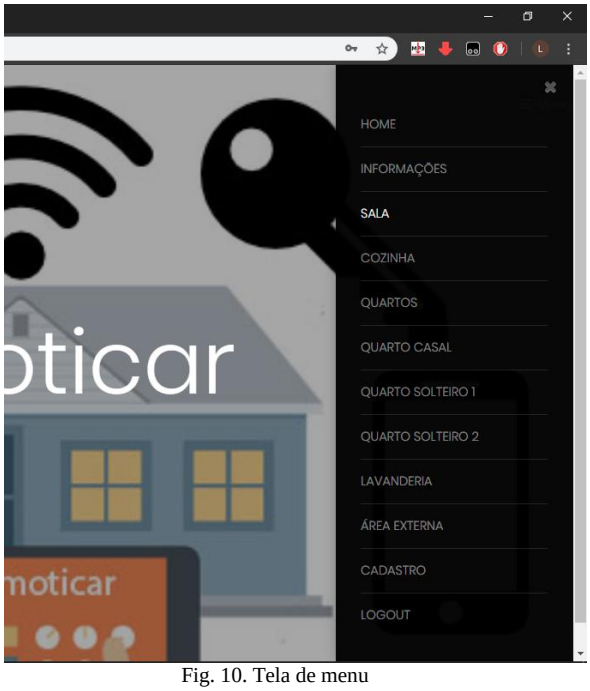


Fig. 10. Tela de menu

O menu do Domoticar, figura 10, pode ser mudado, para que não precise acessar o login, excluindo o logout e cadastro, também colocando mais lugares quais haverão interação com o sistema, como adicionar um banheiro do quarto de casal, um quarto da visita, uma cozinha externa, assim como o menu de ajuda e contato comigo, tudo vai conforme o usuário, pensar em fazer e o sistema ser adequado para tal informações.

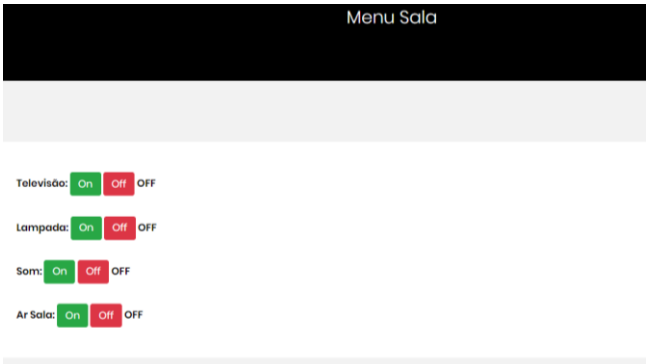


Fig. 11. Exemplo de um menu da Sala, com Botões.

Fig. 12. Exemplo de um menu de exibição de informações.

O código do domoticar, qual em HTML, CSS e funções em JavaScript, está todo comentado, e mostrando informações como colocar um botão figura 10, uma formulário, criar uma ação no php, excutando ela no banco de dados, puxando e exibindo informações auto configuradas figura 11, conforme sua placa, a automação pode ser feita com uma placa Arduino Genuina, placas similares, com uma placa baseada na ESP-32S.

V. RESULTADOS PARCIAIS E DISCUSSÕES

O sistema em si é bem confiável, sendo gerido por um banco de dados de senhas e usuários, a senha criptografada em MD5, para que apenas o usuário saiba sua senha e os outros não consigam descobrir, a implementação de hierarquias e de um controle mais complexo do sistema, como botão de função passar a música, troca de canais da TV, controle de temperatura e outras tantas funções, que dependem de conhecimentos específicos, deve ser implementada no futuro, por alguém que gostaria de continuar o trabalhou ou colaborar com a plataforma para melhorarmos, essas implementações iriam mexer tanto na parte de sistema web quanto no sistema do hardware, como por exemplo um código extra pra validação de informações de comando e uma placa externa de infra vermelho, ou uma conexão dedicada no próprio aparelho, necessitando assim de peças muito bem especificas.

A interface do Domoticar se mostrou de fácil utilização e compatibilidade com diversos dispositivos móveis. Sendo possível por enquanto em uma rede local, sem acesso pela internet, por ter necessidades especificas para rodar e ser acessados.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Com a evolução dos sistemas integrados de IoT, hoje em dia podemos ter diversos tipos de projetos de criação rápida, como o domoticz[11] voltado para as placas Raspberry[12], podemos achar também kits prontos de integração para a assistente virtual Cortana[13] da Microsoft, com a plataforma do Google Home[14] e com a Amazon Echo Dot[15], qual pode ser facilmente configurada criando uma rede inteligente, muitos desses processos podem ser integrados com a facilidade de um sistema em grid até mesmo off grid, com controle de horários, ações especificas, qual o Domoticar ainda não conta, mas no futuro já possa ser implementado. E com o avanço das energias renováveis, queremos oferecer suporte integração de sistemas de controle de geração foto voltaico e acesso inteligente a estrutura de geração, criando gráficos de comparações e estimativas das próximas contas de energia fazendo com o que o usuário possa se programar ou até mesmo de controlar seus gastos durante os meses, podendo assim melhorar o gerenciamento inteligente e distribuído de sistemas de suas prioridades.

VI. Referências

[1] ESPRESSIF, "ESPRESSIF," *Espressif esp32*. [Online]. Available: https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview.

[2] T. W. Cavalli, V. Heinen, and M. Ruaro, "Domótica com baixo custo aplicada a sustentabilidade ecológica com auxílio de Inteligência Artificial," *An. do Comput. Beach*, vol. 0, no. 0, pp. 368–370, 2014.

[3] J. A. Sgarbi and F. Tonidandel, "Domótica Inteligente: Automação Residencial baseada em Comportamento."

[4] "W3Schools." [Online]. Available: https://www.w3schools.com/.

[5] "Bootstrap." [Online]. Available: https://getbootstrap.com.br/docs/4.1/getting-started/introduction/.

[6] "XAMPP." [Online]. Available: https://www.apachefriends.org/pt_br/index.html.

[7] F. M. Behrouz A. Forouzan, *Redes de Computadores: Uma Abordagem Top-Down*. AMGH Editora Ltda., 2013.

[8] "Datasheet ESP-32."

[9] "ESP-WROOM-32 Datasheet Espressif Systems," 2017.

[10] "ARDUINO." [Online]. Available: https://www.arduino.cc/.

[11] "Domoticz." [Online]. Available: https://www.domoticz.com/.

[12] "Raspberry." [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/.

[13] "Cortana." [Online]. Available: https://www.microsoft.com/pt-br/windows/cortana.

[14] "Google Home." [Online]. Available: https://store.google.com/?srp=/product/google_home.

[15] "Echo Dot." [Online]. Available: https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Dot-Portable-Bluetooth-Speaker-with-Alexa-Black/dp/B01DFKC2SO.

Células fotovoltaicos em pontos de recarga de veículos elétricos e suas implicações tecnológicas e os impactos na sociedade

Alison Capeletti, Lucas P. de Carvalho, Thiago de A. Rodrigues
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
a.capeletti@hotmail.com; lucasdecarvalho3@hotmail.com; thiagodealmeida3@hotmail.com

***Resumo* — Com o aumento da utilização dos veículos elétricos tem-se várias consequências a serem citadas, algumas benéficas à preservação do meio ambiente e qualidade de vida das pessoas, originadas pela diminuição dos gases poluentes e ruídos emitidos pelos veículos de motor a combustão. No mesmo contesto dos veículos elétricos que podem ser determinados com emissão teoricamente zero de poluentes, a utilização da energia fotovoltaica que é um exemplo de fonte energética 100% limpa e renovável para abastecer os veículos elétricos pode significar em uma redução ainda mais significativa dos gases poluentes. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de células fotovoltaicos em pontos de recarga de veículos elétricos e suas implicações tecnológicas e os impactos na sociedade.**

***Palavras-chaves* — Sistemas fotovoltaicos; Veículos elétricos; Energia solar; Efeito fotovoltico.**

I. INTRODUÇÃO

De acordo com diversas pesquisas realizadas pela ONU (Organização das Nações Unidas), tem despertado muitas preocupações em vários especialistas no mundo a escassez das fontes de energias não renováveis. Com à grande preocupação com o aquecimento global, vários países implementaram políticas de incentivo ao uso de fontes alternativas, dentre elas, a energia solar que por ser totalmente limpa e renovável sua utilização contribui para redução de CO_2 na atmosfera que é considerado um grande causador do efeito estufa. [9] [13] [14].
É importante ressaltar que com o crescimento das metrópoles teve - se um aumento de veículos nas ruas que contribui para o aumento do efeito estufa. São Paulo é a cidade com maior frota de veículos no Brasil. Com isso, a indústria automotiva caminha cada vez mais para um futuro, onde diversos itens voltados para a redução de poluição em veículos, não serão mais considerados opcionais, mas sim obrigatórios, visando preservar o meio ambiente e oferecer mais qualidade devida. Com essas transformações, muitas das tecnologias existentes ganharam seu espaço, principalmente a energia solar aplicada em tecnologias automotivas [5][12].
O objetivo deste trabalho foi estudar o funcionamento e a evolução da tecnologia dos veículos elétricos e a apresentar uma análise bibliográfica sobre a energia solar e sua captação e armazenagem, junto com as características de diferentes sistemas fotovoltaico e suas limitações e os impactos na qualidade da energia da rede de distribuição gerado pela conexão dos sistemas fotovoltaicos;

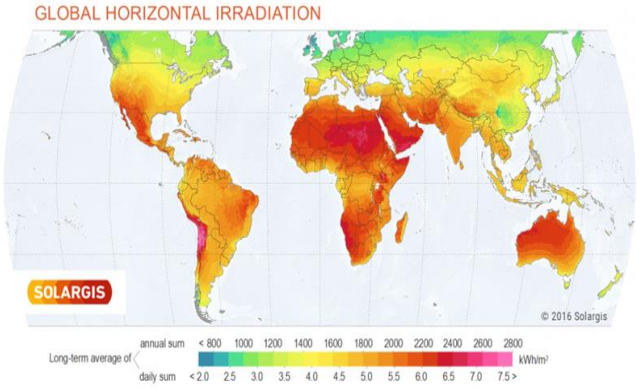
II. REFERENCIAL TEÓRICO

Produzir eletricidade através da energia solar não é exatamente uma novidade. Em 1839, Edmond Becquerel, um físico francês, observou que duas placas de latão imersas em um eletrólito líquido produziam eletricidade quando expostas à luz solar. A esse fenômeno deu-se o nome de efeito fotovoltaico. Em 1883, Charles Fritts, um inventor americano, construiu a primeira bateria solar feita com folhas de selênio. Apesar de ter uma eficiência de conversão elétrica de apenas 1%, seu dispositivo teve muita repercussão, pois as pessoas não acreditavam que se poderia gerar energia sem a queima de combustíveis [8].
O Sol fornece anualmente para o topo da atmosfera terrestre em torno de 5,51x1024 J, ou 1,53x1018 kWh por ano. Para uma melhor visualização da dimensão desse valor, em 2008 o consumo mundial de energia foi de 504,7x1015 Btu [6], o que equivale a aproximadamente 5,32x1020 J ou 1,48x1014 kWh, ou seja, todo o consumo energético anual da Humanidade é de apenas 0,0097% do total fornecido anualmente pelo Sol.
Os valores de Irradiação normal direta incidente em qualquer região do território brasileiro varia entre 1000 a 2.300 kWh/m²

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

e são superiores aos da maioria dos países europeus, como Alemanha (900-1250 Wh/m²), França (900-1650 kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²) vistos na figura-1**Erro! Fonte de referência não encontrada.** esses índices do planeta, locais onde projetos de aproveitamentos solares são amplamente disseminados [4].

Fig. 14. Irradiação normal direta incidente no mundo em kWh/m².



Fonte: Norden Energia Solar (2017)

A geração fotovoltaica se dá pela conversão direta da energia solar em energia elétrica, através de células fotovoltaicas. Um dos aspectos fundamentais para estudos de sistemas de geração fotovoltaicos, é o conhecimento das características de radiação solar do local onde se pretende instalá-lo. Além da qualidade dos materiais semicondutores e equipamentos utilizados, a radiação solar é a principal variável que afeta a potência gerada pelo sistema. A temperatura nas células fotovoltaicas também exerce influência na potência gerada. (BERNARDON et al., 2016).

A. Sistema Fotovoltaico

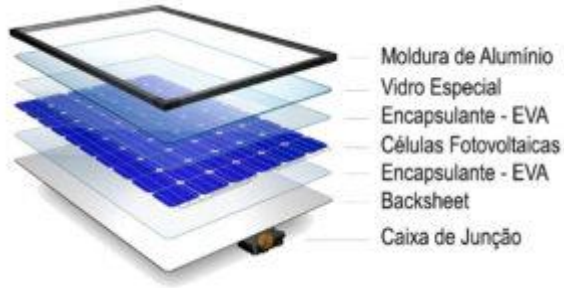
Os geradores solares fotovoltaicos são um conjunto de elementos compostos de módulo (s) fotovoltaico (s), podendo incluir dispositivos para controle, condicionamento, supervisão, proteção e armazenamento de energia elétrica (quando necessário), fiação, fundação e estrutura. Os geradores solares fotovoltaicos são classificados em: geradores isolados, sem conexão elétrica com à rede de distribuição, e em geradores conectados à rede, cuja energia gerada é injetada na rede elétrica de distribuição [1].

a. Painéis fotovoltaicos

Os painéis solares são formados por um conjunto de módulos que demostrado na figura-2 são um agrupamento de células fotovoltaicas, essas células podem ser feitas de vários elementos químicos diferentes com características semicondutores, pela grande disponibilidade o silício é o mais utilizado, os módulos são feitos em várias camadas para compor diversas características como estabilidade, resistência a impactos, proteção contra umidade, etc.

Os painéis solares são dispositivos muito importantes no sistema fotovoltaico por serem essenciais na conversão da radiação solar em energia elétrica. Para formar o sistema pode-se utilizar um ou mais painéis que são dimensionados de acordo com a energia necessária.

Fig. 15. Ilustração de módulo fotovoltaico



Fonte: ECOEFICIENTES (2018).

b. Inversores

São responsáveis em preparar a energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos para ser utilizada, são usados para fornecimento de energia de uma fonte CC em uma carga CA, sendo possível pela mudança do formato de onda feito pela conversão da corrente continua em corrente alternada [11].

Dificilmente o sistema fotovoltaico gera sua potência nominal, em dias de céu nublado os valores de irradiância diminuem, as temperaturas das células solares podem estar acima das ideais, entre outros fatores que afetam na produção da energia. O sistema deve ser projetado considerando que os inversores não sejam sobrecarregados nem com baixa utilização[11].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 16. Inversor utilizado em sistemas fotovoltaico.

Fonte: PORTAL SOLAR (2018)

c. Controladores de Carga

Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho. Por controlarem o fluxo das cargas do sistema proporcionam uma otimização da utilização do sistema.

Fig. 17. Controlador de carga utilizado em sistemas fotovoltaico.

Fonte: NEOSOLAR (2018)

d. Medidor Bidirecional

Tem a função de fazer a medição da energia elétrica injetada ou consumida da rede pública. Sua utilização é muito importante nos sistemas fotovoltaicos ligados a rede pública de energia, através deles se tem o registro dos valores gerados de credito ou saldo a serem pagos.

Fig. 18. Medidor bidirecional utilizado em sistemas fotovoltaico.

Fonte: PORTAL SOLAR (2018).

B. Veículos Elétricos

Os veículos elétricos tiveram seu princípio em 1837 e podemos dividir em algumas fases pelos fatos importantes que ocorrem nestas divisões de épocas.

Determina-se como primeira fase entre os anos de 1837 e 1912 pela criação do primeiro veículo elétrico na Inglaterra 39 anos antes do primeiro veículo com motor de combustão interna. Ainda na primeira fase segundo Barreto (1986), sendo escolhidos para pequenos deslocamentos urbanos e eventos sociais os veículos elétricos tiveram seu impulso entre 1890 e 1910. Teve-se o surgimento de uma frota de táxis elétricos em Londres em 1897, e em 1899 registrou-se a velocidade 106 km/h de um veículo elétrico, tornando-a a maior velocidade com este tipo de veículo já registrado até esta época [10].

Ainda na primeira fase alguns fatos contribuíram na melhoria do desempenho dos veículos elétricos, a criação de baterias níquel-zinco e zinco-ar, desenvolvimento da frenagem regenerativa e o sistema híbrido (gasolina e eletricidade) do início até o final da década de 90 [15].

Entre 1912 e 1973 determina-se como a segunda fase para os veículos elétricos, marcando o início dela como sendo uma concentração da indústria automobilística para o desenvolvimento de veículos compostos de motores de combustão interna, estimuladas pelas descobertas de campos de petróleo e pela baixa dos custos dos derivados de petróleo, assim a presença dos veículos elétricos no mercado foram mínimas. Segundo Husain (2003), os Estados Unidos em 1959 motivados pelas preocupações dos efeitos causados pela poluição criaram iniciativas como o Henney Kilowatt (primeiro veículo elétrico regulado por transistores) que era movido a baterias de chumbo-ácido. Esta fase foi marcada pela criação do Silver Eagle em 1971 que ou atingir a velocidade de 245 km/h bateu o recorde de velocidade dos veículos

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

elétricos, mas o mais famoso desta fase foi o Jipe lunar elétrico construído pelo programa espacial dos Estados Unidos em 1969, pela exceção destes citados está fase ficou reservada a ônibus, bondes, trens e à movimentação de cargas industriais [10].

A partir de 1912, nos EUA, a trajetória dos veículos elétricos seguiu em forte queda. Entre os principais fatores apontados para esse declínio a partir de então, podem-se citar [2].

- O sistema de produção em série de automóveis, desenvolvido por Henry Ford, que barateou o custo dos carros a gasolina;
- A invenção da partida elétrica em 1912, que facilitou o manuseio dos carros a combustão interna;
- A demanda por veículos capazes de percorrer longas distâncias sem abastecimento;
- As descobertas de petróleo no Texas reduziram o preço da gasolina.

Apesar da década de 70 as preocupações ambientais serem adicionadas as discussões energéticas, e com o fato dos veículos elétricos poderem utilizar fontes renováveis de energia e combinar a característica de não emitirem gases poluentes, as tecnologias desenvolvidas não foram produzidas para comercialização [15].

Com problemas no petróleo em 1973 o setor de transportes voltou a pensar em formas de substituir o petróleo, dando início a terceira fase com vários testes e comercialização de alguns veículos com tecnologia de armazenamento da energia semelhantes aos da primeira fase (baterias de chumbo-ácido). Em 1974 foi produzido o primeiro carro elétrico, o Itaipu com autonomia de 60 km. A partir da metade década de 80 com a superação da crise do petróleo, aumento da eficiência dos motores a combustão, sucesso do programa "Proálcool" no Brasil, diminuíram-se os estudos para melhorar a autonomia dos veículos elétricos, tornando a sua produção inviável comercialmente [10].

Somente no fim dos anos 1980 as atenções voltaram-se mais uma vez para os veículos elétricos, novamente no intuito de reduzir a poluição nas grandes cidades. O conceito de desenvolvimento sustentável ganhava força, e o foco se concentrava na necessidade de utilização de fontes alternativas de energia e no desenvolvimento de novas tecnologias de transportes [15].

Em 1990, o estado da Califórnia implementou suas primeiras normas regulatórias de emissão zero. Em 1992, a Agenda 21 enfatizou a importância dos problemas causados pelo uso extensivo de energia fóssil, bem como a necessidade de redução do consumo de energia nos países desenvolvidos e de busca de uma possível transição para fontes renováveis de energia [15].

Ainda no ano de 1992, a União Europeia definiu uma política de transportes por meio da expressão "uma estratégia para a mobilidade sustentável".

Nesse contexto, a utilização dos veículos elétricos era vista como uma das condições mais importantes para a sustentabilidade proposta. Apesar do sucesso dos veículos convencionais em reduzir as emissões de poluentes, a questão do aumento do CO2 na atmosfera impunha a necessidade de se reduzir a queima de combustíveis fósseis, algo difícil de ser obtido em motores de combustão interna [15].

O governo norte-americano promulgou em 2007 o Energy Independence and Security Act, que destinou US$ 95 milhões anuais, entre os anos de 2008 e 2013, à pesquisa e ao desenvolvimento de um sistema de transporte elétrico e, à formação de capital humano especializado em veículos elétricos e na tecnologia PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) [15].

Em julho de 2009, foi promulgado também nos EUA o American Clean Energy and Security Act 2009, instituindo que a Secretaria de Energia, as agências reguladoras estaduais e todas as distribuidoras de energia não reguladas deveriam apresentar planos para o desenvolvimento de redes inteligentes (smart grids) integradas, com suporte à tecnologia PHEV até julho de 2012. Com essa lei, o governo Obama tinha como objetivos principais criar empregos "verdes", reduzir a dependência do petróleo, amenizar as emissões de gases de efeito estufa e buscar a transição para uma economia baseada em energia limpa [2].

De acordo com a última edição do Panorama Global dos Carros Elétricos (Global EV Outlook 2018) da Agência Internacional de Energia (IEA), com um aumento de 54% no ano de 2017 em relação a 2016 o número de veículos elétricos e híbridos em circulação no mundo ultrapassou os 3 milhões. Considerando o cenário que leva em conta as políticas atuais e planejadas, o número de carros elétricos está projetado para atingir 125 milhões de unidades até 2030, mas para atingir as metas climáticas do Acordo de Paris e outras metas de sustentabilidade, o número de carros elétricos em circulação pode chegar a 220 milhões em 2030 [7].

A megalópole de Shenzen, no sudeste da China, converteu toda a sua frota de ônibus a diesel para o motor elétrico entre 2012 e 2017, construindo a primeira frota de ônibus 100% elétrica do mundo. Os quatro fatores que impulsionaram esta transformação foram; 1) Fundos governamentais; 2) Financiamento criativo para redução dos custos iniciais dos operadores de ônibus; 3) Colaboração entre utilitários e operadores de ônibus para otimizar a cobrança; 4) Garantias de vida útil da bateria dos fabricantes. A China tem cerca de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

99% de todos os ônibus elétricos no mundo e produziu 90.000 ônibus elétricos em 2017. Os Estados Unidos possuem apenas 1% do mercado global de ônibus elétrico [7].

Várias montadoras do mundo, entre as quais Mercedes-Benz, Tesla, Volvo e as chinesas já possuem seus modelos comerciais de caminhões elétricos, sendo que a produção global foi de 31 mil unidades em 2016 e estima-se mais de 100 mil unidades em 2018 e 332 mil em meados da próxima década. Ano passado, Elon Musk confirmou que a Tesla pretende, na próxima década, fabricar até 100.000 caminhões elétricos por ano. No Brasil, a MAN – fabricante de caminhões e ônibus da Volkswagen –, mostrou no ano passado um caminhão leve elétrico, o e-Delivery, desenvolvido na fábrica de Resende (RJ). A previsão do grupo é iniciar operação em frotas piloto ainda neste ano. A maioria das empresas depende do programa Rota 2030, para decidir políticas locais para os caminhões elétricos e híbridos [7].

III. METODOLOGIA

Fazer a definição do local de instalação do sistema fotovoltaico levando em consideração os mais diversos fatores para melhor aproveitamento e retorno dos investimentos neste sistema. Nesta pesquisa será levado em conta a área com melhor disposição solar para a colocação dos painéis solares, bem como a localização do estacionamento que proporciona maior atratividade, acesso, visibilidade. Com um sistema conectado à rede elétrica do campus, tem-se como muito importante analisar as instalações elétricas do prédio, o histórico de consumo, bem como as interferências causadas na rede elétrica pela conexão do sistema fotovoltaico. Para essas analises pretende-se utilizar programas que auxiliam em uma obtenção próxima do real como o OpenDSS e um Analisador de Qualidade de Energia.

Estudar as normas e leis vigentes que englobam todo o processo deste trabalho, este ponto é muito importante por se tratar de novas tecnologias e ainda pouco empregadas no território nacional.

Tendo definidos os lugares para instalação dos equipamentos do sistema, torna-se necessário o dimensionamento do sistema, levando em consideração vários fatores: quantidade de carros que pretendesse atender simultaneamente, aproveitamento máximo da energia excedente gerada, disponibilidade de área para aporte do sistema.

Escolher os tipos de matérias que proporcionam maior viabilidade técnica e econômica, pois existem placas fotovoltaicas que proporcionam maior aproveitamento por metro quadrado, mas com um custo elevado em relação a outras que necessitariam de maior área disponível para geração dos mesmos valores de energia. Tem-se por objetivo fazer a análise do custo benefício nos demais equipamentos necessários.

Fig. 19. Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

Fonte: Autor (2018)

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Por meio dos estudos realizados, pretende-se ter um entendimento maior sobre o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos. Com um aprofundamento no estudo das tecnologias voltadas ao fornecimento de energia aos veículos elétricos, visa-se adquirir conhecimentos necessários para escolher os equipamentos que proporcionam uma maior eficiência energética.

V. REFERÊNCIAS

[1] < ABNT. NBR 11704 Sistemas fotovoltaicos - Classificação. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2008.

[2] < BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. Veículos Elétricos: História e Perspectivas no Brasil. BNDES Setorial, v.33, p.207-224, 2011.

[3] < BERNARDON, D. P. et al. Sistemas de Distribuição no Contexto das Redes Elétricas Inteligentes. Santa Maria: Editora Pallotti, 2016.

[4] < CASTRO, Thais Santos. Análise econômica e ambiental de sistemas de geração alternativa para suprimento energético de carros elétricos. 2018.

[5]< CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA E SUSTENTABILIDADE. Encontro da Indústria para a Sustentabilidade.Brasília: CNI, 2012.

[6] < DOE/EERE – U.S. Department of Energy Efficiency & Renewable Energy. Photovoltaics. 2011. Disponível em https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51847.pdf, Acesso dia 30/06/2018.

[7] < EcoDebate. Mais carros, caminhões e ônibus elétricos e menos subsídio ao diesel, artigo de José Eustáquio Diniz Alves. Disponível em: < https://www.ecodebate.com.br/2018/06/04/mais-carros-caminhoes-e-onibus-eletricos-e-menos-subsidio-ao-diesel-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/> acesso em: 20 jun. 2018.

[8] < MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014.

[9] < NSK (2018). ORGANIZAÇÂO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUBR). Fontes de energia renováveis podem atender maior parte da demanda global. 2011. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fontes-de-energia-renovaveis-podem-atender-maior-parte-da-demanda-global/> Acesso em: 25de abril de 2018.

[10] < NOCE, Toshizaemom; HORIZONTE, Belo. Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, 2009.

[11] < PEREIRA, Osvaldo LS; GONÇALVES, Felipe F. Dimensionamento de Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: Estudo de caso do sistema de tubarão-SC. Revista Brasileira de Energia, v. 14, n. 1, p. 25-45, 2008.

[12] < PISANTI, C. Design and energetic evaluation of a mobile photovoltaic roof for cars. Energy Procedia, n. 8, p. 182-192, 2015.

[13] < PIOVANI J. T., LEITE C. T. P., SANTOS G. F., SILVA M. P., SANTOS M. E., SOPHILIO N. C., XAVIER R., BOMEISEL E. Carro elétrico movido a energia solar. CONNECTION LINE 17.2017.

[14] < SILVA, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em: 29 fev. 2018.

[15] < STRANGUETO, K. M.. Usina fotovoltaica de 1 MWP para suprimento de veículos elétricos: estimativa da frota atendida, logística de abastecimento e emissões de CO2 evitadas. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, São Paulo. 2012.

Comparativo entre Medidores de Resposta Média e *True-RMS*

Frederico Holsbach; Leonardo dos Anjos; Lucas Santiago Weiser; Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
fredericoholsbach@hotmail.com; leo4anjos@gmail.com; lucasweiser@yahoo.com.br; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — No decorrer do tempo, os equipamentos eletrônicos apresentarão maiores resistências em seus circuitos quanto a interferência de harmônicas, dado isso aos equipamentos que possuam fragilidades em suas ondas senoidais, das quais são mais suscetíveis a tais interferências, causando distúrbios na qualidade de sinal ou afetando o desempenho de equipamentos sensíveis a variação ininterrupta de tensão ou corrente. Realizou-se dois experimentos práticos com equipamentos de ensaio, onde constatou-se com análises de medições com aparelhos *True-RMS*, Resposta Média e com analisador de qualidade da energia, que distorções harmônicas interferem tanto na qualidade de um sistema, quanto no funcionamento de equipamentos eletrônicos, gerando discrepâncias nas medições entre os dois tipos de medidores e apresentando distorção nas formas de onda, geradas pelas interferências harmônicas.**

***Palavras-chaves* — Harmônicas, medição, prática, qualidade**

I. Introdução

A maioria dos equipamentos eletrônicos como computadores, circuitos de iluminação, condicionadores de ar e equipamentos de vídeo, trazem consigo o inconveniente de provocar deformações nas formas de onda, também chamadas de tensões e correntes harmônicas, podendo contribuir para a degradação da qualidade de energia elétrica. [1]

Os instrumentos convencionais, também conhecidos como "valor médio" são os mais utilizados para medição de corrente e tensão. Atualmente com a presença de harmônicas, esses aparelhos tornam-se inviáveis, pois podem apresentar erros nas leituras o que pode gerar interpretações erradas sobre o circuito analisado. [2]

Sendo assim, pela necessidade de medir sinais que contenham harmônicas, foram desenvolvidos instrumentos que medem o valor eficaz verdadeiro do sistema, chamados de True RMS.[3]

Ao medir correntes demandadas por diferentes equipamentos elétricos com um alicate amperímetro convencional foram constatadas variações nos valores medidos. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre medidores de resposta média e *True-RMS*, utilizando de experiências práticas para obtenção de resultados.

II. Referencial Teórico

A. Harmônicas

A palavra "harmônicos" foi originalmente definida em acústica, significando a vibração de um fio ou coluna de ar, com a presença de frequências múltiplas em relação a uma frequência fundamental, provocando uma distorção do som resultante. Fenômenos semelhantes a este ocorrem na Engenharia Elétrica, onde deformações das tensões e correntes elétricas também têm sido registradas. [4]

Uma tensão ou corrente harmônica é um sinal senoidal cuja frequência é múltiplo inteiro da frequência fundamental do sinal de alimentação. [2]

As distorções harmônicas são periódicas e existem quando há uma combinação dos componentes da forma de ondas senoidal, a fundamental e seus múltiplos inteiros acarretando uma onda distorcida da forma de onda original. [5]

Os dispositivos geradores de harmônicas estão presentes em todos os setores industriais, comerciais e domésticos. As cargas tradicionais, tais como lâmpadas incandescentes conectadas a uma fonte de tensão senoidal, drenam correntes também na forma senoidal. Quando a forma de onda da corrente espelha a forma da tensão aplicada (ambas senoidais), não há presença de harmônicas. A simples presença de harmônicas numa instalação não representa problema. O problema é a sua interação com o sistema de distribuição, causando distorções e perdas na tensão. [1]

B. Distorções Harmônicas

A distorção harmônica é causada principalmente por cargas não-lineares no sistema elétrico. Uma carga não-linear é aquela em que a corrente não é proporcional à tensão aplicada. A Fig. 1 ilustra esse conceito para o caso de uma tensão senoidal aplicada a um resistor não-linear em que tensão e corrente variam segundo a curva mostrada. [4]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

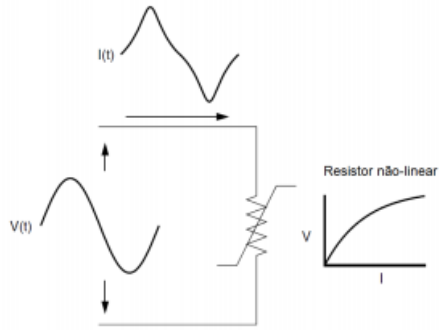


Figura 1 – Comportamento de uma Carga Não-Linear
FONTE: (DUGAN, 2002)

Enquanto a tensão aplicada é perfeitamente senoidal, a corrente resultante é distorcida. Nesse caso, um pequeno aumento na tensão pode causar uma grande elevação na corrente, causando a deformação na forma de onda. [4]

A Fig. 2 mostra o comportamento de uma carga linear e uma não linear

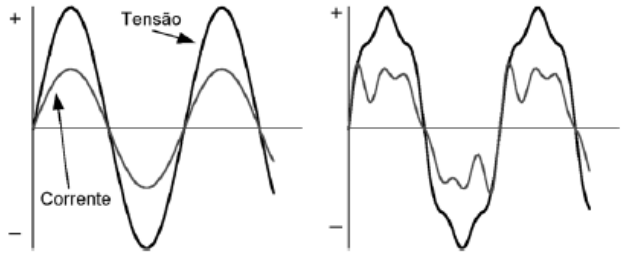


Figura 2 - Forma de onda de uma carga uma carga linear (à esquerda) e não linear (à direita)
FONTE:(Santos, 2006)

Toda forma de onda distorcida periodicamente pode ser expressa com uma soma de ondas puramente senoidais em que a frequência de cada senóide é um múltiplo inteiro da frequência fundamental. A soma das senóides é referida como série de Fourier. [7]

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(a_n \cos\frac{n\pi x}{L} + b_n \sin\frac{n\pi x}{L}\right) \qquad (1)$$

Onde:
a0, an e bn - são os coeficientes de Fourier;
n - é o índice da série;
L - é o termo relacionado ao período da função.

C. Fontes de Harmônicas

As principais fontes de correntes harmônicas são os conversores estáticos. Incluindo os inversores e retificadores, eles podem ser divididos em três grupos de acordo com a geração de harmônicos: Conversores de grande, média e baixa potência. [8]

Os conversores de baixa potência relacionam-se aos equipamentos de pequeno porte: televisores, eletrodomésticos e computadores. Atualmente, esse grupo representa uma grande preocupação para o sistema elétrico por ocasionar vários problemas, devido à utilização disseminada desses aparelhos. [8]

D. Perturbações Causadas por Harmônicas

As perturbações são os efeitos indesejados presentes em um sistema elétrico que podem ser causados pela distorção harmônica em um sistema. A poluição harmônica gerada por equipamentos que utilizam corrente não senoidal está presente tanto em plantas industriais quanto em ambientes residenciais e comerciais. [9]

Os efeitos da presença de harmônicas são sentidos por todos os equipamentos conectados ao sistema até mesmo nos geradores de harmônicas, como por exemplo os conversores estáticos que são destinados ao acionamento de máquinas, sofrem com a distorção na tensão e aos notches produzidos por eles mesmos (INEP). Além disso, a presença de harmônicos contribui para diminuição da vida útil do sistema e dos equipamentos a ele ligados. [5]

E. Medição de Grandezas Elétricas

Os instrumentos mais comuns para medição de tensão e corrente são designados para a leitura de sinais senoidais, que estão cada vez mais difíceis de serem encontrados. Com a presença de harmônicas, a leitura desses aparelhos pode apresentar erros grosseiros, levando a uma interpretação incorreta sobre o circuito analisado. [2]

F. Medidores de Resposta Média e True RMS

Muitos instrumentos não são adequados para a medição de correntes distorcidas e, na atualidade, a maioria das correntes são distorcidas. Esta distorção é devida às correntes harmônicas geradas por cargas não lineares, especialmente equipamentos eletrônicos tais como computadores pessoais, lâmpadas fluorescentes com reatores eletrônicos, e acionamentos de velocidade variável. A Fig. 3 mostra a forma

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

de onda de corrente típica gerada por um computador pessoal. Obviamente, não é uma onda senoidal e todas as ferramentas e técnicas de cálculo que normalmente são utilizadas para medição de ondas senoidais já não funcionam. Isto significa que, ao investigar uma avaria ou analisar o desempenho de um sistema de alimentação de energia, é essencial usar as ferramentas corretas para esse trabalho, ferramentas que possam lidar com correntes e tensões não senoidais. [3]

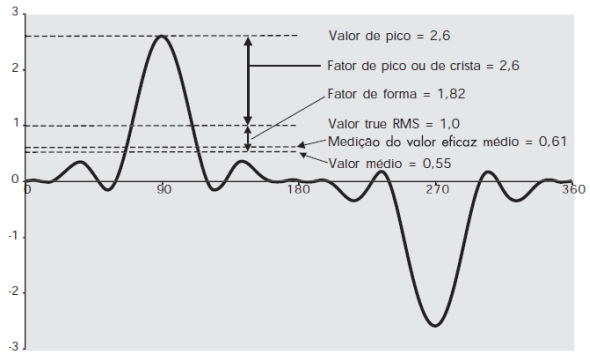


Figura 3- Forma de onda de corrente típica gerada por um computador pessoal
FONTE:(WEST, 2002)

Na Fig. 4 são apresentados dois alicates amperímetros em locais próximos em um circuito, ambos trabalhando de forma correta e calibrados de acordo com os requisitos impostos pelo fabricante. O que diferencia os aparelhos é o modo como é medido em cada um deles.

Figura 4 - O circuito alimenta uma carga não linear com corrente distorcida. O multímetro de alicate True RMS (à esquerda) lê corretamente, mas o multímetro de valor médio (à direita) fornece uma leitura 32% menor.
FONTE:(WEST, 2002)

RMS vem do inglês *root-mean square* que significa a raiz quadrada média, tem origem de um método matemático que calcula o valor de aquecimento de uma forma de onda em Corrente Alternada (CA). O RMS CA equivale ao valor de aquecimento em Corrente Contínua (CC) de uma forma de onda, considerando valores de tensão ou corrente. Elementos como fusíveis, barras coletoras, condutores e componentes térmicos de interruptores de circuitos classificam-se em corrente RMS, pois seu funcionamento tem ligação direta com a dissipação de calor. Para saber se há sobrecarga em um determinado circuito, necessita-se media a corrente RMS e conferir o resultado com o valor nominal de corrente do componente medido. Quando se tem um alicate de corrente *True*-RMS, significa que este pode calcular o valor de aquecimento conforme o cálculo RMS e não depende da forma de onda da corrente, já os medidores que não possuem esta função de medir o verdadeiro valor, utilizam um método de atalho através de suposições da forma de onda, estes são conhecidos como medidores de resposta média, que vem do inglês *Respording-RMS indicating*, eles retiram uma média da forma de onda, definindo um valor de até 1.1 para determinar o valor RMS.[10]

Geralmente utiliza-se o método de resposta média para fazer aferições em ondas senoidais puras, porém quando se tem uma onda que apresenta distorções, devido a cargas não lineares, eles podem levar a erros na leitura do valor, podendo estes chegar a 40%. [10]

A Tabela 1 abaixo apresenta exemplos de como se comportam os dois tipos de medidores, sendo *True-RMS* ou de resposta média, para variadas formas de onda que podem ser apresentadas em circuitos elétricos. [10]

Tipo de multímetro	Resposta para onda senoidal	Resposta para onda quadrada	Resposta para retificador de diodo monofásico	Resposta para retificador de diodo trifásico
Resposta média	Correta	10% acima	40% abaixo	5-30% abaixo
True-rms	Correta	Correta	Correta	Correta

Tabela 1- Uma comparação de unidades de resposta média e True-RMS
FONTE:(Vórtex Equipamentos Ltda.)

III. METODOLOGIA

Buscando analisar a presença de harmônicas em um circuito, foram realizados experimentos práticos com a utilização de equipamentos de medição convencionais e próprios para esse fim.

Desenvolveram-se dois estudos de caso, um deles utilizando um motor de indução trifásico, medindo valores de corrente em uma das fases durante a partida, com seu rotor bloqueado, e em pleno regime. No segundo, utilizou-se três lâmpadas

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

controladas por um dimmer, sendo medidos os valores de tensão e corrente na fase.

Para todos os testes foram usados os Alicates Wattímetros com Garras Flexíveis Minipa ET-4095 *True RMS* e ET-3100 convencional.

Em ambos os casos, foram conectados os alicates wattímetros acoplados a uma das fases do circuito através das garras de indução do equipamento, ambos equipamentos foram ligados em serie ao circuito e a mesma fase, para assim obter valores aproximados.

Após a obtenção dos valores, foi apontado os respectivos e feito uma comparação, tanto nos valores reais mostrados quanto em valores de porcentagem.

Buscou-se analisar as diferenças entre as medidas feitas por cada instrumento, quanto maior for essa diferença maior será a presença de interferências harmônicas no circuito.

IV. ESTUDO DE CASO

Caso 1

No primeiro caso utilizou-se um motor de indução trifásico modelo WEG Alto Rendimento Plus, potência de 1,5 cv e tensão 220/380V, com sua ligação feita em estrela (Y), operando à vazio.

Inicialmente foi aferida a corrente de partida do motor com seu rotor bloqueado, os instrumentos foram conectados a uma das fases como mostra a Fig. 5.

Figura 5 Valores de Corrente com rotor bloqueado
FONTE:(Os Autores,2018)

Na partida do motor com seu rotor bloqueado o alicate amperímetro convencional, da direita, apresentou o valor de 9,55A, já o *True-RMS*, esquerda, o valor de 9,47A, resultando em uma diferença de 0,84% entre eles, tal discrepância pode ter ocorrido por um possível erro de ajuste na escala do Wattímetro Amperímetro.

Quando o motor está em regime, um aparelho apresentou 660mA (*True-RMS*) e o outro 715mA (convencional), fazendo com que a diferença ficasse em torno de 8,33%, a mesma discrepância citada na partida do motor pode ter ocorrido quando medido em regime.

Caso 2

Para o segundo caso foram utilizadas 3 lâmpadas ligadas em pararelo, sendo duas florescentes compactas de 30W cada e uma incandescente de 60W, todas ligadas em 220V, reguladas por um Dimmer, que serve para variar a intensidade da corrente elétrica que circula na carga.

As lâmpadas florescentes compactas, por apresentarem internamente um circuito eletrônico, podem causar interferências harmônicas na rede a qual estão inseridas.

O circuito montado pode ser visto na Fig. 6.

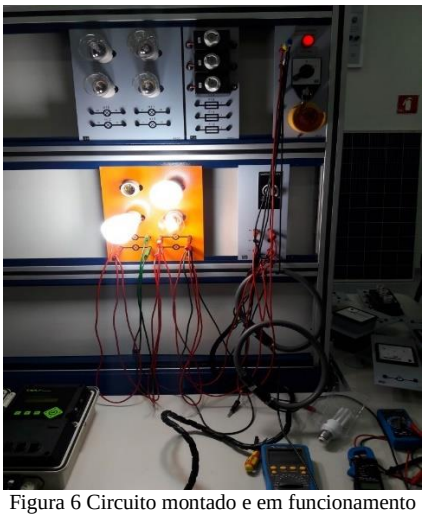


Figura 6 Circuito montado e em funcionamento
FONTE:(Os Autores, 2018)

Neste segundo caso, empregou-se os mesmos instrumentos de medida do caso anterior, além de um multímetro digital Minipa ET-2110, conectado em série com o intuito de medir a corrente total do circuito, a Fig. 7 demonstra essas medições.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

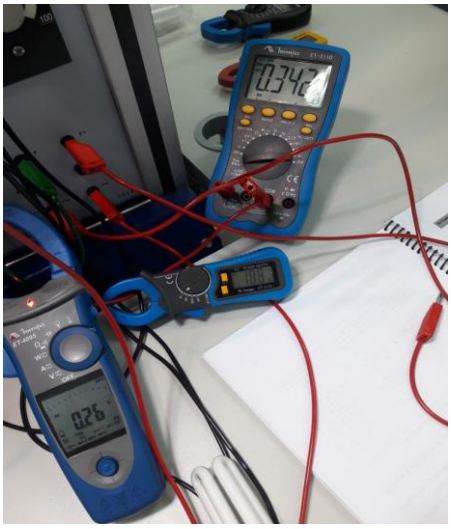


Figura 7 Medição de corrente caso 2
FONTE:(Os Autores,2018)

O alicate amperímetro *True-RMS* (esquerda) apresentou o valor de 260mA, enquanto que o alicate de resposta média informou o valor de 188mA, resultando em uma diferença de aproximadamente 27,70%. Entretanto, o multímetro digital denotou a medida de 342mA, ficando ainda mais distante do primeiro instrumento, também *True-RMS*.

Após a medição de corrente, foram mensurados também os valores de tensão do circuito, resultando em uma diferença de 3,2%, o alicate wattímetro real mostrou o valor de 199,4V e o alicate tradicional 193V.

Neste caso foi realizado também uma análise da qualidade de energia elétrica no circuito, com o auxílio do aparelho analisador IMS PowerNET PQ-600 G4, o qual identifica as componentes harmônicas presentes no sistema, através de gráficos e formas de onda.

Através do analisador obteve-se a forma de onda da tensão da carga não linear, apresentada na Fig. 8 abaixo, a qual notou-se deformidades na senóide ocasionadas pela influência de harmônicas.

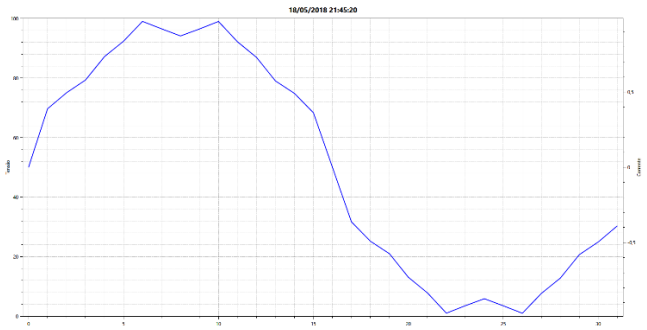


Figura 8 Forma de onda da tensão do circuito
FONTE:(Os Autores, 2018)

Juntamente com o gráfico apresentado na imagem acima, coletou-se o DHI de corrente com predominância de harmônicas de 3ª e 7ª ordem, as harmônicas de 3° ordem transformam a onda senoidal fundamental de 60Hz para uma onda de aproximadamente 180Hz, já a harmônica de 7 ordem transforma a onda para aproximadamente 420Hz, como mostrado na Fig. 9 abaixo:

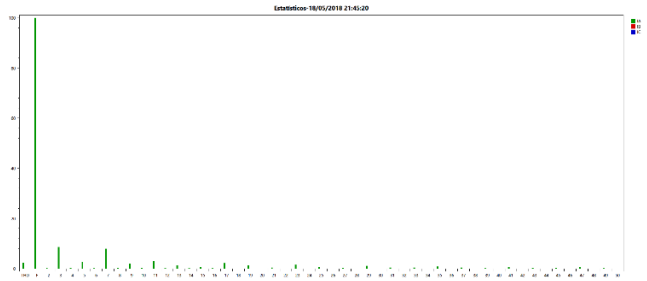


Figura 9 Gráfico do DHI de Corrente
FONTE:(Os Autores, 2018)

A imagem reflete que, durante a análise da qualidade de energia no experimento, constatou-se que as harmônicas que mais influenciam no circuito são de 3° e 7° ordem como mostrado na figura. No eixo de X mostra-se a ordem das harmônicas, já no eixo Y, a quantidade de interferência de cada harmônica.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado possibilitou demonstrar as discrepâncias referentes as aferições realizadas através de experimentos práticos, de valores de corrente e tensão utilizando instrumentos de medição de resposta média e *True-RMS*, assim como, verificação da qualidade de energia elétrica presente em

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

um determinado circuito, utilizando um aparelho analisador para esse fim.

Através das práticas constatou-se diferenças nas medições de corrente e tensão, algumas muito significativas, pois o aparelho medidor *True-RMS* consegue captar valores reais mesmo sob influência de harmônicas em um circuito, o que não é possível em instrumentos de resposta média, onde o mesmo sofre com as perturbações resultando em erros ou leituras incorretas em suas mensurações.

No primeiro caso os valores de corrente não apresentaram variações significativas de um aparelho para o outro, tendo a maior variação quando o motor se encontrava em regime permanente.

Já no segundo caso obteve-se maior variação nas medições, onde a corrente chegou a apresentar uma discriminação de 27,70% comparando os dois alicates wattímetros, que obtém seus resultados através de indução e 72% se comparado ao Multímetro digital, que também lê valores reais, o qual é ligado em série ao circuito. Essas diferenças apresentadas ocorrem por causa da presença das harmônicas, gerando erro nos aparelhos convencionais.

Através da análise da qualidade de energia no circuito, obteve-se formas de ondas, as quais apresentam claramente distorções no seu formato, causadas por harmônicas.

VI. REFERÊNCIAS

[1] - LOPEZ, R. A. Qualidade na energia elétrica: Efeitos dos distúrbios, diagnósticos e soluções. 2. Ed. São Paulo: ARTLIBER, 2013.

[2] - MORENO, H. Harmônicas nas instalações elétricas: causas, efeitos e soluções. Procobre.1. Ed. São Paulo, Novembro de 2001.

[3] - WEST, Ken – True RMS, A Única Medição Verdadeira (2002).

[4] - SOUZA, W. E. DE. (2008). Universidade Federal Do Paraná Características Dos Transformadores E De Dados De Consumo. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

[5] - DIAS, G. A. D. Harmônicas em Sistemas Industriais. Coleção Engenharia 4, Porto Alegre:Editora Edipucrs, 1998.

[6] - DUGAN, R. e. a. Electrical Power Systems Quality. second edition. [S.l.]: McGraw-Hill, 2002.

[7] - OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S. Sinais e Sistemas. second edition. [S.l.]: Pearson, 2010.

[8] - SANTOS, et al. Conservação de energia: Eficiência energética de equipamentos einstalações. 3ª ed. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. 2006.

[9] - NASCIMENTO, C. F. Determinação do Conteúdo Harmônico de Corrente Baseada emRedes Neurais Artificiais para Cargas Não-Lineares Monofásicas. São Carlos, 2007(Defendida em 10/07/2007). 202p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos,Universidade de São Paulo.

[10] - Vórtex Equipamentos Ltda., disponível em: http://www.vortex.com.br/notas/porque_true_rms.pdf

Uma Nova Abordagem no Ensino de Geração de Energia: Aprendizagem Significativa

Mariluce Castanho Ferreira[1]; Nelson Knak Neto[2]
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
castanhomari@gmail.com [1]; nelsonknak@san.uri.br [2]

***Resumo* — A disciplina de geração de energia aborda as fontes de energia renováveis e não renováveis. E as tecnólogas de fontes de energia renováveis vem evoluindo cada vez mais, evidenciando a grande importância de seu estudo. Nesse sentido, este trabalho tem como base a elaboração e análise de materiais didáticos para o ensino superior com uma metodologia de aprendizagem significativa baseada nas UEPS (método potencializador da aprendizagem significativa), e conciliando os protótipos de geração de energia em bancadas didáticas. Inicialmente foi elaborada uma síntese sobre o assunto abordado e as informações foram construídos materiais didáticos onde o aluno é o centro da sala de aula, podendo interagir e sim ter uma aprendizagem significativa. Buscando o interesse dos acadêmicos do curso de engenharia elétrica na matéria de geração de energia. Tornando um ambiente mais confortável para aprendizagem e que tenha maior interação dos alunos com a prática e como resultado um ensino com mais qualidade.**

***Palavras-chaves* — Ensino de Geração de Energia, Aprendizagem Significativa, Qualidade no ensino.**

I. INTRODUÇÃO

O ensino superior no Brasil vem evoluindo nas últimas décadas, e as tecnologias utilizadas no ensino também. Por outro lado, a metodologia trabalhada em sala de aula continua em grande parte a mesma, baseadas em aulas expositivas verbais e/ou aulas com recursos áudio visuais. Não utilizando adequadamente as novas tecnologias existentes dentro da sala de aula. E a metodologia tradicional, na maioria dos casos, não leva o aluno a pensar e a refletir em buscas de soluções e, consequentemente, não garante que conteúdo esteja realmente assimilado pelos acadêmicos.

Os atuais acadêmicos são de uma geração cada vez mais associada à tecnologia e inovação, fazendo com que abordagens teóricas não se tornem atrativas. Nos cursos de engenharias tem a possibilidade de trabalhar com muitas tecnologias, mas em grande parte não são utilizadas para associar a teoria e a realidade. Muitos cálculos, listas de exercícios e poucas práticas. O resultado disso são casos de desmotivação dos mesmos quando o aprendizado não se torna significativa.

O principal objetivo do curso de engenharia elétrica é a formação de profissionais realmente qualificados para trabalhar no mercado de trabalho atual com qualidade. Tendo senso crítico e a responsabilidade de solucionar situações enfrentadas na profissão.

Uma das disciplinas do curso de engenharia elétrica é a geração de energia. Esta estuda as fontes de geração de energia elétrica, tendo grande ênfase nas energias renováveis, pois são energias de recursos naturais inesgotáveis que se regeneram ao longo do tempo. Estudar essas formas de aproveitamento tem cada vez mais importância no mercado atual, no qual se buscam soluções limpas e sustentáveis. Dessa forma, as metodologias de ensino a serem abordadas na disciplina de geração de energia devem ser de uma forma prática e significativa. Podendo ser trabalhada com protótipos, uma ferramenta que os acadêmicos possam manusear, montar, fazer testes, comparando com a realidade.

VII. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1) Ensino de engenharias e seus aspectos didáticos: Um breve histórico sobre o ensino superior no Brasil fala que até 1934, o modelo de ensino era de uma formação para profissionais liberais tradicionais, com os cursos de direito e medicina, ou para as engenharias. Esses cursos constituíram a espinha dorsal desse sistema, e ainda estão hoje entre as profissões de maior prestígio e demanda. As principais influências que o ensino superior obteve foi do pragmatismo e o napoleônico, com a vinda de portugueses ao Brasil. Com características principais a formação de profissionais e o controle do Estado sobre o sistema. Uma universidade era exatamente uma forma de atender aos objetivos centralizados do governo. [1]

Apenas no século XIX foram introduzidas algumas modificações no ensino superior, principalmente a valorização da formação tecnológica, que é de extrema necessidade para o

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

desenvolvimento do país. A base passava a ser científica com a criação das escolas politécnicas, incentivando o interesse pela pesquisa. O processo de crescimento do ensino superior passou por vários conflitos políticos, entre o estado e os administradores das universidades. Passando por uma reformulação de todo o sistema educacional. Mas que no fim trouxe grandes benefícios e modernização no sistema educacional. Além de uma grande ampliação das vagas no ensino público e incentivo a expansão do setor privado.

Na década de 70, se obteve a criação de diversos cursos superiores além dos tradicionais já existentes, como psicologia, ciências contábeis, administração e ciências sociais aplicadas. E, após essa data, como engenharia florestal, artes práticas, desenho industrial, ciências da computação, entre outros. [1]

O ensino de engenharia elétrica também vem evoluindo com o passar dos tempos, desde os primórdios da história com o estudo dos materiais condutores como cobre, a prata e o ferro, isto em torno de 2500 A.C. As descobertas realizadas por cientistas e inventores nos séculos XVIII e XIX nas áreas de eletrostática, eletrodinâmica, magnetismo e eletromagnetismo, fundamentos da Engenharia Elétrica. Com consequência as invenções e descobertas como o gerador de corrente contínua, o telégrafo, a lâmpada elétrica, o rádio, o telefone e o sistema de corrente alternada. E as invenções de destaque do Século XX foram a válvula eletrônica, o semicondutor, o circuito integrado, a televisão e o computador eletrônico. [2]

Somente a partir do século XVI as matérias como física, química, mecânica, matemática foram acrescentadas no currículo das universidades, trazendo os cientistas e inventores para as Academias de Ciências em seus países. Surgindo com a disciplina opcional nos cursos de física e engenharia "Aplicações de Eletricidade" começa a origem formal em engenharia Elétrica. Suprindo assim a necessidade da demanda de instalações elétricas, projeções, fabricações e manutenção. Nota-se a necessidade de escolas politécnicas e assim em 1797 a França começa a oferecer o curso básico aos estudantes de Engenharia Elétrica, chegando ao Brasil em 1901 com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, criando a disciplina de eletrotécnica. [2]

Podemos notar que o ensino de engenharia elétrica surgiu pela necessidade de inovações no ramo de eletricidade, e que tivessem pessoas qualificadas para fazer a manutenção em equipamentos eletrônicos. Assim as universidades tem o propósito de sempre estarem se atualizando e visando a qualidade do ensino para possibilitar a formação de engenheiros qualificados para atender a necessidade de cada região.

I1) Ensino de Geração de Energia: O consumo de energia no Brasil e no mundo cresce a cada ano, e o sistema elétrico de um país deve suportar e se adequar a esse crescimento. Além do sistema de geração convencional as fontes de geração estão se diversificando para melhor atender a realidade atual, e as energias renováveis podem ser uma tentativa de solução para esse crescimento. A geração de energia solar através da radiação solar e eólica através do vento são as que se destacam para um grande crescimento da matriz energética brasileira.

A disciplina de geração de energia estuda as perspectivas de geração de eletricidade, tendências futuras, e um panorama das principais fontes de energia elétrica e a evolução da mesma. Sendo de suma importância o ensino das fontes de geração de energia, além das aulas teóricas tradicionais as aulas práticas, que vão além de visitas técnicas. Para que atinja o objetivo de uma aprendizagem significativa é fundamental aulas práticas em laboratório em bancadas didáticas para verificar o funcionamento do processo de geração de energia. Associando assim a teoria com a prática, buscando soluções e inovações para o estudo de geração de energia.

Para Giordani, Jurach e Rodrigues (2003), bancadas didáticas são ferramentas de auxílio para a realização de experimentos que possibilitam ao operador montar diversos sistemas variando seus parâmetros, familiarizando-se com os componentes e ao mesmo tempo que verifica na prática a teoria vista em aula.

II1) Metodologia ativa: Metodologia é a forma com que o professor aborda o conteúdo proposto em sala de aula, utilizando métodos e recursos. Uma das metodologias utilizadas é a de forma tradicional, com o professor no centro do processo, responsável por transmitir o conteúdo e cobrar metas. Utilizando procedimentos baseados na memorização, repetindo uma série de exercícios para poder fixar os conteúdos transmitidos pelo professor: não problematizando e nem discutindo os conteúdos.

Oposto, a metodologia tradicional, há a metodologia ativa, cujo principal objetivo é trazer o acadêmico para o centro da discussão, sendo ele o responsável pela construção do seu conhecimento. E, assim, propor desafios a serem superados pelos estudantes, possibilitando-os de ocupar o lugar de sujeito na construção do conhecimento, participando da análise do processo assistencial, e colocando o professor como orientador desse processo. Facilitando a articulação dinâmica entre teoria/prática, a integração ensino/aprendizagem e a formação de profissionais.

Na realidade dos acadêmicos de hoje com acesso à internet e a divulgação aberta de muitos cursos e materiais, os métodos tradicionais já começam a ficar sem sentido, de cada vez mais difícil aplicação.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Essa metodologia é muito flexível, integrando o currículo em uma abordagem diferenciada. O docente da disciplina fica responsável pela elaboração do planejamento, analisando as vantagens e habilidades que o acadêmico deverá atingir para a sua vida profissional.

Na literatura temos os passos de Schmidt que descrevem como proceder à aula com a metodologia ativa, que são: Leitura do problema; identificação e esclarecimento de termos desconhecidos; identificação dos problemas propostos pelo enunciado; formulação de hipóteses explicativas para os problemas identificados com base no conhecimento prévio do estudante com o resumo das hipóteses; formulação dos objetivos de aprendizagem; estudo individual dos assuntos levantados nos objetivos de aprendizagem; retorno ao grupo tutorial para rediscussão do problema. [3]

Ao trabalhar com essa metodologia o acadêmico adquire o senso crítico-reflexivo e a valorização do trabalho em equipe. Como vantagem a ser trabalhada, com essa metodologia o discente se sente cada vez mais autônomo e capaz de desenvolver raciocínio lógico e confiante na tomada de decisão em diversas situações. Tornando o futuro profissional mais comprometido, crítico e reflexivo.

Essa metodologia não é usada na maioria das universidades, sendo que normalmente a utilizada é a forma tradicional, a qual é caracterizada por retenção de informações, disciplinas fragmentadas e avaliações que exigem memorização. Não tendo muitas vezes que o aluno seja capaz de interagir na aula e que se torne autônomo, promovendo carências de constante atualização.

Toda metodologia utilizada tem suas fragilidades, sendo que na metodologia ativa o acadêmico tem que ter a maturidade que é exigida do discente. Tendo que ter um suporte do docente como facilitador do ensino, não deixando toda a responsabilidade para o aluno.

O grande desafio da Metodologia Ativa é aperfeiçoar a autonomia individual e uma educação capaz de desenvolver uma visão do todo – transdisciplinar, que possibilite a compreensão de aspectos cognitivos, afetivos, socioeconômicos, políticos e culturais, constituindo uma prática pedagógica socialmente contextualizada. [3]

IV) Aprendizagem significativa: Com o fim de obter um profissional qualificado, além da metodologia utilizada em sala de aula devemos ter uma aprendizagem significativa. E como o nome já diz, é a aprendizagem onde o aluno tem a oportunidade de organizar seus conhecimentos construídos por meio de conhecimentos já existentes no seu cognitivo. Despertando a vontade de aprender de maneira significativa, formando cidadãos capazes de questionar, de ter participação ativa na sociedade, ser capaz de receber e fazer críticas. Esse assunto tem sido muito discutido, onde o principal objetivo é fazer com que a sala de aula se torne um ambiente propício para que a aprendizagem significativa ocorra.

A aprendizagem significativa é dividida em clássica e crítica, onde cada uma tem aspectos diferentes. A abordagem da aprendizagem significativa clássica foi desenvolvida por Ausubel, que é considerado um cognitivista/construtivista. Ele era um médico psiquiatra, e dedicou-se sua carreira à psicologia educacional. [4]

Para Ausubel, a aprendizagem significativa implica na aquisição de novos conceitos, ou ainda, é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspectos relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Assim, podemos dizer que o acadêmico já possui algum conhecimento sobre o assunto, conhecendo isso, ele é capaz de aumentar sua visão sobre o assunto, interagindo, questionando.

O maior desafio para os educadores é chamar a atenção dos acadêmicos para as aulas, fazendo que a mesma se torne interessante. Tendo em vista a abordagem da aprendizagem significativa clássica podemos nos deter em interligar os conteúdos com experiências do cotidiano e assim tornar a sala de aula em ambiente mais estimulante para a aprendizagem, tornando o conteúdo mais significativo para o acadêmico.

O educador deve estar consciente das concepções prévias de cada acadêmico, para assim poder preparar o material do conteúdo de sua matéria, levando em conta o que o aluno já sabe. A nova informação deve interagir com a estrutura cognitiva do acadêmico, modificando-a, tornando assim um aprendizado significativo.

Mas, o acadêmico precisa ter interesse em aprender, não sendo um aprendizado de forma mecânica, somente memorizando o conteúdo. Pois, assim, não importa o material utilizado, o acadêmico vai assimilar o conteúdo proposto pelo educador.

Para Ausubel, existem princípios que devem ser aplicados na apresentação e na organização sequencial de um campo de conhecimento. Estes princípios são conhecimentos como: diferenciação progressiva, reconciliação integrada, organização sequencial e consolidação.

Com esses princípios levam ao educador apresentar as ideias gerais para depois aprofundar o assunto. Sempre retomar o conteúdo nas ideias gerais sempre que necessário para melhor fixação. Utilizar conceitos que o acadêmico já sabe para elaborar o que ele precisa saber. Assim, mesmo os conceitos ensinados de uma forma tradicional podem se tornar significativos, dependendo das conexões entre o que foi passado pelo educador e o que foi assimilado pelo acadêmico.

Já na aprendizagem significativa crítica abordada por Moreira (2005) é denominada como subversiva ou antropológica. Esse conceito fala que o aluno aprende e tem

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

uma evolução dos conteúdos se tiver um posicionamento crítico frente à ciência e implicações sociais do conhecimento científico.

Na aprendizagem significativa crítica os princípios são: aprendemos a partir do que já sabemos; utilizar perguntas ao invés de respostas; utilização de vários materiais de aprendizagem; aprendizagem pela correção do erro; representar tudo que aprende; entender que os significados das palavras são atribuídos por cada pessoa; perceber que o conhecimento está sempre em construção; é necessário a ligação do conhecimento prévio com o novo conhecimento; conhecimento da cada linguagem de conhecimento; utilizar diversidade de estratégias.

A partir da aprendizagem significativa existem didáticas associadas ao objetivo de auxiliar o professor em seu planejamento didático. Essa sequência didática sugere ao professor primeiramente definir o conteúdo a ser abordado, mas com uma visão clara de seus contextos aplicados a realidade. Levando ao acadêmico a demostrar seu conhecimento prévio, para depois colocar uma situação-problema para criar um novo embasamento do assunto. A partir disso abordar de uma forma mais específica, mas sempre retomar os aspectos gerais do conteúdo. Depois apresentar novas situações contextualizadas, interagindo com o acadêmico, mediando o conteúdo. A avaliação deve ser feita pela evolução do conhecimento adquirido, propondo questões que impliquem em compreensão, ou seja, onde a aprendizagem significativa é progressiva, levando em consideração todo o processo de aprendizagem. Por fim, não se pode esquecer que os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, deve-se privilegiar o questionamento evitar respostas prontas e estimular o aluno ao diálogo e a crítica. [5]

As UEPS (método potencializador da aprendizagem significativa) que será usada no processo de ensino de Geração de Energia são divididas em 8 etapas, que são: Definição de conceito; Investigação de conhecimento prévio; Situações problema introdutórias; Diferenciação progressiva; Complexidade; Reconciliação Integrada; Avaliação; Efetividade.

II. Observações Finais

Para determinar os elementos necessários para uma abordagem baseada na aprendizagem significativa com a utilização de protótipos em bancadas didáticas na disciplina de Geração de Energia é fundamental integrar materiais didáticos como bancadas didáticas à atividades de ensino. Integrando o conteúdo da disciplina de geração de energia com as bancadas didáticas, na parte de geração de energia, estima-se uma didática através das ferramenta de estudos com protótipos e o desenvolvimento de habilidades dos acadêmicos em procedimentos práticos em bancadas didáticas. Através da simulação do funcionamento de equipamentos de geração de energia, mostrar a relação da disciplina de Geração de Energia com a prática, desenvolvendo novos conhecimentos a partir de situações problemas reais.

III. Referências

[1] SAMPAIO, Helena. “Evolução do ensino superior brasileiro, 1808-1990”, [S.L.] Disponível em: < http://nupps.usp.br/downloads/docs/dt9108.pdf>. Acesso em: 18 maio de 2018.

[2] BATTAGLIN, Paulo D., Gilmar Barretob. “Revisitando a história da engenharia elétrica”, 2011. Disponível em: <http://107.161.183.146/~abengeorg/revista/index.php/abenge/article/viewFile/103/83>. Acesso em: 14 outubro de 2018.

[3] BERBEL, N. A. N. (org.).” Metodologia da Problematização: fundamentos e aplicações”. Londrina: Editora UEL, 1999.

[4] VIEIRA, Jennie Elias. Desenvolvimento de metodologia de ensino para abordagem de tópicos de conversão de energia elétrica na educação básica fundamentada na aprendizagem significativa colaborativa, 2016. Disponível em: < https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/175880>. Acesso em: 11 junho de 2018.

[5] MOREIRA, M. A. “O que é afinal Aprendizagem Significativa?”, 2011 Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 18 maio de 2018.

Desenvolvimento De Bancada Didática Para Ensino De Geração De Energia Baseado Na Geração Por Aerogeradores

Pedro da Costa Petry; Douglas Karnikowski; Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Santo Ângelo
pedropetry@aluno.santoangelo.uri.br; douglasdecastrok@san.uri.br; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — Com a grande expansão da matriz energética brasileira, o uso de fontes renováveis vem se destacando, dentre as conhecidas no âmbito de geração centralizada, a mais difundida é o uso de aerogeradores. A criação da bancada didática constitui-se para o ensino mensurável dos sistemas existentes, dando a possibilidade de simulações em ambiente controlado dos mais diversos tipos de turbinas eólicas. Com uma plataforma totalmente *OpenSourse* há possibilidade melhorias do projeto sem restrições. Será possível apresentar os cenários de aplicações, melhorias de sistemas e o desenvolvimento de novas estruturas, além de manter o acadêmico mais próximo possível da realidade da geração de energia eólica sem o custo de um aerogerador de grande porte.**

***Palavras-chaves* — Geração Eólica, Ensino Tecnológico, Aerogeradores, Engenharia Elétrica.**

I. INTRODUÇÃO

Com o crescimento exponencial da população, diretrizes ambientais e melhoria dos sistemas de energia elétrica, este projeto visa ajudar o acadêmico de engenharia elétrica a conhecer e praticar os conhecimentos adquiridos na disciplina de Geração de Energia elétrica. Mantendo-o mais próximo possível da realidade da geração eólica em um ambiente controlado, podendo simular situações para melhor aproveitamento da geração eólica e também analisar o comportamento dos sistemas de geração de energia a partir dos ventos. [3].

A matriz energética brasileira vem buscando apliar seus sistemas de geração, conforme o Ministerio de Minas e Energia há um plano de expansão de geração eólica até 2026 chegando a 25,8 GW instalados. [5].

Pode-se já considerar esta grande expansão no ultimo Anuário Estatístico de Energia Elétrica onde apresenta um crescimento de 54,9% de 2015 para 2016 em geração de energia eólica totalizando 33,5 TWh e ainda uma pequena participação de 5,8% da matriz energética brasileira.[3].

Tendo em vista que já se encontram em construção mais de 115 novos parque eólicos e liberados para obras mais 91 parques. [2].

O Brasil conta hoje com 13GW, 518 parques eólicos e mais de 6600 aerogeradores em funcionamento, não contando os sistemas de microgeração que ainda encontram-se em homologação com a ANEEL.

Então o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de facil aplicação para o ensino de geração de energia elétrica voltado em sistemas de aerogeradores, onde o aluno na prática poderá aplicar os conhecimentos teóricos em simulações com protótipos funcionais, caracterizando os componentes de sua construção e o funcionamento de diferentes tipos de aerogeradores existentes.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Possuindo mais de 578.898 Gwh produzidos pelas usinas de geração de energia elétrica, atendendo uma população de 206.871 milhões de pessoas que juntos consomem mais de 460.829 Gwh de energia elétrica, dados de 2016/2017, [3].

Considerando estes dados, nota-se a grande necessidade da expansão da matriz energética brasileira, hoje conta-se com um número considerável de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, sendo a eólica uma das menos impactantes ao meio ambiente e de grande expansão no cenário brasileiro, tendo instalado 33.489 GW de potência, representando 5,8% da geração total do país.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

TABELA 1 – GERAÇÃO ELÉTRICA POR FONTE NO BRASIL

	2015	2016	Δ% (2016/2015)	Part. % (2016)
Total	**581.228**	**578.898**	**-0,4**	**100**
Hidráulica	359.743	380.911	5,9	65,8
Gás Natural	79.490	56.485	-28,9	9,8
Derivados de Petróleo	25.657	12.103	-52,8	2,1
Carvão	18.856	17.001	-9,8	2,9
Nuclear	14.734	15.864	7,7	2,7
Biomassa	47.394	49.236	3,9	8,5
Eólica	21.626	33.489	54,9	5,8
Outras	13.728	13.809	0,6	2,4

Adaptado: (Ministério de Minas e Energia, 2017)

2.2. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A geração de energia elétrica consiste em transformar a energia cinética em energia elétrica, esta energia cinética pode ser obtida por diversas fontes, tais como fontes de energia renováveis e não renováveis, as não renováveis são provenientes de combustíveis fosseis tais como petróleo, carvão mineral, gás natural e xisto betuminoso e nucleares, recursos que são esgotáveis, as renováveis são provenientes de fontes hídricas, eólicas, solares, que são inesgotáveis e outras matérias primas que são abundantes nos nosso ecossistema e se regeneram ao longo do tempo. [8].

2.3. GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Geração de energia eólica é denominada como uma das fontes de energia alternativa que menos gera impacto ambiental. Seus critérios de implantação dependem do local escolhido e da escolha a turbina que melhor terá aproveitamento do vento. O vento é essencial para a geração de energia eólica, pois o mesmo alimenta as turbinas para a geração de energia mecânica, onde acopladas ao sistema de geração é transformada em energia elétrica.

A energia eólica é utilizada a milhares de anos, seu princípio deu-se dos barcos a vela que utilizavam do deslocamento do ar para movimentar-se nos mares e rios, logo após, adotou-se o uso em grandes moinhos de vento e bombas de água, hoje para a geração de energia elétrica, onde grandes hélices captam o vento e transformam em energia mecânica.

Para este tipo de geração deve-se considerar alguns parâmetros da localização que influenciam diretamente no rendimento do sistema, são eles: Direção; Intensidade; Frequência; Altitude. Com estes dados são obtidas estimativas de comportamento.

A curva mais importante é a relação da velocidade dos ventos em função do tempo, também a partir destes dados pode-se obter a curva de energia disponível (ωh/m²), conhecida como potência média ou fluxo de potência eólica. Estes dados são de extrema importância para a definição do aerogerador a ser utilizado devido as zonas de *cut-in* e *cut-out*, ou seja, o início da geração e o final da geração em relação a velocidade do vento. Figura1.

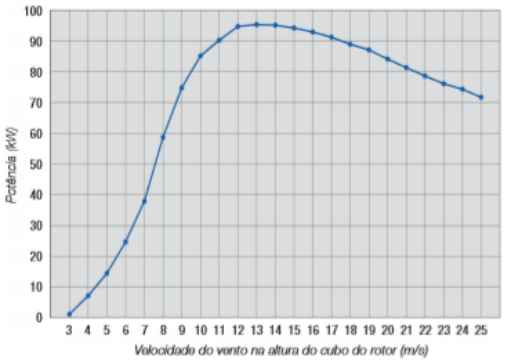


Figura 1 – Gráfico de Curvatura x Velocidade do Vento

2.4. TURBIBAS EÓLICAS

São equipamentos utilizados para geração de energia elétrica, podendo ser de pequeno, médio e grande porte, pequeno e médio porte podendo produzir de dezenas a centenas de kW, utilizadas em sistemas de backup de residências, áreas rurais até mesmo aeronaves de grande porte como o *Airbus A380*, e as de grande porte que produzem alguns MW.

Suas classificações se dão a orientação do eixo do rotor em relação ao solo, podendo ser horizontais e verticais.

2.4.1. ROTORES HORIZONTAIS

Os rotores de eixos horizontais são os mais utilizados nos projetos de grandes parques eólicos, predominantemente movidos por forças de sustentação atuando perpendicularmente ao escoamento, possuem mecanismos que permitem a secção reta varrida, pelas pás seja sempre perpendicular ao vento.

Podem possui de uma a mais pás dependendo de sua aplicação, é incomum ver instaladas turbinas de uma pá por

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

possuírem baixo torque de partida e trabalharem somente com grandes velocidades de vento.

2.4.2. ROTORES VERTICAIS

As turbinas de rotor vertical têm a capacidade de captar os ventos sem precisar alterar a posição do rotor em direção dos ventos, são movidos por forças de sustentação e arrasto, são três principais tipos de rotores verticais, Darrieus, Savonius e torres de vórtices. Rotor Darrieus é composto por duas ou três pás curvadas em um aerofólio simétrico.

Utilizadas para pequenas potências até 50 kW. A mesma característica de potência também é aplicada para a de rotor Savonius e torres de vórtices.

2.4.3. PARTES DE UM AEROGERADOR

Os aerogeradores são constituídos por quatro partes principais: Rotor, Transmissão, Conversor e Controle. O rotor é destinado a captar a energia cinética proveniente dos ventos, a transmissão como propriamente já se diz, serve para transmitir a energia mecânica produzida pelo rotor para o conversor, já o conversor transforma a energia mecânica em elétrica, o conversor pode ser de três tipos: Gerador CC, (corrente continua), Síncrono – que depende de sincronismo ou assíncrono – que não depende de sincronismo. Este sincronismo se dá a partir da frequência da rede projetada, esta frequência varia conforme a rotação do motor tipicamente a 1500 rpm obtemos uma frequência de 50Hz e 1800 rpm uma frequência de 60Hz. [6].

Para os sistemas isolados é tipicamente utilizado um sistema de geração síncrono associado junto a um retificador, um exemplo típico é na utilização de placas fotovoltaicas e aerogeradores para suprimento do sistemas e autonomia total de geração de energia.

A parte estrutural consiste em duas partes, a torre e a gávea giratória, onde a torre determina a altura útil do sistema de geração, a gávea giratória faz o alinhamento perpendicular do vento com o rotor para o melhor aproveitamento da captação dos ventos. Figura 2.

2.5. CLASSIFICAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA

Os tipos de geração podem ser classificados de três formas: autônomas, híbridas e interligadas a rede.

Autônomas: são as responsáveis por todo o fornecimento de energia elétrica do sistema, não tendo conexão com a rede, basicamente utilizados em pequenas cargas ou pequenas unidades consumidoras.

Híbridas: são utilizadas juntamente com a rede ou outro sistema de geração de energia, servem para suprir determinada demanda ou executar a função de backup do sistema para uma possível falha de geração.

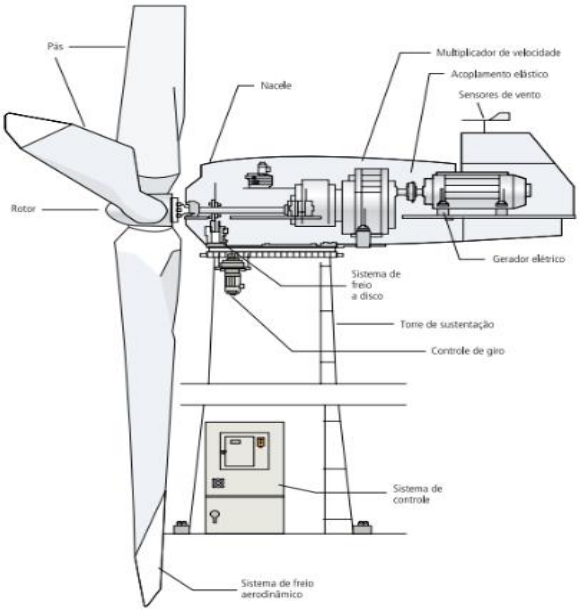


Figura 2 – Partes de um Aerogerador
Fonte: Centro Brasileiro de energia Eólica CBEE/UFPE

Interligadas à rede: como o nome já diz, são sistemas eólicos ligados à rede, onde geram energia para suprir grandes consumidores, ou assumir uma demanda dentro do SIM (Sistema Interligado Nacional) controlado pela ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico).

2.6. CLASSIFICAÇÃO POR POTÊNCIA

Podemos classificar a geração eólica também pela classe de potência atendida, esta potência é denominada através do tipo de aerogerador utilizado e suas características de implantação, podendo ser:

Pequena Potência: geradores de pequeno porte, utilizados em instalações de baixa demanda gerando aproximadamente até 80kW de potência, constituídos por um gerador de imã permanente com acionamento direto, não necessitando de uma caixa de transmissão, utiliza-se de leme para definir a direção dos ventos, também é necessário o uso de um retificador cc-ca devido as tensões de trabalho serem de 12v cc à 48v cc.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Média Potência: esta categoria já abrange uma demanda maior de geração de energia, sua capacidade chega até 500 kW de potência, sua utilização já demanda de uma altura maior de instalação, participa de alguns sistemas isolados para alimentação de propriedades rurais como um exemplo.

Grande Potência: são aerogeradores que passam da potência de 500 kW, instalados em parques eólicos e conectados ao SIN.

Logo após é apresentado duas tabelas explicativas levando em consideração quatro parâmetros, tamanho x potência instalada e tamanho e área do rotor.

TABELA 2 –RELAÇÃO TAMANHO E POTÊNCIA INSTALADA

Tamanho	Potência Instalada (kW)
Pequeno	até 80
Médio	De 81 a 500
Grande	> 500

Fonte: adaptado (REIS, 2011)

TABELA 3 – RELAÇÃO TAMANHO E ÁREA DO ROTOR

Tamanho	Diâmetro (m)	Área do Rotor (m²)
Pequeno	até 16	até 200
Médio	16 a 45	200 a 1.600
Grande	> 45	> 1.600

Fonte: adaptado (REIS, 2011)

2.7. GERADORES

Os geradores servem para transformar a energia mecânica em energia elétrica, os geradores também são conhecidos com máquinas elétricas síncronas ou assíncronas, tudo depende da aplicação da mesma em sua unidade geradora. Também conhecidos como alternadores.

2.7.1. GERADORES SÍNCRONOS

Os geradores síncronos são os mais utilizados no mercado de geração de energia em grande escala, devido ao fácil controle de potência ativa e reativa, tensão e frequência.

Em pequenas unidades geradoras não são utilizados devido ao alto custo de implantação e sua manutenção requerer mais conhecimentos.

Geradores síncronos trabalham com velocidade de rotação e de campo girante iguais. Sua construção consiste em um estator, este aloja um enrolamento podendo ser monofásico ou trifásico, onde recebe a tenção induzida pelo rotor em movimento, gerando uma corrente alternada, o rotor possui um enrolamento alimentado por corrente continua que gera o campo magnético da máquina.

2.7.2. GERADORES ASSÍNCRONOS

Geradores assíncronos são mais robustos, de baixo custo e confiabilidade, são usualmente empregados em hidroelétricas, (PCH) e aerogeradores.

Porém absorvem energia reativa da rede, sendo obrigatório o uso de bancos de capacitores para a correção. Sua construção é bem simples, dividida em duas partes, estator e rotor, sendo o estator fixo e o rotor móvel separado por um entreferro, podendo ser montada de duas formas, com o rotor bobinado ou com o estator bobinado e o rotor em curto-circuito, denominada como gaiola.

2.10. PLATAFORMA ARDUINO

Arduino é uma plataforma de prototipagem e testes baseada em micro controlador Atmel AVR, utiliza uma linguagem de programação similar a *C/C++*, criada com o objetivo de facilitar prototipação de hardware aliado ao software. [7].

Muito parecido a um microcomputador, o Arduino possui processador, memória RAM, *Shields* de comunicação *wifi*, *bluetooth*, *ethernet*, além de possibilidade de interação por *displays* e telas *touchscreen*.

Além das entradas analógicas e digitais e suas saídas *PWM*, uma plataforma completa e de baixo custo para uso de projetistas de hardwares de baixo custo.

Lembrando que o Arduino é um sistema totalmente *Open Source*, ou seja, uma plataforma de código livre onde todos podem contribuir para suas melhorias, modifica-las sem prévio aviso ao fabricante, mantendo sempre a integridade do sistema para melhor funcionamento.

A marca Arduino surgiu na Itália e é a pioneira na criação de plataformas baseadas em micro controladores da linha Atmel AVR.

O mesmo possui um compilador próprio e um sistema de *bootloader* próprio. É encontrado este tipo de plataforma baseado em AVR hoje em dia em muitos sistemas de automação, controle e criação, pelo seu valor ser muito acessível e sem limitações para a criação de plataformas em anexo a existente.

2.11. IMPRESSÃO 3D

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A impressão *3D* tem sido uma grande aliada aos projetistas, um sistema que consiste em derreter um filamento plástico e a partir do mesmo criar peças estáticas ou móveis com propriedades mecânicas.

O procedimento de impressão se dá no início do desenho determinando seus vetores para melhor acabamento e impressão, depois vem a escolha do tipo de material a ser utilizado para a mesma, podendo ser de várias características, no mercado atual há em grande escala para comercialização materiais como ABS, PLA, PETg, FLEX, entre outros.

A impressora utilizada também deve aceitar o material escolhido para a impressão pois a mesma demanda algumas características específicas para melhor aproveitamento do filamento e melhor acabamento e precisão da peça mecânica.

Muito comum hoje em dia as pessoas criarem seu próprio modelo de impressora para seu especifico uso.

A mesma é constituída por um frame de material resistente a umidade e calor, guias de direcionamento e sustentação do sistema, motores para movimentação, mesa de impressão aquecida, extrusora com polia dentada para utilização de todos os tipos de filamento, e uma controladora.

A precisão mínima exigida para obter-se uma qualidade é de dez mícron, outra particularidade é o sistema utilizado podendo ser FDM – modelagem por depósito de material fundido, e SLA – estereolitografica, que consiste em uma exposição de lasers em um fluido com micropartículas de plástico que com a carga do laser se funde conforme o desenho projetado.

2.12. ENSINO TECNOLÓGICO

Quando se trata sobre ensino tecnológico tendenciosamente direciona-se para o conceito de ensino voltado a tecnologia, ao contrário disto, o ensino tecnológico é o emprego de tecnologias para melhorar o aprendizado do acadêmico, onde não é somente utilizado livros para seu entendimento e sim softwares e equipamentos que lhe proporcionam maior contato com a realidade.

O conceito de ensino vem da relação entre o sujeito que aprende e o sujeito que ensina, indica um ato consciente, a dinâmica relação entre os dois agentes é chamado de interação. [9].

III. METODOLOGIA

Aerogeradores

- Caracterizar os tipos de turbinas;
- Analisar relação Vento x Geração

Protótipo

- Criar protótipo em tamanho reduzido para ensaios;
- Verificar dados obtidos em ensaios;
- Criar sistema de simulação x comparação dos dados obtidos das simulações comparando com os dados de turbinas existentes;

Resultados

- Gerar relatório de dados obtidos nos ensaios comparando com os sistemas atuais utilizados como parâmetros;
- Entrega de protótipo da bancada funcional;
- Aplicação prática do sistema de ensino;

Para chegar aos objetivos apontados acima, é necessário primeiramente entender o cenário de Geração de Energia Elétrica e a Matriz Energética brasileira, levantamento bibliográfico, conhecimento dos métodos e aplicações de geração de energia.

A criação deste projeto será a partir das curvas de geração de aerogeradores já conhecidos no mercado, a obtenção dos dados da relação Geração X Velocidade dos ventos, serão obtidos de *datasheets* disponibilizados pelos fabricantes.

Os ensaios serão executados a partir de protótipos impressos em 3D e reduzidos na escala 1:100 para fácil manuseio e criação dos aerogeradores, conforme a Figura 3. Estes ensaios se constituirão com um túnel de vento aplicando uma força em um aerogerador, os dados retirados a partir da geração deste aerogerador serão analisados em uma tabela digital onde irá comparar a geração do protótipo com a geração esperada de um aerogerador convencional, estas comparações resultarão um relatório onde: Velocidade do Vento, Geração de Energia e Tensão Gerada serão relacionadas aos dados existentes.

Uma interface digital, baseada em plataforma Arduino será utilizada para armazenar os dados obtidos pelas medições através de um sensor de efeito Hall e um sensor de velocidade óptico, estes dados serão salvos em um cartão SD em formato .txt que possibilita a integração com tabelas dinâmicas do Microsoft Excel onde será feito as comparações dos resultados. Figura 4.

V. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se com este projeto a confecção de um protótipo funcional baseado em motores CC, com a finalidade de simular e gravar dados para comparações com aerogeradores existentes no mercado, também melhorar o critério de avaliação dos projetos para implantação de sistemas eólicos.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Com este protótipo funcional podemos obter alguns dados essenciais para obter melhor aproveitamento dos aerogeradores e gerar dados para fins de novos projetos de geração de energia elétrica.

Figura 3. Aerogerador em escala 1:100 impresso em 3D.

Figura 4. Interface Digital para coleta de dados.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se avaliar que na caracterização dos principais tipos de aerogeradores foi obtido um conhecimento mais amplo sobre os modelos e suas aplicações, assim conseguindo avaliar a escolha do protótipo a ser construído.

O protótipo foi concebido totalmente em uma impressora 3D no qual possibilitou melhorias e adaptações de peças que houveram divergências de tamanho e encaixes.

O sistema de captação de dados foi criado em uma plataforma Arduino possibilitando ter mais versatilidade na montagem e modelagem do sistema, devido já haver unidades características para as medições das grandezas elétricas e mecânicas. Os dados já coletados servem para ajudar na elaboração da planilha dinâmica que fará as comparações entre os aerogeradores existentes e o protótipo.

Conforme pesquisa executada, não houve nenhuma ocorrência de um equipamento ou plataforma semelhante a este protótipo que seja aplicada ao ensino de geração de energia por aerogeradores.

Espera-se que a utilização desta ferramenta no ensino de geração de energia traga um maior conhecimento para o aluno, onde, com a prática possa criar novos cenários e aplicações de geração, tanto na geração centralizada como na não centralizada, podendo assim capacitar o acadêmico.

VII. REFERÊNCIAS

[1] ALVES, W. P. **Linguagem e Lógica de Programação**. São Paulo: Érica, 2014.

[2] ANEEL. **BIG - Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 15 maio. 2018.

[3] EPE. **Anuário Estatistico de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2018.

[4] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Matriz Energética Nacional 2030**, 2007. (Nota técnica).

[5] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Energia Eólica no Brasil e Mundo. **13/10/17**, p. 8, 13 out. 2017.

[6] NETO, MANUEL RANGEL BORGES, CARVALHO, PAULO. **Geração de Energia Elétrica - Fundamentos**. 1ª ed ed. São Paulo: Érica, 2012.

[7] OLIVEIRA,CLAUDIO LUÍS VIEIRA, ZANETTI, H. A. P. **Arduino Descomplicado**. 1ª ed ed. [s.l: s.n.].

[8] PENA, R. F. A. **Fontes não renováveis de energia**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/fontes-nao-renovaveis-energia.htm>. Acesso em: 24 jun. 2018a.

[9] PARANÁ, U. T. F. DO. **Conceito de Ensino**. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/pro-reitorias/prograd/cotedu/recursos-educacionais-digitais/conceitos/apresentacao#Ensino>.

Desenvolvimento de Ferramenta Auxiliar ao Conteúdo de Séries de Fourier de Geometria Complexa em Tempo Contínuo

Lucas Vinicius Strada; Diego Roberto Morais
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santo Ângelo.
lucasstd2@yahoo.com.br

***Resumo* — Apresenta-se o estudo e desenvolvimento de uma ferramenta online, que tem por finalidade o auxílio no ensino de series de Fourier de geometria complexa em tempo contínuo na disciplina de Análise de Sinais I. Resolveu-se criar a ferramenta principalmente por sua dificuldade e falta de conteúdo nos principais exemplares da disciplina. Ao obter antecipadamente as respostas, ocupa-se este tempo para analisar o conteúdo mais a fundo, e cria-se mais uma maneira de viabilizar a aprendizagem com autonomia. Para a criação desta ferramenta necessita-se o estudo de linguagens de programação, assim como do conteúdo referente. O desenvolvimento desta ferramenta apresenta-se como uma plataforma simples e atrativa para a obtenção das respostas de forma rápida e eficiente.**

***Palavras-chaves* — Ferramenta, Séries, Conteúdo, Plataforma.**

I. INTRODUÇÃO

A inovação no ensino da engenharia vem se desenvolvendo a dezenas de anos, os professores e estudiosos sempre buscam uma maneira que atenda de forma eficaz e prática o ensino e o desenvolvimento prático de seu conteúdo.

A preocupação sobre a questão da melhoria na qualidade do ensino de engenharia está em uma constante crescente, fazendo professores e engenheiros buscar por criar métodos de inovação e estratégias para um ensino de qualidade. Essas novas estratégias vão desde uma nova forma de lecionar as suas aulas, até a criação de programas e ferramentas que possibilitam enxergar a aula de uma forma diferente, visando motivar e mostrar aos alunos que o complicado pode ser descomplicado facilmente, e até mesmo auxiliar na aprendizagem com autonomia.

Tendo isso em vista, e o quão pouco desenvolvido foi o ensino de análise de sinais, principalmente pelo seu alto nível de complexidade, resolveu-se criar uma ferramenta que busque não só ajudar o aluno, mas também ser uma ferramenta útil para o professor com o conteúdo de Séries de Fourier de geometria complexa em tempo contínuo.

Os alunos da disciplina de análise de sinais, hoje, têm grandes dificuldades ao realizarem os exercícios que envolvem Series de Fourier de geometria complexa, visto que são conteúdos pouco difundidos em livros, artigos ou mesmo na prática, vê-se isso no decorrer dos anos, com os principais exemplares utilizados em Sinais e sistemas, Haykin e Van Veen em 2001, Girod em 2003, Lathi em 2007, e o mais atual, HSU, Hwei P. em 2012.

Assim como os alunos, professores da disciplina encontram uma barreira ao pesquisar sobre o conteúdo para lecionar suas disciplinas, visto a pouca quantidade de informação relacionada ao assunto mesmo em seus principais exemplares.

Levando isto em consideração, o próprio aluno, quando busca informações para estudar, não encontra, e mesmo com os exercícios propostos e criados pelos professores, que na maioria das vezes não apresentam uma solução final, diminuem a confiança e aumentam a ansiedade dos alunos antes das provas. De toda forma, esses exercícios são excelentes para os alunos poderem desenvolver o seu raciocínio logico-matemático na realização de suas soluções.

Frente a este contexto, decidiu-se criar uma ferramenta, que pode ao menos, auxiliar alunos e professores com as respostas de qualquer exercício a ser resolvido pela series de Fourier de geometria complexa. Para maior facilitação de acesso à ferramenta, foi criada uma plataforma online (site), que pode ser acessado a qualquer momento, pelo seu Tablet, Computador, ou mesmo com o seu smartphone sem custo algum, tornando-se assim, uma

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ferramenta de fácil acesso e de grande ajuda para os professores e para os alunos que estão estudando o conteúdo.

II. A INOVAÇÃO NO ENSINO DA ENGENHARIA

Segundo Kenski (2007), a tecnologia é imprescindível para o ensino, e vê-se que atualmente, a educação, o ensino e a tecnologia andam de mãos dadas. Ferramentas são criadas, através da tecnologia principalmente e com finalidade ao apoio no processo de ensino. Kenski (2007), também ressalta a inovação que é atrelada a tecnologia, através do princípio de que novas descobertas podem de forma rápida e fácil ser ensinadas, trazendo uma nova relação de aluno-professor e abordando os conteúdos de maneira inovadora e eficiente.

"Em particular, a preocupação e as ações em direção à melhoria da qualidade do ensino de engenharia vêm crescendo de forma significativa, o que tem ensejado inúmeros especialistas a buscar novas estratégias para o processo educacional". (COLENCI, 2000, p.2)

A busca por criar novas estratégias e softwares de maneira inovadora encontra grandes desafios, os quais são mostrados por Colenci (2000) e Faria & Silva (2004) a seguir:

"O desafio em termos de qualidade do ensino de engenharia está baseado em buscar um novo modelo que incorpore as mudanças tecnológicas e sociais e ofereça alternativas que valorizem o processo de ensino-aprendizagem". (COLENCI, 2000, p.3)

Conforme indicam Faria & Silva (2004), tendo como base depoimentos de professores, as instituições educacionais têm uma dificuldade estrutural em inovar, experimentar e reinventar modelos pedagógicos, sejam eles voltados ao ensino presencial ou ao ensino virtual.

Ao refletir sobre o argumento anterior de Faria & Silva (2004), Amorim (2005) diz que: há uma forte resistência à inovação e, por isso, instituições educacionais precisam estimular seus professores, inclusive oferecendo treinamentos em tecnologia dado que o conhecimento limitado de informática pode contribuir para esse resultado.

É de extrema importância, as universidades e todas as instituições de ensino, terem uma política de inovação e tratar o uso de ferramentas tecnológicas com bons olhos, para estar em constante desenvolvimento das aulas, refletindo assim no ensino e na aprendizagem final dos alunos. Para isso, o treinamento de habilidades básicas de computação para os professores que não tem estas habilidades, é de suma importância, visto que eles terão de repassar aos alunos de forma rápida e clara como o processo de inovação deve refletir nas aulas.

O ensino atrelado à internet tem como uma de suas vantagens, a velocidade de aprendizado, além de facilitar o acesso ao material em qualquer local que você tenha um computador, Tablet ou Smartphone com conexão à rede mundial de computadores.

CARLINER (2002) em seu estudo mostra que o tempo dedicado à aprendizagem pode ser reduzido em mais de 30 % com o uso da internet como auxilio nos estudos, perante o ensino somente de aulas presenciais.

São facilmente encontradas teses e dissertações que se utilizam da inovação no ensino da engenharia, pode-se citar alguns exemplos como os a seguir:

AMORIM (2005), em "Educação em engenharia: o desenvolvimento de um aplicativo de autoria para a elaboração de mapas conceituais e hipertextos", no qual ele desenvolve o aplicativo "COMA" que, destaca-se pelo fato deste permitir o trabalho com mapas conceituais, diagramas que buscam favorecer a aprendizagem significativa, a qual guarda forte relação com criatividade e inovação, temas de importância na Educação em Engenharia atual.

GUERRA (2000), em "Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção", que utiliza o WebCT como aprendizagem através da internet em uma disciplina da área de engenharia.

MORAES (2001), em "A expressão gráfica em cursos de engenharia: estado da arte e principais tendências", que demonstra uma análise sobre o ensino de Expressão Gráfica pelas engenharias, com o objetivo de modernizar o ensino de desenho com a computação gráfica.

MASSUKADO & SCHALCHB (2007), em "Simulação no ensino de engenharia – Avaliando e aplicando o softwere Simgere sob o paradigma "aprender a aprender"", no qual se avalia a aplicação do software Simgere no intuito de analisar o seu desempenho no aprendizado dos alunos matriculados na disciplina Gestão de Resíduos Sólidos.

III. APRENDIZAGEM COM AUTONOMIA

"Na pedagogia existem várias correntes de pensamento, sendo uma delas a da aprendizagem com autonomia ou do aprender a aprender, a qual defende que o aluno deve ser um agente ativo da sua própria aprendizagem, ajustando-se de acordo com suas necessidades e objetivos pessoais." (MASSUKADO & SCHALCHB, 2007, p.2)

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Segundo Milanez e Baldochi (2001, p. 25), "o uso de softwares no ensino da graduação apresenta duas vantagens: permitir aos alunos o contato com tais aplicativos, que são cada vez mais usuais, e aumentar a interação, motivação e participação dos estudantes em sala de aula". A utilização de recursos tecnológicos e computacionais faz parte de trazer uma aula mais interessante e dinâmica, tanto para os alunos quanto para os professores, aliar o uso de Smarthphones com a aula pode refletir sim em coisas boas, desde que utilizado de forma correta. Softwares de simulação, ou mesmo que tragam as respostas de questões complexas para os alunos como o site www.wolframalpha.com podem despertar a curiosidade e a vontade de resolver questões que são consideradas como desafios até chegar ao resultado correto. Observa-se aqui, também, que a exploração destes problemas complexos traz maior visibilidade para a aprendizagem com autonomia, que pode ser praticada a qualquer momento.

Foi observado no experimento de Huczynski e Johnston (2005) que a utilização de ferramentas tecnológicas, motiva o aluno a aprender e contribui com o aprendizado autônomo. Adotando ferramentas tecnológicas nos cursos de engenharia, com certeza trariam benefícios para os alunos, incrementando os conteúdos com inovação, inteligência e estimulando o auto aprendizado.

Através da ideia de aprendizagem com autonomia, estimulou-se o pensamento da criação da ferramenta a ser desenvolvida por este projeto, o qual resultará para os alunos e professores, a oportunidade de criar, e resolver seus próprios exercícios de series de Fourier de geometria complexa em tempo contínuo, já com as respostas finais em mão. Trazendo assim, maior autonomia aos estudantes de análise de sinais para o aprendizado do conteúdo em questão.

Para o desenvolvimento desta ferramenta, é necessária uma análise teórica de séries de Fourier, que será apresentada no capitulo á seguir, o qual para maior compreensão de seu conteúdo, é recomendável conhecimento de matemática avançada, principalmente na questão de derivadas e integrais, assim como das propriedades de sinais e sistemas, que podem até mesmo encontrados nos livros referenciados aqui, "Sinais e sistemas" de Hsu Hwei (2012) e "Sinais e sistemas" de Haykin e Van veen (2001).

IV. REPRESENTAÇÃO DE SÉRIES DE FOURIER DE GEOMETRIA COMPLEXA EM TEMPO CONTÍNUO

A principal função das representativas Séries de Fourier é converter sinais de domínio de tempo em representações no domínio de frequência, sendo elas, representações espectrais, que por si só podem definir amplitudes e intensidades dos componentes ondulatórios de um sistema ao serem discriminadas por suas frequências. Permitem também a descrições de diversos tipos de sistema e de suas propriedades no domínio de frequência. Isto é feito através de uma superposição de senóides complexas, que aplicada a um sistema linear, traz-nos uma resposta de superposição ponderada pelo sistema a cada senóide complexa.

Essas representações de sinais não somente trazem uma expressão útil de saída de sistema como também fornece uma caracterização muito criteriosa dos sinais e sistemas. Ainda assim, pode-se dizer que os métodos de Fourier tem aplicação difundida indo além dos sinais e sistemas, eles são usados em todos os ramos da engenharia e ciência. (HAYKIN; VAN VEEN, 2001).

Conforme Haykin e Van veen (2001), pode-se demonstrar as fórmulas que exemplificam as representações de Fourier. Para esta visualização, segue-se abaixo a resposta Senoidal em estado estacionário, que gera uma saída igual à entrada senoidal multiplicada pela resposta em frequência no sistema. Ou seja, em tempo contínuo a entrada da equação (1):

$$x(t) = e^{j\omega t}, \quad (1)$$

resulta na saída da equação (2):

$$y(t) = H(j\omega)\, e^{j\omega t}, \quad (2)$$

a qual, nos trás uma resposta em frequência mostrado pela equação (3):

$$H(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau)\, e^{-j\omega\tau}\, d\tau, \quad (3)$$

observa-se que $H(j\omega)$ é definido como resposta em frequência, enquanto $h(\tau)$ como resposta ao impulso.

A noção geral desses complicados sinais de frequência pode ser normalmente encontrada na música. Como por exemplo, um local em que se utiliza de instrumentos musicais que são tocados em um mesmo momento em diferentes faixas de frequência, sendo elas altas e baixas para a composição de uma música e representando assim, a superposição de sons gerados por diversos instrumentos em um mesmo momento. Vê-se isso muito em

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

orquestrar, que por referência nos traz o Baixo que produz uma frequência muito baixa e a flauta, a qual produz uma frequência muito alta. Analogamente as representações de sinais são trabalhadas assim, em que o peso associado com uma senóide de certa frequência representa apenas uma contribuição de senóide para o sinal completo como um todo.

Sendo assim, clareia-se a ideia como um todo, e facilita o entendimento de que se x(t) for um sinal de tempo contínuo de período fundamental T, o qual para manter o sistema periódico necessita de ser positivo e diferente de zero como dito por Hwei Hsu (2012), assim ele pode ser representado pela equação de série 4:

$$\dot{x}[n] = \sum_k A(k)\, e^{jk\omega t}, \quad (4)$$

em que ω que pode ser descrito por $2\pi/T$, e é a frequência fundamental de x(t), sendo a frequência da k-ésima senóidei o kω. A(k) é o peso aplicado à senóide complexa e o ponto acima do x é visto como valor aproximado.

Já para determinar os coeficientes A(k) há a necessidade de minimizar o erro médio quadrático (MSE*) entre o sinal e a representação em série. Para isso utilizaremos a fórmula expressa em (5):

$$\text{MSE} = \frac{1}{N}\sum_N (x[n] - \dot{x}[n])^2, \quad (5)$$

nos trazendo assim a melhor aproximação do que é uma senóide complexa em tempo contínuo por $e^{j\omega t}$ com frequências distintas expressado em (6):

$$\dot{x}[t] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} A(k)\, e^{j\omega t}, \quad (6)$$

procurando assim o coeficiente A(k), para que ẋ[t] seja aproximado à x(t).

Já, para satisfazer a ortogonalidade das senóides complexas em tempo contínuo, admite-se que $\emptyset_k(t) = e^{jk\omega t}$, pelo produto interno entre $e^{jk\omega t}$ e $e^{jm\omega t}$, podendo assim ser expresso na equação (7):

$$I_{k,m} = \int_0^T e^{j(k-m)\omega t}\, dt, \quad (7)$$

aqui, usa-se do fato de que $w=2\pi/T$ apresentado em alguns parágrafos anteriores e fundamentando a seguinte igualdade pela integral anterior: $e^{j(k-m)\omega t}$ é igual à $e^{j(k-m)2\pi} = 1$.
E sendo k o índice de frequência e m como valor de produto para a série.
Obtêm-se a propriedade fundamental de determinação de coeficientes de series de Fourier pela equação (8):

$$\int_0^T e^{j(k-m)\omega t}\, dt = \begin{cases} T, k = m \\ 0, k \neq m \end{cases}, \quad (8)$$

a propriedade ortogonal da última equação (8), implica nos resultados das integrais = 0, exceto para valores de k=m, tendo assim a resolução de (9):

$$\int_T x(t) e^{-jm\omega t} dt = A[m]\, T, \quad (9)$$

sabendo que ẋ[t] seja aproximado à x(t), dizemos que ẋ[t] = x(t), encontrando assim, o m-ésimo coeficiente pela equação (10):

$$A[m] = \frac{1}{T}\int_T x(t) e^{-jm\omega t} dt, \quad (10)$$

podendo finalmente, escrever a representação por FS (Séries de Fourier) como (11) e (12):

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(k)\, e^{j\omega t} \quad (11)$$

$$X[k] = \frac{1}{T}\int_T x(t) e^{-jk\omega t} dt, \quad (12)$$

em que x(t) tem período fundamental T e $\omega = 2\pi/T$.

V. MÉTODOS DE SÉRIES DE FOURIER DE GEOMETRIA COMPLEXA EM TEMPO CONTÍNUO

A. Método clássico e sua resolução

Para poder desenvolver as resoluções das expressões de Fourier, é necessária a aplicação de (12) e a utilização de integrais e derivadas, assim como demonstrado no desenvolvimento do tópico 2.2. Para exemplificar estes métodos e mostrar de fato uma solução de exercício de FS, a seguir será desenvolvida uma solução, resolvendo um exercício do início ao fim.

O exemplo escolhido para a resolução e encontrarmos sua representação é dado por:
x(t) = 3 cos ($\frac{\pi}{2}T + \frac{\pi}{4}$). Sendo sua estrutura: x(t) = N cos (ω.T + θ).
E tendo N como o número de cossenos, ω como frequência angular, T como período fundamental e θ como ângulo Theta. Conseguimos logo de cara extrair as informações básicas e perceber que $\frac{\pi}{2}$ é o nosso w, sendo assim: $\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{T}$., o que reflete em nosso T = 4. Começa-se então a resolução:

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

$$X[k]= \frac{1}{4}.\int_0^4 3\cos(\frac{\pi}{2}T+\frac{\pi}{4}).e^{-jk\frac{\pi}{2}t}\,dt$$

$$X[k]= \frac{1}{4}.\int_0^4 3.(\frac{e^{j(\frac{\pi}{2}t+\frac{\pi}{4})}+e^{-j(\frac{\pi}{2}t+\frac{\pi}{4})}}{2}).e^{-jk\frac{\pi}{2}t}\,dt$$

$$X[k]= \frac{3}{8}.\int_0^4 e^{j(\frac{\pi}{2}t)}.e^{j(\frac{\pi}{4})}.e^{-jk(\frac{\pi}{2}t)}+e^{-j(\frac{\pi}{2}t)}.e^{-j(\frac{\pi}{4})}.e^{-jk(\frac{\pi}{2}t)}\,dt$$

$$X[k]= \frac{3}{8}\left[\int_0^4 e^{j\frac{\pi}{2}t(1-k)}.e^{j(\frac{\pi}{4})}\,dt+\int_0^4 e^{-j\frac{\pi}{2}t(1+k)}.e^{-j(\frac{\pi}{4})}\,dt\right]$$

$$X[k]= \frac{3}{8}\left[e^{j(\frac{\pi}{4})}\int_0^4 e^{j\frac{\pi}{2}t(1-k)}\,dt+e^{-j(\frac{\pi}{4})}\int_0^4 e^{-j\frac{\pi}{2}t(1+k)}\,dt\right]$$

$$X[k]= \frac{3}{8}\left[e^{j(\frac{\pi}{4})}.\frac{e^{j\frac{\pi}{2}t(1-k)}}{j\frac{\pi}{2}(1-k)}+e^{-j(\frac{\pi}{4})}.\frac{e^{-j\frac{\pi}{2}t(1+k)}}{-j\frac{\pi}{2}(1+k)}\right]\Bigg|_0^4$$

$$X[k]= \frac{3}{8}.\frac{e^{j(\frac{\pi}{4})}}{j\frac{\pi}{2}(1-k)}\left[e^{j\frac{\pi}{2}4(1-k)}-1\right]-\frac{3}{8}.\frac{e^{-j(\frac{\pi}{4})}}{j\frac{\pi}{2}(1+k)}\left[e^{-j\frac{\pi}{2}4(1+k)}-1\right]$$

$$X[k]= \frac{3}{8}.\frac{e^{j(\frac{\pi}{4})}}{j\frac{\pi}{2}(1-k)}\left[e^{j2\pi(1-k)}-1\right]-\frac{3}{8}.\frac{e^{-j(\frac{\pi}{4})}}{j\frac{\pi}{2}(1+k)}\left[e^{-j2\pi(1+k)}-1\right]$$

Sabe-se que a expressão acima é zerada para todo k diferente de 1, seja ele positivo ou negativo. Para os valores de k=1 e k=-1 encontramos indeterminações do tipo 0/0. Necessitando-se assim analisar estes dois pontos através do teorema de L'Hopital, derivando separadamente a parte de cima e de baixo da equação em relação a k, substituindo os valores e encontrando os resultados finais da representação por FS.

Para k=1:

$$X[1]=\lim_{k\to 1}\frac{3}{8}.e^{j(\frac{\pi}{4})}\left(\frac{-j2\pi.e^{j2\pi(1-k)}}{-j\frac{\pi}{2}}\right),$$

substitui-se então k por 1 e encontramos finalmente a resposta final

$$X[1]= \frac{3}{8}.e^{j(\frac{\pi}{4})}.\frac{2}{1/2}\rightarrow X[1]=\frac{3}{2}.e^{j(\frac{\pi}{4})},$$

de forma análoga encontramos a resposta para k= -1 como:

$$X[-1]= \frac{3}{2}.e^{-j(\frac{\pi}{4})}$$

B. Método dedutivo e sua resolução

Sabendo que as integrais solucionáveis do método clássico de Fourier são feitas por integrais definidas que variam de um período fundamental (T) até zero, sabemos que a segunda parte da integralização sempre acabará em um parâmetro de e^0, resultando-se em um. Ainda assim, verificando os parâmetros introduzidos no desenvolvimento clássico pode-se deduzir a seguinte fórmula (13) pós-integração:

$$\frac{1}{T}.\frac{N}{2}\left[\frac{e^{j\theta}}{j\omega.(1-k)}.(e^{j\omega(1-k)T}-1)-\frac{e^{-j\theta}}{j\omega.(1+k)}.(e^{-j\omega(1+k)T}-1)\right] \quad (13)$$

Assim como calculado no método clássico, iremos realizar a representação do método dedutivo exemplificando como de fato a nova fórmula é eficiente. Trazendo desta vez, mais um exercício para ser exemplificado como a resolução da expressão funciona.

O exemplo escolhido para a resolução e encontrarmos sua representação é dado por:

x(t) = 2 cos $(\frac{\pi}{4}T+\frac{\pi}{4})$. Sendo sua estrutura: x(t) = N cos $(\omega.T+\theta)$.

Trazendo a fórmula (13) de pós-integração do método dedutivo à tona, de inicio, apenas substituíram-se na fórmula os elementos de período fundamental, a frequência angular, o número de cossenos e o valor de Theta, conforme os valores do exercício. Sendo nosso $\omega=\frac{\pi}{4}=\frac{2\pi}{T}$ e refletindo assim, nosso T =8. Tendo então:

$$\frac{1}{8}.\frac{2}{2}\left[\frac{e^{j\frac{\pi}{4}}}{j\frac{\pi}{4}.(1-k)}.\left(e^{j\frac{\pi}{4}(1-k)8}-1\right)-\frac{e^{-j\frac{\pi}{4}}}{j\frac{\pi}{4}.(1+k)}.\left(e^{-j\frac{\pi}{4}(1+k)8}-1\right)\right]$$

Aqui, como no método clássico há a necessidade de aplicar L'Hopital, deriva-se a equação em relação a k e posteriormente substitui-se os parâmetros de k e encontra-se os resultados das expressões em termos de 1 positivo e negativo.

$$X[1]=\lim_{k\to 1}\frac{1}{8}.e^{j(\frac{\pi}{4})}\left(\frac{-j2\pi.e^{j2\pi(1-k)}}{-j\frac{\pi}{4}}\right),$$

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

aqui, já pós derivada a expressão inicial, substitui-se k, e deduz-se o seguinte:

$$X[1]=\frac{2}{2}.e^{j\frac{\pi}{4}}, \text{ e de forma análoga: } \quad X[-1]=\frac{2}{2}.e^{-j\frac{\pi}{4}},$$

que nos leva ao resultado final:

$$X[1] = e^{j\frac{\pi}{4}} \qquad E \qquad X[-1] = e^{-j\frac{\pi}{4}}.$$

VI. METODOLOGIA

Tendo como proposta, desenvolver uma ferramenta, integrada em uma plataforma online de fácil acesso para ajudar alunos e professores, tanto no ensino da disciplina quanto na aprendizagem autônoma, como base para a criação e desenvolvimento desta ferramenta e plataforma, foi utilizado a linguagem de programação em PHP, Javascript e HTML, juntamente com o auxilio dos programas Xampp e Bootstrap, por fim dando origem ao site "www.fscalc.com.br" que contém a ferramenta.

Toda programação foi escrita, testada e executada no programa Xampp, utilizando o mesmo como um emulador de servidor temporário. Para auxilio ao desenvolvimento do código foi utilizado o programa Bootstrap que serviu como biblioteca para o design da plataforma, o Bootstrap é um framework para o desenvolvimento de interface e front-end para sites utilizando HTML, CSS e Javascript.

A ferramenta tem como objetivo guardar as informações fornecidas pelo usuário e processar os dados através da fórmula (13) e sua derivação, gerando assim o resultado final das expressões de Fourier. Foi criado um design próprio, com a adição de alguns utilitários e uma forma de instruir o utilizador a informar os dados de forma correta, assim como criado um sistema de segurança caso haja alguma incoerência nos dados.

Após toda a programação ter sido desenvolvida, e testada através do programa Xampp, foi feita a aquisição de um registro e da hospedagem do site.

A compra de registro foi efetuada no site www.registro.br que é o departamento do NIC.br responsável pelas atividades de registro e manutenção dos nomes de domínios que usam o .br. Também executa o serviço de distribuição de endereços IPv4 e IPv6 e de números de Sistemas Autônomos (ASN) no país. Já a hospedagem do site será locada através da porta 2083 do servidor <controlando.info>.

Com a plataforma completamente desenvolvida, registrada e hospedada, será possível acessar o site através de qualquer aparelho eletrônico que tenha um browser compatível. Deixando assim, os resultados das complexas e difíceis expressões de Fourier literalmente a "poucos cliques".

VII. RESULTADOS

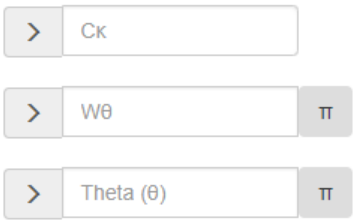
Como resultado, conseguimos concluir nosso objetivo, que era o de criar uma plataforma de fácil acesso para alunos e professores terem a solução das expressões de Fourier de forma facilitada. Á seguir será descrito a criação da plataforma separadamente.

Começando pelo design do site, como mostrado na figura (1), contém informações para instruir o usuário a informar os valores de forma adequada para o cálculo ter sucesso. Mostrando como uma equação de Fourier é, e de forma que apareça ao usuário a expressão base:

$$Ck.Cos(Wo.t + \theta)$$

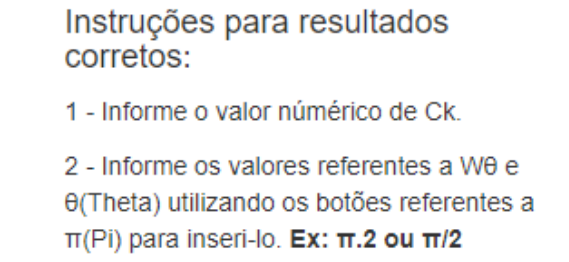
[Figura 1- Expressão base de Fourier]

Além disso, o usuário tem de inserir três valores, separados em caixas e indicados separadamente, sendo eles, os valores de N (Número de cossenos), de W (Frequência angular) e de θ (Valor Theta), como mostrado na figura 2. É indicado também, como o usuário deve agir em questão de informar dados que necessitam expressar divisão ou multiplicação como na figura 3.



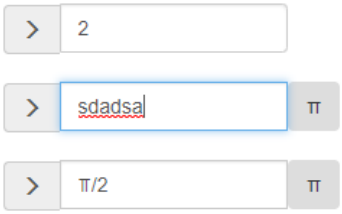
[Figura 2 – Caixas de inserção de valores]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

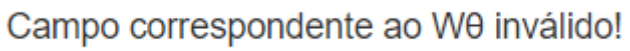


[Figura 3 - Instruções]

Foi desenvolvido também, um botão para a inserção do número π, o qual não existe em teclados de base QWERTY, que é o normalmente utilizado em computadores, Tablets e Smartphones como mostrado na figura 2. Além disso, será necessária a criação de uma medida de segurança, para informar erro caso o usuário informe os dados de maneira inadequada como demonstrado em um exemplo pelas figuras 4 e 5 a seguir.



[Figura 4 – Dados inseridos de maneira inadequada]

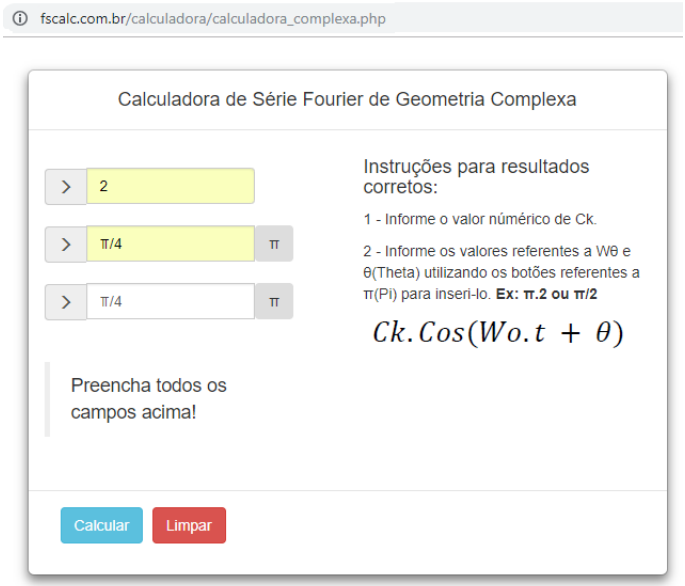


[Figura 5 – Respostas aos dados inseridos inadequadamente]

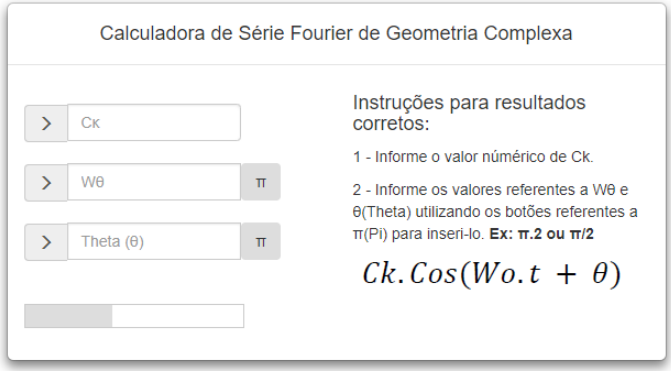
Pode ser visto á seguir, a utilização do site como um todo, desde a inserção dos dados de uma equação como demonstrado na figura 6, que neste caso foi:

$$x(t) = 2\cos\left(\frac{\pi}{4}T + \frac{\pi}{4}\right),$$

até o processo de espera da resolução como na figura 7, que se dá em aproximadamente 2 segundos, e por fim os tão aguardados resultados finais já na figura 8.

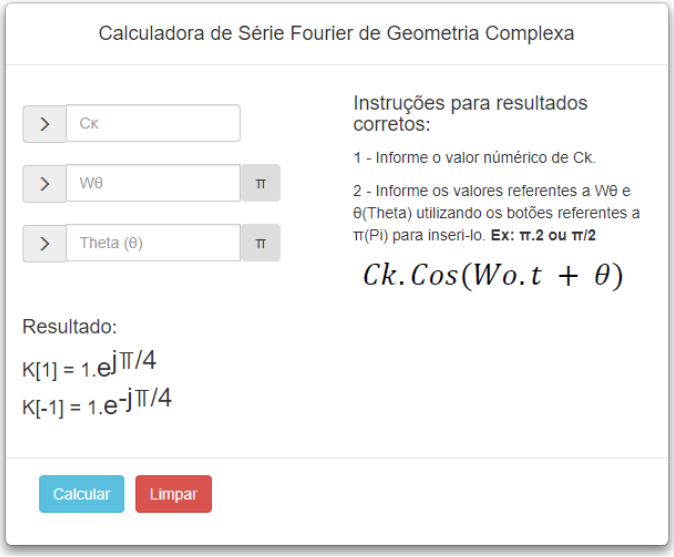


[Figura 6 – Ferramenta com os dados inseridos pelo usuário]



[Figura 7 – Ferramenta realizando o calculo da expressão]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br



[Figura 8 – Resultados finais dados pela ferramenta]

VIII. CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento da plataforma, espera-se que as turmas de análise de sinais que utilizarão a ferramenta, tenham facilidade para a utilização do site e que consigam desenvolver sua aprendizagem com maior autonomia, além de tentar descomplicar o complicado, e criar a possibilidade dos alunos e professores agora poderem criar suas próprias expressões de Fourier, tendo em mãos automaticamente a resposta para conferir e saber com se os procedimentos de resolução foram realizados de forma correta.

A criação e aplicação deste tipo de ferramenta faz enxergarmos de maneira mais fácil o propósito da inovação com o auxilio da tecnologia, que trazem grande desenvolvimento não só para o ensino da engenharia, mas para o ensino como um todo.

[1] COLENCI, Ana Teresa. "O ensino de engenharia como uma atividade de serviços: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica". (2000). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. doi:10.11606/D.18.2000.tde-14052004-150657. Acesso em: 2018-05-15.

[2]KENSKI, Vani Moreira." Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação". Campinas: Papirus, (2007).

[3]AMORIM, Joni de Almeida. "Educação em engenharia: o desenvolvimento de um aplicativo de autoria para a elaboração de mapas conceituais e hipertextos". (2005). 246p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Eletrica e de Computação, Campinas, SP. Disponível em: http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000361326>. Acesso em: 28 mar. 2017.

[4]FARIA, M. A. & SILVA, R. C. S. (2004). "EaD: o professor e a inovação tecnológica". 11º Congresso Internacional de Educação a Distância, Salvador, Bahia, 7 a 10 de Setembro de 2004. URL: http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/011-TC-A2.htm

[5]CARLINER, S. (2002). "Designing E-Learning". ISBN 1562863320, ASTD.

[6]GUERRA, J. H. L. (2000). "Utilização do computador no processo de ensino-aprendizagem: uma aplicação em planejamento e controle da produção" - URL: http://www.teses.usp.br/ - Escola de Engenharia de São Carlos - USP - 27/10/2000.

[7]MORAES, A. B. (2001). "A expressão gráfica em cursos de engenharia: estado da arte e principais tendências". URL: http://www.teses.usp.br/ - Unidade Escola Politécnica - USP -04/04/2001.

[8]MASSUKADO, Luciana Miyoko & SCHALCHB Valdir. "Simulação no ensino de engenharia – Avaliando e aplicando o softwere Simgere sob o paradigma "aprender a aprender"". Revista de Ensino de Engenharia, v. 26, n. 2, 40-46, 2007 – ISSN 0101-5001

[9]HUCZYNSKI, A.; JOHNSTON, S. P. "Engineering students' use of Computer Assisted Learning (CAL)". European Journal of Engineering Education, v. 30, n. 2, p. 287-298, 2005.

[10]MILANEZ, B.; BALDOCHI, V. M. Z. "Otimização de rotas em serviços de coleta seletiva: o uso da informática no aprendizado ativo e colaborativo". Revista de Ensino de Engenharia, v. 20, n. 1, p. 25-28, 2001.

[11]HAYKIN, Simon S.; VAN VEEN, Barry. Sinais e sistemas. Porto Alegre: Bookman,
2001. 668 p.

[12]HSU, Hwei P. Sinais e sistemas. Porto Alegre: Bookman, 2012. 496p.

[13]GIROD, Bernd. Sinais e Sistemas. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[14]LATHI, B.P. Sinais e Sistemas lineares. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007

Desenvolvimento de Procedimentos e Ferramenta para Dimensionamento e Adequação de Carga para Clientes Irrigantes Grupo A

Emanuelle Ferreira Brum, Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
manuferreirabrum@gmail.com, iuricastroff@gmail.com

***Resumo* — O sistema tarifário brasileiro é dividido em classes (residencial, rural, industrial, poder público), subclasses (residencial baixa renda, agronegócio, irrigação, etc.), diferenciados pela atividade exercida. De mesma forma, o sistema é dividido em grupo A e grupo B onde o consumidor enquadrado no grupo B tem tensão no ponto de entrega. O consumidor irrigante é definido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como o aquele que tem todo ou maior parte do consumo (kW) voltado para o bombeamento de água afim de atendimento do sistema de irrigação. As elevadas potências dos sistemas de irrigação fazem com que o consumidor irrigante necessite a instalação de uma subestação particular com a finalidade de atendimento da carga demandada assim, é enquadrado no grupo A e faturado a partir da soma das parcelas de consumo (kW), demanda (kW) e possíveis ultrapassagens de consumo de demanda (kW). Quando a subestação é dimensionada equivocadamente o consumidor irá arcar com multas cobradas mensalmente em sua fatura de energia.Com intuito de corrigir e reduzir essas cobranças está sendo proposta a elaboração de procedimentos para adequar as cargas existentes e o desenvolvimento de uma ferramenta para que seja possível a inserção dos dados do sistema a ser implantado e a partir dessa ser possível dimensionar a potência do transformador e banco capacitor necessário para cada sistema.**

***Palavras-chaves* — Irrigante, Grupo A, faturamento, excedente.**

I. INTRODUÇÃO

O sistema tarifário brasileiro é dividido em classes e subclasses de consumo, diferenciados pela atividade exercida e localização da unidade consumidora. Essas são estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [1] divididas da seguinte maneira.

- Classe residencial

Subclasses: residencial baixa renda; residencial indígena; residencial baixa renda benefício de prestação continuada da assistência social; residencial baixa renda multifamiliar;

- Classe industrial
- Classe comercial

Subclasses: serviços de transporte; associações e entidades filantrópicas; comércio em geral;

- Classe rural

Subclasses: residência rural; irrigação; aquicultura; agroindustrial; cooperativa de eletrificação rural;

- Classe poder público

Subclasses: serviço público, iluminação pública;

De mesmo modo, o sistema tarifário é dividido em dois grupos de consumo A e B, diferenciados pela classe de tensão no ponto de entrega do consumidor. Os consumidores de grupo B são atendidos em tensão de até 2,3kV já os consumidores enquadrados no grupo A são atendidos em tensão superior a 2,3kV.

O consumidor irrigante é enquadrado na classe de consumo rural e por ter o consumo de energia elétrica voltada, em sua grande maioria, para o bombeamento de água do sistema de irrigação. Esse por sua vez, necessita de motores trifásicos de grande potência para bombear água do ponto de captação ao centro do sistema garantindo assim, o desempenho do mesmo.

Dessa forma, o sistema de irrigação para ser colocado em funcionamento necessita de energia elétrica para realização de trabalho logo, faz-se necessário a instalação de uma subestação transformadora dimensionada de acordo com o tamanho e potência de cada sistema instalado na propriedade do cliente. Uma vez que o cliente necessita de subestação particular, esse é enquadrado no grupo A e terá faturamento de energia diferenciado que incluem parcelas de consumo, demanda e possíveis excedentes de demanda.

Cabe ao responsável técnico elaborar o projeto construtivo da subestação de acordo com a carga necessária de cada cliente. Quando essa é dimensionada erroneamente, acarretará ao cliente cobranças mensais como por exemplo: excedente de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

consumo de energia ativa, energia reativa, demanda e demanda complementar.

O consumo de energia reativa é faturado e cobrado em consumidores enquadrados no grupo A essa por sua vez, solicitada ao sistema e não gera trabalho [2]. Esse consumo é faturado mensalmente e em alguns casos podem atingir 20% do valor total da conta de energia. O consumo de energia reativa pode ser proveniente de diferentes fatores; como por exemplo, um transformador que permanece energizado enquanto não está sendo utilizado (trabalhando a vazio) e a inexistência de bancos capacitores para correção do fator de potência dos motores instalados.

Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de procedimentos para definição de equipamentos para um consumidor novo bem como, procedimentos para adequação de carga e fator de potência em consumidores rurais irrigantes. A fim de analisar as cargas dimensionadas e instaladas e garantir um sistema eficiente bem como, evitar que os clientes paguem multas desnecessárias.

A. Sistema tarifário

O sistema tarifário brasileiro é dividido em dois grupos de consumidores, diferenciados pelo nível de tensão no ponto de entrega. O Grupo B, é caracterizado por uma tensão de fornecimento até 2,3kV (residências, pequenos comércios e escolas). Já os consumidores de Grupo A, possuem uma tensão no ponto de entrega superior a 2,3kV e podem ser caracterizados por indústrias de grande porte, comércio, consumidores rurais e consumidores rurais irrigantes.

O Grupo A é dividido em diferentes subgrupos de atendimento em que são diferenciados também, pela tensão no ponto de entrega. Pode-se observar na Tabela 1 abaixo a classificação dos diferentes subgrupos.

TABELA 1: SUBGRUPOS GRUPO A

Subgrupo	Nível de tensão
A1	230kV ou mais
A2	88kV a 138kV
A3	69kV
A3a	30kV a 44Kv
A4	2,3kV a 25kV
As	Sistema Subterrâneo

Fonte: PROCEL, 2011

Os consumidores enquadrados nos subgrupos descritos na Tabela 1 têm o faturamento de energia diferenciado conforme pode-se observar no item B.

B)Estrutura tarifária

Os consumidores que são enquadrados no grupo A têm a possibilidade de optar por dois tipos de tarifação: a tarifa horo-sazonal azul (THS azul) e a tarifa horo-sazonal verde (THS verde).

O modelo tarifário THS verde, pode ser optado apenas por consumidores enquadrados nos subgrupos A3a, A4 e As. Esse modelo permite ao consumidor que seja contratado um único valor (R$) de demanda durante o período de ano, independente do horário de ponta ou fora-ponta. Ainda é possível contratar quantidade de demanda (kW) diferente no período de um ano. O cliente irrigante por exemplo, nos meses de chuva contrata uma demanda mínima tendo em vista que não é necessário a utilização do sistema, já em meses secos com menor incidência de chuva é contratada a demanda total.

A fatura de energia mensal é dada a partir da soma das parcelas correspondentes a consumo, demanda (ponta e fora-ponta) e possíveis ultrapassagens de demanda contratada [2]

O modelo THS azul é obrigatório para consumidores enquadrados nos subgrupos A1, A2 e A3 e opcional para A3a, A4 e As. Nesse modelo de tarifação o consumidor tem a possibilidade de contratar valores(R$) diferentes para a demanda contratada de ponta e fora-ponta.

A fatura de energia mensal de cada unidade consumidora é dada a partir da soma das parcelas correspondentes a consumo, demanda e possíveis ultrapassagens de demanda contratada [2].

C) Consumidor Irrigante

O sistema elétrico brasileiro é constituído por diferentes grupos de consumidores, residenciais, industriais, comerciais, rurais e irrigantes. Cada um destes com sua característica de consumo.

As cargas residenciais têm por individualidade o consumo elevado a partir das 18hrs às 21hrs, devido ao fato do retorno à residência após o dia de trabalho. Os consumidores industriais têm como individualidade a utilização do sistema elétrico no horário de fora-ponta das 06hrs às 18hrs, por ser a tarifa mais barata economicamente.

O consumidor irrigante por sua vez, faz uso do sistema elétrico em um horário reservado, pois é estabelecido por norma um incentivo (R$) para que essas cargas sejam inseridas no sistema no período das 21horas às 06horas. Incentivo esse dado diretamente no valor do kWh consumido e o desconto pode chegar em até 90% dependendo da região do país, conforme observado na Tabela 2.

> Art. 53-L. As unidades consumidoras da classe rural também têm direito, conforme disposições da Portaria MINFRA nº 45, de 1992, da Lei nº 10.438, de 2002 e do Decreto nº 7.891, de 2013, ao benefício tarifário de redução nas tarifas aplicáveis

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ao consumo destinado às atividades de irrigação e de aquicultura desenvolvidas em um período diário contínuo de 8h30m (oito horas e trinta minutos). (ANEEL, Resolução Normativa nº800 19 de dezembro de 2017 p.08).

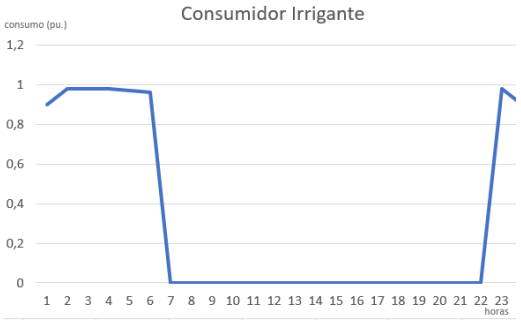
TABELA 2: PERCENTUAL DE DESCONTO PARA CONSUMIDORES IRRIGANTES

	Nordeste	Norte, Centro Oeste, Minas Gerais	Demais regiões
TUSD R$/ MWh	90%	80%	70%
TE R$/MWh	90%	80%	70%

FONTE: ADAPTADO DE ANEEL, 2017

Devido a esses incentivos (R$) o consumidor irrigante tem uma curva de carga característica como pode ser observado na Fig. 1.

Fig.1: Curva de carga característica de consumidor irrigante



Abaixo (Fig. 2), pode ser observado um gráfico elaborado a partir dos dados disponibilizados pela ANEEL referente ao relatório de consumo, receita e tarifa média para cada classe de consumo no ano de 2017. Onde no ano em análise, 2,03% do consumo total de energia elétrica (MWh) foi de consumidores rurais irrigantes dentre os demais tipos de consumidores.

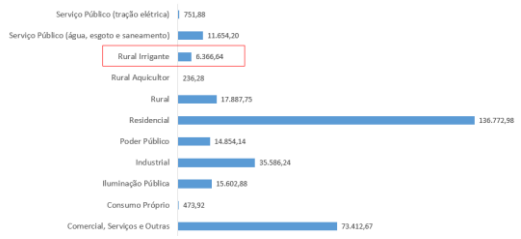


Fig. 2: Relação de consumo em MWh de todas classes de consumo no ano de 2017 [1]

Também a partir de dados obtidos através dos relatórios de consumo disponíveis no site da ANNEL pode-se elaborar as Tabelas 3 e 4 abaixo. Na Tabela 3 está sendo comparado a quantidade de unidades consumidoras dentre todas classes de consumo e consumidores irrigantes nas concessionárias, cooperativas e permissionárias de energia elétrica do Rio Grande do Sul em um período de 2015 a 2017.

É possível observar que a relação de consumidores irrigantes na Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-D) dentre as analisadas é a concessionária que contém maior número de unidades consumidoras voltadas para atividade de irrigação (1,95%) e a concessionária com menor quantidade de consumidores é a Rio Grande Energia (RGE).

TABELA 3: RELAÇÃO UNIDADES CONSUMIDORAS IRRIGANTES NO RIO GRANDE DO SUL

Empresa	Número de Unidades Consumidoras	Número de Unidades Consumidoras Irrigante	% em unidades
CEEE-D	58.955.329,00	1.153.212,00	**1,956**
CERMISSÕES	927.029,00	6.396,00	**0,690**
COOPERLUZ	539.817,00	3.073,00	**0,569**
COPREL	1.855.045,00	9.178,00	**0,495**
CRELUZ-D	798.129,00	1.665,00	**0,209**
ELETROCAR.	1.308.649,00	674,00	**0,052**
RGE	52.044.206,00	7.227,00	**0,014**
RGE SUL	47.358.801,00	103.685,00	**0,219**

Fonte: Adaptado de ANEEL, 2017

Outra análise que pode ser realizada é a relação de consumo em MWh e da receita de fornecimento das mesmas entre as classes de consumo e consumidores irrigantes. Nessa análise, a Cooperativa de Distribuição e Geração de Energia Elétrica das Missões (CERMISSÕES) teve maior quantidade em consumo e receita voltadas aos consumidores irrigantes dentre as demais. Fato esse que pode ser explicado em que a mesma atenda apenas uma parte da região das Missões do estado do Rio Grande do Sul, com grande parte de sua área de atendimento rural.

TABELA 4: RELAÇÃO RECEITA DE CONSUMIDORES IRRIGANTES NO RIO GRANDE DO SUL

Empresa	Receita de Fornecimento de Energia Elétrica	Receita de Fornecimento de Energia Elétrica consumidor Irrigante	% em receita
CEEE-D	R$9.117.599.119,30	R$281.916.351,87	**3,092**
CERMISSÕES	R$122.422.437,48	R$11.907.270,94	**9,726**
COOPERLUZ	R$57.344.521,63	R$825.542,47	**1,44**
COPREL	R$357.330.379,79	R$11.963.674,66	**3,348**
CRELUZ-D	R$93.675.568,85	R$1.448.008,00	**1,546**
ELETROCAR.	R$222.848.564,96	R$728.261,53	**0,327**
RGE	R$8.069.490.299,35	R$13.567.903,89	**0,168**

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

RGE SUL	R$8.802.205.835,59	R$321.571.959,20	**3,653**

FONTE: Adaptado de ANEEL, 2017

TABELA 5: RELAÇÃO DE CONSUMO DE CONSUMIDORES IRRIGANTES NO RIO GRANDE DO SUL

Empresa	Consumo de Energia Elétrica em MWh	Consumo de Energia Elétrica em MWh consumidor Irrigante	% em consumo
CEEE-D	21.586.782,93	1.013.759,74	**4,696**
CERMISSÕES	315.725,16	34.399,34	**10,895**
COOPERLUZ	167.170,16	2.537,17	**1,518**
COPREL	1.146.622,09	43.107,92	**3,76**
CRELUZ-D	262.606,87	3.773,04	**1,437**
ELETROCAR.	513.910,89	2.223,74	**0,433**
RGE	19.980.335,80	40.782,55	**0,204**
RGE SUL	20.314.085,72	1.159.208,68	**5,706**

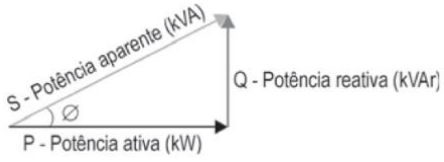
Fonte: Adaptado de ANEEL, 2017

D) Consumo excedente

Um caso recorrente em faturas de energia de consumidores rurais irrigantes são os excedentes, que podem ser excedentes de demanda ou excedentes de energia reativa no consumo de ponta e fora-ponta, esse medido em kVAR. O excedente de consumo é definido quando o cliente está utilizando uma quantidade de demanda (kW) acima do contratado por esse motivo, a concessionária aplicará multas. Já o excedente de energia reativa dá-se devido ao fato de estar sendo solicitado do sistema elétrico maior quantidade de energia reativa do que energia ativa, pois quando o fator de potência dos motores é menor que o ideal (0,92) é necessário ser corrigido o mesmo antes da medição, caso a correção não esteja sendo feita corretamente, a concessionária também aplicará multas na fatura mensal do consumidor.

E) Energia Reativa e Fator de Potência

O fator de potência pode ser definido como a razão entre a potência ativa e a potência aparente quando esse for alto, indica uma melhor eficiência do sistema [3]. Para que seja entendido de melhor forma o fator de potência pode-se observar abaixo o triângulo das potências onde, a partir dele é possível obter a (1) abaixo.



(2)

Fig. 3: Triângulo de potência [3]

A equação 1 mostra a forma de obtenção do fator de potência.

$$FP=\frac{Pot.ativa(kW)}{Pot.\ aparente\ (kVA)}=cos\emptyset=cos\left(arc\ tg\frac{Pot.reativa\ (kVAr)}{Pot.\ ativa\ (kW)}\right) \quad (1)$$

A partir do tipo das cargas instaladas em cada unidade é possível determinar o fator de potência que será obtido. Quando o número de cargas resistivas for menor em uma instalação e a potência reativa solicitada do sistema for pequena o fator de potência se encontrará mais próximo do ideal. Porém quando a situação é contrária, maior quantidade de cargas reativas e potência reativa solicitada do sistema o fator de potência poderá ser de valores próximos a zero [3].

Como qualquer problema identificado, o fator de potência também tem suas possíveis causas e consequências. As causas mais comuns encontradas em unidades com fator de potência reduzido são: motores de indução operando à vazio ou superdimensionados; transformadores superdimensionados, cargas reativas especiais e motores operando por um longo período. Já as principais consequências de um fator de potência baixo são: aumento das quedas de tensão ao longo de um sistema, limitação da capacidade dos transformadores e as multas cobradas pelas concessionárias em a partir do consumo de energia reativa.

F) Fator de potência faturado nas unidades consumidoras

A energia reativa é uma energia solicitada do sistema que não gera trabalho ocupando assim, um "espaço" no sistema elétrico [2]. Tendo em vista essa situação as concessionárias de energia elétrica cobram na fatura mensal dos clientes inseridos no grupo A, valores equivalentes ao faturamento de energia reativa (FER) e faturamento de demanda reativa (FDR).

A compensação de energia reativa necessária a um sistema elétrico pode ser feita pela instalação de bancos capacitores fixos, automáticos ou semiautomáticos [3].

Uma estimativa preliminar da potência do banco capacitor a ser instalado para possíveis correções é dada pela (2) abaixo. Onde Qnec é a potência necessária em células capacitivas (kVAr), P a potência instalada no sistema(kW), TgØ1 o fator de potência original (dados de placa do motor) e TgØ2 o fator de potência desejável (0,92).

G) Demanda complementar

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A demanda complementar estabelecida pela resolução normativa 479 da ANEEL refere-se aos procedimentos utilizados pelas concessionárias e permissionárias para efetuar a cobrança de multa quando o consumidor não atinge a demanda contratada(kW). A mesma estabelece que em um período de 12 ciclos(meses) o consumidor deverá atingir no mínimo três vezes a demanda contratada caso contrário, ao fim desses 12 ciclos será efetuada a cobrança de uma multa essa, estabelecida no art. 79 da resolução 479.

> A distribuidora deve adicionar ao faturamento regular a cobrança de demandas complementares, em número correspondente à quantidade de ciclos em que não tenha sido verificado o mínimo de 3 (três) referido no caput, obtidas pelas maiores diferenças entre as demandas contratadas e as demandas faturadas correspondentes no período. (ANEEL, 2012 p.33)

A título de exemplo, é considerado os três menores consumos (kW) mensais e calculado a diferença do consumo para a demanda contratada em cada um desses meses. Para melhor entendimento levaremos em consideração um cliente X que tem sua demanda mensal contratada de 50kW em todos os ciclos do ano e não atingiu o mínimo estipulado por mês de consumo. A concessionária por sua vez, verificou os meses de menor consumo e estipulou a diferença entre a demanda contratada e consumida (tabela 6). Por fim, a soma das diferenças (85kW) será cobrada como forma de multa na próxima fatura mensal do cliente, além do valor consumido no mês em questão.

TABELA 6: EXEMPLO PRÁTICO DEMANDA COMPLEMENTAR

Menores Consumos	**kW**	**≠**
Junho	15	35
Agosto	20	30
Novembro	30	20
	Soma	**85kW**

G) Sistemas de Irrigação

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) a irrigação é a utilização de equipamentos para complementar a quantidade de água necessária em cultivos específicos. No Brasil teve início em 1900 no estado do Rio Grande do Sul através da necessidade dos produtores de arroz em irrigar suas áreas, garantindo assim o sucesso na colheita. É de conhecimento que a chuva quando ocorre nos períodos e quantidades corretas é benéfico para a produção de uma lavoura, fato que se pode observar no gráfico disponibilizado pela ANA um comparativo de produção em uma área quando irrigada e quando não foi irrigada.

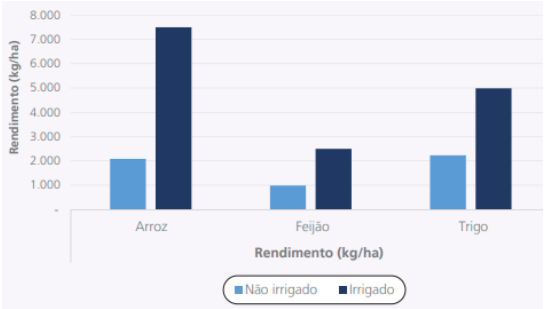


Fig 4: Comparativo produção de áreas irrigadas e não irrigadas [4]

Cada cultivo necessita de uma quantidade específica de água para se desenvolver então, a partir dos dados fisiológicos do local (sol e chuva) é definido a irrigação (mm) suplementar para garantir um bom desenvolvimento da planta [4]. Ainda, para a potência de cada um dos motores que serão utilizados ao longo do equipamento é levado em consideração a altitude e distância entre a ponta do pivô para a barragem de onde será provido o bombeamento pois, quanto maior a altitude e distância logo, maior potência necessária para irrigar a área total. Os motores de sucção são instalados acima do nível da barragem e são dimensionados com potência acima do necessário para garantir o rendimento do sistema[5].

H) Dimensionamento Pivôs de Irrigação

De acordo com, [5] para o dimensionamento correto da potência do motor para um sistema de irrigação por aspersão é necessário primeiramente calcular a vazão do sistema, estabelecida pela (3) Após definida a vazão a potência é estipulada a partir da área a ser irrigada(ha), quantidade de chuva necessária por dia(mm) e altura manométrica que é a distância entre o ponto de captação e a ponta do sistema de irrigação (3).

$$Q = 10\frac{A.Li}{h} \quad (3)$$

Em que Q, representa a varão necessária(m^3h), A a área a ser irrigada(ha), Li a lâmina de água necessária por dia(mm) e H o número de horas de funcionamento diário.

$$Pa = \frac{Q.Hman}{270.\eta} \quad (4)$$

Onde, Pa representa a potência necessária em cv, Q a vazão necessária (m^3h), Hman a altura manométrica entre o bombeamento e o centro do sistema de irrigação e η o rendimento do motor (dados de fábrica).

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Para melhor exemplificação, na Fig 5 abaixo existe um pivô de irrigação já dimensionado. A área a ser irrigada é de 19ha, levando em consideração as equações apresentadas é possível dimensionar o motor do bombeamento desse sistema, a título de exemplo a eficiência do motor será igual a 1, considerando esse um motor ideal com 100% de rendimento. Lâmina de água necessária por dia de 10mm, altura manométrica de 80mca e 6 horas de funcionamento por dia.

Fig. 5: Exemplo pivô central dimensionado

$$Q = 10\frac{19.10}{6}316{,}66mm^3h \quad (5)$$

$$Pa = \frac{316{,}66.80}{270.1} = 93{,}82cv \quad (6)$$

Afim de garantir um sistema eficiente é necessário levar em consideração o fator de serviço de cada motor, para o exemplo em questão será estabelecido 1,25.

$$Ptotal = Pa.Fs \quad (7)$$

$$Ptotal = 93{,}82 * 1{,}25 = 117{,}28cv \quad (8)$$

A partir da potência definida é possível dimensionar a subestação que atenderá a carga demandada pelo sistema.

I)Metodologia

Para que seja possível atingir os objetivos elencados anteriormente, definiu-se procedimentos a serem executados em dois casos diferentes, se a carga e consumidores já forem existentes e está pagando multas em suas tarifas mensais e, caso o consumidor não for existente e necessita dimensionar os equipamentos para a carga a ser instalada. O fluxograma é dividido nessas duas etapas conforme a Fig 6 a seguir.

Fig. 6: Fluxograma metodologia para desenvolvimento

Em um caso onde a carga e consumidores não são existentes deverão ser seguidos os passos listados no fluxograma a seguir (Fig. 7).

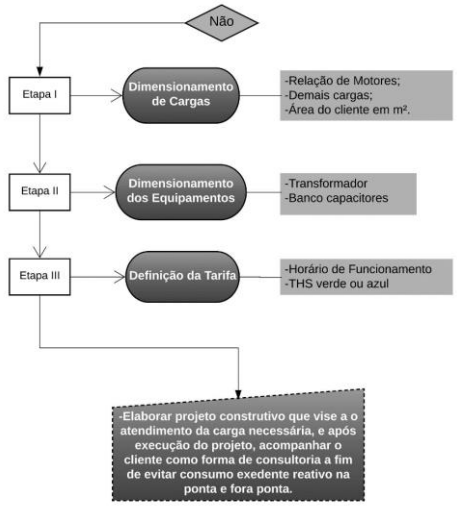


Fig. 7: Fluxograma para dimensionamento de carga para novos clientes

Conforme pode-se observar serão seguidas três etapas para a definição da carga, equipamentos e tarifação.

Na etapa I é realizado o dimensionamento de cargas a serem instaladas na propriedade do cliente. Nessa etapa será relacionada a potência e fator de potência (FP) dos motores necessários para o funcionamento do pivô de irrigação bem como, cargas que possam a vir ser ligadas à mesma medição por exemplo, as cargas da residência da propriedade.

Após relacionadas essas informações poderá ser dado início na etapa II que é o dimensionamento dos equipamentos a serem instalados. A partir da potência total serão realizados os cálculos para dimensionamento do transformador e definição do tipo de medição (BT ou MT) e com os dados de placa dos motores será dimensionado o banco de capacitores.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Dessa forma, será possível partir para a etapa III onde será definida a tarifação do cliente e estipulado demandas a serem contratadas junto a concessionária.

Ao fim das três etapas será elaborado o projeto construtivo da rede de distribuição, subestação e medição, seguindo todos os parâmetros definidos em cada uma das etapas. Após a conclusão da execução do mesmo será acompanhado os três primeiros meses em que a medição estiver em funcionamento com os motores ligados em plena carga afim de garantir que o cliente não esteja sendo multado em algum excedente e que o projeto foi elaborado de forma correta.

Quando o consumidor e carga forem existentes e tiver sido identificado algum valor cobrado em excedente pela concessionária deverão ser seguidos os passos listados no fluxograma da Fig. 8.

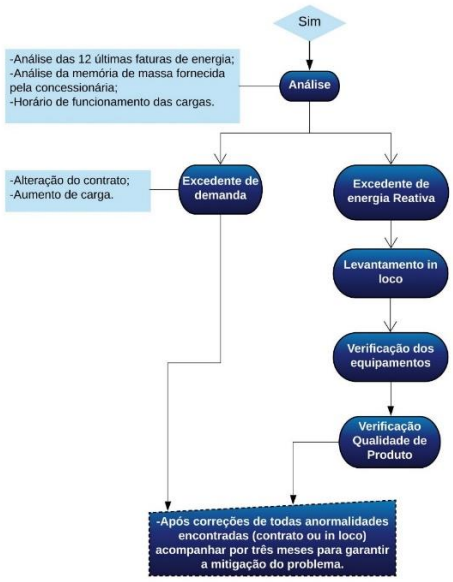


Fig. 8: Fluxograma para correção de excedentes em consumidores existentes

Inicialmente, com intuito de identificar o tipo de excedente que está sendo cobrado pela concessionária será realizada a análise das 12 últimas faturas mensais de energia elétrica juntamente com a análise da memória de massa do medidor em questão, pois a partir dessa é possível identificar os horários de carga ativa e o FP medido em cada um desses horários.

Após a análise nas faturas poderá ser definido então se o excedente é de energia reativa ou excedente de demanda. Caso o excedente identificado for em demanda será realizado levantamento das cargas instaladas na propriedade e realizado os cálculos para definição da demanda total necessária a ser contratada. Quando a carga estiver dentro dos limites do transformador(res) instalado(s) poderá ser realizado apenas uma alteração contratual junto a concessionária, alterando a demanda contratada. Por outro lado, se a carga a ser utilizada não é suprida pelo transformador instalado deverá ser previsto um projeto de aumento de carga onde serão seguidas as etapas apresentadas anteriormente (Fig 7.).

Outra possibilidade é quando o excedente cobrado é dado devido a energia reativa solicitada do sistema onde essa por sua vez, não gera trabalho. Esse consumo pode ser resultado de um transformador que permaneça energizado enquanto não está sendo utilizado (trabalhando a vazio) também, a inexistência de bancos capacitores para correção do fator de potência dos motores.

Após a análise das faturas de energia a próxima etapa é a análise das cargas instaladas, onde será levantado a potência e fator de potência de cada um dos motores necessários para o funcionamento do pivô de irrigação. Também será levantado a potência do transformador existente (kVA) e o banco capacitor (kVAr) para que após esse levantamento, seja realizado a aferição dos equipamentos do sistema. Essa aferição consistirá na realização de testes nas células capacitivas do BC, teste nas fases do transformador e verificação do funcionamento do medidor da concessionária.

Quando encontrada alguma inconsistência na aferição dos equipamentos, será corrigida antes de seguir a análise dos demais itens elencados a título de garantir que não foi deixado nenhuma informação pendente. Posteriormente a essas possíveis correções serem sanadas será feita a verificação da qualidade do produto, que consistirá em verificar os níveis de tensão e corrente entregues pela concessionária no ponto de entrega (chave de derivação) da rede particular do cliente. Simultaneamente, será solicitado à concessionária que realize os mesmos testes no ponto de entrega para que seja possível fazer uma análise comparativa dos dados levantados.

Dessa forma com todos dados levantados e problemas encontrados resolvidos o cliente será acompanhado por mais três meses com intuito de garantir a mitigação do problema.

J) Resultados esperados

Tendo em vista a metodologia apresentada é esperado desenvolver procedimentos para mitigar excedentes de demanda e consumo de energia reativa em clientes enquadrados no grupo A. Afim de evitar que o cliente pague multas desnecessárias à concessionária de energia mensalmente. Bem como, desenvolver uma ferramenta para que seja possível dimensionar corretamente a subestação que atenderá a carga demandada para cada sistema de irrigação a

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ser instalado, levando em consideração os motores dimensionados e simultaneidade de acionamento dos motores.

O principal resultado esperado é que na situação de excedente de consumo de energia reativa os procedimentos que serão estabelecidos (Fig.8), corrijam de forma satisfatória as adversidades encontradas ao analisar a fatura e memória de massa do consumidor. Os estudos prévios para desenvolvimento desses procedimentos, indicam que a causa mais habitual de cobrança de excedentes é proveniente do mal dimensionamento ou defeito no banco capacitor da instalação. Mas ainda, essa cobrança pode ser oriunda de defeitos em equipamentos de medição e transformação em que, testes e manutenções preventivas serão apresentadas junto aos procedimentos de correção afim de evitar possíveis cobranças.

III. REFERÊNCIAS

[1] Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/> . Acesso em: 04 mai. 2018.
[2] PROCEL, **Cartilha de Energia**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20El%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf> Acesso em 29 mar. 2018
[3] BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELLI, Reinaldo; GEDRA, Ricardo Luis. **Gerenciamento de Energia**: Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica. 2. Ed. São Paulo: Érica Ltda., 201. 177p.
[4] Agência Nacional de águas – **Atlas da Irrigação**. Disponível em:< http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Aceso em 29 mar. 2018
[5] Delly Oliveira Filho, Marcos C. Ribeiro, Everardo C.Mantovani et al. **Dimensionamento de motores para bombeamento de água**. Minas Gerais, 2010. 11p.
[6] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMPRAPA. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**.1. ed. Brasília, 1998
[7] Ministério de Minas e Energia – MME. Disponível em:<http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 29 mar. 2018
[8] MAMEDE FILHO, João . **Instalações Elétricas Industriais**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 644 p.
[9] ELHAGE, Fábio S.; FERRAZ, Lucas P.; DELGADO, Marco A. P. **A estrutura tarifária de energia elétrica**: Teoria e Aplicação. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013. 269 p.
[10] ANEEL, **Relatórios de consumo**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>. Acesso em 10 mai. 2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Desenvolvimento de um Protótipo para um Sistema Supervisório de Análise de Motores Assíncronos

Lucas Danrlei Jappe, Claudio Felipe Tomm, Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo/RS
lucasdjappe@aluno.santoangelo.uri.br

***Resumo* — O presente trabalho propõem o desenvolvimento de protótipo para um sistema supervisório, para analise de maquinas elétricas de forma a desenvolver uma ferramenta de ensino. Devido à extraordinária importância das maquinas elétricas aos acadêmicos de engenharia elétrica, aonde o ensino esta fundamentado na maior parte em teórico, dificultando a visão pratica das aplicações. Com a realização desse sistema , voltada ao ensino trará uma abordagem dos conceitos estudados durante a graduação, assim criando um novo método de aprendizado ao acadêmico realizando a relações de conhecimentos já adquiridos ao dispor da graduação.**

Todos os componentes a serem utilizados no protótipo deveram ser controlados por uma plataforma de prototipagem e monitorados pelo sistema supervisório. Com aplicação do protótipo ao ensino deseja-se obter um melhor aprendizado dos motores elétricos assíncronos.

***Palavras-chaves* —*Motor Assíncrono, Supervisório, Plataforma de Prototipagem*.**

I. INTRODUÇÃO

O ensino da Engenharia Elétrica está na maior parte fundamentado através de aplicação de métodos na grande maioria teóricos, sendo este ensino associado há muito anos, e por sua vez não sofrendo alterações significativas, enquanto ao redor a tecnologia passa por constantes alterações.

Os motores elétricos são estudados durante a graduação sendo eles responsáveis pela conversão de energia elétrica em energia mecânica, há disponibilizando em forma de movimento. A formação acadêmica do Engenheiro Eletricista é muito voltada a conteúdos e aplicações teóricas o que torna a associação difícil com a pratica para comprovar tais conhecimentos.

Através da utilização de um sistema supervisório, que se trata de um software desenvolvido para facilitar a interação do usuário com uma maquina dando a capacidade de toda a dinâmica do processo, possibilitando análise complexa que auxiliam no gerenciamento da maquina. É possível até mesmo obter assistência na interpretação de alarmes do sistema, através de ferramentas que possibilita a obtenção automática das prováveis causas da não conformidade do processo, assim como as respectivas ideias da ação corretiva. No desenvolvimento desse trabalho espera-se desenvolver um protótipo constituído de sensores em conjunto com uma plataforma de prototipagem para aquisição dos parâmetros do motor a ser analisado e com auxilio do software de supervisão realizar o monitoramento do motor desde o ponto de partida até entrar em regime permanentemente. Assim realizando a associação dos conhecimentos adquiridos durante a graduação, aonde estes receberam uma grande contribuição e poderão enfatizar no acadêmico um melhor conhecimento.

Com esse sistema espera-se verificar parâmetros como torque e corrente elétrica, tensão e velocidade do motor.

1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES ELÉTRICOS

O motor elétrico é responsável por converte energia elétrica em energia mecânica usando campos magnéticos que interagem entre si. Os motores elétricos são usados para uma variedade de operação nas áreas residenciais, comerciais, industriais e acadêmicas. Sendo o motor de indução o mais usual na indústria devido à maioria dos sistemas atuais de distribuição de energias serem de corrente alternada. E seu principio de funcionamento está

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

baseado no magnetismo e na circulação de corrente elétricas. [1].

O magnetismo é a força que torna possível a rotação do eixo mecânico do motor, o imã permanente é o responsável por desenvolver o movimento sob determinadas condições, e isso só é possível devido o imã permanente ser capaz de fazer isso por causa da de sua força magnética inerente, denominada campo magnético. [2].

A força do campo magnético é diretamente proporcional à intensidade da corrente no condutor e possui a forma de círculos concêntricos ao redor do condutor, assim surgindo uma relação entre o sentido da corrente que circula pelo condutor e o sentido do campo magnético criado, que e mundialmente conhecida como regra da mão direita. [2].

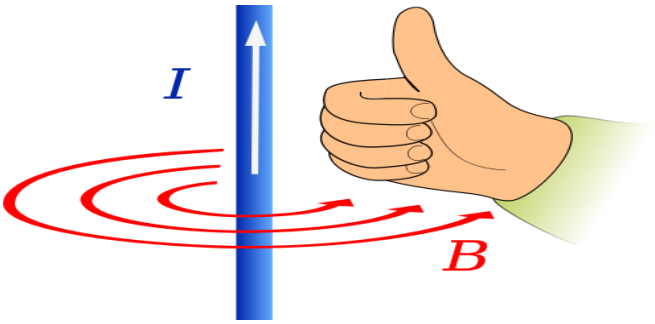


Fig. 1. Regra da Mão Direita
FONTE: CAVALCANTE, KLEBER G. (2017).

Para aumentar a intensidade do fluxo um condutor de corrente elétrica é enrolado em forma de bobina, sendo as linhas de fluxo desenvolvidas pelas espiras formam um campo magnético muito mais forte, as linhas de fluxa deixam o norte da bobina e regressam à bobina pelo sentido polo sul. Para fortalecer ainda mais esse fluxo magnético as bobinas são desenvolvidas sobre núcleos de ferro, o núcleo de ferro de ferro apresenta menor resistência às linhas de fluxo do que o ar, assim desta forma e possível o núcleo de ferro aumentar a força do campo, a polaridade dos polos da bobina se invertem sempre que a corrente através da bobina inverter, sem a existência desse fenômeno o funcionamento dos motores elétricos não seria possível. [2].

2. CLASSIFICAÇÔES DOS MOTORES ELETRICOS

Sendo assim os motores elétricos podem ser classificados em dois grupos distintos, dependendo da forma de alimentação usada para alimenta-los: tensão continua (CC) ou tensão alternada (CA). As principais categorias dos motores são divididas em três grandes, são eles: o Motor CC, o Motor CA e o Motor universal, sendo o motor universal desenvolvido para poder operar de uma fonte de potencia CA ou CC. A figura 2 apresenta a classificação dos motores elétricos de acordo com o tipo de energia usada por ambos para alimentação (CC ou CA).

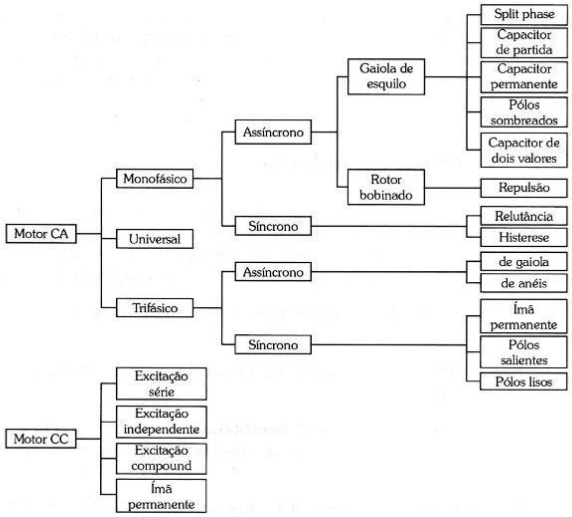


Fig. 2. Classificação dos motores elétricos
Fonte: Petruzella. (2013)

3. ESPECIFICAÇOES DOS MOTORES ELETRICOS

Os motores elétricos CA vêm com diversas formas e capacidades, sendo alguns deles motores elétricos padronizados de fabrica para aplicações em usos gerais, enquanto outros motores elétricos estão destinados a tarefas especificas. Independente do tipo do motor eles devem ser especificados para realizar os requisitos das máquinas sobre as quais eles são utilizados para sem ultrapassar a temperatura nominal do motor. [2].

A seguir serão apresentados alguns dos parâmetros elétricos que dizem a respeito sobre o motor elétrico:

- Corrente de pico de partida Ip/In
- Rotação Nominal e Conjugado
- Fator de Serviço
- Tensão e Corrente Nominal
- Fator de Potência e Rendimento
- Grau de Proteção

A carcaça do motor é responsável pelo papel de proteção. O grau de Proteção Intríseca diz a respeito da proteção

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

própria do dispositivo depende diretamente no qual o motor está instalado. [1].

Motores instalado ao tempo e sujeito a sol e chuva possuem um grau de proteção muito maior, em comparação a motores que estão em locais secos e limpos. Os ambientes considerados agressivos para motores são aqueles com presença de pó, fibras, particulados etc. Ambientes aonde a presença de agua e sujeito a jatos de agua são considerados agressivos. [1].

A NBR 6146 fica responsável por estabelecer os diversos graus de proteção para os invólucros elétricos. O grau de proteção e expresso em dois dígitos, sendo o primeiro dígito o indicador de proteção contra corpos sólidos e o segundo dígito indicador de proteção contra água. [1].

4. ACIONAMENTOS DE MÁQUINAS ELÉTRICAS

Um dos momentos mais críticos é o instante da partida de motores elétrico, isso por que o motor solicita uma demanda de corrente muito maior do que a usada em serviço permanente, isto ocorre devido à mudança do estado de inércia do motor, e a está corrente damos o nome de corrente de pico, no qual costuma variar dentro da faixa de seis a oito vezes a corrente nominal do motor. (Franchi, 2008).

O estudo de acionamento de maquinas e uma área estudada dentro da área de engenharia elétrica que visa a melhor maneira de por a máquina em movimento, sem ofertar risco à rede de alimentação. Os modos de acionamento citados são os mais usuais dentro do contexto de escala de indústria e estudo. Os tipos de acionamentos mais usuais são:

- Partida Estrela - Triângulo
- Partida Direta
- Partida Compensadora

5. PROCESSOS DE CONTROLE E SUPERVISORIO

Sistemas supervisório consistem basicamente de uma correlação entre hardware e software que funcionam como supervisores. Possui em sua essência efetuar um destinado comando de controle de um processo, no qual se destina a capturar, armazenar, especificar e executar ações de controle, em uma central de dados visando informações sobre um processo de produção que se deseja adquirir um sinal de controle conforme solicitado.

Tais informações vêm de sensores que efetuam a captura de dados específicos (conhecidos como variáveis de processo), e através da leitura juntamente com o micro controlador, ocorre à comunicação através do supervisório que visa mostrar os valores em que o sistema está operando.

Quando se fala em sistema de controle é necessário conhecer todos os equipamentos e sensores envolvidos na questão. Sendo se faz preciso obter uma analise dos componentes utilizados bem como saber o modo de funcionamento e ter completo domínio das variáveis envolvidas que se busca no processo.

Há diversas formas de se implementar um sistema de controle, entretanto o sistema mais utilizado são sistemas eletroeletrônico, pois atribuem uma alta versatilidade e dinamismo ao controle de processo. Em um sistema de controle é muito predominantemente elétrico e os processo quase sempre envolve transformações físicas, químicas dentre outras, aonde deve se converter o sinal de um controlador eletrônico para um sinal adequado ao processo, sendo que deve se levar em conta o ponto de vista da natureza, quanto do ponto de vista de magnitude, aonde esse elemento recebe nome de atuador. Para que o controlador desenvolva um sinal de controle para o atuador é necessário de uma referencia, ou seja, um sinal na sua entrada que diga ao controlador o que ele deve fazer com o processo, conforme ilustra a figura a abaixo. [3].

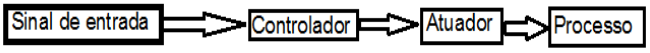


Fig. 3. Sistema de controle
Fonte: Autor. (2018)

Os sistemas de controle são classificados em duas formas:

Segundo Norman (2013) o sistema se define de malha aberta quando o controlador gera um sinal para o atuador, tendo em vista o sinal piloto sem obter ou receber informação alguma sobre o andamento do processo. O que significa que é um sistema sem realimentação, sendo que o sinal de entrada é o próprio set-point. [3].

Sistema malha fechado é quando o controlador gera o sinal para o atuador, com base no sinal piloto, sendo que nesse sistema ele recebe informação sobre o andamento do processo, através de um transdutor. O sinal que entra corresponde a diferença entre o sinal do transdutor e o *set-point* , por isso é conhecido como sinal de erro. Ambos os sistema possuem vantagem e desvantagem, a vantagem de se aplicar o sistema da malha fechada são principalmente no que tange a menor sensibilidade a interferência e ruídos. Isto ocorre por que o sistema é realimentado, assim qualquer desvio do sistema, gera um erro que tende a ser compensado. O que torna o sistema mais independente dos parâmetros da planta, já que eles passam a atuar sobre o sinal de erro, como desvantagem do sistema a ocorrência de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

custo mais elevado e a possibilidade do sistema atingir a instabilidade quando o ganho do controlador é muito alto. [3].

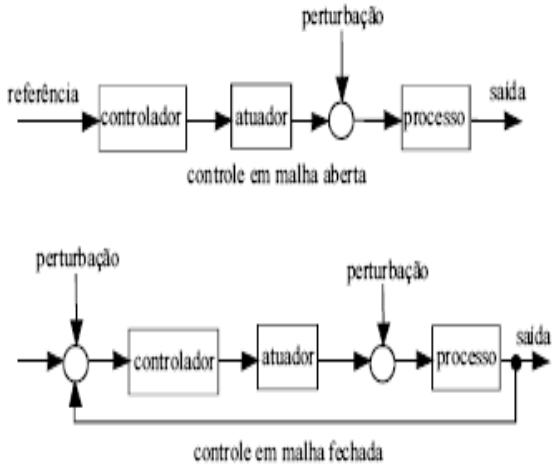


Fig. 4. Sistemas de controle; malha fechada; malha aberta.
Fonte: Norman. (2013)

Na maior parte dos sistemas modernos, o controlador é um computador digital o que trás uma grande vantagem, pois muitas malhas podem ser controladas ou compensadas pela mesma máquina através do compartilhamento de tempo.

6. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMÁVEL

Os controladores programáveis são dispositivos que permitem a realização de atividades de controle sequencial, esses controladores programáveis possuem entradas e saídas às quais fazer a comunicação de informações com o meio externo através de sensores e atuadores, esses sistema de controle possuem uma memoria logica de programação que é executada realizando uma varredura nas entradas e saídas, assim se atualizando conforme a necessidade ou parâmetros fornecidos pelo operador. No desenvolvimento desse trabalho será utilizada a plataforma Arduino UNO que desempenha o papel de obter os parâmetros fornecidos pelos sensores.

7. PLATAFORMA ARDUINO

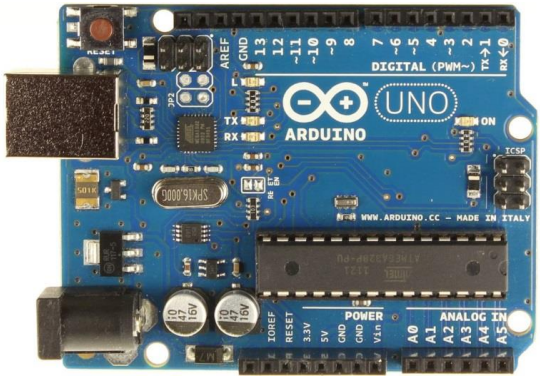
A plataforma Arduino, além de uma placa de desenvolvimento, é uma plataforma de código aberto (Open-Source), desenvolvida em 2005 pelo italiano Massimo Banzi, que tinha como intuito de contribuir no aprendizado de eletrônica para estudantes. O principal objetivo foi desenvolver uma plataforma de baixo custo, para que estudante pudessem desenvolver seus projetos com o menor custo possível. [4].

"O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica Opem-Source que se baseia em hardware flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artista, designer, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino pode sentir o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem Wiring, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado no ambiente Processing. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de software especifico (arduino.cc, 2016)". [4].

O Arduino é formado por dois componentes principais: Hardware e Software.

O hardware é composto por uma placa de prototipagem na qual soa desenvolvidos os projetos. O software por outro lado é uma IDE que significa Ambiente de Desenvolvimento Integrado, aonde é executado em um computador onde é feita a programação, geralmente conhecida como sketch, na qual será realizado o upload para a placa de prototipagem Arduino, através de comunicação serial. [4].

A placa utilizada no desenvolvimento do trabalho como visto na figura 4 é o Arduino UNO, ele possui diversos conectores que servem para interface com equipamentos externos.



Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 5. Arduino UNO
FONTE: AUTOR

8. SENSORES DE CAMPO

Podemos definis a palavra sensor como "aquilo que sente". Na eletrônica um sensor é conhecido como qualquer circuito eletrônico que realize a analise de uma determinada condição do ambiente, podendo ser luminosa, térmica, cinética dentre outras, de maneira a relacionar as informações sobre as grandezas físicas que irão ser medidas, como a rotação, corrente, tensão e torque.

Os sensores são definidos como um tipo de transdutor, ou seja, ele tem a capacidade de transformar um tipo de energia em outro, como exemplo o auto falante que transforma energia elétrica em som. Ele ainda pode ser definido como um transdutor especifico, que transforma algum tipo de energia (movimento, calor, luz) em energia elétrica, para realizar leitura ou características do ambiente. [5].

Apesar de gigantesca variedade de sensores eletrônicos eles são divididos basicamente em dois tipos: sensores analógicos e sensores digitais, sendo essa divisão de acordo com a forma o qual o sensor responde à variação de condição.

Para Patsko (2006) os sensores analógicos são dispositivos mais comuns, e não nomenclatura dos assim por que se baseia em sinais analógicos, que mesmos sendo sinais limitados a dois valores de tensão, frequência e corrente dentre outas grandezas elétricas, ainda podem assumir valores intermediários, ou seja, para cada nível de condição medida, resultara um nível de tensão correspondente. [5].

Ainda para Patsko (2006) sensores digitais se baseiam em níveis de tensão bem definidos, e são descritos com Alto (High) com tensão de 5V ou próxima, ou Baixo (Low) com tensão próximas a 0V ou simplesmente "1" e "0", ou seja, esses sensores usam lógica binária compatíveis com a maioria dos sistemas digitais. [5].

Diferente dos sensores analógicos os sensores digitais podem alterar apenas entre dois valores definidos, sendo importante que os níveis de tensões não ultrapassem valores maiores de 5V ou menores que 0V, pois podem ser danificados. [5].

9. SISTEMA DE SUPERVISÃO

Os sistemas de supervisão dão acesso à integração de diversos dispositivos e equipamentos controladores do processo. Sendo o sistema de supervisão responsável pelo monitoramento das variáveis de amostra do processo de controle de um sistema. E como finalidade principal é dispor subsídios ao operador para executar e monitorar um processo automatizado, com segurança e eficácia podendo assim as verificar leituras das variáveis em tempo real e realizar o gerenciamento e controle do processo.

Os sistemas de supervisão possui a necessidade de ótimos conhecedores de processo que trabalhem como operadores, pois os operadores são responsáveis por fornecer as entradas dos sistemas como exemplo parâmetros de funcionamento do motor a ser utilizado no desenvolvimento do trabalho, sendo o operador responsável por analisar relatórios, alarmes etc. São quatro elementos básicos que fazem constituição da arquitetura de um sistema de supervisão, são eles: sensores e atuadores, estações remotas de aquisição e/ou controle, redes de comunicação e monitoramento central. A figura 5 a seguir apresenta a ideia do sistema de supervisão.

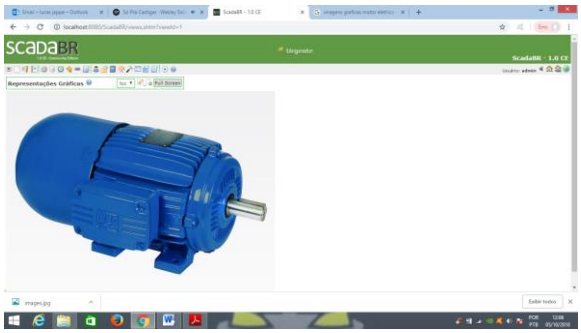


Fig.6. Sistema de supervisão e Controle
Fonte: Autor, (2018).

Para o desenvolvimento do trabalho será utilizado o sistema SCADABR que é um estudo nacional no desenvolvimento de um software SCADA no modelo de Software Livre. Ele foi desenvolvido se baseando no projeto *mango*, que é um sistema SCADA *open source* canadense, o sistema SCADABR brasileiro herdou todas as características do sistema canadense e mais as características adicionadas no projeto brasileiro. O sistema já funciona através de servidores web, assim funcionando de maneira simples integrar com outros sistemas e controlar plantas remotamente. [6].

O software se trata de uma multiplataforma, baseado em Java, que significa que PCs rodando o Windows, Linux e outros sistemas operacionais podem executar o software a partir de m servidor de aplicações. A IHM é produzida como pagina web, sendo acessada a partir de um navegador de Internet. A interface do sistema já possui visualizações

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

das variáveis, gráficos, estatísticas, alarmes, construções de telas tipo IHM uma série de outras opções de configurações. [6].

.

II. Resultados Esperados

A partir da realização deste estudo, pretende-se contribuir nas aprendizagens e aos ensinos adquiridos durante a graduação no curso de engenharia elétrica, almejando também auxiliar quem deseja conhecer ou dar seguimento no assunto, através de conceitos e demonstrações dos diferentes métodos que se pode desenvolver para analise de monitoramento de motores.

No desenvolvimento do trabalho espera-se realizar o desenvolvimento de um protótipo para representara um conjunto que pode ser formado e montado em laboratório para simulação de carga em diferentes cenários. Sendo uma das grandes finalidades da construção desse conjunto um método que abordará diferentes disciplinas abordadas durante a graduação, como estudo de motores em conversão, acionamentos de maquinas e micro controladores. Por tanto se espera que sistema proporcione um conjunto que simule uma situação real, em que todos os componentes interligados satisfaçam a capacidade para se obter a análise do comportamento de motores elétricos com variação de carga.

Assim o trabalho abordara uma análise das variáveis do motor elétrico, a corrente elétrica, torque, velocidade e tensão elétrica. Para a aquisição desses dados pretendesse utilizar sensores em conjunto com a plataforma de prototipagem que realizara a comunicação com o sistema supervisório, além disso, o sistema supervisório deverá salvara todos os dados da simulação em um histórico, desta forma possibilitando realizar uma análise posterior a simulações.

O acesso ao supervisório deverá ser realizado de forma simples para que todos que assim desejarem possa ter acesso ao sistema podendo realizar estudos através de análise e monitoramento. O desenvolvimento deste trabalho assim poderá proporcionara um aprendizado melhor em todos os conteúdos estudados em sala de aula, com um contato real a um sistema automático para simulações de cargas e análise gráficas.

III. Referências

[1] *FRANCHI, c. M. ACIONAMENTOS ELÉTRICOS, SÃO PAULO: EDITORA ÉRICA LTDA, 2008.*

[2] Petruzella, Frank D. *Motores Elétricos e Acionamentos*. São Paulo: AMGH Editora Ltda, 2013.

[3] Norman, Nise S. *Engenharia de Sistemas de Controle*. 6º ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Cientificos Editoras Ltda, 2013.

[4] ARDUINO UNO. Disponível em: http:// www.arduino.cc/en/Main/Software.

[5] Patsko, L. F. *Aplicação, funcionamento e utilização de sensores*. São Paulo: Maxwell Bohr, 2006. 84p. Apostila.

[6] SCADABR LTDA. Disponível em: http:// http://www.scadabr.com.br/ .

Desenvolvimento de uma Ferramenta para Adequação e Implantação Tarifária de Energia Elétrica para Consumidores de Pequeno e Médio Porte do Grupo A

Cássio Alex Perius Back, Diango de Oliveira
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
cassio160@hotmail.com

***Resumo* — Este artigo fornece informações sobre as tarifas de energia elétrica que podem ser contratadas pelos consumidores do grupo A. O foco principal é nos clientes do subgrupo A4, pelo fato destes possuírem a opção de contratar a THS Azul ou a THS Verde. Para ajudar na tomada de decisão destes clientes, será desenvolvida a partir deste projeto uma ferramenta no Software Excel, que forneça simulações e informações com o objetivo de auxiliar na hora da escolha do contrato.**

***Palavras-chaves* — Tarifas energia elétrica, THS Azul, THS Verde, Subgrupo A4.**

I. INTRODUÇÃO

Dentro do sistema tarifário de energia elétrica do Brasil existem diversas tarifas para que seja possível a prestação de serviços de qualidade e que estes sejam remunerados da forma mais justa possível, tanto para as empresas de energia quanto para os clientes, desta forma, possibilitando ao consumidor, fazer contratos de acordo com suas necessidades de demanda de potência e de consumo de energia de forma a reduzir sua fatura. Assim, para adequar esse contrato é necessário uma análise prévia das suas necessidades, assim como dos seus horários para que não ocorra o efeito inverso e a fatura acabe saindo mais cara [1].

Para os clientes finais existem diversas formas de tarifação que levam em conta vários fatores na hora de classificar a tarifa mais apropriada para cada um, a Agência Nacional de Energia Elétrica – (ANEEL) classifica os clientes em grupos, Grupo A – (GA) que são os clientes que usam alimentação em média tensão, como por exemplo, empresas de pequeno porte para cima, irrigantes, alguns prédios habitacionais e de órgão públicos, shoppings, entre outros; Grupo B – (GB) que são os clientes que usam alimentação em baixa tensão, como por exemplo, residências, prédios menores, comércios em geral e microempresas (dependendo da demanda), entre outros. Existem subclassificações nesses dois grupos, de acordo com carga e demanda, e em muitos casos o consumidor final pode se enquadrar em mais de um tipo de tarifa dentro de seu respectivo grupo e a escolha pelo modelo tarifário e de demanda incorretos pode gerar problemas para a empresa e para a rede elétrica, além de perdas financeiras; ao longo deste trabalho serão explicados esses modelos tarifários e quais aspectos o cliente deve considerar na hora de escolher o mais apropriado de acordo com as necessidades de carga da empresa, mas que ao mesmo tempo seja mais vantajosa financeiramente [1].

O foco principal deste trabalho será na tarifação para os clientes do GA que contemplam os consumidores de pequeno e médio porte, que serão tratados desta forma no presente trabalho de acordo com as suas demandas e tensões contratadas, dentro da classificação da ANEEL seriam considerados os clientes do subgrupo A4, em que a tensão vai de 2,3KV a 25KV, para a realização do trabalho, pois são estes que possuem a opção de contratar a tarifa que mais se enquadra ao seu perfil de consumo, a Tarifa Horo Sazonal Verde (THS Verde) ou a Tarifa Horo Sazonal Azul (THS Azul). Além do subgrupo A4, outros dois grupos que também podem optar entre as duas tarifas citadas são o subgrupo A3a, que são clientes com tensão de 30 kV a 44 kV, e o AS, que são clientes com instalação subterrânea, independente da tensão; porém as

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

analises serão focadas em clientes do Rio Grande do Sul, e dentro dessa região de atuação não existe a disponibilidade das tensões do subgrupo A3a para clientes, apenas em linhas de transmissão, por isso será considerado apenas o subgrupo A4 [1].

Para fazer a análise das empresas e o enquadramento tarifário será desenvolvido um software que leve em consideração as demandas da empresa e os horários de maior utilização, buscando explorar principalmente a sazonalidade entre essas tarifas, para que a empresa obtenha ganhos financeiros. O software será desenvolvido em forma de planilha utilizando o programa Excel®, pois o mesmo possuí uma interface bastante intuitiva, facilidade na alteração e adaptação das planilhas, além de ser amplamente utilizado e conhecido por todas as empresas, contribuindo para que essas não necessitem realizar nenhum grande investimento para a utilização deste software.

Esse trabalho visa fornecer uma opção para que as empresas tenham maior facilidade na hora de gerenciar suas demandas e contratos de energia, contribuindo na qualidade de energia do sistema elétrico, devido às empresas do GA serem as que apresentam maior impacto no sistema, e ainda auxiliar na redução das faturas de energia da empresa contratante.

II. DESENVOLVIMENTO

A) Conceituações do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB)

O sistema de energia do Brasil é composto basicamente pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), que engloba praticamente toda a energia gerada, transmitida e distribuída no país (exceto Roraima), o SIN é dividido em quatro subsistemas (Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte) devido às restrições físicas para o transporte de energia a distâncias muito longas, porém esses subsistemas são interconectados através da malha de transmissão, propiciando a transferência de energia entre eles. [2]

A geração de energia do SEB é predominantemente de origem hídrica, de acordo com o plano de operação energética 2017/2021 (PEN 2017) a geração através de hidrelétricas correspondia em 2016 a 71,5% de toda energia produzida no SIN. Esse número já foi bem maior no passado, porém diminuiu devido a vários fatores, entre eles a falta de investimento na geração, principalmente entre os anos de 1990 e 2000 quando o consumo cresceu 49% e a capacidade instalada apenas 33%, fazendo com que no início dos anos 2000 houvesse racionamento de energia entre o período de maio de 2001 e fevereiro de 2002, o que ocasionou o aumento da geração termelétrica para atender o consumo de forma emergencial. E outro fator que também contribuiu para a redução da participação hídrica foi a expansão de outras formas de energias renováveis, como por exemplo, a eólica e a solar. Com o que prevê o PEN 2017 (tabela 1) a geração hidrelétrica deve perder um pouco mais de espaço até 2021 para outras formas de energia sustentável, como a solar e a eólica, principalmente devido ao menor dano ambiental causado por essas duas formas, outra geração que deve perder espaço também é a termelétrica, devido ao seu dano ambiental e também alto custo de geração, sendo utilizada apenas em casos emergenciais. [3]

Tabela 1. Energia gerada em 2016 e 2021 por diferentes fontes de geração

Tipo de Geração	**Capacidade em MW (Porcentagem no SIN)**	
	2016	**2021**
Hidrelétrica	101.598 MW (71,5%)	113.784 MW (68,3%)
Eólica	9.611 MW (6,8%)	16.205 MW (9,7%)
Term. Gás + GNL	12.414 MW (8,7%)	14.548 MW (8,7%)
Biomassa	7.640 MW (5,4%)	8.313 MW (5%)
Term. Óleo + Diesel	4.732 MW (3,3%)	4.732 MW (2,8%)
Term. Carvão	3.174 MW (2,2%)	3.478 MW (2,1%)
Solar	16 MW (0%)	2.182 MW (1,3%)
Nuclear	1.990 MW (1,4%)	1.990 (1,2%)
Outras	867 MW (0,6%)	1.308 MW (0,8%)
Total:	**142.042 MW**	**166.540 MW**

Fonte: PEN 2017

O órgão responsável por tomar decisões e coordenar o SIN é o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), no que se refere a transmissão o critério básico para suas ações é o custo mínimo de operação. Segundo Martins (2008, p. 13) “Isto é, a decisão sobre a quantidade a ser ofertada de energia por cada usina, em cada instante do tempo, não cabe ao proprietário desta, e sim a ONS que libera o despacho de cada usina seguindo uma ordem de mínimo custo marginal de operação (CMO) até que a demanda seja plenamente atendida.”

Para calcular o CMO são somados todos os custos variáveis de todos os recursos utilizados, no caso da geração hídrica o custo é calculado com base em dois fatores, custo imediato e custo futuro, o primeiro refere-se às decisões do presente e o segundo as decisões previstas para o futuro, para isso deve-se comparar os benefícios do uso imediato do uso da água e o beneficio futuro do seu armazenamento. Quando não há

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

geração de energia hídrica suficiente e é necessário aumentar a geração de energia termelétrica, o custo imediato aumenta, já que os recursos utilizados para este tipo de energia são mais caros e consequentemente o preço da energia fica mais cara para o consumidor. [4]

O repasse do custo de geração para o consumidor é feito através do Sistema de Bandeiras Tarifárias (SBT), que entrou em vigor em 2015 e apresenta as modalidades verde, amarela e vermelha que indicam o acréscimo que haverá na conta de luz conforme podemos ver no quadro abaixo.

Quadro 1. Acréscimo na fatura conforme bandeiras tarifárias.

GRUPO B (tensões inferiores a 2,3 kV)	
Subgrupo B1	Residencial;
Subgrupo B2	Rural;
Subgrupo B3	Demais classes;
Subgrupo B4	Iluminação pública.

Fonte: ANEEL, 2016

B) Divisão dos consumidores

A estrutura tarifária de energia elétrica do Brasil divide os consumidores em dois grupos: o grupo B, que possuí tarifa monômia, ou seja, preços aplicados somente ao consumo de energia ativa, e o grupo A, que possuí tarifa binômia, preços aplicados ao consumo de energia ativa e a demanda faturável; dentro desses grupos, há subdivisões de acordo com o nível de tensão de fornecimento utilizado pelo cliente [1].

GRUPO A (tensões iguais ou superiores a 2,3 kV e redes subterrâneas)	
Subgrupo A1	Tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
Subgrupo A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
Subgrupo A3	Tensão de fornecimento de 69 kV;
Subgrupo A3a	Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
Subgrupo A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
Subgrupo AS	Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

O grupo A é composto por consumidores com tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas por sistema subterrâneo em de distribuição em tensão secundária, caracterizado por tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos:

Quadro 2. Subgrupos consumidores enquadrados no grupo A

Fonte: ANEEL, 2010

O grupo B é composto por consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos:

Quadro 3. Subgrupos enquadrados no grupo B

Bandeiras tarifárias	Acréscimo
Verde	Condições de geração favoráveis, não sofre acréscimo.
Amarela	Condições de geração menos favoráveis, acréscimo de R$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.
Vermelha - Patamar 1	Condições mais custosas de geração, acréscimo de R$ 0,030 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.
Vermelha - Patamar 2	Condições ainda mais custosas de geração, acréscimo de R$ 0,050 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

Fonte: ANEEL, 2010

Para os subgrupos do GB (quadro 3) existe a modalidade tarifária convencional monômia, que é aplicada sobre o consumo de energia, independente das horas de utilização do dia e sofrendo variação do valor apenas de acordo com as bandeiras tarifárias, que variam de acordo com o custo da geração de energia no período. E também a modalidade tarifária horária branca, que consiste em tarifas diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia, essa opção entrou em vigor no inicio desse ano e está inicialmente disponível para clientes com consumo médio mensal superior a 500 kWh, com a previsão de ser disponibilizada a partir do ano de 2019 para clientes com consumo médio acima de 250 kWh, e a partir do ano de 2020 para todos os clientes do GB, com exceção do subgrupo B4 e dos clientes considerados como Baixa Renda do subgrupo B1, por esses já possuírem outros benefícios do governo que tornam as suas faturas mais baratas [1].

Para os subgrupos do GA (quadro 2) existe a modalidade tarifária horária azul, que se caracteriza por tarifas e demandas de potências diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia, podendo o consumidor contratar uma demanda diferente para os horários de ponta (quadro 4), em

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

que o valor do kWh consumido é mais caro do que no horário de fora-ponta (quadro 4), é importante ressaltar que essa diferenciação de horário existe apenas nos dias úteis, não sendo considerados os sábados e domingos e nem os feriados nacionais e que o horário de ponta não é o mesmo para todo o país, esse período é definido pela concessionária responsável por cada região de acordo com as curvas de carga de seus consumidores, sofrendo assim variação de acordo com os hábitos de consumo, fuso horário e outras peculiaridades de cada local do país. E existe igualmente para estes clientes a modalidade tarifária horária verde, que também se caracteriza por tarifas diferentes de acordo com as horas de utilização do dia, porém com um único valor de demanda de potência, tanto no horário de ponta quanto no fora de ponta, sendo a verde com o preço do kWh mais barato em relação a azul. Para os clientes dos subgrupos A1, A2, A3 e AS é obrigatória a adesão da THS Azul, enquanto os subgrupos A3a e A4 podem optar entre a THS Azul e a THS Verde. [1]

Essas opções são para clientes dentro do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), onde apesar de o cliente poder optar por diferentes tipos de tarifas e demandas, os valores que a concessionária pode cobrar são pré-definidos pela ANEEL; já para os grandes consumidores que possuam demanda de energia contratada igual ou superior a 500 kW com qualquer tensão de fornecimento existe mais uma opção, a de entrar no mercado livre de energia ou Ambiente de Contratação Livre (ACL), nesses casos o cliente pode escolher livremente os seus fornecedores, negociando diretamente com eles e fazendo a portabilidade da sua conta de luz. [5].

De acordo com a Cartilha Mercado Livre de Energia Elétrica da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL), "Existem dois tipos de consumidores livres: os consumidores livres "tradicionais" e os consumidores especiais. Consumidores livres – Possuem, no mínimo, 3.000 kW de demanda contratada e podem contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. A única restrição é que, além do nível de demanda contratada, as empresas que se conectaram ao sistema elétrico antes de 7 de julho de 1995 têm de receber a energia em tensão superior a 69 kV. Consumidores especiais – Possuem demanda contratada igual ou maior que 500 e menor que 3.000 kW, independentemente do nível de tensão. Podem contratar energia proveniente apenas de usinas eólicas, solares, a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou hidráulica de empreendimentos com potência inferior ou igual a 50.000 kW, as chamadas fontes especiais de energia."

Quadro 4. Postos tarifários

Horário de ponta	Refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.
Horário fora de ponta	Refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).
Horário Intermediário	Refere-se ao período de uma hora anterior e posterior ao horário de ponta, aplicado exclusivamente as unidades tarifárias pertencentes à tarifa branca.

Fonte: ANEEL, 2016

C) Composição das tarifas

A tarifa dos clientes é composta basicamente por três elementos: parcela A, que considera o valor que a distribuidora paga para a geradora de energia e os gastos com transmissão, além de encargos, esta corresponde por cerca de 53% do valor final cobrado do consumidor; parcela B, que considera os custos da distribuidora para transmitir a energia em baixa tensão até o consumidor, esta corresponde por cerca de 17% do valor da tarifa; e os 30% restantes são tributos pagos aos governos Federal, na forma de Programas de Integração Social (PIS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS); Estadual, que pode variar de um estado para outro, na forma de Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), e para o Municipal em forma de contribuição para iluminação pública, ou seja, a distribuidora que é quem realmente negocia com o cliente final, principalmente quando se esta no ACL e é possível negociar livremente os valores das tarifas, é a que possuí menor influência no valor final da tarifa. [1]

Considerando tudo isso, para se chegar ao valor final da fatura quando o cliente possuí um contrato de tarifa horo sazonal é necessário aplicar uma fórmula simples que leva em consideração, além dos custos de geração e todos os tributos citados acima, o contrato feito pelo cliente com a distribuidora (THS Azul ou Verde) e o valor das demandas que o cliente

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

contratou além das multas que possam ocorrer quando a demanda medida ultrapassa a mais de 10% acima da contratada. [6]

No caso da THS Azul são calculadas duas parcelas, uma de consumo e outra de demanda, levando em consideração os dois valores de demanda definidos em contrato (demanda em horário de ponta e em horário de fora ponta) ou os valores de demanda medidos, caso ultrapassem a demanda contratada, porém fiquem dentro dos 10% de tolerância. [6]

Para calcular a parcela de consumo aplica-se a seguinte fórmula:

$$\mathbf{Pconsumo = TCP\ x\ CMP + TCFP\ x\ CMFP} \quad (1)$$

Onde:
Pconsumo- Parcela referente ao consumo
TCP- Tarifa de consumo na ponta
CMP- Consumo medido na ponta
TCFP- Tarifa de consumo fora de ponta
CMFP- Consumo medido fora de ponta

Para calcular a parcela de demanda aplica-se a seguinte formula:

$$\mathbf{Pdemanda = TDP\ x\ DCP + TDFP\ x\ DCFP} \quad (2)$$

Onde:
Pdemanda- Parcela de demanda contratada
TDP- Tarifa de demanda na ponta
DCP- Demanda contratada na ponta
TFP- Tarifa de demanda fora de ponta
DCFP- Demanda contratada fora de ponta

Nos casos em que a demanda medida ultrapassa em mais de 10% a contratada cobra-se uma espécie de multa do cliente, que é calculada utilizando os valores de ultrapassagem aplicados na seguinte fórmula:

$$\mathbf{Pultrapassagem = TUP\ x\ (DMP - DCP) + TUFP\ x\ (DMFP - DCFP)} \quad (3)$$

Onde:
Pultrapassagem- Parcela de ultrapassagem de demanda
TUP- Tarifa de ultrapassagem na ponta
DMP- Demanda medida na ponta
DCP- Demanda contratada na ponta
TUFP- Tarifa de Ultrapassagem fora de ponta
DMFP- Demanda medida fora de ponta
DCFP- Demanda contratada fora de ponta

Após a aplicação dessas fórmulas é somado os valores da parcela de consumo e da parcela de demanda para chegar ao valor final da fatura, e nos casos em que o cliente tem que pagar a parcela de ultrapassagem, essa é somada as duas anteriores. [6]

Para a THS Verde são utilizados os mesmos critérios, porém como nessa tarifa o cliente contrata apenas uma demanda tanto para o horário de ponta como para o de fora ponta, as fórmulas de demanda e de ultrapassagem são mais simples que as anteriores, para calcular a parcela de consumo usa-se a mesma fórmula da THS Azul conforme apresentada na Equação (1).

Para o cálculo de demanda na THS Verde usa-se:

$$\mathbf{Pdemanda = TD\ x\ DC} \quad (4)$$

Onde:
Pdemanda- Parcela de demanda
TD- Tarifa de demanda
DC- Demanda de consumo

Da mesma forma que na THS Azul quando o valor de demanda medido ultrapassa em mais de 10% o valor do contrato, cobra-se a parcela de ultrapassagem do cliente somada às duas parcelas anteriores:

$$\mathbf{Pultrapassagem = TU\ x\ (DM - DC)} \quad (5)$$

Onde:
Pultrapassagem- Parcela de ultrapassagem
TU- Tarifa de ultrapassagem
DM- Demanda medida
DC- Demanda consumida

D) Caracterizações software Excel®

O Microsoft Excel® é um programa utilizado para a criação de planilhas e gráficos, aplicação de fórmulas e condições, realização de cálculos, programação e muitos outros recursos. Ele é muito utilizado pela maioria das empresas para controle de gastos, de estoque, de pessoal, e também para fazer orçamentos, previsões e planejamentos para investimentos futuros, automatização de cálculos, etc.

A tela inicial do programa é composta por células, onde é possível inserir os dados, as fórmulas e as condições, também é possível utilizar várias planilhas ao mesmo tempo e puxar os dados de uma para outra ou até mesmo de um banco de dados.

O programa também permite fazer programação em Visual Basic for Applications (VBA), através do qual é possível executar macros, scripts ou códigos; para utilizar o VBA no Excel® não é necessário instalar nenhum *software* especial, pois ele geralmente já vem instalado com as bibliotecas do Microsoft Office®. O VBA é uma linguagem simples de programação, por isso ela não é usada por programadores, e sim por engenheiros, orçamentistas, contadores, entre outras profissões que o utilizam para resolver de forma mais prática problemas do seu dia-a-dia. [7]

Devido ao fato de ser um *software* bastante conhecido e utilizado pelas empresas, além de ter as facilidades citadas anteriormente, principalmente na área de programação que foi escolhido o Excel® para o desenvolvimento da ferramenta de adequação e implantação tarifária para os pequenos e médios consumidores.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

III. OBSERVAÇÕES FINAIS

Para os clientes pertencentes ao GA com consumo de energia e demanda mais elevados que a grande maioria dos clientes convencionais existe hoje três opções na hora de fazer seu contrato com a concessionária de energia, a THS Azul, a THS Verde e o Mercado Livre de Energia, além de existir até bem pouco tempo a tarifa convencional também, o que mostra que a legislação também se atualiza de tempos em tempos.

O objetivo desse trabalho é auxiliar o cliente na adequação da tarifa que melhor se adapte a empresa, ao escolher a tarifa adequada a sua demanda, economizando financeiramente e evitando desperdícios de energia.

Também se espera readequar empresas que estejam com os contratos mal dimensionados, para que possa além de gerar o ganho financeiro para essas, gerar um maior equilíbrio no sistema de distribuição local e quando for o caso inclusive liberação de carga da concessionária, que pode ficar a disposição de outros clientes que necessitem.

IV. REFERÊNCIAS

[1]. ANEEL, **Resolução Normativa no 414**., de 9 de Setembro de 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>. Acesso em: 27 de mar. de 2017.

[2]. MARTINS, Dimitri Melo Rodrigues. **Setor Elétrico Brasileiro**: Análise do Investimento de Capital em Usinas Termelétricas. 2008. 86 p. Dissertação (Mestrado em Economia)- PUC- RIO, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: < https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12130/12130_1.PDF>. Acesso em: 29 jun. 2018.

[3]. ALBUQUERQUE, Álvaro Rocha. **Fluxo de Caixa em Risco**: Uma Nova Abordagem para o Setor de Distribuição de Energia Elétrica. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)- PUC- RIO, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13064/13064_1.PDF>. Acesso em: 29 jun. 2018.

[4]. FAUSTINO, Gabriel Ciuffi. **O impacto no custo marginal de operação do sistema elétrico devido a frustração da disponibilidade das usina termoelétricas.** 2014. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica)- Escolha de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2014. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-02092014-105704/publico/Faustino_Gabriel_Ciuffi.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2018.

Ministério de Minas e Energia – MME. Disponível em:<http://www.mme.gov.br/>. Acesso em: 15 abr. 2018.

[5]. AGUIAR, Osmani de Souza. **O Mercado Brasileiro de Energia Elétrica: Critérios de decisão na migração de consumidores para o ambiente de contratação livre**. 2008. 90 p. Dissertação (Mestrado em Economia)- Ciências Econômicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3965/1/arquivo3652_1.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2018.

[6]. Cartilha Energia: como analisar gastos com energia elétrica / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Assessoria Especial para Modernização da Gestão, Central de Compras. -- Brasília: MP, 2015.

[7]. WALKENBACH, John. **Excel 2013 Power Programming with VBA.** 1. ed. New Jersey: Wiley, 2013. 1104 p.

ONS, Plano da Operação Energética 2017/2021, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: < http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/RE-3-0108-2017_PEN2017_SumarioExecutivo.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2018.

Diagnóstico das Instalações Elétricas em Instituição Educacional Pública Estadual

Franciele Rodrigues Dutra; Ângelo Trein Lucca; Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo
fran.dutra657@gmail.com; angelotlucca@gmail.com; iuricastroff@gmail.com

***Resumo* — Prezando sempre pelo bom funcionamento do sistema elétrico em quaisquer condições de operação, visa-se a efetiva proteção de pessoas, bens materiais, animais e a própria instalação elétrica contra eventuais sinistros que possam ocorrer. Observa-se a recorrente presença de falhas nas instalações elétricas de instituições educacionais públicas estaduais devido à falta de manutenção periódica, que culmina em sinistros que colocam em risco a vida de crianças e adultos. Neste contexto, o presente trabalho tem por finalidade realizar o diagnóstico das instalações elétricas de uma instituição educacional pública estadual, apresentando medidas mitigadoras por meio de relatório de recomendações.**

***Palavras-chaves* — Proteção, instalação elétrica, instituições educacionais públicas estaduais, diagnóstico.**

I. INTRODUÇÃO

Considerando o significativo aumento de carga instalada nas edificações em geral, tem-se grande preocupação acerca da conservação das instalações elétricas. Observa-se que nas edificações públicas, de modo geral, há agravantes devido à falta de manutenção periódica das instalações elétricas, tendendo ao mau atendimento das orientações das Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBRs) pertinentes. Um dos principais motivos para que as instalações elétricas das referidas edificações estejam em desacordo com as normas técnicas vigentes, refere-se ao fato das constantes modificações destas normas, principalmente da NBR 5410, a qual sofreu sua última atualização em 2008.

A NBR 5410 estabelece os requisitos mínimos necessários para o perfeito funcionamento das instalações elétricas de baixa tensão, de modo que seja garantida a segurança de pessoas, animais e bens patrimoniais. Além disso, algumas concessionárias de energia também sofreram alterações em suas normas técnicas utilizadas em determinadas regiões do estado/país de atuação para dimensionamento de entradas de energia.

Nas instituições educacionais públicas estaduais a situação não é diferente. As instalações elétricas dimensionadas na época de sua construção não previam o significativo aumento de carga instalada, comprometendo a instalação elétrica e possibilitando a ocorrência de sinistros a qualquer instante.

Contudo, acordos de cooperação foram firmados como uma forma de mitigar este problema. Em 1993, os Ministérios de Minas e Energia e da Educação firmaram um Acordo de Cooperação Técnica, o qual estabelece a forma apropriada de abordar as questões da conservação de energia para cada nível de ensino (básico, médio-técnico e superior), como mudança de hábitos e eficiência[1]. No entanto, não houve uma solução efetiva, pois, o principal problema tornou-se as instalações elétricas inapropriadas para a carga instalada nas instituições educacionais públicas estaduais, ou seja, faz-se necessário que, além do uso consciente de energia elétrica, sejam readequadas as instalações elétricas para que se obtenha uma instalação de qualidade e eficiente energeticamente.

Neste contexto, atenta-se à precariedade das instalações elétricas existentes e alerta-se quanto ao comprometimento do sistema elétrico e a presença de riscos à vida humana. O mais frequente risco observado, se tratando de escolas públicas estaduais, é o risco de choque elétrico e de curto circuito.

Assim sendo, o presente trabalho visa realizar diagnóstico das instalações elétricas de uma instituição educacional pública estadual através de estudo de caso, com o intuito de elaborar relatório de recomendações de melhoria das instalações elétricas.

II. CONSERVAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

As instalações elétricas, além de possuírem características de eficiência energética, também devem prezar pela segurança dos indivíduos e de bens patrimoniais. Para tal, existem

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Normas Regulamentadoras (NBRs), que estabelecem os requisitos mínimos a serem adotados de modo que seja garantido o bom funcionamento das instalações elétricas e a segurança de todos.

As normas técnicas também preveem a correta aplicação e dimensionamento de sistemas de proteção das instalações elétricas, considerando as características do ambiente de desenvolvimento das atividades. No Brasil, utiliza-se a NBR 5410, revisão de 2008, a qual estabelece os requisitos mínimos para o perfeito funcionamento das instalações elétricas de baixa tensão e a preservação de bens patrimoniais, pessoas e animais, definindo os tipos de proteção a serem adotados nas edificações.

Além disso, a entrada de energia elétrica de uma edificação é estabelecida de acordo com normas técnicas fornecidas pelas concessionárias de energia elétrica atuantes em determinada região ou estado.

F. Entrada de Energia Elétrica

A entrada de energia elétrica, ou entrada de serviço, consiste no conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados a partir do ponto de conexão da rede de distribuição da concessionária de energia elétrica[2].

Para o correto dimensionamento da entrada de energia de determinada edificação, deve-se observar as normas técnicas vigentes disponibilizadas pelas concessionárias de energia elétrica atuantes nas regiões do país. Além disso, realiza-se o cálculo de demanda considerando os valores limites de carga instalada, estabelecidos por norma técnica local, que definem a necessidade de subestação particular.

G. Sistemas de aterramento

O aterramento de uma instalação elétrica nada mais é que a interligação de estruturas com a terra, com o intuito de estabelecer uma referência para a rede elétrica e permitir que as correntes elétricas de diversas naturezas fluam para a terra evitando danos físicos e materiais.

Considera-se dois tipos básicos de aterramento nas instalações elétricas: o aterramento funcional e o aterramento de proteção. O aterramento funcional consiste na interligação de um dos condutores do sistema elétrico à terra, sendo, normalmente, o condutor neutro, e possui relação direta ao correto e seguro funcionamento da instalação elétrica. Já o aterramento de proteção consiste na ligação à terra das massas e elementos condutores estranhos à instalação, tendo como objetivo proteger contra choques elétricos oriundos de contato direto[3].

A NBR 5410:2004 Revisão de 2008, estabelece os requisitos mínimos necessários quanto à presença de aterramento nas instalações elétricas, devendo partir da entrada da instalação elétrica, contendo condutor de proteção, condutor de ligação equipotencial e de aterramento e eletrodos de aterramento. Para isso, os esquemas de aterramento e de proteção estabelecidos em norma são divididos em três esquemas básicos: TN, TT e IT[4].

O esquema TN possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando as massas ligadas a esse ponto por condutores de proteção. Nesta configuração de sistema de aterramento, os condutores de proteção e neutro podem ser combinados de diferentes maneiras, formando as variações TN-S, TN-C-S e TN-C.

O esquema TT, por sua vez, possui ponto de alimentação diretamente aterrado às massas da instalação elétrica conectada a pontos distintos de aterramento da mesma instalação. Nesta configuração, o uso de dispositivo DR é obrigatória[3].

Já no esquema IT não há nenhum ponto de alimentação diretamente aterrado. Aterra-se apenas as massas da instalação elétrica. Nesta configuração há elevação da corrente de falta fase-massa, porém há eficácia no sistema de proteção. Entretanto, é obrigatório o uso de dispositivo supervisor de isolamento (DSI) com alerta sonoro e/ou visual, pois não há distribuição de condutor neutro pela instalação.

Os eletrodos de aterramento são constituídos por um único elemento ou por um conjunto de elementos que, normalmente, consistem em uma haste simples enterrada ou diversas hastes enterradas e interligadas a outros tipos de condutores por meio de conectores estabelecidos em projeto. A instalação de eletrodos tem por objetivo oferecer um percurso de baixa impedância para os diversos tipos de corrente de falta em direção a terra.

H. Proteção das Instalações Elétricas

Tendo em vista o elevado risco de choque elétrico, a NBR 5410:2004 Revisão de 2008 elenca os riscos à segurança humana em quatro níveis quanto às condições de contato em caso de choque elétrico, conforme apresentado pela Tabela I.

TABELA I. TABELA DE RISCOS DE CHOQUE ELÉTRICO SEGUNDO A NBR 5410:2008 [3].

Código	Resistência do Corpo	Condições	Descrição	Tensões Máximas
BB1	Elevada	Seca	Pele seca	
BB2	Normal	Úmida	Pele úmida de suor	50VCA e 120VCC
BB3	Fraca	Molhada	Despreza-se a resistência	25VCA e 60VCC

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

			de contato dos pés	
BB4	Muito fraca	Imersa	Piscinas e banheiras	Tensão nominal <12V

A NBR 5410:20044 Revisão de 2008, caracteriza como princípio fundamental, se tratando de medidas de proteção contra choques elétrico, partes vivas perigosas sem acesso livre, massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo em caso de falha, tornando-as acidentalmente vivas [5]. Desta forma, a proteção das instalações elétricas divide-se em dois grupos básicos: proteção básica e proteção seletiva. A proteção básica consiste na proteção contra contatos diretos a partir da aplicação de isolação ou separação básica, uso de barreira ou invólucro e limitação de tensão. Já a proteção supletiva compreende na proteção contra contatos indiretos e pode ser obtida através da aplicação de equipotencialização e seccionamento automático da alimentação, isolação suplementar e separação elétrica[5].

Deste modo, assegura-se que haja proteção contra choques elétricos através do conjunto de proteção básica e supletiva ou, ainda, através da combinação de meios independentes ou aplicando medidas capazes de fornecer ambas proteções simultaneamente.

Entretanto, podem ser previstas proteções adicionais em casos específicos para que se tenha proteção parcial da instalação elétrica. Pois, além do risco de choque elétrico, há a possibilidade de danificação de equipamentos e da infraestrutura em casos de curto-circuito, fuga de corrente, dentre outros distúrbios. Por este motivo é estabelecido por norma a utilização de dispositivos de proteção da instalação elétrica. Estes dispositivos incluem disjuntores de proteção dos circuitos alimentadores, tomada com proteção diferencial-residual e interruptores.

O dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual (DR) é um dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura de contatos quando a corrente atinge determinado valor em condições específicas[4]. Sua finalidade é proteger pessoas e animais contra os efeitos de choque elétrico através de contato direto ou indireto, oriundo, principalmente, de fuga de corrente ou por falha no isolamento de condutores. Dessa maneira, o dispositivo DR, apresentado pela Fig. 1, desliga o circuito imediatamente, prevenindo acidentes mais graves.

Figura 1. Disposto DR

Também devem ser previstos dispositivos de proteção contra correntes de curto-circuito evitando que os efeitos térmicos e mecânicos comprometam a instalação elétrica e a segurança dos indivíduos presentes na edificação, seja ela residencial ou comercial. Como forma de atender à máxima proteção, a capacidade de interrupção deve ser, no mínimo, igual à corrente de curto-circuito, conforme apresenta a seguinte relação [3].

$$\boldsymbol{Iint \geq Icc} \qquad (1)$$

Onde:

I*int* = Capacidade de interrupção do dispositivo de proteção;

I*cc* = Corrente de curto-circuito presumida no ponto de aplicação do dispositivo de proteção.

Permite-se, apenas, a utilização de dispositivo de proteção com capacidade de interrupção inferior ao admitido se houver outro dispositivo de capacidade de interrupção aceitável instalado a montante. Porém, deve haver coordenação entre ambos os dispositivos para que a corrente elétrica circulante não ultrapasse a corrente tolerada pelo dispositivo, evitando a ocorrência de danos[3].

A NBR 5410:2004 Revisão de 2008 também prevê a presença de dispositivo de proteção contra sobretensões transitórias (DPS). Este dispositivo de proteção deve ser instalado na origem da instalação e ser do tipo não curto-circuitante, constituído por para-raios de resistência não linear ou de expulsão e necessitam ser instalados entre cada fase e a barra de equipotencialização (BEP) [3].

I. Iluminação

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Um ambiente de trabalho com iluminância adequada propicia a qualidade e a segurança para o desenvolvimento de atividades. Para obter iluminância adequada, deve-se observar a quantidade e a qualidade do conjunto de luminárias escolhidas para determinado ambiente. Além disso, aspectos como cor da fonte de luz e do ambiente e nível de ofuscamento devem ser considerados para que não cause desconforto visual ao longo do desempenho de atividades.

A NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que revoga a NBR 5413:1992, estabelece parâmetros mínimos a serem adotados de acordo com o local de trabalho[6].

A Tabela II apresenta os valores mínimos estabelecidos por norma a serem adotados em projetos luminotécnicos em instituições educacionais.

TABELA II. PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS), TAREFAS E ATIVIDADES COM ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E QUALIDADE DA COR [6].

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	***E*m lux**	***UGR*L**	**Ra**	**Observações**
1. Áreas gerais da edificação				
Depósito, estoques, câmara fria	100	25	60	200 lux, se forem continuamente ocupados.
Refeitório/cantinas	200	22	80	
24. Restaurante e hotéis				
Cozinha	500	22	80	
Corredores	100	25	80	Durante o período da noite são aceitáveis baixos níveis de iluminação.
Restaurante, sala de jantar, sala de eventos	200	22	80	Recomenda-se que a iluminação seja projetada para criar um ambiente íntimo.
28. Construções Educacionais				
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares.
Salas de aplicação e laboratórios	500	19	80	
Salas de ensino de computador	500	19	80	
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	22	80	
Salas dos professores	300	22	80	
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	22	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58-1983 e CIE 62-1984.

III. METODOLOGIA

O diagnóstico das instalações elétricas consiste no estudo da unidade consumidora para apresentar a condição atual das instalações elétricas. Este estudo requer levantamento de dados em campo, facilitando a identificação qualitativa de pontos críticos e indicando a necessidade de atuação preventiva, preditiva ou corretiva.

Neste contexto, a metodologia adotada consiste na realização de diagnóstico das instalações elétricas através de estudo de caso em instituição educacional pública estadual, considerada unidade consumidora comercial.

O diagnóstico será efetuado a partir de procedimentos de análise a serem adotados, sendo eles:

1) *Panorama geral:* Esta primeira etapa compreende na caracterização da edificação analisada a partir da realização de levantamento de carga instalada; da constatação do correto dimensionamento da entrada de energia através da realização de cálculo de demanda; da avaliação das condições dos centros de distribuição (CDs) existentes na edificação; da averiguação da existência de sistemas de aterramento; das condições de iluminância nas dependências da instituição educacional pública estadual analisada.

2) *Constatação de conformidade entre as instalações elétricas existentes e as normas técnicas vigentes:* Após a realização da etapa anterior, é possível determinar se a instalação elétrica da instituição educacional estudada está em conformidade às normas técnicas vigentes. Caso não haja conformidade, identifica-se os pontos críticos da instalação elétrica por meio de relatório fotográfico, enfatizando os riscos à segurança de pessoas, animais e bens patrimoniais.

3) *Elaboração de recomendações e conclusões:* Por fim, elabora-se um relatório contendo recomendações de possíveis soluções aos problemas encontrados durante a realização do diagnóstico das instalações elétricas, de modo que atenda aos requisitos de conforto e segurança previstos nas normas técnicas vigentes.

IV. ESTUDO DE CASO

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Com a escolha de uma instituição educacional pública estadual situada na cidade de Santo Ângelo, permitiu-se a realização da primeira e da segunda etapas da metodologia adotada: a obtenção de panorama geral da instalação elétrica e a constatação de conformidade entre as instalações elétricas analisadas e as normas técnicas vigentes, respectivamente.

Deste modo, realizou-se levantamento de dados, obtendo um total de 105.438W de carga instalada na edificação. Como a instituição analisada se situa em uma região atendida pela concessionária de energia elétrica RGE pertencente ao grupo CPFL Energia, utilizou-se a norma GED 2855 – Volume 1 para a realização de cálculo de demanda, visto que o somatório de carga instalada é maior que 25kW conforme estabelecido pela norma. Portanto a carga demandada é de 81,627kVA, tornando necessário a implementação de subestação própria de 112,5kVA.

Desta forma, constata-se que a entrada de energia existente na instituição de ensino, conforme apresentada pela Fig. 2, não é adequada à carga instalada.

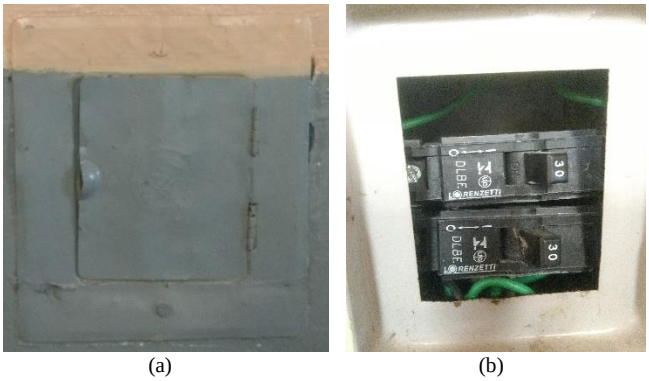
Também se efetuou levantamento fotográfico das instalações da instituição, detectando diversas inconformidades com as normas técnicas brasileiras vigentes, conforme apresentam as Fig. 3 e Fig. 4, representando risco aos adultos e crianças que frequentam esta instituição.

Na Figura 3, o CD encontra-se no pátio da instituição educacional analisada, porém há um painel de avisos que dificulta o acesso. Além disso, há condutores expostos, possibilitando contato direto e não há seguimento de padrão de cores, dificultando a identificação de condutores fase, neutro e terra. Deste modo sugere-se que o quadro de avisos seja removido para outro local, permitindo acesso aos disjuntores de proteção, e também que seja instalada tampa de proteção para cobrimento dos condutores expostos.

Na Fig. 4, a tomada de uso geral (TUG) apresentada, encontra-se em sala de aula da instituição analisada, portanto sugere-se que seja isolado o local através da instalação de espelho cego, visto que os condutores estão expostos.

Além da realização das análises anteriores, também se averiguou as condições de iluminância de salas de maior utilização dos alunos. As salas analisadas foram: laboratório de informática, cozinha e refeitório, e salão de atos. Utilizando um luxímetro, obteve-se os valores de iluminância apresentados na Tabela 3.

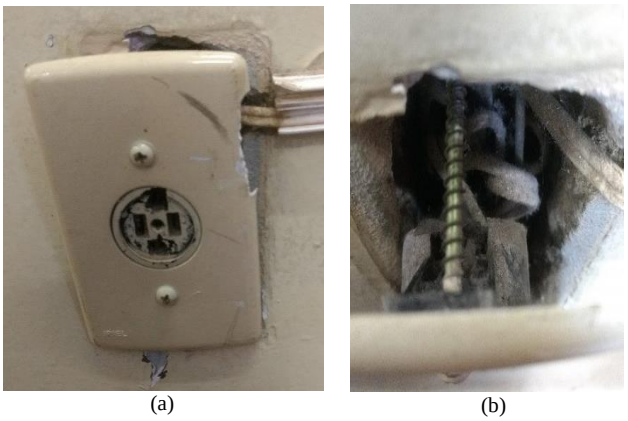
Figura 2. Entrada de energia elétrica existente



(a) (b)

Figura 3. (a) CD existente na instituição; (b) Vista interna do CD existente.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br



(a) (b)

Figura 4. (a) TUG embutida na parede danificada em sala de aula; (b) Fácil acesso aos condutores

TABELA III. ILUMINÂNCIA MEDIDA EM DETERMINADOS AMBIENTES DA INSTITUIÇÃO ANALISADA.

Ambiente	Iluminância medida (lux)	Iluminância mínima [6]
Sala de informática	207	500
Refeitório	473	200
Cozinha	240	500
Salão de atos (área A)	125	200
Salão de atos (área B)	160	200

A partir dos dados de iluminância coletados, observa-se que no refeitório há atendimento a NBR ISO/CIE 8995-1, porém nos demais ambientes não há atendimento aos níveis mínimos estabelecidos, e apresentados de forma fragmentada pela Tabela 2. Isto se deve à precariedade das luminárias instaladas nos ambientes analisados, pois há diversas lâmpadas queimadas e, até mesmo, luminárias com ausência de lâmpadas. Fazendo com que alunos e professores não desenvolvam as atividades propostas com eficácia nestes ambientes.

Desta forma, recomenda-se que seja efetuado cálculo luminotécnico e realizado estudo de melhor posicionamento das luminárias em cada ambiente, além da utilização de lâmpadas mais eficientes.

V. OBSERVAÇÕES FINAIS

Os dados coletados apresentados neste trabalho possibilitaram a realização parcial da metodologia adotada. Entretanto, esses dados são essenciais para a elaboração de relatório de recomendações proposto inicialmente, possibilitando a conclusão de todas as etapas apresentadas na metodologia deste trabalho.

Este relatório deve apresentar formas de mitigar as inconformidades encontradas através de sugestões de medidas a serem adotadas como forma de prevenir acidentes oriundos de choque elétrico, aumentando a segurança de adultos e crianças que frequentam a instituição educacional pública estadual analisada.

A não elaboração deste relatório de recomendações deve-se ao não cumprimento total da segunda etapa da metodologia adotada, pois esta comtempla a análise completa dos dados coletados.

VI. REFERÊNCIAS

[1] SANTOS, A. H. M.; SIMÕES, A. A., et al. **Conservação de Energia Elétrica – Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. Eletrobrás/PROCEL Educação. Universidade Federal de Itajubá, FUPAI. Itajubá, 2006. 3ª Edição, 597 p.

[2] CPFL ENERGIA. **GED 2855: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV E 34,5Kv – Volume 1**. 2016. 75 p.

[3] CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. Editora LTC, 2016. 16ª Edição. 473 p.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.** Rio de Janeiro, 2008.

[5] DANIEL, Eduardo. **Capítulo V: Proteção Contra Choques Elétricos.** O Setor Elétrico. Disponível em <http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/documentos/fasciculos/ed-112_Fasciculo_Cap-V-Qualidade-nas-instalacoes-BT.pdf>. Acesso em 5-10-2018.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASIELIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior.** Rio de Janeiro, 2013. 56 p.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo avaliativo entre lâmpadas fluorescentes e lâmpadas LED quanto á aspectos de eficiência energética e qualidade de energia

Yuri Wagner; Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional Integrada do Alto do Uruguai e das Missões
yuriwagner_@hotmail.com; iuricastroff@gmail.com

***Resumo* — O intuito de ações de eficiência energética são buscar melhoras no uso das fontes de energia, uma vez que, os reservatórios de água das hidrelétricas não são mais os mesmos por causa das mudanças climáticas, assim como a maior utilização de energia proveniente do petróleo e outros tipos de energia "suja". Assim sendo, a proposta deste trabalho é mostrar a diferença entre a eficiência energética das lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LED compactas. Em suma o presente trabalho propõe um estudo para fazer uma análise entre as lâmpadas, verificando aspectos de consumo de energia, luminotécnica e parâmetros de qualidade de energia.**

***Palavras-chaves* — Eficiência Energética. Fluorescente compacta. LED compacta. Qualidade de energia. Vida útil.**

*I.*INTRODUÇÃO

Eficiência energética é definida como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia. Não se trata da redução do serviço energético, mas da redução do consumo de energia, associando-se ao uso eficiente e racional da energia elétrica (LAMBERTS et al, 2008). A iluminação artificial é, parte imprescindível nas análises que associam sustentabilidade e eficiência energética [1].

Estudos revelam que o consumo com iluminação artificial é uma parte significante para o consumo total de energia de um país [2]. A iluminação é responsável por cerca de 17% de toda a energia consumida no Brasil [3].

Os LEDs possuem uma longa expectativa de vida, com cerca de 50.000 mil horas enquanto lâmpadas fluorescentes têm em média 16.000 mil horas [4]. Uma lâmpada incandescente de 60 W corresponde a uma fluorescente compacta de 15 W, que por sua vez equivale a uma LED de 9 W, sendo que todas proporcionam fluxo luminoso semelhante, é justamente a menor potência que faz com que as LED tenham a melhor eficiência luminosa [5].

No mundo, estima-se que 75% de todos os projetos de iluminação do mercado utilizem LEDs até 2020 e que os 25% restantes sejam divididos entre todas as outras tecnologias existentes [6].

Essa expansão deve-se ao reconhecimento dos LEDs como precursores de uma nova Era no setor de iluminação artificial graças a benefícios e vantagens perante as fontes convencionais de luz.

II.REFERENCIAL TEÓRICO

1. Eficiência energética no Brasil

A. Lei Nº 10.295, de 17 de Outubro de 2001

Desde 2001, o Brasil possui um importante instrumento para a indução da eficiência energética: a Lei nº 10.295, também conhecida como Lei de Eficiência Energética. Concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional [7]

A Lei de Eficiência Energética é o instrumento que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia (elétrica, de derivados de petróleo ou de outros insumos energéticos) fabricados ou comercializados no País, bem como de edificações

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória [7].

B. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O Procel, instituído em 30 de dezembro de 1985, é o programa do governo brasileiro, coordenado pelo MME e executado pela Eletrobrás, destinado a promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Os resultados energéticos obtidos pelas ações do programa contribuem para a eficiência dos bens e serviços, bem como possibilitam a postergação de investimentos no setor elétrico, reduzindo os impactos ambientais [7]

2. Critérios para a concessão do selo Procel de economia de energia

A Eletrobrás desenvolve continuamente estudos para definição de parâmetros que servem de base para a concessão do Selo Procel aos equipamentos mais eficientes, bem como atua na capacitação de laboratórios e auxilia o Inmetro na condução do PBE. Além disso, contribui para o estabelecimento de índices de consumo de energia elétrica relativos à Lei de Eficiência Energética (10.295/2001) e também para a elaboração de normas técnicas de ensaios de eficiência energética [7]

A. Lâmpadas Fluorescentes Compactas com Reator Integrado

Estes critérios se aplicam às lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado, sendo destinadas para operação em rede de distribuição de corrente alternada de 60 Hz, para tensões nominais de 127 V e/ou 220 V. [8]

- Classe de Eficiência Energética

Para obter o Selo PROCEL, a lâmpada fluorescente compacta deverá possuir classificação "A" no processo de etiquetagem [8].

- Depreciação do Fluxo Luminoso

Será admitido que a depreciação do fluxo luminoso médio medido a 2.000 h, em relação ao fluxo luminoso médio medido a 100 h, seja de no máximo 15% [8].

- Fator de Potência

O fator de potência deverá ser maior ou igual a 0,5, para lâmpadas de potência declarada até 25W. Para lâmpadas de potência declarada maior que 25W, o fator de potência deverá ser maior ou igual a 0,92. Este limite será comprovado em ensaios laboratoriais com uma tolerância de em ± 0,05 [8].

- Eficiência Luminosa

Para obter o Selo Procel, a lâmpada fluorescente compacta com reator integrado deverá atender as eficiências luminosas mínimas apresentadas nas Tabela 1 a seguir:

TABELA 1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÍNIMA

POTÊNCIA DAS LÂMPADAS (W)	EFICIÊNCIA MÍNIMA lúmens/watt
Potência das lâmpadas ≤ 6W	52
6W < Potência das lâmpadas ≤ 8W	54
8W < Potência das lâmpadas ≤ 12W	59
12W < Potência das lâmpadas ≤ 15W	61
15W < Potência das lâmpadas ≤ 18W	63
18W < Potência das lâmpadas ≤ 25W	64
Potência das lâmpadas > 25W	65

Fonte: PROCEL (2012)

- Vida Declarada

Para obter o Selo Procel, a lâmpada fluorescente compacta com reator integrado deverá possuir uma vida declarada mínima de 6.000h [8].

B. Lâmpada LED - Portaria Inmetro n°144/2015

Estes critérios se aplicam às lâmpadas LED com dispositivo de controle integrado à base ou corpo, constituindo uma peça única, não destacável, sendo destinadas para operação em rede de distribuição de corrente alternada de 60 Hz, para tensões nominais de 127 V e/ou 220 V [9]

- Potência da Lâmpada

A potência elétrica medida de cada amostra ensaiada individualmente não pode exceder a potência elétrica declarada pelo fornecedor em mais do que 10%.

Potência elétrica medida é o valor da potência medida, em watts, ao final do tempo de estabilização da lâmpada. Potência declarada é o valor da potência, em watts, indicada na embalagem pelo fornecedor [9].

Para fins de ensaio a potência média medida é o valor obtido com o cálculo da média aritmética das potências medidas ao final do tempo de estabilização de 3 (três) lâmpadas ensaiadas.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A potência medida de cada lâmpada não pode diferir em ±7,5% da potência média medida. A potência média medida não pode exceder a potência declarada pelo fornecedor em mais do que 7,5% [9].

- Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso inicial é obtido através da média aritmética do fluxo luminoso medido ao final do tempo de estabilização das 3 (três) lâmpadas ensaiadas, conforme o RTQ e não pode ser inferior a 95% do fluxo luminoso nominal declarado pelo fornecedor. O fluxo luminoso inicial de cada amostra ensaiada individualmente não pode ser inferior a 90% do fluxo luminoso nominal declarado pelo fornecedor [9].
Fluxo luminoso inicial é o valor do fluxo luminoso medido, em lumens, ao final do tempo de estabilização da lâmpada. Fluxo luminoso declarado é o valor de fluxo, em lumens, indicada na embalagem pelo fornecedor [9].

- Eficiência Energética

O valor da eficiência energética declarada na embalagem será determinado pela razão entre o fluxo luminoso declarado na embalagem e a potência declarada na embalagem. O valor da eficiência energética medida será determinado pela razão entre o fluxo luminoso médio medido e a potência média medida ao final do tempo de estabilização das 10 (dez) lâmpadas ensaiadas [9].
As lâmpadas LED devem apresentar um valor de eficiência energética medida e declarada de no mínimo 80lm/W. As lâmpadas multitensão deverão atender os valores mínimos de eficiência nas tensões nominais de operação de 127V e 220V [9].

- Fator de Potência

O fator de potência é obtido através da média aritmética do fator de potência medido ao final do tempo de estabilização de 10(dez) lâmpadas ensaiadas. O fator de potência medido de cada lâmpada não deve diferir em -0,05 do valor declarado e nenhuma amostra pode apresentar fator de potência medido inferior a 0,92. O fator de potência deve ser medido por equipamento analisador de potência sem o uso de filtros [9].

- Limites de Correntes Harmônicas

Os limites das correntes harmônicas medidos ao final do tempo de estabilização de 3 (três) lâmpadas ensaiadas não devem exceder os limites dados na Tabela 2 abaixo. A distorção harmônica total (THD) declarada não deve ser inferior ao valor medido [9].

TABELA 2. LIMITES DAS CORRENTES HARMÔNICAS.

ORDEM HARMÔNICA (n)	CORRENTES HARMÔNICAS MÁXIMAS PERMITIDAS, EXPRESSAS COMO PORCENTAGEM DA CORRENTE DE ENTRADA NA FRENQUÊNCIA FUNDAMENTAL (%)
2	2
3	30 * λ
5	10
7	7
9	5
11 ≤ n ≤ 39 (Somente harmônicas impares)	3
onde: λ é o fator de potência do circuito	

Fonte: PROCEL (2014).

- Equivalência com a Lâmpada Incandescente

A equivalência entre os modelos de lâmpadas LED e os modelos tradicionais de lâmpadas incandescentes é apresentada na Tabela 3 [9].

TABELA 3. FLUXO LUMINOSO PARA EQUIVALÊNCIA DE POTÊNCIA

POTÊNCIA DE EQUIVALÊNCIA (LÂMPADA INCANDESCENTE) (W)	FAIXA DE FLUXO LUMINOSO A SER ATINGIDO COM A LÂMPADA LED (lm)
20	159 – 212
25	213 – 301
30	302 – 479
35	390 – 559
40	560 – 640
50	641 - 802
60	803 - 946
70	946 - 1017

Fonte: PROCEL (2014).

- Vida Declarada

A vida mínima declarada pelo fornecedor deve ser de 25.000 h com a manutenção de pelo menos 70% do fluxo luminoso inicial [9].

3. Lâmpadas

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Hoje em dia existe uma enorme gama de diferentes tipos de lâmpadas no mercado, dependendo da sua utilização: edificações, comerciais, residenciais, iluminação pública entre outros. As lâmpadas mais conhecidas são as fluorescentes e LEDs.

A. Lâmpadas Fluorescentes Compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas (CFL – *Compact Fluorescent Lamp*) foram desenvolvidas para a substituição das lâmpadas incandescentes, pois as necessidades tanto residenciais quanto industriais de lâmpadas compactas de elevada eficiência luminosa se tornaram cada vez mais importante, pois desde o surgimento das lâmpadas incandescentes pouca coisa evoluiu em referência a qualidade de iluminação das mesmas.
As lâmpadas fluorescentes compactas têm como funcionamento a passagem da corrente elétrica, onde os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio e, devido ao choque, a energia é transferida para os elétrons do mercúrio, que irão passar para uma órbita superior em torno do átomo. Quando estes elétrons regressam à sua órbita original, eles emitem energia na forma de radiação ultravioleta, que será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do tubo. Segue na figura 1 uma lâmpada fluorescente compacta.

Fig. 1. Lâmpadas fluorescentes compactas
Fonte: Taschibra (2018)

O final de vida útil nestas lâmpadas ocorre normalmente como resultado do desgaste dos elétrodos que resultam na perda de grande parte do material emissor de elétrons. Como consequência a tensão normal de funcionamento aumenta relativamente à tensão de alimentação impedindo o arranque da lâmpada.

B. Lâmpadas LEDs

A tecnologia do LEDs vem sendo considerada uma nova revolução no campo da iluminação artificial, sendo descrita como o terceiro estágio na evolução da lâmpada elétrica [10], sendo a primeira a incandescente e a segunda as fluorescentes. Os LEDs surgem como potenciais substitutos das lâmpadas utilizadas nos sistemas tradicionais de iluminação artificial.
O LED refere-se ao uso de Diodos Emissores de Luz (LEDs – *Light Emitting Diodes*). Os LEDs são chips eletrônicos baseados em materiais semicondutores que quando energizados transformam energia elétrica em luz, emitindo luz visível. Trata-se de diodos semicondutores que emitem luz quando polarizados diretamente, ou seja, produzem luz apenas pela passagem de uma corrente direta e contínua. O estímulo causado pela corrente elétrica nesses diodos é unidirecional, isto é, praticamente a luz só é produzida se a corrente passar pelo diodo na direção certa, ou seja, do ânodo para o cátodo [11].
O funcionamento interno dos LEDs acontece com excesso de elétrons da região "n" bem como as lacunas da região "p", se o material for submetido a uma tensão elétrica, se desmembra da sua estrutura atómica e movimentarem-se pelo cristal levando assim ao transporte de cargas elétricas. Entre a região "n" e "p" deverá existir uma zona, designada de região ativa pelo fato de ser onde irá produzir a luz, sendo constituída por camadas extremamente finas de material semicondutor. Quando, por ação de uma tensão elétrica aplicada entre as regiões "n" e "p", os elétrons livres e as lacunas são enviados para a região ativa, onde confinados ocorre a possibilidade de estes dois tipos de portadores de carga se recombinarem, o que a leva à libertação de um fóton, e consequentemente à emissão de luz. Sendo ilustrado na figura 3 um exemplo de lâmpada LED.

Fig. 2. Lâmpada LED
Fonte: Taschibra (2018)

4. Luminotécnica

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A. Intensidade Luminosa – (candela (cd))

É definida como a intensidade luminosa, na direção perpendicular, de uma superfície plana de área igual a 1/600 000 metros quadrados, de um corpo negro à temperatura de fusão da platina, e sob a pressão de 101 325 Newtons por metro quadrado (1 atmosfera) [12]

B. Fluxo luminoso – lúmen (lm)

Fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido de 1 esferorradiano por uma fonte puntiforme de intensidade invariável e igual a 1 candela, em todas as direções [12].

C. Iluminância – lux (lx)

Iluminância, é definida como a relação entre o fluxo luminoso, em lumens, que incide perpendicularmente sobre uma superfície plana, pela área dessa superfície em m^2 [12]
.

D. Luminância – cd/m² ou nit

É a luminância, em uma determinada direção, de uma fonte de área emissiva igual a 1 m2, com intensidade luminosa, na mesma direção, de 1 candela [12].

E. Eficiência luminosa – lm/W

É a relação dos lumens emitidos pela lâmpada para cada watt consumido [12].

F. Luxímetro

O Luxímetro é um equipamento com funções de um mini amperímetro, porém ligado a uma célula fotoelétrica. Dessa forma sua funcionalidade dará quando algum fecho de luz se incidir sobre essa célula, sendo assim é gerado uma corrente que vai carregar positivamente um semicondutor dessa célula fotoelétrica e a parte metálica fica carregada negativamente, com isso ocorre uma diferença de corrente. O aparelho por sua vez vai resgatar esse valor de corrente e converter para o valor equivalente em Lux, seja nos aparelhos digitais ou analógicos.

5. Qualidade de energia

A qualidade da energia elétrica tornou-se uma preocupação comum a todos os agentes do setor elétrico, entre eles: concessionárias, consumidores e órgãos reguladores. Todos os aspectos relacionados aos problemas na qualidade da energia são importantes, desde a sua verificação, o seu diagnóstico e, por último, a sua solução, levando em consideração o impacto econômico relacionado. Os problemas surgem tanto na tensão e corrente, quanto na frequência, podendo causar falhas em equipamentos industriais, comerciais e residenciais.

A. Harmônicas

A forma de onda de tensão fornecida pela concessionária aos seus consumidores é uma senóide pura, cuja frequência, dita frequência fundamental, vale 60 Hz. Os harmônicos são componentes senoidais de frequências múltiplas da frequência fundamental. Os interharmônicos são componentes senoidais, cujas frequências não são múltiplas da fundamental. Tanto os harmônicos como os inter-harmônicos são causados por elementos não lineares do sistema elétrico. Por elementos não lineares, entendem-se as cargas em que a relação entre os valores de tensão e de corrente não é linear, ou seja, não obedecem à lei de Ohm [13].
Retificadores de tensão, conversores, inversores e equipamentos utilizados em plantas industriais são exemplos de equipamentos que drenam da rede elétrica correntes não lineares com elevado conteúdo harmônico. Porém estas harmônicas podem ser decorrentes de cargas residenciais, devido a todos equipamentos eletrônicos conectados à rede, principalmente as lâmpadas. Apesar de individualmente possuírem potências nominais baixas, o número de cargas residenciais é muito alto, e seus efeitos somados podem ser relevantes [13]

B. Fator de Potência

O fator de potência é uma relação entre potência ativa e potência reativa, consequentemente energia ativa e reativa. Ele indica a eficiência com que a energia está sendo utilizada. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente um fator de potência baixo indica baixa eficiência.
Um baixo fator de potência indica que você não está aproveitando plenamente a energia, e a solução para corrigir, é a instalação de Banco de Capacitores, sendo que estes podem criar condições de ressonância.

C. Consumo de Energia

Todo aparelho possui uma potência que é dada em watts (W), considerando o tempo que ele fica ligado mensalmente, se pode calcular o consumo de energia elétrica.

D. Analisador de Qualidade de Energia

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

O analisador de energia tem a capacidade de analisar os parâmetros de energia elétrica mono/trifásicos, medindo a qualidade do abastecimento, intensidade e eventuais falhas que possam colocar em risco o fornecimento no local. O analisador permite captar os eventos de tensão e gerar relatórios precisos sobre a situação, assim como registrar e armazenar dados por longos períodos.
O analisador tem a capacidade de monitorar as necessidades da rede que abaste o local e, com isso, apontar eventuais medidas para ajustar falhas, assim como, medir a distorção harmônica provocada por cargas eletrônicas, captar elevações e quedas de tensão e configurar os equipamentos de acordo com formas de onda e tendências. Eles são fabricados com um design robusto e compacto, permitindo sua movimentação para diferentes setores de uma residência ou indústria.

6. Clic 02 WEG

Utilizar um relé programável é automatizar um sistema, e assim tornar um processo produtivo fiel, normatizado, rápido e seguro. Hoje sabemos que a automação não é particularidade de grandes máquinas ou processos complexos de produção. Pequenos e médios processos produtivos exigem também a utilização da automação através do CLP ou algo parecido como os *Relés Programáveis.*
O Relé Programável é um "CLP" de menor porte que compreende funções limitadas (se comparados aos tradicionais CLP's) a fim de atender uma aplicação menos "exigente". Um exemplo típico deste Rele é o CLIC 02 da WEG. Podem ser usados para uma infinidade de ações como por exemplo: intertravamentos, contagem, temporização, entre outras utilidades. Pode substituir com muita eficiência contatores auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos tradicionais, obtendo assim um melhor desempenho do processo em função de paradas por intervenção da manutenção e otimização do espaço necessário.

III. METODOLOGIA

O foco deste trabalho é avaliar o impacto da utilização em larga escala das lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LEDs compactas, e então fazer uma comparação quanto à economia e os distúrbios causados nas redes de distribuição.

1. Definição de amostras

A. Definição das Lâmpadas Fluorescentes

Serão selecionadas 3 marcadas de lâmpadas, todas elas terão a mesma potência, mesmo formato e com os valores comerciais bem próximos.
De cada marca será adquirido 4 lâmpadas, onde 3 amostras serão utilizadas para os testes, e a outra será utilizada no caso de uma falha em uma das lâmpadas.

B. Definição das Lâmpadas LEDs

Serão selecionadas 3 marcadas de lâmpadas, todas elas terão a mesma potência, mesmo formato e com os valores comerciais bem próximos.
De cada marca será adquirido 4 lâmpadas, onde 3 amostras serão utilizadas para os testes, e a outra será utilizada no caso de uma falha em uma das lâmpadas.

2. Protótipos

Para fazer uma inspeção das lâmpadas durante o tempo, é necessário que elas sejam submetidas aos mesmos desgastes que ocorrem no dia a dia.
Para haver esse desgaste será utilizado o Clic 02 da WEG, onde foi utilizada uma linguagem ladder que simula um oscilador de tempo. Dessa forma, este oscilador teve tempo estipulado em 30 segundos ligado e 30 segundos desligado, sendo o período de aproximadamente 60 segundos. Segue na figura 3 a escrita utilizada para o funcionamento do Clic 02.

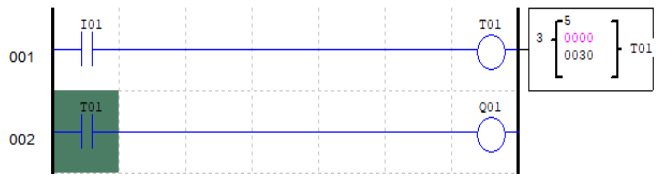


Fig. 3. Escrita Ladder para Clic 02.
Fonte: Autor (2018)

Todas as lâmpadas serão primeiramente sujeitadas a testes de Luminotécnicos, para se obter o fluxo luminoso inicial das lâmpadas. Após esse teste inicial as mesmas serão ligadas ao Clic 02, onde ao mesmo tempo o analisador de energia estará fazendo as medições iniciais de consumo de energia, fator de potência e harmônicas.
Novos testes luminotécnicos e medições com o analisador de energia ocorram após 2 semanas e 4 semanas após o início do funcionamento do Clic, para assim posteriormente obter dados que serão utilizados para comparação com as medidas iniciais e assim podendo com o desgaste da lâmpada analisar as mudanças que ocorrem através do tempo no consumo de energia, fator de potência e harmônicas.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

3. Medição de fator de potência

Cada um dos modelos de lâmpadas fluorescentes compactas e LEDs compacta terá seu fator de potência inspecionado ao longo de sua vida útil, para conferencia com a os dados na embalagem. Para esse ensaio será utilizado um analisador de qualidade de energia, o qual possuí esta função.

4. Medição de harmônicas

Através de um analisador de energia será medido as Harmônicas, onde poderá ser visto que cada tipo de lâmpada causa significativa distorção harmônica de corrente, uma vez que suas formas de onda apresentam um grande teor harmônico em relação à onda de tensão fornecida que é de 60Hz.

5. Consumo de energia

O consumo de energia de cada tipo de lâmpada também será medido utilizando um analisador de energia, onde será analisado o consumo da lâmpada durante toda a sua vida útil, desde o início até o final. Assim poderá ser analisado a diferença de consumo do início da vida útil, e demonstrar se o consumo da lâmpada muda ao de correr do tempo.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Posterior ao levantamento teórico, observando os critérios de concessão do Selo Procel, referente à verificação das lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LEDs compactas, se analisa cada um dos dois tipos de lâmpadas para verificar se elas seguem os critérios, e a finalização dos estudos e análises, é esperado que houvesse uma diferença grande em relação a qualidade de energia entre as lâmpadas avaliadas.
Durante este processo de estudo será realizada a observação dos seguintes aspectos:
• Análise luminotécnica de ambas as lâmpadas;
• Diferença nos distúrbios causados na rede por cada tipo de lâmpada;
• Avaliação da vida útil;
• Avaliação referente a fator de potência, harmônicas e consumo das lâmpadas.
Nesta avaliação, se levará em consideração a potência da lâmpada, o nível luminotécnico de cada uma, bem como o consumo de energia das lâmpadas.
Desta forma é esperado que uma redução na energia elétrica consumida pela lâmpada LED comparado com a fluorescente e, assim como, um fator de potência maior e uma interferência menor das harmônicas na rede, portanto, uma melhor qualidade de energia, uma vez que ela é uma forma mais eficiente na iluminação.

V. REFERÊNCIAS

[1]MOTTA, A; NOYA, M. (2015**). CONSIDERAÇÕES E ANÁLISE EM PROJETOS DE ILUMINAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA LED**. XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO 13 E 14 DE AGOSTO DE 2015.

[2] BLADH, M. & KRANTZ, H. (2008) **TOWARDS A BRIGHT FUTURE? HOUSEHOLD USE OF ELECTRIC LIGHT: A MICROLEVEL STUDY. ENERGY POLICY**, V. 36, P. 3521-3530.

[3] MAMEDE, JOÃO FILHO. **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS**. 5ª ED. RIO DE JANEIRO: LTC, 2010.

[4] PADILHA, M.; JUNG, F.; RODRIGUES, E. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LÂMPADAS FLUORESCENTES E LED APLICADO NO IFC** – CAMPUS LUZERNA. LUZERNA, SC: INSTITUTO FEDERAL CATARINESE - CAMPUS LUZERNA, 2015.

[5] INMETRO. (2016). **LÂMPADA LED.** DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.INMETRO.GOV.BR/INOVACAO/PUBLICACOES/CARTILHAS/LAMPADA-LED/LAMPADALED.PDF>. ACESSO EM: 12-5-2018.

[6] DIAS, R.S.; COELHO, C.R.M.C**. Aplicação de lâmpadas a LED em projeto de iluminação de um galpão industrial**. Revista de Controle e Automação, pp. 01-07, Belém, IESAM, 2011.

[7] ELETROBRAS / PROCEL. (2015). **CRITÉRIOS PARA A CONCESSÃO DO SELO PROCEL DE ECONOMIA DE ENERGIA A LÂMPADAS LED COM DISPOSITIVO DE CONTROLE INTEGRADO**. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.ABILUX.COM.BR/PORTAL/PDF/LEGISLACAO/CRITERIO-SELO-PROCEL-LAMPADALED.PDF>. ACESSO EM: 12-05-2018.

[8] ELETROBRAS / PROCEL. (2012). **Critérios para a concessão do selo PROCEL de economia de energia a lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado**. 2012.

[9] ELETROBRÁS. **RESULTADOS PROCEL 2014: ANO BASE 2013.** DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.PROCELINFO.COM.BR>. ACESSO EM: 21-05-2018.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[10] KALACHE, N. ET AL. (2013). **ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO - VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE LED.** SALVADOR, BA: [S.N.].

[11] PINTO, D.Z. **Aplicação de LEDs de Luminescência Branca para Iluminação**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

[12] CREDER, H. **Instalações Elétricas. Nacional**, ed. Rio de Janeiro, RJ: 16 ed., 2016.

[13] Mascia, A. (2011). **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas incandescentes, considerando a viabilidade econômica**, 2011.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica da Utilização de Banco de Baterias para Armazenamento de Energia em Conjunto com a Tarifa Horária Branca para Consumidores de Baixa Tensão

Denise Hartmann; Iuri Castro Figueiró
Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões
dehartmann@hotmail.com; iuricastroff@gmail.com

***Resumo* — Durante os últimos anos a maior parte da energia elétrica tem sido produzida para suprir o consumo de clientes atendidos em baixa tensão. Devido a importância que a energia elétrica assume nos dias de hoje é crucial encontrar formas de aliviar o sistema elétrico brasileiro. Neste contexto, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) disponibilizou a tarifa horária branca com o objetivo de deslocar o consumo de energia elétrica no horário de ponta para horários subsequentes do dia, procurando um aproveitamento da infraestrutura, bem como, diminuindo o carregamento do sistema elétrico. Essa nova tarifa tem uma particularidade com os hábitos do cotidiano dos consumidores, com isso a inclusão de dispositivos para o armazenamento de energia pode ser favorável.**

***Palavras-chaves* — armazenamento de energia, consumidores, baixa tensão, tarifa branca.**

I. INTRODUÇÃO

O sistema elétrico brasileiro apresenta oscilações ao longo do dia, nas atividades de produção, transporte e distribuição de energia. Às oscilações do sistema correspondem também a variação dos custos das diversas atividades. No entanto, a forma como está constituído o sistema tarifário atual, não reflete verdadeiramente esses custos, pensando no lado consumidor, que não tem como contornar a situação.

Buscando soluções a ANEEL vem implementando a tarifa horária branca, que veio para mitigar o sistema elétrico e tornar a rede mais eficiente, oferecendo energia mais em conta a aqueles que a consumirem fora do horário de pico, quando o uso é mais intenso. A tarifa é opcional e cabe ao consumidor escolher se a adere a mudança.

Diante dos fatos, para obter sucesso na adesão a nova proposta tarifária que foi denominada tarifa horária branca, os consumidores poderão fazer um gerenciamento de carga instalada em suas residências, buscando alternativas e deslocamento de tarefas para o horário fora de ponta.

Uma das alternativas de gerenciamento para o consumidor, poderá ser a introdução de dispositivos de armazenamento de energia, como as baterias. Neste caso, o consumidor poderá armazenar energia nos horários fora de ponta, onde a tarifa é menor, e utilizá-la nos horários de maior consumo de energia, onde a tarifa será maior.

Neste âmbito, a proposta do trabalho fica restrita a análise sobre os efeitos da aplicação da tarifa branca em conjunto com a inserção de baterias nos consumidores residenciais, considerando que sejam mantidos os mesmos hábitos de consumo.

Com está concepção, espera-se obter um panorama do impacto financeiro, econômico e técnico, utilizando as técnicas de análise de investimento Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* Descontado e Índice de Lucratividade, sobre o consumidor residencial que aderiu a tarifa branca e optou por um conjunto de baterias ligado ao consumo diário.

II. SISTEMA TARIFÁRIO BRASILEIRO PARA CONSUMIDORES RESIDENCIAIS

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

O setor elétrico brasileiro atravessa, atualmente, um período de grandes desafios. As dificuldades econômicas que o país enfrenta reduzem as disponibilidades de recursos para investimentos, que afetam, inclusive, as obras necessárias para o atendimento à expansão do consumo de eletricidade.

A pressão dos custos está cada vez mais crescente da geração e distribuição de energia elétrica e tem levado as concessionárias a procurarem a racionalização do uso de seus equipamentos, melhorando seu fator de carga e reduzindo ao máximo os "picos" de seu perfil de carga. Com essa finalidade as concessionárias recorreram ao uso da tarifa diferenciada por segmentos horários, nas quais as taxas de demandas e de consumo nos períodos em que a rede está solicitada (horários de "ponta") são mais elevadas que nos horários fora de "ponta".

O consumo de energia elétrica do consumidor residencial de baixa tensão é constante quase que o dia todo, tendo apenas um aumento significativo ao final do dia, que forma o período de ponta do sistema das 18h às 21h, sendo que o que mais contribui para esse elevado consumo é o chuveiro elétrico, apresentado na Figura 1.

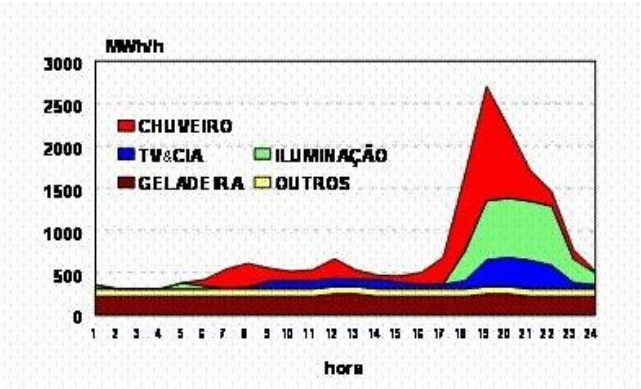


Figura 20 – Curva de Carga Residencial

Fonte: CEMIG, 2010.

Os consumidores de baixa tensão são os maiores responsáveis pelo horário de ponta do sistema e que ao contrário dos consumidores de média e alta tensão possuíam apenas uma opção tarifária disponível.

Com esse propósito a ANEEL está implementando no Brasil a Tarifa Horária Branca. Segundo a referência [1], a nova resolução tarifária vem incentivar o racionamento de energia em incentivar o racionamento de energia nos períodos de maior carregamento do sistema, fazendo com que nesses horários o preço da tarifa seja mais caro, comparado com os horários de menor carregamento.

A nova proposta tarifária conta com três postos tarifários que foram estabelecidos como forma de suavizar a ponta do sistema da tarifa branca, visto na Figura 2.

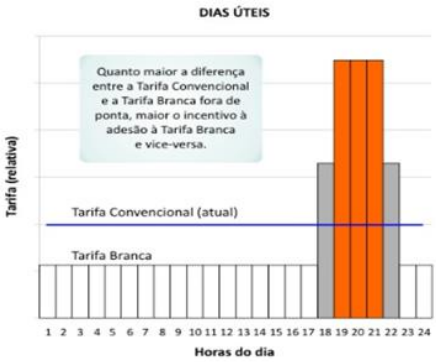


Figura 21- Postos Tarifários. [2]

Na Figura 2, é feita uma demonstração dos horários do sistema, em cinza é definido como horário intermediário, que compreende uma hora antes e uma hora depois do horário de ponta e o horário de ponta compreende o que está em laranja, que são três horas do dia. O restante das horas do dia compreende o horário fora ponta, ou seja, onde o valor da tarifa é inferior ao pago hoje pelos consumidores convencionais.

Visto então, que se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia fora do período de ponta e diminuindo o consumo em horário de ponta e no intermediário, a opção pela tarifa branca se torna uma oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida.

III. ARMAZENAMENTO E DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIAS

O uso de baterias, de forma geral, é responsável pelo encarecimento de diversas tecnologias que envolvem esse recurso.

Até o dia de hoje a forma mais conhecida e utilizada para armazenar energia elétrica é através de baterias. Quando uma bateria é conectada a uma fonte de alimentação, ocorre a conversão de energia elétrica. Portanto, a bateria não reduz a energia, apenas a armazena. Para o caso das baterias recarregáveis o processo de armazenamento ou fornecimento de energia pode ser realizado inúmeras vezes. [3]

A bateria no trabalho tem a função principal de auxiliar o consumidor que não consegue remanejar sua carga, assegurando o fornecimento de energia.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Em inúmeras situações uma bateria pode não ser o suficiente para manter a demanda por corrente ou tensão do sistema. Nesses casos é necessário criar uma concentração de baterias, formando assim um banco de baterias. Essas concentrações podem ser feitas em série, paralelo ou série-paralelo.

Desse modo o sistema de armazenamento de energia vem despertando maior interesse, visto suas questões técnicas relativas à qualidade da energia e segurança operacional que tais sistemas podem proporcionar.

O sistema de armazenamento pode variar de unidades bem pequenas a sistemas de grande porte, de acordo, será possível assim determinar o tipo de aplicação, ou seja, diferentes finalidades e características de aplicação, bem como os tempos de respostas para ter um retorno financeiro viável. [4]

IV. DEFINIÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Poder determinar o retorno e a viabilidade de um investimento é de fundamental importância

a no cenário econômico. Para este caso os recursos utilizados para determinar a viabilidade técnica e econômica dos casos estudados serão: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* Descontado.

Calcula-se o valor presente líquido para considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo. A medida que o valor líquido é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previsto para a duração do projeto, e o valor do presente do investimento.

Para o projeto, será considerado viável se o VPL obtido for maior ou igual a zero, onde o consumidor terá um retorno maior que seu capital atual.

A taxa interna de retorno é a taxa de retorno anual composta obterá se investir no projeto e receber entradas de caixas previstas. O projeto terá retorno viável no momento em que o TIR for superior ao custo de capital.

O *payback* descontado considera o valor do dinheiro no tempo, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de atratividade, trazendo os fluxos a valor presente, para depois calcular o período de recuperação. [5]

O índice de lucratividade avalia o custo benefício do projeto, será aceito se o índice for maior que um caso contrário rejeitado.

V. METODOLOGIA

O presente trabalho dispõe-se a estudar o uso da rede de baixa tensão disponibilizada pelas concessionárias, acoplados no setor residencial e comercial com base na possibilidade de adesão à chamada tarifa horária branca por parte do consumidor.

Torna-se oportuno destacar que a troca para a nova tarifa será opcional ao consumidor, pretende-se apresentar análises preliminares sobre o potencial de redução de consumo no horário de ponta da curva do setor elétrico.

Para o êxito no trabalho serão desenvolvidos estudos de casos, onde cada consumidor estará livre para optar ou não pela tarifa horária.

Será levado em conta alguns parâmetros para chegar ao resultado final, segue roteiro de análise.

É preciso avaliar com cuidado os hábitos de consumo, Figura 3, pois se o consumidor aderir a tarifa branca e consumir muita energia no horário de pico, sua conta de luz poderá ficar mais cara. Em virtude será feita a análise do perfil de carga para uma análise preliminar e correta dos hábitos de consumo. Portanto antes de optar pela tarifa branca, é preciso que faça uma análise sobre o seu perfil de consumo e os hábitos de utilização da energia elétrica ao longo do dia, comparando-os com os períodos de ponta e intermediário.

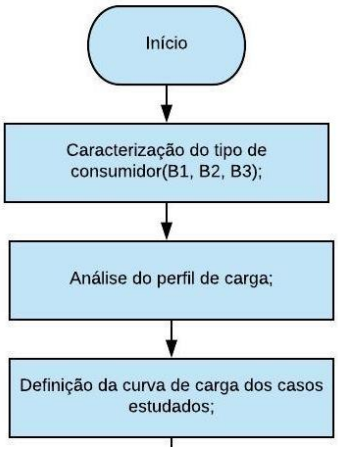


Figura 22- Caracterização do consumidor

Fonte: Autor

Para início dos cálculos será necessário ter conhecimento do grupo ao qual o consumidor pertence, bem como caracterizar a concessionária. É necessário ter esse conhecimento, visto que os horários e tarifas diferenciam-se de concessionárias ou permissionárias.

A análise do consumidor será feita como forma de analisar a carga existente no local informado, bem como os horários e a frequência com que são utilizados.

Logo, tendo conhecimento da potência de cada equipamento e o tempo de funcionamento de cada será

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

simulado uma curva de cargas (potência x horas do dia), que demonstrará os picos de consumo diário, podendo assim fazer uma média mensal, para uma futura análise do dimensionamento do banco de baterias.

Após formar a curva de cargas do consumidor, será possível visualizar em qual tarifa ele se enquadra, Figura 4, podendo assim optar pela tarifa branca ou ainda continuar sendo tarifado na forma convencional.

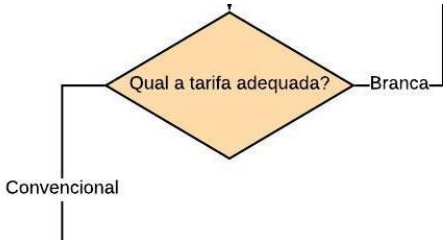


Figura 23- Tarifa adequada

Fonte: Autor

Na condição de a curva de cargas do consumidor o levar para a tarifa branca com mudança nos hábitos de consumo, ou seja, para que o mesmo tenha redução nas faturas de energia elétrica ele deverá deslocar seus consumos para o horário fora ponta do sistema. Se caso não for possível essa troca, o mesmo poderá adquirir um banco de baterias, Figura 5, e ser optante da tarifa horária branca, armazenando a energia no horário fora ponta e utilizando no horário de ponta.

Para o dimensionamento deverá ser levado em consideração alguns parâmetros e cálculos. É de extrema importância definir a autonomia em que o banco ficará operando, já que este é um dos itens mais relevantes na hora do dimensionamento. Outro indicador é a potência consumida pela unidade consumidora.

Desse modo, estabelecido os parâmetros serão realizados os cálculos para dimensionar o banco de baterias.

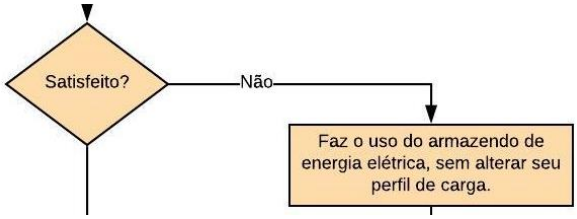


Figura 24- Escolha do uso do banco de baterias

Fonte: Autor

Definido o perfil de carga e o dimensionamento do consumidor será feita uma análise da viabilidade técnica e econômica do arranjo ao qual o consumidor será inserido, podendo assim viabilizar, o investimento inicial, em quantos anos será pago e os lucros reais que terá. Bem como, para a mudança de tarifas com o uso do armazenamento a análise de viabilidade técnica, possibilitando se as condições elétricas da residência/comércio serão compatíveis com o sistema a ser instalado. A Figura 6, demonstra aprovação ou não que o consumidor terá com a tarifa.

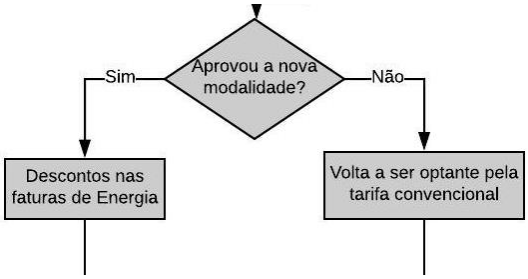


Figura 25- Análise dos resultados

Fonte: Autor

Se sim ele terá descontos nas faturas de energia elétrica e caso contrário ele poderá voltar a ser optante da tarifa convencional, podendo após o prazo de carência de 180 dias, voltar a ser optante da tarifa horária branca.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posteriormente ao levantamento dos dados para a avaliação técnica e econômica da utilização do banco de baterias para consumidores BT, e observando as recomendações e resoluções da ANEEL, referente ao sistema tarifário e tarifa branca, e a finalização dos estudos e análises de investimentos,

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

é esperado que a proposta do trabalho venha se tornar viável para o consumidor em um prazo considerável.

Tendo conhecimento do inversor e das baterias necessárias, basta escolher o modelo de bateria para que suporte a autonomia desejada, para 3h de autonomia uma bateria de 55 Ah, para 5h de autonomia uma bateria de 80 Ah.

É esperado que tenha uma redução na fatura de energia elétrica e, portanto, melhoria na qualidade e infraestrutura do sistema elétrico, uma vez que a tarifa branca está no mercado como forma de incentivo as boas práticas de eficiência energética.

III. REFERÊNCIAS

[1] Santos, L. L. C. dos, Figueiró, I. C., Bernardon, D. P., & Abaide, A. da R. (2013). *Metodologia para Análise da Tarifa Branca e da Geração Distribuída de Pequeno Porte nos Consumidores Residenciais de Baixa Tensão*. *Viii Ciertec*.

[2] Resolução Normativa no 414/2010, 2010a.

[3] VINCENT, C. A., Scrosati, B., Lazzari, M. and Bonino, F., Modern Batteries: *An introduction to electrochemical power sources*. pp. 2-14, Published in Great Britain, 1986.

[4] Junior, M. L., Pinto, R. G., Azevedo, J. T., (2018). *Perspectivas dos sistemas de armazenamento de energia no Brasil.* XICBPE

[5] Bruni, Adriano Leal. *Avaliação de Investimento*. São Paulo, Atlas, 2008.

[6] Nota Técnica no 362/2010 -SRE-SRD/ANEEL - Estrutura Tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica - Sinal econômico para a baixa tensão. Brasília, 2010b.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo de Aproveitamento Energético Utilizando Turbina Pelton

Eduardo Henrique Banaczewski, Gabriel Silveira, Gabriely Osório, Luís Felipe Dutra, Tatiane Von Muhlen, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
eduardohb10@hotmail.com, gabriel.silveira309@hotmail.com, gaby_silveira2006@hotmail.com, lf.dutra@live.com, tatianervmuhlen@aluno.santoangelo.uri.br, nelsonknak@san.uri.br

Resumo* —As turbinas hidráulicas dividem-se em: Francis, Pelton, Kaplan e Bulbo. A escolha do modelo de turbina pode variar conforme a disponibilidade de recursos, onde podem trabalhar com uma determinada faixa de vazão e queda. O rotor é a uma das partes mais importantes do sistema, é nele que as pás são conectadas, e onde ocorre a transformação da energia mecânica exercida sobre as mesmas em energia elétrica. Sendo assim, este trabalho objetiva a modelagem de uma turbina tipo Pelton para servir como base de estudo para futuros projetos, levando em conta que este modelo de turbina se destaca nas centrais hidrelétricas devido à sua resistência contra cavitação, o que também facilita a manutenção das mesmas.

***Palavras-chaves* — turbina Pelton, aproveitamento energético, gerador.**

I. Introdução

A turbina é o equipamento responsável por transformar o potencial hidráulico de um fluxo de água em potencial mecânico na forma de velocidade de rotação, que posteriormente será transformado em potencial elétrico no gerador, que estará acoplado a turbina.

Existem muitos modelos de turbina no mercado atual, as mais utilizadas são: Pelton, Francis, Kaplan e Bulbo. Todas se utilizam do mesmo princípio de que a água entra vindo de um canal mais elevado em direção a um canal de nível mais baixo, essa água é direcionada através de um duto fechado até um conjunto de lâminas, normalmente curvas, que transferem o potencial hidráulico para um rotor, e depois a água é conduzida até o canal mais baixo, consequentemente, a pressão da água na saída é menor do que na entrada.

Tabela I. Tipos de turbina e especificações.

Turbina	Altura	Vazão
Pelton	300m a 4000m	Baixa
Francis	45m a 400m	10 a 700m³/s
Kaplan	2m a 25m	70 a 800m³/s
Bulbo	Menos que 20m	Baixa

A turbina a ser utilizada tem como objetivo aproveitar o fluxo natural existente em um rio, levando em conta o desnível do mesmo. Devido às suas características, a turbina Pelton é a mais apropriada para a geração de energia, pois necessita de uma baixa vazão.

II. Referencial teórico

1) Turbina:

A turbina é um motor rotativo que converte em energia mecânica a energia de uma corrente de água, vapor de água ou gás. O elemento básico da turbina é a roda ou rotor, que conta com hélices no seu eixo, de forma que o fluido em movimento produza uma força tangencial que impulsiona a roda, fazendo-a girar e gerando energia mecânica através da passagem do fluido. Esta energia mecânica gerada pode ser usada em um gerador elétrico que tem a função de transformar essa energia em energia elétrica. Neste projeto foi escolhida a turbina do tipo Pelton, como mostra a Fig. 1.

2) Motor CC:

Um gerador de corrente contínua é capaz de converter energia mecânica em energia elétrica através de um eixo (rotor) que provoca a excitação do motor interrompendo o fluxo eletromagnético de um imã, em que acaba gerando uma tensão. A utilização de um motor CC (Fig. 2) se enquadra melhor neste projeto devido a variação do fluxo de água que influencia diretamente na frequência da tensão gerada. Pode

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

ser armazenada em baterias e utilizada de acordo com suas limitações e necessidades.

Fig. 1. Turbina Pelton.

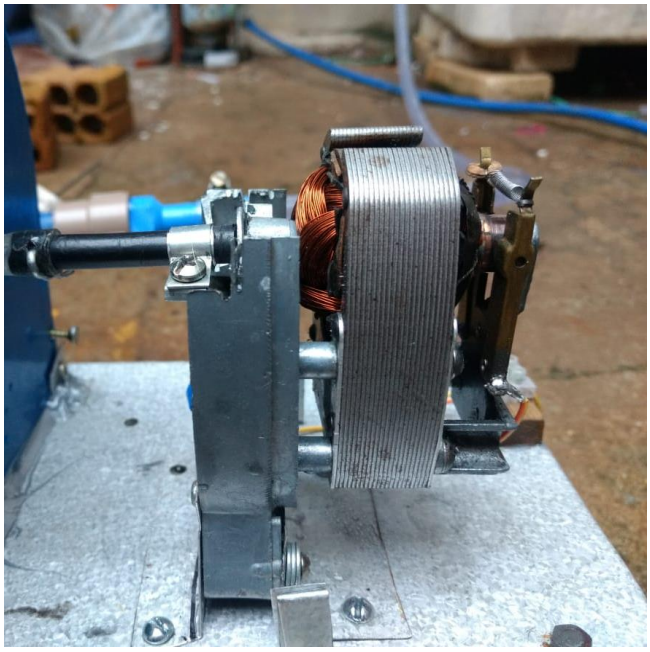


Fig. 2. Motor CC.

3) Especificações do gerador:

Como dado inicial precisamos calcular a vazão que nosso sistema possui, utilizando a equação 1.

$$Q = vA \tag{1}$$

A utilização do princípio de Bernoulli – que descreve o comportamento de fluídos movendo-se ao longo de uma linha de corrente e que basicamente traduz a lei da conservação de energia para os fluídos – é necessária para encontrar alguns parâmetros do sistema, como: perda de carga na mangueira.

$$\frac{P_1}{y} + \left(\frac{V_1^2}{2g}\right) * \left[1 + f_1 * \frac{L_1}{D_1}\right] + H_1 = \frac{P_2}{y} + \left(\frac{V_2^2}{2g}\right) * \left[1 + f_2 * \frac{L_2}{D_2}\right] + H_2 \tag{2}$$

Com a utilização da turbina Pelton, podemos descrever o comportamento do gerador com a equação de Pouillet.

$$U = E - rI \tag{3}$$

Onde U é a tensão de saída do gerador, E é a tensão gerada, r é a resistência interna do gerador e I a corrente. Multiplicando esta equação por I, chega-se a:

$$UI = nEI - rI^2 \tag{4}$$

Onde UI é a potência de saída do gerador, rI^2é a potência perdida na resistência interna do gerador, EI é a potência recebida da turbina e n é o rendimento da turbina.

4) Dimensionamento e simulações:

Motor - Na hora de escolher o motor consideramos o que teria a melhor relação custo-benefício para o grupo, sendo assim reutilizamos o motor de corrente contínua de um limpador de para-brisas desativado. Após a escolha, iniciamos os ensaios com o objetivo de verificar as suas propriedades.

No laboratório de Engenharia Elétrica, no campus de Santo Ângelo, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, conseguimos identificar as especificações do motor, utilizando uma fonte de corrente contínua e um multímetro, os valores são mostrados na tabela II.

TABELA II. ESPECIFICAÇÕES DO MOTOR.

Parâmetro	Valor
Tensão nominal	6V
Corrente nominal	460mA
Corrente de curto-circuito	813mA
Resistência interna	13Ω

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A utilização deste motor (6V) implica que a geração será em corrente contínua e se enquadra com o projeto.

Proteções - Analisando o ensaio do motor verificamos que a corrente de curto-circuito atinge 813mA, assim para a proteção deste sistema será necessário utilizar um fusível de vidro de 800mA.

Simulação teórica em software - Para a parte de simulação utilizamos dois softwares: SolidWorks e Proteus.

A parte mecânica do projeto, que envolve a turbina, foi desenvolvida no Solid Works, o projeto foi dimensionado levando em conta o tamanho da mesa da impressora 3D a ser utilizada, assim, foram desenvolvidas várias peças.

A parte mecânica do projeto, que envolve a turbina, foi desenvolvida no SolidWorks, dimensionando tamanho e permitindo que o projeto fosse impresso em uma impressora 3D, devido ao formato gerado pelo software.

Para realizar o movimento giratório da turbina, utilizamos uma agulha de pressão, mostrada na Fig. 3, para aumentar a pressão da água que entra no injetor através de uma mangueira, a fim de aumentar a velocidade da água e girar o rotor.

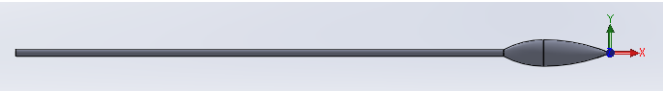


Fig. 3. Projeto agulha injetora.

O injetor é separado em 3 partes, a agulha, como mostra a Fig. 3, o tubo de conexão de entrada da água, na Fig. 4, e o bico injetor, como é mostrado na Fig. 5.

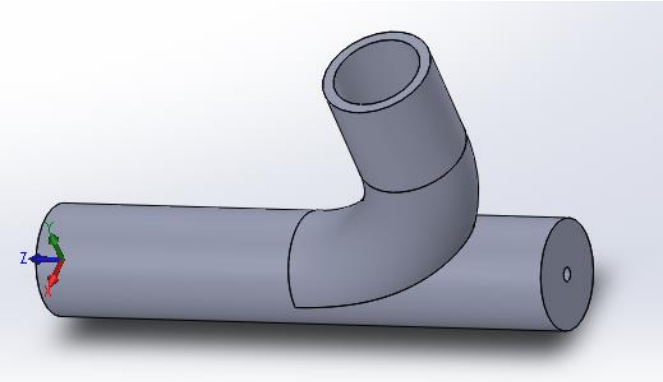


Fig. 4. Conexão de entrada da água do injetor.

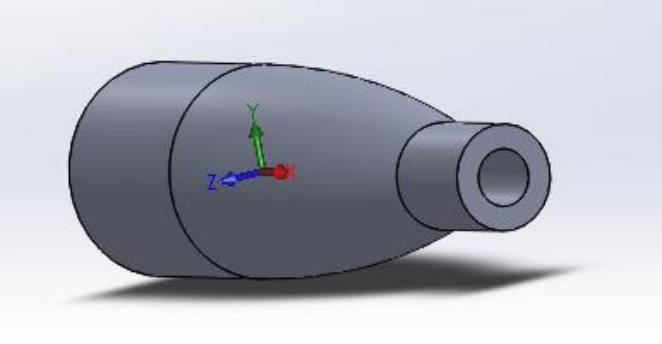


Fig. 5. Bico do injetor.

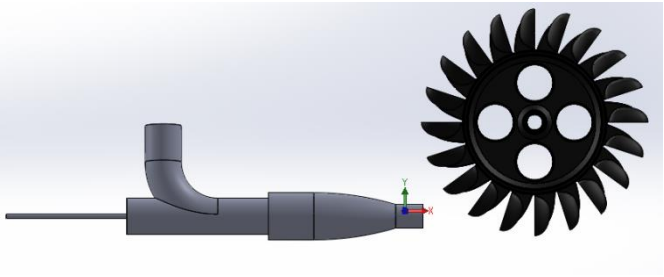


Fig. 6. Injetor e rotor.

A Fig. 7 mostra o injetor com um corte transversal em sua estrutura, a fim de mostrar o funcionamento da agulha de pressão.

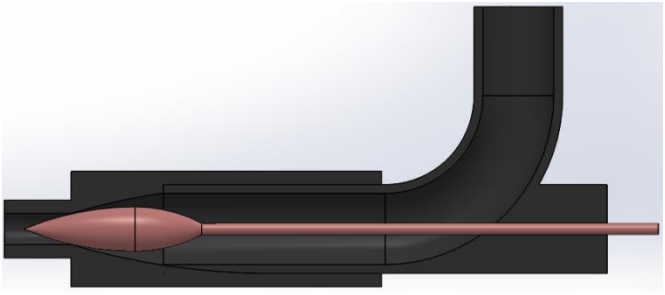


Fig. 7. Corte transversal no injetor.

A parte eletrônica do motor foi desenvolvida e dimensionada no software Proteus. Aplicando nele a tensão e corrente de ensaios, assim como mostra a Fig. 8.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

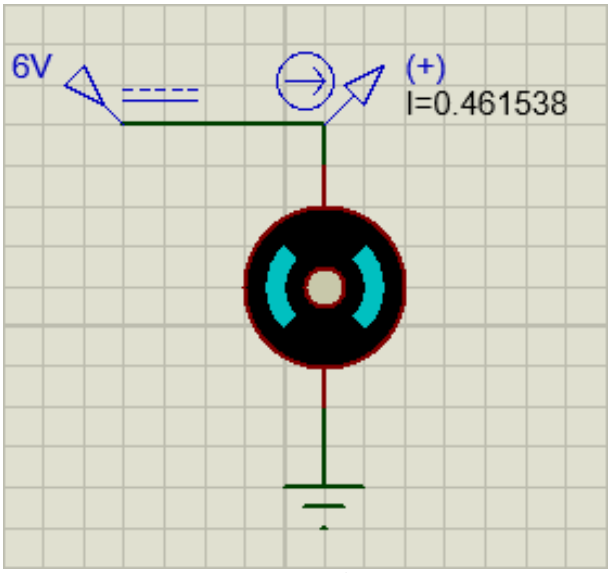


Fig. 8. Motor CC no software Proteus.

III. REFERENCIAL PRÁTICO

1) Construção do gerador:

Base e tampa - A base foi desenhada para fixar os rolamentos do eixo principal, assim como proteger a parte elétrica do projeto de um possível contato com a água. O material usado para a construção da base é o plástico ABS. Como a peça é fechada, possui entrada na lateral, onde é injetada a água, e uma saída, na parte inferior. A base para o rotor é mostrada na Fig. 9.

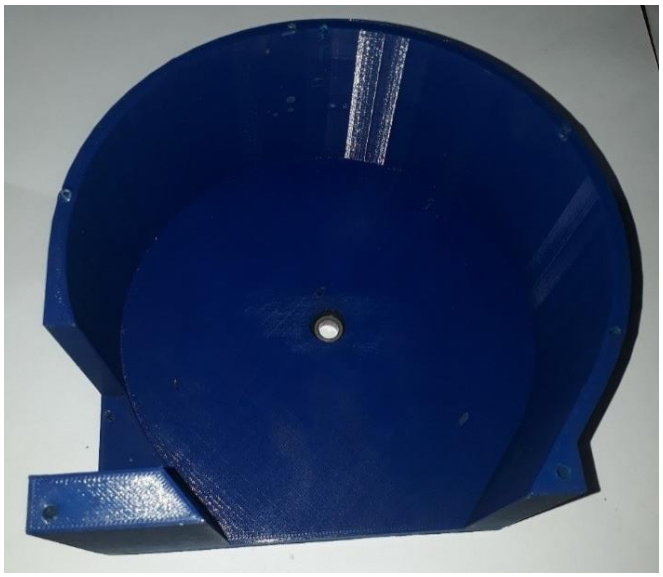


Fig. 9. Base com rolamento acoplado na parte central.

A Fig. 10 mostra a tampa, que é usada para fechar a parte lateral da base, a mesma conta com uma janela de acrílico, para a visualização do movimento do rotor da turbina em seu interior.

Fig. 10. Tampa da base.

Rotor e eixo principal - A turbina Pelton apresenta um rotor com 20 pás e possui um diâmetro de 12cm. Ao ser impresso na impressora 3D apresentou inexatidão em relação aos valores desenvolvidos no projeto e através de uma tentativa de correção, resultou numa assimetria do furo do rotor. O mesmo, junto com seu eixo de metal, é apresentado na Fig. 11.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Fig. 11. Rotor da turbina.

Injetor - A água é introduzida no rotor por meio de um injetor, onde a pressão é controlada por uma agulha. A Fig. 12 mostra o injetor d'água.

Fig. 12. Injetor.

IV. Observações Finais

1) *Testes de funcionamento*

Houve uma pequena imperfeição no rotor, onde o mesmo ficou assimétrico em relação ao eixo, porém, não afetou seu funcionamento.

Devida à alta pressão, o injetor começou a vazar por minúsculas fissuras, com isso, percebe-se que o plástico ABS não se comporta bem sob alta pressão, e as paredes do injetor não são espessas o suficiente para aguentar tamanha pressão. Uma forma de correção é o injetor ser feito em plástico PVC, que é um material que se comporta melhor em pressões mais altas, em comparação com o plástico ABS.

2) *Testes de análise de geração*

Realizou-se cinco testes para descobrir, a vazão, o deslocamento da agulha e a tensão gerada. Os valores são mostrados na tabela III.

Tabela III. Testes realizados.

Teste	Deslocamento	Tensão	Vazão
1	1mm	5,1V	0,157m³/s
2	2,75mm	6V	0,253m³/s
3	4mm	4,3V	0,304m³/s
4	13mm	3V	0,35m³/s
5	19mm	3,3V	0,395m³/s

O deslocamento se refere a distância que a agulha se desloca do ponto de referência, que é o ponto onde a agulha gera a maior pressão no injetor.

A partir dos valores da tabela III, pôde-se criar o gráfico de tensão em relação ao deslocamento da agulha, assim como a Fig. 13 exibe.

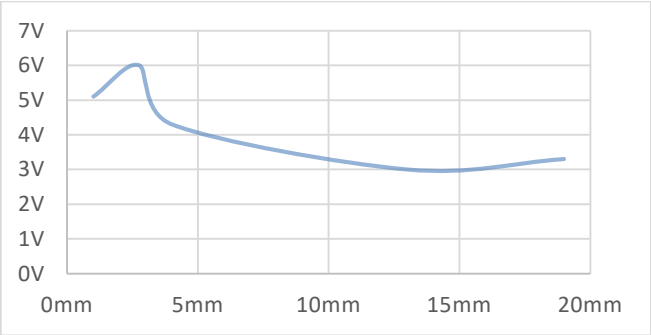


Fig. 13 – Gráfico da tensão pelo deslocamento da agulha.

Utilizando os valores da mesma tabela, foi possível criar o gráfico da vazão em relação ao deslocamento da agulha, como mostra a figura 14.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

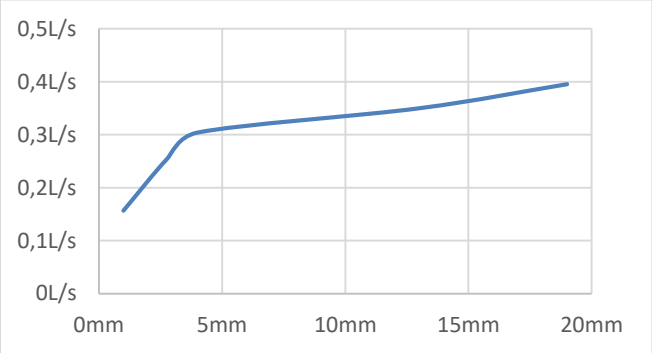


Fig. 14 – Gráfico da vazão pelo deslocamento da agulha.

A partir dos gráficos das Fig. 13 e Fig. 14, observa-se que posicionando a agulha injetora em uma posição, a pressão aumenta ou diminui, fazendo o rotor girar de acordo com o ajustado. Utilizando-se de um deslocamento de agulha injetora de 1mm, com vazão de 0,157m^3, gerou-se uma tensão de 5,1V, com pressão alta, porém, vazão relativamente baixa considerando os outros testes, onde um deslocamento de 2,75mm, com pressão menor, teve uma vazão 62% maior, com aumento na tensão de somente 0,9V.

A turbina Pelton pode ser utilizada em rios com desnível grande, e como necessita de uma vazão baixa, não atrapalharia no curso de um rio.

V. REFERÊNCIAS

[1] NETO, Nelson Knak. Geração de Energia. 02 mar. 2018, 26 jun. 2018. Notas de Aula.

[2] MELLO, F. P. de. Dinâmica das máquinas elétricas II. Rio de Janeiro: Centrais Elétricas Brasileiras, 1983. (Série P.T.I.).

[3] NASAR, Syed A. Máquinas elétricas. New York: McGraw-Hill, 1996.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo de Caso para Implementação de Sistema Fotovoltaico em Escola

Bárbara Vitória. Peres do Rosário**,** Carlos F. Mann Angst, Fábio Marchiori, Fernando R. Kassburg, Mateus F. Scheuermann, Matheus S. da Cruz, Nelson Knak Neto
URI – SANTO ÂNGELO
barbaravrosario@aluno.santoangelo.uri.br, carlosfmangst@aluno.santoangelo.uri.br, fabiomarchiori@aluno.santoangelo.uri.br, fernandorkassburg@aluno.santoangelo.uri.br, mateusfscheuermann@aluno.santoangelo.uri.br, matheuscruz@aluno.santoangelo.uri.br, nelsonknak@san.uri.br

Resumo — O advento da Geração Distribuída impulsionou incentivos na geração de energia renovável no território brasileiro. Em 2012, entrou em vigor a Resolução Normativa 482, tal sendo posteriormente atualizada em 2015 para a RN 687, a qual rege as condições de acesso a minigeração e microgeração distribuída. Visto que o Brasil possui índices proveitosos de radiação solar, o estudo de caso em pauta aborda a viabilidade técnico-econômica de um sistema solar fotovoltaico em uma escola situado em Santo Ângelo, Rio Grande do Sul. Para tal, fez-se uso do software de simulação HOMER, utilizando métodos de análise econômica como VPL, TIR e Payback visando um cenário ideal de autoconsumo. Em simulação, obteve-se como resposta viável a implementação do sistema.

***Palavras-chaves* — Geração Distribuída, sistema solar fotovoltaica, viabilidade.**

I. Introdução

A matriz energética brasileira é formada, em sua maioria, por fontes renováveis, o que é extremamente positivo em relação à sustentabilidade do Sistema Interligado Nacional. Porém, a base de geração hidráulica implica na dependência de chuvas regulares para confiabilidade dessa fonte.

De modo a oferecer uma maior variedade de fontes de energia, a partir de 2012 aumentaram-se os incentivos em Geração Distribuída (GD), com o estabelecimento da Resolução Normativa 482 [11] e pela Resolução Normativa 687 [12], que em conjunto estabeleceram condições técnicas e de mercado para que o consumidor gerasse sua própria energia e fornecesse o excedente para rede em troca de créditos de energia, definindo o sistema de compensação energética (*net metering*).

A GD apresenta inúmeros benefícios, podendo ser instalada em locais remotos, evitando assim que a energia entregue nesses locais seja de baixa qualidade caso fosse transmitida por longas distâncias. Dentre as fontes que tiveram incentivos de investimentos está a energia solar fotovoltaica, por se tratar de uma fonte de energia limpa e de grande disponibilidade.

Segundo [1], a Geração Distribuída Fotovoltaica (GDF) atingiu a marca de 350 MW de potência instalada no ano de 2018. Ainda segundo [2], considerando somente telhados de residências, os níveis de radiação chegam a um potencial elétrico de cerca de 164GW, que seria capaz de abastecer 2 vezes toda a demanda residencial brasileira.

Desta forma, considerando a grande disponibilidade da fonte solar, é feito a abordagem de um estudo de caso para implementação de um sistema fotovoltaico (SFV) em uma escola, por possuir importância social, além de poder ser utilizada no processo econômico de energia da mesma, estimando a capacidade instalada dos painéis fotovoltaicos para a condição de autoconsumo, respeitando assim as políticas de incentivo. Para tal, se fará uso do *software Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER), o qual permite realizar simulações quanto a viabilidade técnica e econômica de sistemas de GD.

II. Fundamentação Teórica

O Brasil possui ótimos níveis de incidência solar, da ordem de 1500 a 2500 kWh/m² [3]. Esse grande potencial solar fez com que a geração solar fotovoltaica ganhasse atenção no cenário energético brasileiro, aliando sustentabilidade com a necessidade de suprimento de demanda energética.

Nesse contexto, no ano de 2012 implantou-se a Resolução Normativa 482, estabelecendo as condições para o acesso à micro e minigeração. Aliado a esta, em 2015, a Resolução Normativa 687 corroborou para uma maior facilidade à inserção de SFV, definindo o *net metering*. Neste sistema de compensação energética, toda energia excedente produzida é fornecida para a rede de distribuição da concessionária local, ganhando um crédito para compensar a energia líquida consumida pela unidade consumidora em outros períodos [9].

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A implantação de ambas as normas, diminuíram a burocracia para inserção de SFVs, dessa forma, incentivando a GDF.

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. As células fotovoltaicas atuam nessa conversão, utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico [6]. De acordo com [8], o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Desta forma, uma corrente elétrica é gerada enquanto luz incide sobre as células fotovoltaicas.

Naturalmente, valendo-se do efeito fotovoltaico, as células fotovoltaicas são constituídas de material semicondutor (normalmente silício), ao qual são adicionadas impurezas (normalmente boro e fósforo), em um processo de dopagem. O silício tem sido largamente utilizado na fabricação dos módulos fotovoltaicos, não somente por suas propriedades elétricas, mas por ser um dos materiais mais abundantes da Terra. O mesmo tem sido explorado sob diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo [4]. Segundo Almeida [5], destas topologias citadas, o silício policristalino representa 85% do mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência, consolidação e confiança.

O circuito equivalente de uma célula fotovoltaica é apresentado na Fig. 1, onde se tem uma fonte de corrente I_{pv} (gerada pelo efeito fotovoltaico) em paralelo a um diodo com uma corrente de fuga inversa, R_{sm} e R_{pm} representando a queda de tensão quando os portadores de carga migram do semicondutor para os contatos elétricos e, Z representando a carga [6].

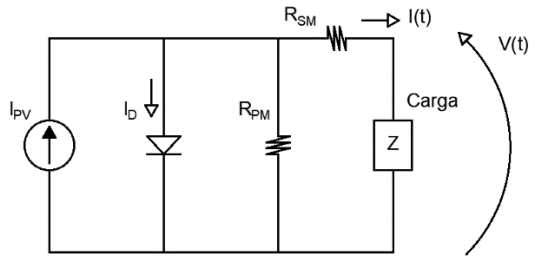


Fig 1. Circuito equivalente de uma célula fotovoltaica alimentando uma carga Z.

Ainda, pode-se representar o funcionamento de uma célula fotovoltaica através de uma curva característica, podendo ser observada na Fig. 2.

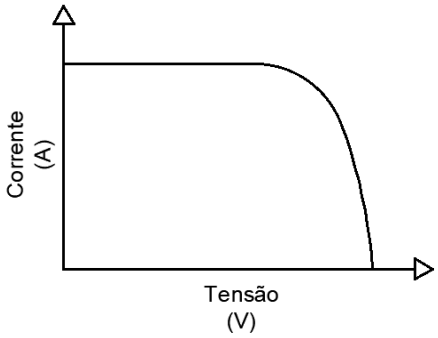


Fig 2. Curva característica de uma célula fotovoltaica.

Nota-se que a célula quando sem carga, tem tensão máxima e corrente nula. Porém, a medida que se conecta uma carga crescente nos terminais da célula, a corrente aumenta ao passo que a tensão diminui. O ponto de potência máxima fornecida pela célula se dá no "joelho" da curva, sob determinadas condições de irradiação e temperatura, sendo resultado do produto da corrente nominal pela tensão nominal da célula, sendo esse o ponto de operação da mesma. Tais dados referentes a corrente e tensão, podem ser encontrados no *datasheet* do fabricante do painel.

Porém, dado que a energia elétrica fornecida pela célula fotovoltaica é da forma contínua, é necessário um dispositivo que faça a conversão para a forma alternada, visto que a maioria das cargas são alimentadas desta maneira. Assim, faz-se uso dos inversores, que além de ser capaz de fazer a conversão contínua-alternada, é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa ser conectado à rede de distribuição da concessionária local (*on grid)*.

Para a definição de viabilidade econômica de um projeto, é necessário a compreensão de alguns conceitos de parâmetros importantes. Dentre esses, o *Payback*, VPL e Taxa Interna de Retorno (TIR).

O *Payback* é definido como a soma dos valores de fluxos negativos com os positivos até que a soma se resulte em zero [9].

O VPL pode ser definido como "o Valor Presente Líquido de um fluxo de caixa é igual ao valor presente de duas parcelas futuras (que são descontadas a uma determinada taxa de desconto), somado algebricamente com a grandeza colocada no ponto zero" [10]. Em resumo, quando o VPL se encontrar maior ou igual a zero, significa dizer que o projeto é viável; caso contrário, o torna inviável.

O TIR, dado em percentual, é a taxa responsável por zerar o VPL. Ou seja, quando aplicado, faz com que os investimentos sejam abatidos pelo retorno, não trazendo prejuízo para o consumidor.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

III. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso visa a implementação de um SFV *on grid* em uma escola, com o objetivo de atingir o autoconsumo da demanda da mesma. Para tanto, se fará simulações em *software* buscando o melhor cenário de investimento, aliado a questões técnicas, realizando por fim um comparativo entre os sistemas.

A realização do estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema *on grid* a ser definido no estudo de caso, será feito através do *software* HOMER. Este *software* busca a melhor alternativa para atendimento da carga, avaliando custos de investimento, reposição dos equipamentos, combustível, operação e manutenção [7]. Através deste *software*, fez-se as análises do *Payback*, VPL e TIR.

Primeiramente, classifica-se o tipo de consumidor de baixa tensão (BT), conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) determina. Para este caso, por se tratar de uma escola, diz-se que a mesma se enquadra no consumidor tipo comercial. Após, determinando a média dos consumos mensais obtidos em uma conta de luz, aloca-se em uma faixa de consumo de posse dos dados energéticos referentes ao período de um ano da escola (contidos na fatura de energia da mesma), conforme mostra a Tabela I.

TABELA I. FAIXAS DE CONSUMO PARA CONSUMIDORES DO TIPO COMERCIAL.

Faixas	*Mín. (kWh)*	*Máx. (kWh)*
1	0	500
2	501	1000
3	1001	5000
4	5001	10000
5	10000	-

Os dados de consumo energético da escola considerada, estão demonstrados na Tabela II. Conforme citado, tais dados são de importância para alocar o consumidor em uma faixa de consumo, uma vez que se utilizará uma curva de referência horária para realizar as simulações no *software* HOMER.

TABELA II. DADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO DA ESCOLA NO PERÍODO DE UM ANO.

Mês/Ano	*Consumo (kWh)*
Jun./17	1,059
Jul./17	1,178
Ago./17	0,759
Set./17	1,213
Out./17	1,220
Nov./17	1,400
Dez./17	1,897
Jan./18	1,291
Fev./18	0,771
Mar./18	1,607
Abr./18	1,679
Mai./18	2,136

Fazendo-se a média dos consumos, obteve-se um consumo médio mensal de 1,351 kWh. Logo, a escola se enquadra na faixa 3 do consumidor comercial. Para este tipo e faixa de consumidor, tem-se uma curva típica de referência demonstrada na Tabela III.

TABELA II. CURVA TÍPICA DE REFERÊNCIA PARA O CONSUMIDOR COMERCIAL FAIXA 3.

HORA	***Demanda (pu)***
01:00	0,416
02:00	0,314
03:00	0,276
04:00	0,261
05:00	0,266
06:00	0,268
07:00	0,441
08:00	0,506
09:00	0,529
10:00	0,619
11:00	0,651
12:00	0,586
13:00	0,58
14:00	0,584
15:00	0,535
16:00	0,509
17:00	0,631
18:00	0,676
19:00	0,907
20:00	0,872
21:00	0,889
22:00	1
23:00	0,802
00:00	0,583

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Dividindo-se o valor de consumo médio mensal encontrado pelo número de dias de um mês (neste caso, adotado como 30 dias), tem-se o consumo médio diário (1).

$$Consumo\ diário\ (kWh) = \frac{1.351}{30} = 45{,}03 \qquad (1)$$

Somando-se os consumos em pu da curva típica, tem-se o consumo total em pu para um dia de referência (2).

$$Consumo\ diário\ (pu) = \sum consumos_{pu} = 13{,}701 \qquad (2)$$

Dividindo-se (1) por (2), tem-se o consumo equivalente em kW/pu, como mostrado em (3).

$$Consumo\ equivalente\ \left(\frac{kW}{pu}\right) = \frac{45{,}03}{13{,}701} = 3{,}29 \qquad (3)$$

Pode-se determinar o valor em kW de consumo, multiplicando-se as demandas horárias em pu da curva típica do consumidor comercial faixa 3 CT_{pu_i} pelo consumo equivalente, tal como consta em (4).

$$D_i(kW) = CT_{pu_i} * Consumo\ equivalente \qquad (4)$$

Após, tabelou-se os valores horários de demanda em kW, como demonstrado na Tabela III.

TABELA III. CURVA DE CONSUMOS HORÁRIOS EM KW.

HORA	*Demanda (kW)*
01:00	1,367
02:00	1,032
03:00	0,907
04:00	0,858
05:00	0,874
06:00	0,881
07:00	1,449
08:00	1,663
09:00	1,739
10:00	2,034
11:00	2,139
12:00	1,926
13:00	1,906
14:00	1,919
15:00	1,758
16:00	1,673
17:00	2,074
18:00	2,222
19:00	2,981
20:00	2,866
21:00	2,922
22:00	3,286
23:00	2,636
00:00	1,916

Para determinação do sistema de geração fotovoltaica, usou-se o simulador disponível no site da Portal Solar. Informando o consumo médio mensal e a latitude aproximada onde o sistema ficará instalado, é possível obter os resultados de potência instalada do sistema, número de painéis e potência unitária dos mesmos e o custo médio para implantação do SFV. Tais dados simulados constam na Tabela IV.

TABELA IV. PARÂMETROS SIMULADOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Potência instalada (kWp)	11,38
Custo médio (R$)	46.000,00 a 56.000,00
N° de placas	34
Potência unit. placa (Wp)	330

O simulador indicou um total de 34 painéis de 330 Wp de potência unitária. Para tal potência, considerou-se o modelo CS6U-330 da *Canadian Solar*, levando em conta a boa eficiência do painel (16,97%) sob as condições padrões de teste, bem como o custo do mesmo. O valor médio do painel pesquisado foi de R$ 879,00.

O inversor escolhido para o sistema, dado a potência total dos 34 painéis, foi o modelo 12.5-3-M da *Fronius Symo*, com capacidade de conversão de até 12,5 kW. O valor médio do inversor pesquisado foi de R$ 20.690,00.

O valor da tarifa a ser considerada para simulação, de modo simplificado, foi feito fazendo a relação entre o custo total da fatura do mês em R$ pelo consumo total em kWh. Desta forma, tomando-se como referência que a fatura do mês resultou em R$ 1.527,94 e o consumo em 2,136 kWh, tem-se o valor de tarifa de 0,71 R$/kWh.

Uma visão geral dos campos técnicos e econômicos a serem preenchidos do *software HOMER* é apresentado na Fig. 3. Os dados informados serão de suma importância para o balanço final econômico, podendo tornar ou não um SFV viável.

No ícone *primary load*, o qual representa o comportamento da carga ao longo de um dia, insere-se os dados de carga em kW demonstrados na Tabela III.

No campo PV, insere-se os parâmetros referentes ao painel escolhido, tais como potência máxima de geração unitária, eficiência, custo, vida útil e número de painéis a ser considerado, podendo ainda ser levado em conta os efeitos da temperatura no comportamento do painel.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

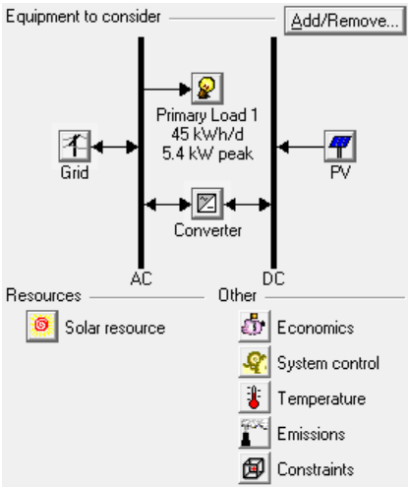


Fig 3. Parâmetros técnicos e econômicos a serem preenchidos no *software HOMER*.

Em *converter* insere-se os parâmetros do inversor a ser utilizado, como capacidade, custo e vida útil.

No ícone *Grid*, informa-se o valor da tarifa calculado a partir do custo e consumo do mês, como citado anteriormente.

O *software* ainda permite levar em conta dados reais de irradiação da localidade onde o sistema será instalado, considerando a latitude e longitude, no ícone *Solar resource*. Em *temperature* pode-se inserir os dados de temperatura médias mensais, a fim de considerar o efeito da temperatura na geração.

Por fim, na aba *economics* o *software* ainda permite inserir uma taxa para fins de comparação, tornando possível verificar o melhor investimento a ser feito pelo cliente. Neste caso, utilizou-se a taxa de juros de rendimento ao ano da poupança (4,55%), considerando o mesmo valor de investimento inicial do sistema, em um horizonte de 25 anos.

Ainda, no ícone *search space* é possível de criar um espaço de busca ou conjunto de todas as configurações possíveis do sistema, e a partir dessa tabela, o *HOMER* classificará pelo VPL.

VIII. Análise dos resultados

Simulando o sistema com os dados informados de geração, carga e tarifa da concessionária, obteve-se os resultados econômicos e técnicos do sistema.

Para o fluxo de caixa no período de 25 anos, resultou em um alto investimento inicial (ano 0), da ordem de R$ 50.576,00 para implantação do SFV, incluindo os 34 módulos fotovoltaicos e o inversor. No ano 15, prevê-se a substituição do inversor, tendo em vista sua vida útil. Portanto, se teve um custo de R$ 20.690,00. No ano 25, levando em conta que o 2° inversor ainda não chegou ao final da sua útil, o *software* calcula como sendo um faturamento proporcional ao tempo de vida do mesmo. Neste caso, como o inversor ainda tem 5 anos de sobrevida, resultaria em um lucro de R$ 6.897,00. Ainda, tem-se os custos de operação, que em valores médios anuais resultou em R$ 1.935,00. A Fig. 4 demonstra o fluxo de caixa dos 25 anos.

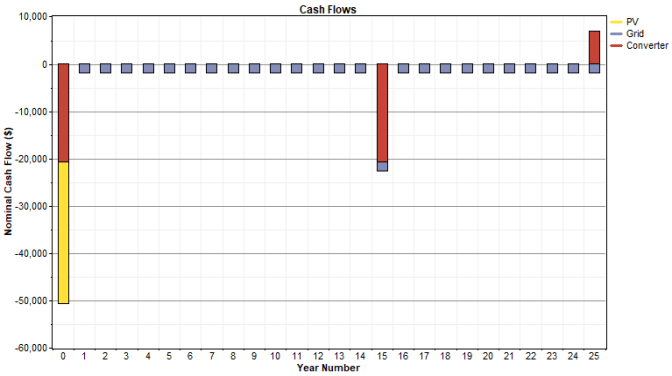


Fig 4. Fluxo de caixa do investimento.

Com o SFV implementado, tem-se um novo balanço de consumo de energia, já que haverá produção através dos painéis. Dessa forma, há um novo quadro de energia elétrica, onde pode ser observado na tabela V.

Tabela V. Quadro comparativo de energia.

Componente	*Produção (kWh/ano)*	*Porcentagem (%)*
Sistema Fotovoltaico	15,082	60
Compras da rede	9,859	40
Total	**24,942**	**100**

Como pôde-se observar na tabela acima, a energia mensal consumida é 60% provinda do SFV, e 40% proveniente da concessionária. Assim, como mostra o gráfico da Fig. 5, há um balanço entre a energia fotovoltaica (em amarelo) e da concessionária (em azul), exibindo a produção elétrica média mensal ao longo dos 25 anos.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

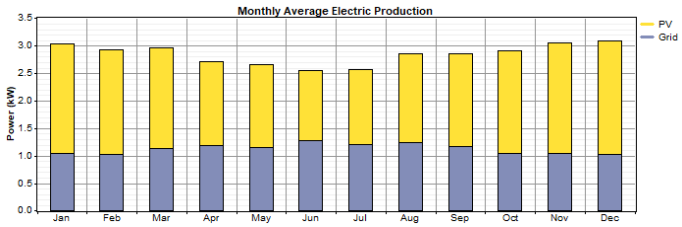


Fig 5. Média mensal de geração de energia elétrica.

Para a obtenção da energia de 15,082 kWh anual, leva-se em conta os dados expostos na Tabela VI e da Fig. 6, a qual exibe o espectro da potência gerada a partir da incidência solar horária.

Tabela VI. Produção anual de energia.

Quantidade	*Valor*	*Unidade*
Capacidade Nominal	11,2	kW
Saída Média	1,72	kW
Saída Média Diária	41,3	kWh/dia
Fator de Capacidade	15,3	%
Produção Total	**15,082**	**kWh/ano**

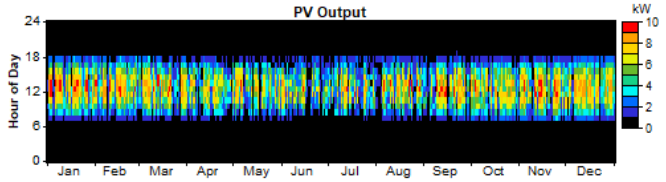


Fig 6. Espectro de saída do sistema fotovoltaico.

Como a geração dos painéis é interligada no inversor, o mesmo possuirá um espectro com a potê0ncia fornecida após a realização da inversão da potência gerada praticamente idêntico ao espectro do SFV. Na Fig. 6, a coloração azul indica uma baixa incidência solar; e a vermelha, em pontos mínimos, uma alta incidência solar.

Dessa maneira, mensalmente há tanto geração de energia quanto compra da mesma. Nos meses em que o montante de energia gerada é maior em comparação a energia demandada, o excedente é injetado para a concessionária, através do *net metering*. A tabela VII informa o quadro anual de energia elétrica e do balanço financeiro.

Tabela VII. Quadro anual energético e financeiro.

Mês	*Energia Comprada (kWh)*	*Energia Vendida (kWh)*	*Compras Líquidas (kWh)*	*Custo de Energia ($)*
Jan.	779	747	32	23
Fev.	684	636	48	34
Mar.	843	639	204	146
Abr.	848	489	359	257
Mai.	849	517	332	238
Jun.	917	390	527	377
Jul.	890	445	445	318
Ago.	917	551	366	262
Set.	843	576	267	191
Out.	781	651	130	93
Nov.	749	749	0	0
Dez.	759	765	-5	-4
Anual	**9,859**	**7,154**	**2,705**	**1,935**

Como demonstrado na Tabela VII, considerando os meses do ano, é comprado mais energia que vendido, havendo uma diferença anual de 2,705 kWh comprados da concessionária. Essa energia comprada é obtida através das diferenças das energias geradas e compradas da concessionária.

A incidência da radiação solar nas placas fotovoltaicas influencia diretamente na produção energética. Nos meses em que há predominância de calor e radiação solar, como esperado, há uma maior geração, observada na aba "Energia Vendida" da Tabela VII. Dessa forma, nos meses em que há predominância de frio, o consumidor é obrigado a comprar uma parte da energia ainda maior da concessionária.

IX. Análise Financeira

Na ótica financeira, há métodos específicos para determinar a viabilidade do projeto, como o *Payback*, VPL e TIR.

Em simulação, encontrou-se os valores contidos na tabela VIII.

Tabela VIII. *Payback*, VPL e TIR do projeto.

Payback	5,21 anos
VPL	R$87.467,00
TIR	18,4%

Observa-se que o *payback* do projeto é estimado em pouco mais de 5 anos. Tal tempo, quando diz respeito à energia fotovoltaica é otimista, uma vez que se requer um valor alto de investimento, mas que é abatido em um tempo ligeiramente curto, viabilizando a implementação do projeto.

Para fins comparativos, simulou-se um outro cenário de SFV com 38 painéis solares de 330 Wp, com capacidade de geração de 12,54 kW. Manteve-se os parâmetros anteriores relativos a preços, taxas e projeção de 25 anos. Dessa forma, o capital inicial, no ano 0, seria de R$ 54.092,00 – diferença de R$ 3.516,00 em relação ao primeiro cenário abordado. A Fig. 7 demonstra o fluxo de caixa para esse cenário.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

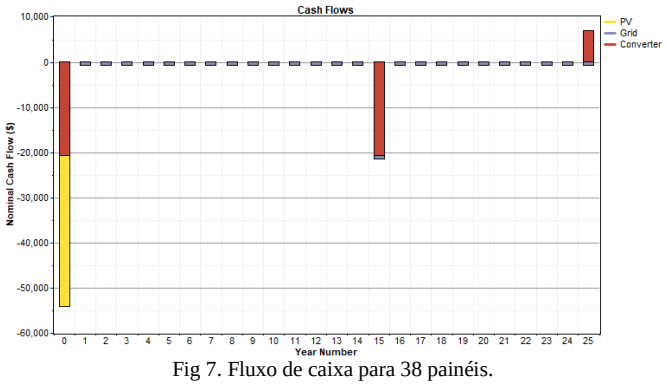


Fig 7. Fluxo de caixa para 38 painéis.

O custo de operação para este cenário sofre uma redução. Agora, o custo de operação é R$ 793,00; quase 2,5 vezes inferior ao custo do cenário anterior, que era de R$ 1.935,00. A energia comprada da rede também se reduziu consideravelmente.

Com o acréscimo de painéis, a produção, no mesmo tempo de projeção, aumentou, como demonstra a tabela IX.

Tabela IX. Produção anual para 38 painéis.

Quantidade	*Valor*	*Unidade*
Capacidade Nominal	12,5	kW
Saída Média	1,92	kW
Saída Média Diária	46,2	kWh/dia
Fator de Capacidade	15,3	%
Produção Total	**16,857**	**kWh/ano**

Como se trata do mesmo local, sob as mesmas condições, o espectro de saída do SFV não é alterado. Porém, há mudanças no quadro anual energético e financeiro. Dada a ligação trifásica na escola, a escola terá que pagar (consumindo ou não) o valor de demanda de 100 kWh/mês. Logo, para esse sistema, como observa-se na tabela X, a escola pagará à concessionária uma demanda equivalente a 1,108 kWh.

Tabela X. Quadro energético e financeiro para 38 painéis.

Mês	*Energia Comprada (kWh)*	*Energia Vendida (kWh)*	*Compras Líquidas (kWh)*	*Custo de Energia ($)*
Jan.	*764*	*888*	*-125*	*-89*
Fev.	*671*	*758*	*-87*	*-63*
Mar.	*828*	*768*	*61*	*43*
Abr.	*834*	*592*	*242*	*173*
Mai.	*836*	*622*	*213*	*152*
Jun.	*903*	*474*	*429*	*307*
Jul.	*875*	*539*	*336*	*240*
Ago.	*901*	*663*	*238*	*170*
Set.	*829*	*690*	*139*	*100*
Out.	769	785	-16	-11
Nov.	736	890	-154	-110
Dez.	748	916	-168	-120
Anual	**9,693**	**8,585**	**1,108**	**793**

No período de análise (25 anos), a escola consumirá da rede uma média anual equivalente a 9,693 kWh, gerando 8,585 kWh. Tal configuração se aproxima do ideal dado a condição de autoconsumo. Ainda, os resultados dos métodos de análise financeira sofrem um impacto positivo, quando comparado ao cenário anterior, como se observa na tabela XI.

Tabela XI. *Payback*, VPL e TIR do projeto para 38 painéis.

Payback	4,98 anos
VPL	$ 74.131,00
TIR	19,3%

Deste modo, a implementação de um SFV se tornaria mais vantajoso com 38 painéis, uma vez que se tem um melhor *payback* e TIR, além do VPL ser menor; se comparado ao primeiro cenário abordado com 34 painéis.

II. Observações Finais

Como abordado nesse estudo de caso, o custo da implementação de um sistema solar fotovoltaico na escola em questão será abatido em um período otimista de no máximo 5 anos, viabilizando o projeto. Como consequência da Geração Distribuída, a escola teria lucro devido aos incentivos da GD através do *net metering*. A escola receberia créditos da concessionária para a compra da energia, quando necessário. Dessa forma, num período de 25 anos, o retorno financeiro seria cerca de 19%, com uma TIR de 19,3%. No caso do sistema de 34 painéis, ainda que se tem um menor investimento inicial, o SFV não se encontra no cenário ideal para implementação do sistema. Apesar disso, ambas situações simuladas possuem um retorno satisfatório de investimento no período abordado, viabilizando a implementação do sistema solar fotovoltaico na escola.

III. Referências

[1] ABSOLAR, "Energia fotovoltaica atinge marca de 350MW em micro e minigeração distribuída no Brasil". 2018. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/energia-fotovoltaica-atinge-marca-de-350mw-em-micro-e-minigeracao-distribuida-no-brasil.html>. Acesso em: 4 out. 2018.

[2] ABSOLAR. "Fonte solar mantém dianteira na geração distribuída". 2017. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/fonte-solar-mantem-dianteira-na-geracao-distribuida-.html>. Acesso em: 20 set. 2018.

[3] E. B. Pereira et al., "Atlas Brasileiro de Energia Solar". 1 ed. São José dos Campos, 2006.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[4] CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Alternativas Energéticas: uma visão Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

[5] E. Almeida et al., "Energia solar fotovoltaica".

[6] J. Imhoff, "Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos", Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

[7] L. L. C. dos Santos, "Metodologia para análise da tarifa branca e da geração distribuída de pequeno porte nos consumidores residenciais de baixa tensão", Santa Maria, 2014.

[8] SEVERINO, M.& OLIVEIRA, M. Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

[9] T. G. Lucca, "Análise da viabilidade técnica e econômica para a inserção de módulos fotovoltaicos em uma microrrede particular", Santo Ângelo, 2017.

[10] R. A. Paula, E. C. Junior, C. C. Costa. O cálculo do Valor Presente Líquido com tratamento do risco através do método de simulação de Monte Carlo. Rio de Janeiro – RJ, ANPAD, 2007.

[11] RN 482. Resolução Nomativa no 482. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2017.

[12] RN 687; Resolução Normativa nº 687. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2017.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo de Caso Viabilizando a Eficiência Energética

Denise Hartmann; Eduardo Bernardi; Jeferson do Amarante Junior; Nelson Knak Neto
UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
dehartmann@hotmail.com; eduardobernardi@aluno.santoangelo.uri.br; jefersondoamarantejunior@hotmail.com; nelsonknak@san.uri.br

Resumo: **Um aspecto fundamental da implantação de uma estratégia de desenvolvimento baseada na sustentabilidade é que o paradigma deve englobar, de forma integrada, as dimensões políticas, econômicas, sociais, tecnológicas e ambientais, e orientar-se pela procura de soluções de caráter amplo para o desenvolvimento das populações mundiais.**

***Palavras-chaves* —Eficiência Energética, tarifa, solar, chuveiro.**

II. Introdução

Considerando a difusão e o crescimento do consumo de energia elétrica a nível nacional, a utilização de forma sustentável se tornou um tema bastante discutido para desenvolvimento de análises [1]. A eficiência energética agrega mais benefícios no modo ambiental, social e econômico.

A utilização racional de energia chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado.

Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Com o auxilio de estudos de caso, viabilizou a introdução de modelos de racionalização e conscientização da energia elétrica, trazendo maneiras simples e eficazes de fazer.

As mudanças dos hábitos estão nas pequenas atitudes, procurou-se trazer modelagens diferentes, porém que pode agregar bastante aos consumidores, visto que, ambos os casos estudados não há necessidade de grandes investimentos, com a análise de diferentes cenários procurou uma proposta viável no estudo de cada caso.

III. Referencial Teórico

De acordo com a Lei no 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas a aplicar, anualmente, o valor equivalente a 0,50% de sua receita operacional líquida - ROL no desenvolvimento de programa para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica, através de projetos executados em instalações de consumidores.

Com o aumento e controle sobre a eficiência, espera-se o uso mais racional de energia e o aperfeiçoamento constante dos equipamentos e sistemas, já que os níveis mínimos podem se alterar com o tempo para reforçar evoluções.

Segundo dados da Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o setor industrial é o maior consumidor de toda a energia elétrica produzida, utilizando 44,6% do total, depois vem as residências, com 27% e o comércio com quase 14%. O restante fica por conta do setor rural, iluminação pública, órgãos do governo e outros.

O diagnóstico energético veio para nortear o desenvolvimento de um projeto de eficiência energética, onde deverá ser identificado uma oportunidade de tornar mais eficiente o consumo de energia de determinada instalação.

Em geral, os consumidores atendidos em baixa tensão não possuíam alternativas de tarifação, ou seja, eram faturados de uma única forma, qual seja, tarifa linear aplicada à energia medida, sem distinção horária. Tal limitação inibe a capacidade de escolha entre os diferentes bens que lhes são oferecidos. [2]

Em questão disso, a ANEEL vem implementando a tarifação branca, que tem por objetivo permitir o gerenciamento da demanda energia durante os horários de pico (maior consumo de energia elétrica), incentivando o consumo para horários que não possui grande utilização da rede da concessionária.

A modalidade tarifária horária branca é aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, sendo caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e segmentada em três postos tarifários, considerando-se o seguinte:

I – uma tarifa para o consumo de energia (R$/MWh) para o posto tarifário ponta;

II – uma tarifa para o consumo de energia (R$/MWh) para o posto tarifário intermediário;

III – uma tarifa para o consumo de energia (R$/MWh) para o posto tarifário fora de ponta.” [3]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

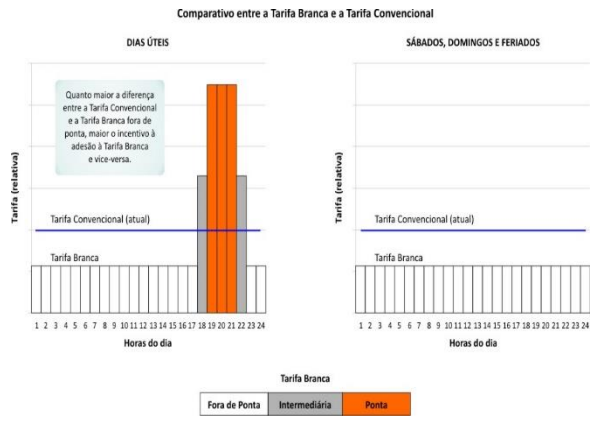
O horário de ponta define-se por um período composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi. [3]

O intermediário explica-se por uma hora antes e uma após ao horário de ponta.

O fora de ponta será o horário complementar ao de ponta e ao intermediário.

A figura 2 demonstra quais os horários um comparativo em R$/MWh das tarifas convencional e branca entre os dias úteis e fins de semana e feriados. Enquanto a tarifação convencional possui um valor constante durante os horários do dia, a tarifa branca possui um custo diferenciado para cada horário.

Figura 26 - Comparativo entre a tarifa convencional e a tarifa horária branca



Fonte: (ANEEL, 2017a)

A nova tarifa esta desde de janeiro de 2018 com adesão opcional e sem custos para o consumidor. Buscou-se um estudo em cima das tarifas, pois um dos casos estudados se fará necessário.

IV. METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados os principais dados, informações e características de dois projetos de eficiência energética desenvolvidos sob o âmbito educacional.

Nesse contexto, dentre as diversas possibilidades, foram escolhidos um conjunto de dois estudos sobre eficiência energética, distribuídos em diferentes setores econômicos.

Assim são apresentados dois estudos no setor residencial e um no setor comercial.

O caso 1 da pesquisa, ficou restrito o estudo a um empreendimento comercial, na cidade de Santo Ângelo, RS, mas podendo vir ser aplicado em qualquer outro empreendimento, desde que caracterizado de maneira semelhante.

O setor comercial, embora não seja o de maior peso na matriz energética brasileira, é aquele que apresenta maior relação entre os consumos de energia, em razão do fato de a iluminação artificial e do ar condicionado ambiental totalizarem algo entre 45 e 70% do setor. O setor comercial representa 2,9% do consumo final energético no Brasil em 2008. A seguir será apresentado os resultados obtidos no primeiro caso estudado.

O caso 2, desenvolverá uma analogia a substituição de chuveiros elétricos por coletores solares em uma determinada residência, aonde o chuveiro elétrico representa cerca de 22% do consumo residencial.

V. ESTUDO DE CASO

CASO 1 – Empreendimento comercial no Estado do Rio Grande do Sul

Uma determinada empresa com atividades comerciais, requisitou uma análise do consumo mensal de energia elétrica. Para diminuição do mesmo, analisou-se o que era gasto por cada equipamento, levando-se em consideração o sua potência em Watts e a quantidade de horas de uso. Também se levou em consideração o horário em que a empresa atua, verificando se há vantagens em adesão à tarifa branca.

A empresa, consumidora de BT, pertencente do subgrupo B3, tem a RGE como seu fornecedor de energia elétrica. Após levantamento desses dados analisou-se o horário de atuação da empresa, que ocorre das 08:00 às 12:00 e das 13:00 às 18:00 de segunda à sexta.

A concessionária tem-se os horários definidos como:

- Horário de Ponta: 18:00 às 21:00
- Horário Intermediário: 17:00 às 18:00 – 21:00 às 22:00
- Horário Fora de Ponta: 00:00 às 17:00 – 22:00 às 24:00

A Figura 2 tem como exemplo os valores das tarifas da concessionária RGE disponibilizados pela ANEEL na Resolução Homologatória nº 2.218 da ANEEL (2017b) no seu último reajuste tarifário.

Figura 27 - Valores da tarifa aplicável para o Subgrupo B3 da concessionária RGE

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

SUBGRUPO	MODALIDADE	CLASSE	SUBCLASSE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO			TARIFAS BASE ECONÔMICA		
					TUSD		TE	TUSD		TE
					R$/kW	R$/MWh	R$/MWh	R$/kW	R$/MWh	R$/MWh
B3	BRANCA	NA	NA	P	0,00	452,26	320,52	0,00	449,99	328,70
				INT	0,00	300,34	206,97	0,00	296,97	215,00
				FP	0,00	148,42	206,97	0,00	143,95	215,00
	CONVENCIONAL	NA	NA	NA	0,00	199,06	216,43	0,00	194,95	224,47

Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2017b)

Para compor o valor da tarifa da concessionária para ambas modalidades tarifárias, utilizou-se a Equação (1):

$$Tarifa\left(\frac{R\$}{kWh}\right) = TUSD + TE \quad (1)$$

Com os valores de TUSD e TE da concessionária RGE transformou-se os valores de R$/MWh para R$/kWh e considerando a Equação (1), construiu-se uma tabela com os valores do kWh para cada modalidade tarifária conforme tabela 2.

Tabela 1 - Valor kWh da concessionária RGE

B3 - Comercial				
CONCESSIONÁRIA	**CONVENCIONAL**	**BRANCA**		
		Ponta	Intermediário	Fora de Ponta
RGE	R$0,42758	R$0,74236	R$0,48565	R$0,34448

Fonte: Autor

A tabela 3 nos traz os equipamentos que a empresa possui com seus respectivos consumos.

Tabela 2 - Equipamentos e seus respectivos consumos

Quantidade	**Equipamento**	**Potência Consumida**
1	Alarme	30 W
1	Bebedouro Água	85 W
6	Computadores (Desktop)	1200 W
1	Climatizador 9.000 BTU	1000 W
1	Climatizador 12.000 BTU	1400 W
1	Climatizador 18.000 BTU	2600 W
1	Impressora LaserJet	375 W
1	Impressora Fiscal	25 W
6	Monitor Led 19"	150 W
6	Lâmpadas LED	60 W
1	Máquina de Cartão	15 W
1	Modem Internet	12 W
1	Switch 24 Portas	25 W
2	Roteador Wi-Fi	10 W
3	Telefone Sem Fio	15 W

Fonte: Autor

Na tabela 4, tem-se os horários e o total de horas que são utilizados por dia.

Tabela 3 - Horas de funcionamento de cada equipamento

Qtde.	Equipamento	Horário de Funcionamento	Tempo Médio
1	Alarme	00:00 às 23:59	24 horas
1	Bebedouro Água	00:00 às 23:59	24 horas
6	Computadores (Desktop)	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Climatizador 9.000 BTU	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Climatizador 12.000 BTU	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Climatizador 18.000 BTU	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Impressora LaserJet	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Impressora Fiscal	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
6	Monitor Led 19"	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
6	Lâmpadas LED	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Máquina de Cartão	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Modem Internet	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
1	Switch 24 Portas	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
2	Roteador Wi-Fi	08:00 às 12:00 13:30 às 18:00	8,5 horas
3	Telefone Sem Fio	00:00 às 23:59	24 horas

Fonte: Autor

Utilizou-se a Equação (2) para calcular a potência de cada equipamento em um determinado tempo, considerando o tempo médio de funcionamento.

$$Pt = P * tm, \quad (2)$$

no qual, P representa a potência do equipamento em Watts e tm corresponde ao tempo médio em horas calculado através da Equação (3):

$$tm = t/60, \quad (3)$$

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

em que *t* é o tempo médio em minutos que o equipamento permanece ligado.

Após o cálculo, obteve-se o consumo em kWh/dia, que corresponde à 64,968 kWh. Multiplicando por 30 (dias)

obtém-se o valor de 1949,04 kWh/mês. Na tabela 5, tem-se os valores comparando as duas opções tarifárias.

Tabela 4 - Cálculo da Fatura

Cálculo da Fatura de Energia Elétrica	
Consumo Total (kWh/mês)	1949,04
Tarifa Convencional	R$833,37
Tarifa Branca	R$706,26

Fonte: Autor

As tabelas 6 e 7 trazem os valores calculados por hora do consumo em kWh e do valor pago por hora.

Tabela 5 - Consumo detalhado em horas na Tarifa Convencional

Convencional			
Horas	**Valor (R$/kWh)**	**Consumo (kWh)**	**Total**
01:00	0,42758	0,13	R$0,05559
02:00	0,42758	0,13	R$0,05559
03:00	0,42758	0,13	R$0,05559
04:00	0,42758	0,13	R$0,05559
05:00	0,42758	0,13	R$0,05559
06:00	0,42758	0,13	R$0,05559
07:00	0,42758	0,13	R$0,05559
08:00	0,42758	0,13	R$0,05559
09:00	0,42758	7,002	R$2,99392
10:00	0,42758	7,002	R$2,99392
11:00	0,42758	7,002	R$2,99392
12:00	0,42758	7,002	R$2,99392
13:00	0,42758	0,13	R$0,05559
14:00	0,42758	7,002	R$2,99392
15:00	0,42758	7,002	R$2,99392
16:00	0,42758	7,002	R$2,99392
17:00	0,42758	7,002	R$2,99392
18:00	0,42758	7,002	R$2,99392
19:00	0,42758	0,13	R$0,05559
20:00	0,42758	0,13	R$0,05559
21:00	0,42758	0,13	R$0,05559
22:00	0,42758	0,13	R$0,05559
23:00	0,42758	0,13	R$0,05559
24:00	0,42758	0,13	R$0,05559

Fonte: Autor

Tabela 6 - Consumo detalhado em horas na Tarifa Branca

Branca			
Horas	**Valor (R$/kWh)**	**Consumo (kWh)**	**Total**
01:00	0,34448	0,13	R$0,04478
02:00	0,34448	0,13	R$0,04478
03:00	0,34448	0,13	R$0,04478
04:00	0,34448	0,13	R$0,04478
05:00	0,34448	0,13	R$0,04478
06:00	0,34448	0,13	R$0,04478
07:00	0,34448	0,13	R$0,04478
08:00	0,34448	0,13	R$0,04478
09:00	0,34448	7,002	R$2,41205
10:00	0,34448	7,002	R$2,41205
11:00	0,34448	7,002	R$2,41205
12:00	0,34448	7,002	R$2,41205
13:00	0,34448	0,13	R$0,04478
14:00	0,34448	7,002	R$2,41205
15:00	0,34448	7,002	R$2,41205
16:00	0,34448	7,002	R$2,41205
17:00	0,34448	7,002	R$2,41205
18:00	0,48565	7,002	R$3,40052
19:00	0,74236	0,13	R$0,09651
20:00	0,74236	0,13	R$0,09651
21:00	0,74236	0,13	R$0,09651
22:00	0,48565	0,13	R$0,06313
23:00	0,34448	0,13	R$0,04478
24:00	0,34448	0,13	R$0,04478

Fonte: Autor

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

CASO 2 – Estudo de praticas de eficiência energética em uma residência

Um cliente residencial de baixa renda, solicitou que fossem realizadas práticas de eficiência energética em suas instalações residenciais. Ao chegar no local constatou-se que o equipamento mais significativo para o consumo de energia elétrica era o chuveiro elétrico, pois apresentava uma potência de 6.800W e de acordo com informações passadas pelo cliente, a temperatura do chuveiro desde sua instalação sempre esteve no modo aquecimento máximo.

Os demais equipamentos apresentavam bom funcionamento e classe de potencia (A) de acordo com a tabela INMETRO, não necessitando efetivamente de um estudo de viabilidade em relação ao consumo de energia elétrica.

Tabela 8 – Marcas de Chuveiro e Características -INMETRO

MARCA	FAMÍLIA	MODELO	TENSÃO (V)	POTÊNCIA (W)	CLASSE DE POTÊNCIA
LORENZETTI		MAXI DUCHA	127	3200	B
			127	4500	C
			127	5500	D
			220	3200	B
			220	4500	C
			220	5500	D
		MAXI DUCHA TURBO	127	5500	D
			220	5500	D
		RELAX	127	4500	C
			127	5500	D
			220	4500	C
			220	5500	D
	4 TEMPERATURAS	BELLA DUCHA	127	5500	D
			220	6800	E
		BELLA DUCHA	127	4800	D
			127	5500	D
			220	6800	E
		DUCHA ADVANCED MULTITEMPERATURAS	127	5500	D
			220	6000	E
		DUCHA ADVANCED MULTITEMPERATURAS	220	7500	F
		DUCHA ADVANCED TURBO MULTITEMPERATURAS	127	5500	D
			220	6000	E
			220	7500	F
		DUCHA FASHION	127	5500	D
			220	6800	E
			220	7500	F

Fonte- INMETRO

Em primeiro momento foram realizados cálculos para determinação do número pessoas moravam na residência, determinado assim, a frequência dos banhos e a quantidade aproximada de litros de água gastos por banho, estas informações serviram como base para o cálculo dos gastos que chuveiro existente proporcionava, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Utilização do Chuveiro Elétrico

Nº de CONSUMIDOR	MÉDIA DE BANHOS/ DIA	TEMPO EM MINUTOS/ BANHO	MINUTOS/ DIA	LITROS / DIA – Vazão 3.2L/min	MIN/ MÊS
CONSUMIDOR 01	1	10	10	32	300
CONSUMIDOR 02	2	10	20	64	600
CONSUMIDOR 03	1	20	20	64	600

Fonte- Autor

$$Energia\ Consumida = \frac{P(W)}{1000}\ X\ T\ (horas/mês)$$

$$Energia\ Consumida = \frac{6.800W}{1000}\ X\ 25horas$$

$$Energia\ Consumida\ durante\ o\ mês = 170\text{kW/h}$$

Custo médio do kW/h= R$0,63

$$Valor\ total\ durante\ um\ mês:$$
$$= kW/h\ X\ Custo\ Médio\ do\ kW/h$$

Valor Total durante um mês:
$$= \mathbf{170kW/h\ X\ R\$\ 0,63}$$
$$= \mathbf{R\$\ 107,10}$$

Em segundo momento foi proposto a substituição do chuveiro de 6.800W por outro de 4.400W, para verificação da diferença de valores mensais. Desta forma, o chuveiro mais indicado para redução de valores, seria o SINTEX da Família Nova Ducha, 4.400W – Classe de Potência C.

O valor médio do investimento para aquisição de um chuveiro desta marca e características ficaria em torno de R$38,90.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Tabela 10 – Marcas de Chuveiro e Características - INMETRO

MARCA	FAMÍLIA	MODELO	TENSÃO (V)	POTÊNCIA (W)	CLASSE DE POTÊNCIA
SINTEX	BANHO QUENTE	DUCHA BANHO QUENTE 4T	127	5500	D
			220	6500	E
	ELETRÔNICA	DUCHA ELETRÔNICA	127	5400	D
			220	6500	E
	NOVA DUCHA	NOVA DUCHA	127	4400	C
			127	5500	D
			220	4400	C
			220	5500	D
TRAMONTINA	SENSEPLUS	SENSEPLUS 4 TEMPERATURAS	127	5500	D
			220	6500	E
	SENSETOP	SENSETOP ELETRÔNICA	127	5400	D
			220	6500	E
	SENSEDAY	SENSEDAY	127	4400	C
			127	5500	D
			220	4400	C
			220	5500	D

Fonte- INMETRO

Utilizando-se a mesma Tabela 9 do caso anterior, pode-se calcular e determinar do chuveiro de 4.400W.

$$Energia\ Consumida = \frac{P(W)}{1000}\ X\ T\ (horas/mês)$$

$$Energia\ Consumida = \frac{4.400W}{1000}\ X\ 25horas$$

$$Energia\ Consumida\ durante\ o\ mês = 110\text{kW/h}$$

Custo médio do kW/h= R$0,63

$Valor\ total\ durante\ um\ mês$:

$$= kW/h\ X\ Custo\ Médio\ do\ kW/h$$

Valor Total durante um mês:

$$= \mathbf{110kW/h\ X\ R\$\ 0,63 =\ R\$\ 69,30}$$

Ao realizar a análise da diferença entre os dois chuveiros, durante um mês, constatou-se que a substituição do chuveiro de 6.800W por outro de 4.400W, implicaria em uma economia de aproximadamente R$ 37,80 mensal, porém diminuindo-se a potencia chuveiro, reduziria também o aquecimento se comparado com o já instalado e de maior potencia, ficando então a escolha a critério do cliente.

Em outro momento pensou-se em utilizar um sistema de aquecimento de água com um sistema solar, por ser uma energia limpa, econômica e sustentável.

Funcionamento: Com a utilização das placas solares é realizada a coleta e absorção da radiação solar, então os raios solares atravessam o vidro do coletor que esquenta as aletas, pintadas com uma tinta especial e escura que auxilia na assimilação máxima da radiação solar. O calor captado, é logo transferido para a água que circula nas tubulações, e esta é encaminhada para o reservatório de água. Os painéis coletores podem ser instalados sobre lajes e telhados, e sua quantidade varia de acordo com o tamanho do reservatório térmico. No Brasil, as placas tendem a ficar inclinadas para o norte, dessa forma, recebem mais luz solar aumentando a performance do sistema. [5]

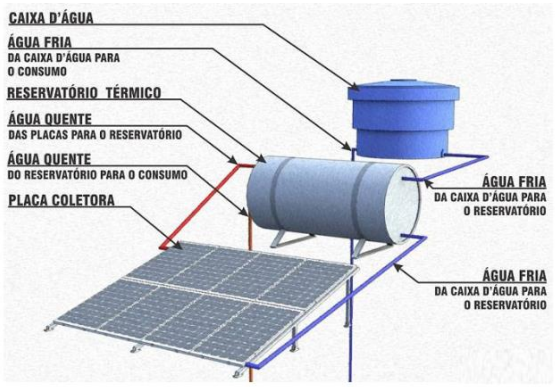


Figura 4 – Sistema de Aquecimento de Água.- Fonte Aidê Arquitetura

A Capacidade do Reservatório Térmico deve ser proporcional à demanda diária de água quente. Para o dimensionamento do volume de água quente a ser consumido é necessário levar em consideração os pontos de utilização de água quente que serão conectados ao sistema e o número total de usuários.

Conforme a Norma NBR 15569, o tempo de uso da ducha é de aproximadamente 10 minutos por pessoa. No entanto, para o caso da residência que estava sendo analisada, o tempo máximo foi de 20 minutos e o tempo mínimo 10 minutos, utilizando-se então para fins de cálculos para uma maior exatidão os valores passados pelos consumidores o é previsto em norma.

Para suprir os dias de baixa radiação solar, baixas temperaturas ou até mesmo em dias onde o consumo de água quente excedeu ao dimensionado, os reservatórios térmicos são equipados com resistências elétricas, com acionamento automático através de um termostato que aciona a uma temperatura aproximada de 45 °C e desliga a uma temperatura aproximada de 55 °C, porém em alguns casos pode-se optar também em instalar o sistema sem o controle de temperatura, utilizando-se desta forma o próprio chuveiro elétrico como forma de garantia de aquecimento da água. [6]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Considerando-se uma vazão de 3,2 litros/minutos x 50 minutos diários de banho, temos então que o resultado total do consumo de água quente é igual a 160 litros diários. Neste caso, é aconselhável a aquisição de um reservatório térmico com capacidade igual ou superior a 200 litros.

Coletor Solar: Para o cálculo da quantidade de coletores solares necessários para uma instalação, deve ser realizado o cálculo em função do modelo do coletor solar, do local e das condições da instalação.

Figura 5 – Coletor Solar –Fonte Soletrosol

Normalmente, a quantidade de coletores solares é proporcional ao volume de água a ser aquecida, seguindo a relação de 1m² de área coletora para cada 100 litros, embora sejam possíveis várias combinações dependendo da localidade da instalação, para o dimensionamento deve-se seguir a tabela 11.

Tabela 11 – Volume de Água Quente x m² de Área Coletora

Volume	Área coletora
200 litros	2 m²
300 litros	3 m²
400 litros	4 m²
500 litros	5 m²
600 litros	6 m²
800 litros	8 m²
1000 litros	10 m²

Fonte -Soletrosol

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Eficiência energética está sendo um tema bastante discutido atualmente no Brasil, devido aos problemas hídricos, e consequentemente elétricos. Por isso buscou-se fazer a análise proposta neste trabalho para enfatizar a importância da utilização racional de energia.

Foi possível avaliar com discriminação o uso da energia de forma ampla, analisando diferentes cenários.

Através dos cálculos realizados, constatou-se que a melhor opção de bandeira tarifária a ser escolhida será a Tarifa Branca, pois o cliente não possui consumo elevado (principal) em horário de ponta, sendo assim o mais caro, e tendo o seu consumo na maior parte do tempo em horário fora de ponta, que tem um valor menor que o de tarifa convencional.

O custo de um sistema de aquecimento de água solar com reservatório de 200 litros, coletor de 2m² e demais acessórios, custa em média no mercado R$1.950,00 podendo chegar a R$ 2.550,00. Desta forma constatou-se que o modo mais viável para realização de práticas de eficiência na energética na residência seria então, a substituição do chuveiro de 6.800W por outro de 4.400W e com o valor da diferença R$ 37,80 mensal entre os chuveiros, se guardados em uma conta poupança, em aproximadamente quatros anos se pagaria um sistema de aquecimento solar, proporcionando assim quase que redução total dos gastos relacionados a aquecimento de água na residência, outra opção também, seria o investimento imediato sem a necessidade de espera para aquisição do sistema, sendo que para este caso deve-se levar em consideração as condições financeiras do cliente.

III. REFERÊNCIAS

[1] Eficiência Energética aplicada a Instalações Elétricas Residências – Repositório Universidade Federal do Rio de Janeiro

[2] **Nota Técnica nº 361/2010-SRE-SRD/ANEEL** Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica - Modalidades e postos tarifários. Brasília, 2010c. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/documento/nota_tecnica_361_2010-sre-srd-aneel.pdf>. Acesso em: 04 maio. 2018

[3] **AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL** Resolução Normativa Nº 479, de 3 de Abril de 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2012479.pdf/a89312fe-a5d7-4151-96be-95765ea2ce03?version=1.0>. Acesso em: 04 maio. 2018

[4] PROCEL – **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso no Setor Elétric**o. 2007

[5] Sprenger, R. L. (2007). Aplicação Do Sistema Fechado No Aquecedor Solar De Água De Baixo Custo Para Reservatórios Residenciais Isolados Termicamente : Concepção E Comissionamento De Um Sistema-Piloto De Testes, 105 f.

[6] Solar, A., Manual, E., Solar, A., & Tempersol, A. S. (n.d.).

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo de Viabilidade Econômica na Implementação de Sistema Fotovoltaico em um Consumidor Comercial

Davi Elias Arend Heiderich, Mariluce Castanho Ferreira, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
daviheiderich@gmail.com; castanhomari@gmail.com, nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — Com o aumento da demanda por energia elétrica, observou-se a necessidade de um estudo sobre os tipos de fontes de energia na disciplina de Geração de Energia. Foi realizado um estudo de viabilidade econômica na implementação de um sistema fotovoltaico em um consumidor comercial. Para aproximar o estudo da realidade, analisou-se a conta de energia elétrica do consumidor. Pesquisou-se a marca dos painéis e do inversor a ser utilizado na simulação assim como as principais características de cada um. Para a simulação e analise de resultados utilizou-se como ferramenta o software Homer, onde efetuou-se ajustes técnicos para uma melhor análise dos resultados. Os dados obtidos foram positivos na questão econômica de uma possível implementação dos painéis escolhidos para o estudo.**

***Palavras-chaves* — Geração de energia, Energia Solar, Viabilidade Econômica.**

I. Introdução

Com o aumento da demanda por energia elétrica, houve a necessidade de ampliar a matriz de geração a fim de suportar novas cargas e possibilitar o abastecimento ininterrupto, evitando apagões.

As fontes de geração tem se diversificado ao longo dos anos, passando de fontes extremamente poluentes, a fontes renováveis em ascensão. O sistema de energia solar vem sendo cada vez mais utilizado no sistema de energia elétrica, tendo se desenvolvido tecnologicamente a fim de se adequar as necessidades modernas e tornando-se uma alternativa cada vez mais viável economicamente.

A utilização de geração distribuída vem sendo ampliada no Brasil a partir da resolução n° 482 [1] da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. A partir dessa resolução os consumidores que contam com geração distribuída podem obter creditos de energia junto às concessionárias de energia, as quais utilizam a energia excedida através das micro unidades geradoras para abastecer os demais clientes.

A fim de seguir o ritmo da ampliação da matriz de geração distribuída e aprimorar os estudos sobre a implantação, surgiram diversos softwares de modelagem, facilitando o projeto e estudar as melhores tipologias de equipamentos a serem instalados posteriormente. O software Homer é um software utilizado normalmente em projetos de geração distribuída, principalmente fora do Brasil.

O estudo de viabilidade econômica na implantação de sistemas fotovoltaicos é de suma importância, visto que nem sempre é possível, de maneira técnica e econômica, a implementação do sistema, sendo necessário levar em conta os dados de irradiação solar, perfil de consumidor, carga demandada e ligação com a rede.

Esse trabalho aborda um estudo de comparação de implantação com placas solares de diferentes potências solares. Estudando o valor e necessário para implementação bem como a viabilidade das mesmas em consumidor comercial.

II. Referencial Teórico

1) *Geração Distribuída*:

O consumo de energia no Brasil e no mundo cresce a cada ano, onde o sistema elétrico de um país deve suportar e se adequar a esse crescimento. Ao longo do tempo, e com o desenvolvimento tecnológico, foi possível observar que a geração de energia próxima aos centros de consumo era viável, tendo em vista que não necessitavam de grandes linhas de transmissão. Com a resolução n° 482 da ANEEL em 2012 os sistemas de micro o e mini geração distribuída foram normatizados. Nesta mesma resolução foi criado o sistema de compensação, onde o sistema de geração distribuída injeta a energia excedente na rede e recebe créditos de energia, os

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

quais são abatidos da fatura de energia e acumulados por até 60 meses caso o usuário venda mais energia para a rede do que consome. [1]

Uma das principais fontes de mini e micro geração é a solar. O Brasil possui uma ótima incidência solar, possuindo valores maiores que a Alemanha, país referência neste tipo de geração. O principal entrave para a expansão dessa fonte de geração é o custo, ainda muito elevado, sendo inviável em alguns casos a sua implementação. [2]

Apesar de andar a passos lentos, o Brasil já conta com diversas unidades de micro e mini geração, as quais são instaladas em empresas, indústrias e algumas residências.

Uma das principais características na micro e minigeração é a viabilidade econômica, já que o principal objetivo dessa forma de geração é a economia obtida na fatura de energia, onde certo montante é investido, e recuperado em um período de tempo. Esse período de tempo deve ser analisado, a fim de observar se o investimento é, ou não, viável.

2) Energia solar:

A energia solar é a forma mais abundante de energia no planeta Terra. Com a grande fonte geradora, o sol, emitindo energia em um ciclo ininterrupto, a Terra recebe grandes quantidades dessa energia, as quais são desperdiçadas pelo simples fato desta fonte de energia ser pouco utilizada nos dias atuais.

A energia solar é uma energia limpa, que não necessita ser transportada ao local de geração, e que, na geração de energia elétrica, pode ser utilizada próximo aos centros consumidores, evitando utilizar um complexo sistema de transmissão. [3]

3) Software Homer:

O software Homer é uma ferramenta paga, utilizada para modelagens de geração distribuída. Desenvolvido pela National Renewable Energy Laboratory (NREL), possibilitando a realização de projetos utilizando as mais variadas fontes de geração de energia, principalmente as provenientes de fontes renováveis.

O software permite fazer comparações entre as fontes de energia disponíveis, considerando sistemas isolados ou conectados a rede de energia local, considerando um período pré-definido de tempo, onde, para o qual, são apresentados os resultados mais promissores e economicamente viáveis, possibilitando observar quais serão os gastos e os possíveis retornos financeiros.

Utilizando dados de satélites, o Homer utiliza a localização geográfica do local a ser estudado para determinar fatores como irradiação solar e velocidade dos ventos, como também considerar impactos ambientais, no caso de fontes não renováveis e também o volume de combustível utilizado por essas fontes. Ao final do período pré-definido é possível observar os valores de gastos com implantação, manutenção, reposição e combustíveis, como também a possível economia gerada neste período. O software tem a opção de utilizar diversas moedas, sendo necessário definir os valores de cada equipamento utilizado. [4]

4) Painéis Solares:

No ano de 1839 um físico Francês chamado Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico ao verificar que placas metálicas, de platina ou prata, produziam uma diferença de potencial quando mergulhadas em um eletrólito e expostas a luz do sol.

Ao passar dos anos e com a descoberta e evolução dos semicondutores, a tecnologia fotovoltaica foi se aprimorando, e com a corrida espacial a célula fotovoltaica foi utilizada a fim de substituir baterias e pilhas nas espaçonaves e satélites.

Com diversas formas de apoio, o sistema fotovoltaico cresceu e se mostra viável a uma serie de situações, sendo empregado deliberadamente em alguns países. A tecnologia dos painéis fotovoltaicos esta longe de ser a mais eficiente, entretanto com a evolução da tecnologia há painéis que beiram os 20% de eficiência em estudos de laboratório, com valores econômicos mais acessíveis aos compradores finais. [5]

5) Inversores:

Os inversores de frequência são equipamentos capazes de realizar a conversão de correntes continua para alternada ou corrente alternada para corrente continua. Nos sistemas fotovoltaicos os inversores são dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de corrente continua [6].

A energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente continua, o que torna inviável o emprego direto da energia gerada através dos módulos fotovoltaicos, visto que geralmente as cargas são alimentadas em corrente alternada. Para solucionar este problema, se utiliza os inversores, os quais transformam a corrente continua em corrente alternada, com tensão compatível com a rede elétrica local, além de ajustar a frequência da tensão de saída [7].

III. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Esse trabalho teve como tipo de estudo a viabilidade econômica para um consumidor comercial no município de Caibaté/RS. E como fonte de energia considerou-se solar e rede, com tarifa convencional.

Na primeira etapa analisou-se a nota fiscal de energia elétrica. Tendo como consumo médio mensal de 4419 kWh, com conexão trifásica. Verificou-se o preço da tarifa de R$

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

0,46 por kWh, assim como outros impostos e cobranças adicionais.

Tendo base o consumo mensal, na segunda etapa realizou-se uma pesquisa de preços, eficiência, Coeficiente de temperatura, qualidade tanto do painel solar quanto do inversor. Onde decidimos optar pela marca Risen, dentre elas o painel solar policristalino de potência de 270W, eficiência energética de 16,5%, vida útil de 25 anos com custo de R$ 618,00. E o painel solar policristalino de potência de com potência de 320W, eficiência energética de 16,5%, vida útil de 25 anos com custo de R$ 730,00. E inversor on-grid trifásico de potência de 12000W da mesma marca utilizada pelos painéis solares, eficiência de 98%, vida útil de 15 anos com custo de R$ 8760,00.

No software Homer, etapa 3, primeiramente colocou-se a localização da cidade de Caibaté. No Electric Load inseriu-se a média horária em kWhdia/PU, tendo como base as curvas típicas de uso comercial, faixa 3, as quais são estabelecidas no modulo II do PRODIST. E obteve-se o gráfico referente a figura 1 do perfil diário do consumidor comercial analisado.

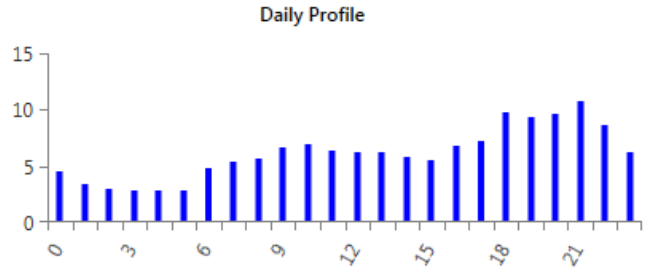


Fig. 1. Perfil diário do Consumidor Comercial.

Na Advanced Grid, colocou-se o preço da tarifa de consumo com impostos e cobranças adicionais, tendo como base a nota fiscal de energia já mencionada.

Com base na pesquisa feita do painel solar policristalino, inseriu-se no Homer duas PV, uma com potência de 0,27kW e a outa com potência de 0,32kW, assim como as demais características, capital, eficiência, coeficiente de temperatura, vida útil. E um inversor on-grid trifásico de potência de 12kW e demais características como capital, eficiência, vida útil. Ainda na etapa 3, foram realizados alguns ajustes técnicos para obter uma clara visualização dos resultados obtidos pelo software Homer, sendo necessário alterar os níveis de operação do inversor de frequência para otimização do sistema fotovoltaico.

IV. Resultados e Discussões

Após a realização dos cálculos no software Homer, foram obtidos os dados para as modelagens utilizando painéis de 270Wp e 320Wp.

O software Homer apresentou três soluções para os cálculos realizados, a primeira utiliza os dois painéis estudados, a qual foi desconsiderada, a segunda utilizando os painéis Rizen de 270Wp e a última utilizando os painéis Risen de 320Wp, segundo tabela 1.

Tabela I. Soluções apresentadas.

Viabilidade	Arranjo	Custo presente atual
1°	Risen 270Wp	R$ 138.630,00
2°	Risen 320Wp	R$ 138.900,00

Analisando os valores obtidos do painel de 270Wp, observa-se que o custo de implementação do mesmo alcançou o valor de R$138.629,90. Este valor corresponde aos gastos dos painéis, do conversor trifásico Fronius Symo de 12kW, e ao valor gasto referente a conta de energia com a concessionária. O valor obtido representa o custo presente atual, que calcula todos os gastos necessários ao longo do tempo de operação proposto para o sistema, e através de uma tava de juros, transforma para valores atuais. Deve-se levar em consideração que os valores gastos ao longo dos anos podem variar, sendo o valor apresentado uma estimativa que não leva em consideração a flutuação dos preços de mercado.

Os valores gastos apresentados não incluem as estruturas de fixação, projeto, instalação, bem como os cabos e demais componentes para a construção do sistema.

Os valores gastos com os painéis de 320Wp possuem custo total de implementação de R$138.899,80, sendo que foram alterados apenas os painéis, mantendo o restante da estrutura.

O retorno financeiro obtido através da instalação dos painéis no período de 25 anos gira em torno de R$8.760,00 para ambos os casos.

O software Homer apresenta os dados de consumo total e geração total mensal, os quais apresentam também o montante final de consumo e geração, sendo possível observar o valor gasto anualmente em energia pela concessionária. Nas figuras 2 e 3 é possível observar esses valores.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (R $)	Demand Charge (R $)
January	2,479	3,143	-664	16	-R$ 305,42	R$ 0
February	2,204	2,745	-541	17	-R$ 249,01	R$ 0
March	2,671	2,793	-122	15	-R$ 56,13	R$ 0
April	2,692	2,222	470	17	R$ 342,92	R$ 0
May	2,743	2,346	397	15	R$ 289,99	R$ 0
June	2,895	1,860	1,035	15	R$ 755,39	R$ 0
July	2,825	2,119	706	17	R$ 515,72	R$ 0
August	2,851	2,488	363	17	R$ 265,06	R$ 0
September	2,682	2,501	181	16	R$ 132,35	R$ 0
October	2,493	2,833	-341	15	-R$ 156,76	R$ 0
November	2,431	3,074	-643	16	-R$ 295,94	R$ 0
December	2,462	3,179	-717	17	-R$ 329,80	R$ 0
Annual	31,428	31,304	124	17	R$ 908,37	R$ 0

Fig. 2. Consumo e geração de energia do painel 270Wp.

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (R $)	Demand Charge (R $)
January	2,480	3,132	-653	16	-R$ 300,15	R$ 0
February	2,204	2,736	-532	17	-R$ 244,73	R$ 0
March	2,671	2,784	-113	15	-R$ 51,89	R$ 0
April	2,692	2,217	475	17	R$ 346,65	R$ 0
May	2,743	2,342	401	15	R$ 292,76	R$ 0
June	2,894	1,858	1,037	15	R$ 756,94	R$ 0
July	2,825	2,116	709	17	R$ 517,60	R$ 0
August	2,851	2,483	368	17	R$ 268,68	R$ 0
September	2,682	2,495	187	16	R$ 136,72	R$ 0
October	2,493	2,826	-333	15	-R$ 153,38	R$ 0
November	2,431	3,065	-634	16	-R$ 291,53	R$ 0
December	2,462	3,168	-706	17	-R$ 324,76	R$ 0
Annual	31,428	31,222	207	17	R$ 952,89	R$ 0

Fig. 3. Consumo e geração de energia do painel 320Wp.

Nas duas figuras é possível observar que nos meses de maior incidência solar, o qual acontece no período da primavera e verão, os valores de energia gerada superam os valores de energia consumida. O excedente de energia é repassado à rede da concessionária e o consumidor comercial acumula créditos que são utilizados para abatimento da fatura nos meses de menor incidência solar. O valor total da fatura reduziu de um valor acima de R$3000,00 mensais para cerca de R$ 900,00 anuais. Este valor é o valor mínimo que deverá ser pago, já que o consumidor comercial necessita pagar a taxa mínima de consumo correspondente em ligação trifásica, devido ao fato que no período noturno a demanda é suprida pela rede da concessionária.

Foi verificado também o tempo de retorno do investimento realizado. Quanto maior foi o valor presente (Present worth), mais rápido será o retorno do investimento realizado. Nos comparativos apresentados pela figura 4 demonstra que para ambos os painéis estudados, os valores ficam em torno de R$370.000,00, possuindo um retorno (payback) de 3,2 anos. Os valores foram extremamente próximos, sendo que neste quesito ambos os painéis são viáveis.

Metric	Value
Present worth (R$)	R$ 370.125
Annual worth (R$/yr)	R$ 34.673
Return on investment (%)	34,5
Internal rate of return (%)	34,9
Simple payback (yr)	2,86
Discounted payback (yr)	3,23

Risen 270Wp

Metric	Value
Present worth (R$)	R$ 369.855
Annual worth (R$/yr)	R$ 34.648
Return on investment (%)	34,6
Internal rate of return (%)	35,0
Simple payback (yr)	2,85
Discounted payback (yr)	3,22

Risen 320Wp

Fig. 4. Comparação de amortização.

Os dados de utilização do sistema fotovoltaico e da rede da concessionária foram obtidos através da opção “Electrical”. Os painéis solares representam 63,5% do valor consumido de energia anual e a rede da concessionária tem a contribuição de 36,5% do consumo total anual. Os valores são para ambos os casos, sendo que a diferença em kWh/ano dos painéis é de 84kWh/ano, conforme a figura 5.

Production	kWh/yr	%
Risen 270Wp	54.730	63,5
Grid Purchases	31.428	36,5
Total	86.158	100

Risen 270Wp

Production	kWh/yr	%
Risen 320Wp	54.646	63,5
Grid Purchases	31.428	36,5
Total	86.074	100

Risen 320Wp

Fig. 5. Comparativo de energia consumida anual.

A contribuição mensal da geração fotovoltaica e da energia comprada da concessionária pode ser vista através da figura 6. É possível observar que nos meses de maior incidência solar o sistema fotovoltaico possui uma contribuição maior no abastecimento da carga. Nos meses de menor incidência a rede da concessionária tem uma contribuição mais elevada, principalmente no mês de junho. Os valores para os dois painéis foram constantes, visto que a carga foi mantida a mesma para ambos os casos.

A penetração da fonte renovável no sistema do consumidor se manteve de forma idêntica para ambos os painéis estudados. Observa-se que o gráfico da figura 7 apresenta o quanto de energia renovável foi inserida no sistema no período de um ano, para cada hora do dia. O sistema fotovoltaico começa a gerar energia a partir das 6 ou 7 horas da manhã, se estendendo até o período das 18 horas, mesmo período que há incidência solar, mantendo um pico de produção de energia próximo ao horário do meio dia. No restante do período a carga é suprida pela rede da concessionária visto que não há incidência solar.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

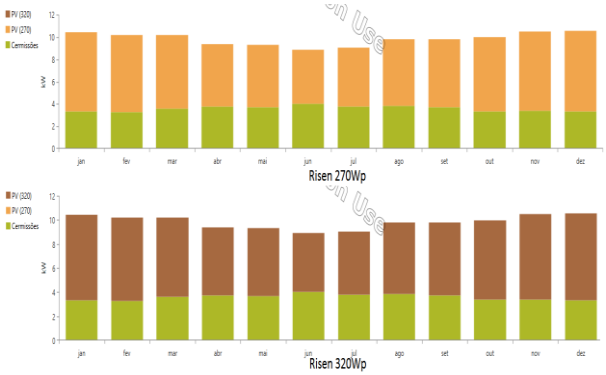


Fig. 6. Comparativo de energia consumida mensal.

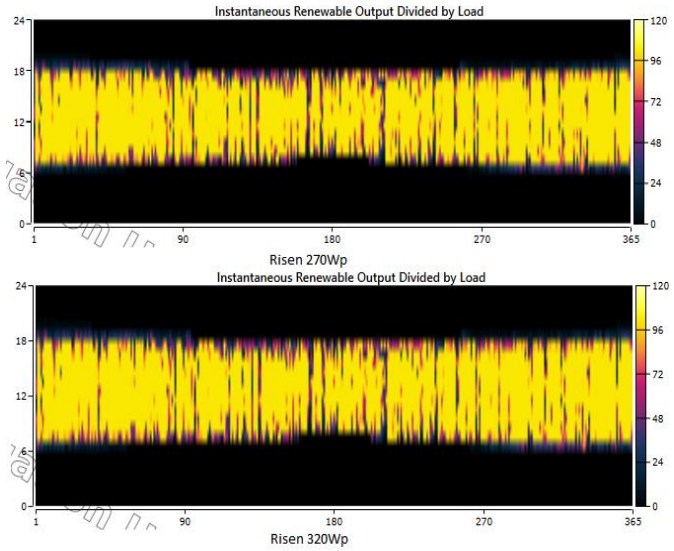


Fig. 7. Comparativo de penetração do sistema fotovoltaico.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizou-se a pesquisa de viabilidade econômica em um consumidor comercial, no software Homer, considerando dois painéis Risen de 270Wp e 320Wp.

Analisando os dados obtidos verificou-se que através do software Homer, foi possível verificar que o sistema fotovoltaico possui um elevado custo de implementação, porém a implementação dos sistemas estudados podem ser muito vantajosos, visto que houve um retorno financeiro anual para os dois casos.

Deve-se levar em consideração que o Homer não analisa custos de projeto, instalação, condição do telhado ou local de instalação dos painéis. Sendo um assunto a ser estudado com muita responsabilidade, analisando todos os possíveis problemas a serem enfrentados na instalação e no funcionamento dos painéis.

O estudo realizado demonstrou grande importância, tendo em vista que ao realizar um projeto de geração fotovoltaica existem muitos fatores a serem analisados e considerados no projeto. O estudo permitiu observar as grandes variáveis a serem consideradas em um sistema de geração solar, como a definição de potencias das placas, a quantidade de carga que estas conseguem suprir, e também permitiu analisar a compra e venda de energia da concessionária, sendo possível observar que o saldo final de cada ano coincide com o valor gasto com a tarifa mínima de energia para um consumidor trifásico.

A viabilidade econômica de um projeto demonstrou-se de grande importância, pois os dados obtidos foram otimizados ao máximo a fim de possibilitar o maior rendimento possível do sistema ao abastecer a carga, com o menor custo para o consumidor, levando em conta que nem sempre um projeto pode vir a ser viável economicamente.

VI. REFERÊNCIAS

[1] RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf.

[2] CECHINEL, A., Iha YOSHIDA, D., SÁ, J. D., "Estudo da Viabilidade Econômica da Implantação de Células Fotovoltaicas para Iluminação a Led da Estufa do Jardim Botânico de Curitiba", Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Curitiba, pp 54, 2014.

[3] SHAYANI, R. A., de OLIVEIRA, M. A. G., CAMARGO, I. M. T., "Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais", Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, pp 6, 2006.

[4] de ALMEIDA., S. C. A., FREIRE., R.L., "Geração de Energia Elétrica Através de Sistema Híbrido Diesel-Eólico para um Hospital", Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, vol 7, pp 2, 2008.

[5] PROENÇA, E. D. R. B., "A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal, Estado-da-Arte e Perspectivas de Desenvolvimento", Instituto Superior Técnico, pp 12-13, 2007.

[6] PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. "Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica". Publindústria, 2011.

[7] PINHO, J.; GALDINO, M. "Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos." Cepel-Cresesb, 2014.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Estudo de Viabilidade Econômica para Utilização de Sistema *Tracker* Solar Simplificado na Geração Distribuída de Energia

Everton Grass; Lucas de Carvalho
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
evertongrass@hotmail.com; lucasdecarvalho3@hotmail.com;

***Resumo* — Esse trabalho propõe-se a estudar a viabilidade econômica para a utilização de sistema *Tracker* solar simplificado para a geração distribuída de energia, através do desenvolvimento de um sistema de baixo custo, realização de testes e simulações com o protótipo a ser desenvolvido e um estudo de viabilidade técnica e econômica para sua implantação, onde serão comparados custos e eficiência do sistema. Com este estudo, espera-se dispor de dados que justifiquem ou não o investimento financeiro de um sistema fotovoltaico *Tracker* de baixo custo utilizando uma simplificação no sistema do seu controle de funcionamento, de forma que venha a beneficiar usuários e estimular e ampliar o uso da tecnologia.**

***Palavras-chaves* — Energia solar fotovoltaica; módulo solar fotovoltaico; sistema solar estático; sistema solar *Tracker*.**

I. INTRODUÇÃO

Os atuais sistemas de captação de energia solar fotovoltaica se dividem basicamente em dois grupos: o de placas solares estáticas, as quais são instaladas na melhor posição média para captação da radiação solar, e o que possui um sistema seguidor solar denominado tracker.

Para um melhor aproveitamento dos painéis instalados fixos sem movimentação é necessário um estudo prévio para escolher a melhor posição de instalação dos painéis, dependendo da latitude e longitude do local que se deseja fazer a instalação.

A duração do dia está intrinsecamente relacionada com as estações do ano. Por convenção astronômica, as estações são determinadas pelos solstícios: momento em que o sol, durante seu movimento aparente na esfera celeste, atinge a maior declinação em latitude medida a partir do Equador, e os equinócios: instante em que o Sol, em sua órbita aparente, cruza o Equador terrestre [1].

Os sistemas tracker para captação de energia solar se dividem em pelo menos dois principais modelos, que são com apenas um eixo na vertical/horizontal, ou com dois eixos para movimento. Estes eixos são sistemas de movimentação que permitem seguir a posição de maior intensidade de radiação solar, seja através de sensores ou de programação pré-definida embasada em dados armazenados que registram a posição do sol em cada hora do dia e do ano, conforme temos o exemplo da utilização do algoritmo de posicionamento solar do TwinCAT da Beckhoff, através do qual é possível determinar o ângulo de incidência dos raios solares sobre as placas fotovoltaicas a partir de parâmetros como data, hora, latitude, longitude, altitude, além de outros parâmetros em função da precisão desejada [2].

Os sistemas tracker proporcionam uma média de aproveitamento superior ao estático, conforme observado no trabalho de [3], no qual os sistemas com apenas um eixo possui um ganho de aproximadamente 20%, e nos sistemas com dois eixos os ganhos são superiores a 40%. Logo, podemos inferir que ao utilizar um sistema tracker, precisamos de uma área da instalação dos painéis menor que a necessária para um rendimento equivalente ao proporcionado pelos painéis estáticos, além de outras vantagens como a necessidade de dimensionamento para a capacidade de geração de pico, que em um sistema estático é atingido apenas em uma fração do dia, e no sistema tracker se mantém mais próximo da máxima ao longo de um período maior. Outra grande vantagem é a possibilidade de mover os painéis para a posição de 90 graus durante a noite e dias de chuva para evitar acúmulo de poeira ou danificação durante chuva de granizos, espaçando assim o tempo entre as limpezas e manutenções.

Contudo, um problema que encontramos ao utilizar um sistema tracker é seu custo de instalação e manutenção mais elevados e uma necessidade de tecnologia embarcada maior.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Nesse contexto, este trabalho propõe o estudo do desenvolvimento e utilização de um sistema que tenha um custo mais acessível que um tracker tradicional, porém mantendo o rendimento superior ao de um sistema estático.

II. Características de Sistemas Fotovoltaicos

A- Eficiência geração de painéis solares

A eficiência da geração em um sistema de painéis solares depende muito do modelo de módulo escolhido, porém, é limitada a uma incidência média diária de radiação solar, ficando abaixo da radiação de pico que acontece apenas durante uma pequena fração do dia. Os sistemas fotovoltaicos que são comercializados no Brasil atualmente têm uma eficiência entre 15% e 18% na conversão de energia solar em energia elétrica [4].

B- Sistema estático de Energia Solar

Um sistema estático de captação de energia solar é constituído por um ou mais painéis solares fotovoltaicos e seus respectivos suportes de fixação, além de um inversor, que são instalados após prévio estudo da melhor posição de instalação que pode variar conforme região geográfica local, considerando que, como os painéis são estáticos, devem ser posicionados de forma que recebam a maior intensidade de radiação solar durante o maior período possível. Assim sendo, o tempo de exposição e a intensidade da luz solar direta que incide sobre o módulo ficam restritos a um determinado período do dia, resultando em uma baixa potência nas células fotovoltaicas [3]

C- Sistema Tracker de Energia Solar

De acordo com [5] o Solar *Tracker* (também chamado de *Maximum Power Point Tracker*, ou MPPT) é: um dispositivo cuja finalidade é orientar um módulo fotovoltaico em direção ao sol, de forma que aumente então a efetividade deste equipamento sobre qualquer um daqueles que são de posicionamento fixo, sob pena do sistema contar com uma maior complexidade, e buscando sempre o ponto de máxima potência (MPP), ou seja, o ponto onde a célula entrega sua maior potência de acordo com a tensão requerida pela carga. Ilustrando essa questão, a figura 1 demonstra o ponto de operação em que a máxima potência para um determinado nível de irradiação PMPP é entregue pela célula solar [6]. Ela se comporta como uma fonte de corrente à esquerda do PMPP, e à direita, como uma fonte de tensão. Para cada curva de irradiação solar, haverá em consequência um ponto de tensão específico no qual a célula operará em seu ponto máximo de funcionamento.

Consiste, portanto, em um dispositivo que altera posição de seus painéis fotovoltaicos inúmeras vezes durante todo o seu período de funcionamento, seguindo uma posição que proporcione a incidência da maior intensidade de radiação do sol de forma a aumentar a produção de energia solar convertida pelo sistema.

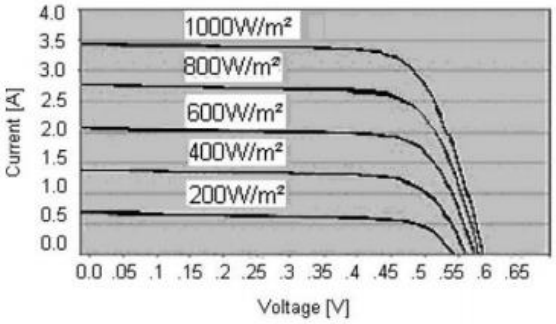


Fig. 1. Curva de tensão versus corrente em uma célula solar.

D- Sistema tracker de baixo custo

O sistema proposto neste projeto objetiva ter custo inicial e operacional baixos a ponto de justificar o investimento no mesmo, e por fim validar a proposta desde estudo. Seu funcionamento de forma simplificada segue o seguinte diagrama, conforme a figura 2.

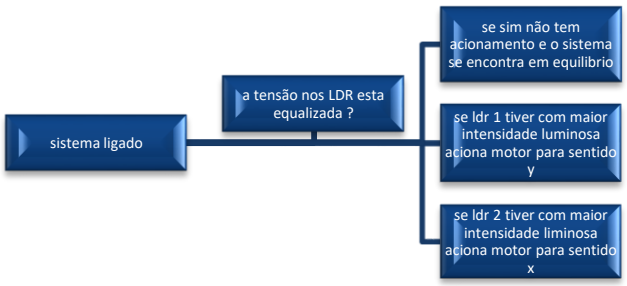


Fig. 2. Diagrama de blocos do funcionamento, de forma simplificada, do sistema proposto neste projeto.

E- Desenvolvimento em escala

Tendo em vista os custos de equipamentos para tal estudo, será feito o desenvolvimento do protótipo em escala reduzida, de forma que facilite sua implementação e custo de estudo. O protótipo permitirá então a análise os dados armazenados nele. Por fim, serão executados os cálculos e análise de viabilidade, nos quais serão utilizados custos reais de equipamentos para a

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

projeção, o mais fidedigno possível, do equipamento em escala real.

F- Possíveis aplicações

Após o estudo ser concluído, o protótipo, bem como os dados originados a partir dele, ficarão disponíveis como ferramenta de estudo para outros trabalhos no segmento, e também poderá ser replicado para utilização dentro da graduação em laboratórios por alunos do curso de Engenharia Elétrica.

G- Aplicação No Ensino

Uma das aplicações posteriores para a realização deste estudo é a disponibilização do protótipo criado nele para facilitar o ensino dentro da graduação em cadeiras que envolvam eletrônica discreta, mostrando na prática a aplicação e funcionamento de conhecimentos adquiridos durante o curso, assim para servir como ferramenta para estudo de casos diversos dentro das cadeiras que envolvem geração e distribuição.

H- Viabilidade Econômica

Conforme publicação de [7] que colocava "estudar a viabilidade econômica dos painéis fotovoltaicos informa aos investidores e políticos quais são os benefícios de utilizar esse tipo de tecnologia". Indo ao encontro dessa afirmativa, [7] atestam que, é evidente a partir da história da política energética que a viabilidade de uma tecnologia de energia particular não pode ser julgada puramente na base de recursos físicos, mas sim com uma dinâmica complexa de fatores econômicos, técnicos, ambientais, institucionais e sociais.

Diferentes variáveis devem ser analisadas em um estudo de viabilidade econômica [7] já definiam que, dentre os dados que podem ser levantados em um estudo de viabilidade econômica de SFV (Sistema Fotovoltaico), a taxa de desconto, o preço médio do sistema, o método de financiamento, o tempo médio de vida do sistema e a degradação de geração de energia ao longo da vida seriam as opções principais a serem usadas no cálculo.

Além disso, se considerarmos que índices como radiação solar e eficiência das células fotovoltaicas são os responsáveis pela energia gerada, levar em conta estes índices seria o ideal para possibilitar um estudo mais aprofundado.

A instalação de um sistema fotovoltaico possibilita a inserção à geração distribuída (GD). Entende-se por geração distribuída a energia proveniente de pequenos centros geradores localizados em centros de consumo energético. A [8] considera duas categorias de geração: micro geração e mini geração; a primeira, de potência menor ou igual a 75 kW, e a segunda, de potência instalada até 5 MW.

Visto que o investimento para uma geração de energia alternativa é consideravelmente elevado, pois depende diretamente de características como o local a ser instalado, tamanho do sistema e incidência solar, criou-se três meios de incentivos para a implementação e aderência à GD, tais são:

- Pay-back (indicador de retorno do investimento)

O pay-back descontado mira o tempo de retorno do investimento. Pode-se estimar o pay-back, em meses.

- VPL (Valor presente líquido).

O VPL, para [9], corresponde "à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário". Caso o VPL do consumidor encontre-se negativo, significa que o retorno do projeto será menor que o investimento inicial, inviabilizando a implementação. Caso seja positivo, o valor investido será abatido dentro do prazo estipulado, desse modo, viabilizando a instauração do sistema solar fotovoltaico. Para calcular o valor presente líquido, pode-se se fazer uso do software Excel, a partir da função VPL, para sua determinação.

- TIR (taxa interna de retorno).

A taxa interna de retorno também amplamente utilizada segundo [9],"Representa a taxa que torna o valor presente das entradas de caixa associadas ao projeto igual ao investimento inicial. A taxa interna de retorno é a taxa de desconto que anula o valor atual líquido do projeto de investimento".
Por fim, o TIR é um valor percentual de desconto utilizado para o VPL ser zero.

III. METODOLOGIA

Este estudo visa o desenvolvimento e analise de custos de um sistema tracker simplificado. Os dados obtidos a partir desse estudo serão usados tanto para a comparação com os sistemas de energia solar já existentes como para a projeção do custo do equipamento em escala real.

Inicialmente será feito um reconhecimento dos sistemas *Tracker* já existentes no mercado da atualidade, com levantamento de custos sobre kW gerado e modelos mais utilizados, assim como as características de cada um para pôr fim escolher o melhor modelo a utilizar no protótipo, assim como o levantamento dos custos de potência gerada e de instalação de sistemas estáticos.

Com as informações necessárias será criado o circuito em bancada nas dependências do laboratório do curso de engenharia elétrica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões para testes e simulações iniciais, podendo ter resultados esperados utilizando apenas sensores LDR e comparadores para controle do motor , ou a necessidade do uso da plataforma *Arduino*® para controle, após definição

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

da forma de controle do sistema, será desenvolvido o sistema mecânico dos painéis solares.

Tendo a parte de controle e movimentação definidas em funcionamento serão feitos os testes necessários e simulações com o protótipo desenvolvido, para então executar a coleta de dados.

O levantamento dos dados tanto de corrente e tensão do sistema tracker desenvolvido e de um sistema equivalente estático será feito em conjunto evitando assim qualquer possível diferença de incidência solar.

Com todas as informações necessárias obtidas será feito o estudo final da viabilidade do projeto e elaboração das conclusões finais a partir do estudo.

IV. RESULTADOS OBTIDOS ATÉ O MOMENTO.

No estudo de componentes foi decidido para a utilização de sistema de controle de movimentação, apenas sensores LDR e resistores fazendo divisores de tensão para ativar duas portas logicas de uma ponte-H. Tal escolha se deu após início do desenvolvimento do protótipo que demonstrou uma resposta adequada a necessidade de controle apenas com estes itens, descartando a necessidade de utilizar comparadores ou a plataforma *Arduino®.* Conforme a figura 3.

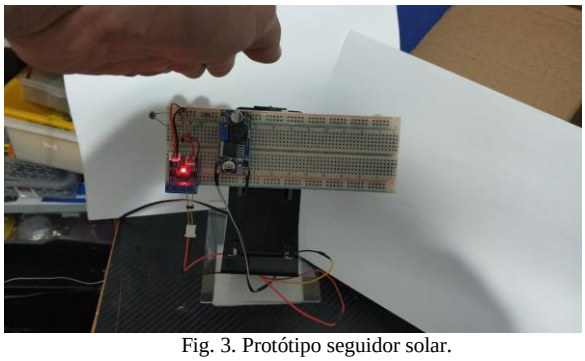


Fig. 3. Protótipo seguidor solar.

No momento está sendo desenvolvido o sistema para leitura e gravação dos dados que serão comparados pelos dois sistemas propostos no estudo. Como será feito um estudo em escala , os painéis utilizados são de baixa tensão e corrente , o que está gerando uma dificuldade maior nesta parte do trabalho, mas especificamente na escolha do sensor, mas já está sendo feito estudo em cima de 3 opções de sensores, o resto do sistema de captação de dados por hora está sendo composto por um micro controlador *Atmega* que se encontra disponível na plataforma *Arduino®*, um modulo relógio RTC_DS1307, um modulo para cartão **SD,** e um lcd LiquidCrystal_I2C, além dos sensores de corrente/tensão que estão sendo testados . Toda gravação no sd se dá a partir de código em linguagem C que é executado pelo micro controlador, que é salvo no SD, para depois dar continuidade ao estudo em cima dos dados obtidos. Conforme a figura 4.

Fig. 4. Protótipo em funcionamento do analisador de corrente e tensão.

V. RESULTADOS ESPERADOS

Com este estudo, espera-se dispor de dados que avaliem a viabilidade financeira de um sistema *tracker* de baixo custo utilizando uma simplificação no sistema do controle de funcionamento, ou até mesmo se chegar a conclusão por meio de análise de dados produzidos ao longo do estudo que aquilo que foi proposto neste estudo não chega a ter um impacto significativo ou satisfatório que justifique o investimento em tal implementação, porem mesmo com o resultado não satisfatório que justifique o uso do sistema desenvolvido na geração de energia elétrica solar, ainda fica a opção de utilização do protótipo para ensino dentro do meio acadêmico para facilitar o ensino dos acadêmicos em uma ou mais cadeiras que compõem os cursos de Engenharia.

V. CONCLUSÃO

A ideia da utilização de um sistema *tracker* pode ser muito promissora, no entanto nem sempre maior geração necessariamente vai ter um montante final maior, por que haverá uma energia consumida para a movimentação e para o sistema de controle. E nesse sentido há dois problemas impactantes: O sistema de controle ser muito sensível e ficar movimentando os módulos muitas vezes, ou o a energia necessária para movimentar os módulos ser elevada. Logo precisa-se analisar o montante final de energia gerada versus consumida e também se o aumento da geração e o maior custo de implementação, e a partir destes dados chegar ao resultado final sobre a viabilidade de tal sistema.

VII. REFERÊNCIAS

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[1] PEREIRA, Enio; MARTINS, Fernando; COSTA, Rodrigo; GONÇALVES, André; LIMA, Francisco; RÜTHER, Ricardo; ABREU, Samuel; TIEPOLO, Gerson; PEREIRA, Silvia; SOUZA, Jefferson. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2.ed., São José dos Campos : INPE, 2017. 88p.: il.

[2] *TRACKER* SOLAR MODELO ATHENAS. Desenvolvido pela Azimute Solar Brasil. 2018. Apresenta características técnicas de módulo solar fotovoltaico *tracker* de um eixo. Disponível em: <http://www.azimutesolarbrasil.com.br/ModelAthenas.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2018.

[3] BARSOUM, N.; VASANT, P. Simplified Solar Tracking Prototype. **Global Journal on Technology & Optimization, Transaction in Controllers and Energy**. V.1, 2010. Disponível em: <https://espace.curtin.edu.au/bitstream/handle/20.500.11937/18073/153149_26980_ES-E11.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 25 jun. 2018.

[4] PORTALSOLAR. **Tudo sobre a Eficiência do Painel Solar**. Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html> Acesso em 25 jun. de 2018.

[5] CAMACHO, Eduardo F.; BERENGUEL, Manuel; RUBIO, Francisco R.; MARTÍNEZ, Diego. **Control of Solar Energy Systems**. Springer, 2012. 418P.: il.

[6] SANTOS, J. L.; ANTUNES, F.; CHEHAB, A.; CRUZ, C. A maximum power point *tracker* for PV systems using a high performance boost converter. **Solar Energy**. V. 80, 2006. Disponível em: < www.gpec.ufc.br/artigos/3.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

[7] BUDEL, A. D. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em Residências**. 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/11686/BUDEL_Deives_Antonio.pdf?sequence=1> Acesso em: 1 jun. 2018.

[8] ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015** - Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> Acesso em: 09 jun. 2018.

[9] SOUZA, Acilon Batista de. **Projetos de Investimentos de Capital:** Elaboração, Análise e Tomada de Decisão. São Paulo: Atlas, 2003.

Impactos da Integração de Geração Distribuída e Veículos Elétricos em Redes de Distribuição

Lucas Leonardo Wüst, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Santo Ângelo
lucas-wst@hotmail.com; nelsonknak@san.uri.br

Resumo **- O crescente aumento no consumo de energia e a preocupação com o meio ambiente tem impulsionado a pesquisa e utilização de fontes renováveis de energia. Dentro do conceito do uso conceito de utilização de fontes renováveis de energia, os sistemas de Geração Distribuída (GD) tem ganhado espaço. Em contrapartida, outro assunto que também tem ganhado destaque é a utilização de Veículos Elétricos (VEs), que em resposta a eminente escassez de combustíveis fosseis, vem conquistando cada vez mais espaço no mercado automotivo. A integração de sistemas de GD e carregamento de VEs tem causado várias discussões a respeito dos impactos que a utilização desses meios possa causar ao sistema de distribuição. Este artigo tem como objetivo analisar o comportamento do sistema de distribuição de baixa tensão, à medida que temos aumento na inserção de GD e VEs a esse mesmo.**

Palavras-chaves **- Geração Distribuída; Veículos Elétricos; Fontes Renováveis de Energia; Redes de Distribuição.**

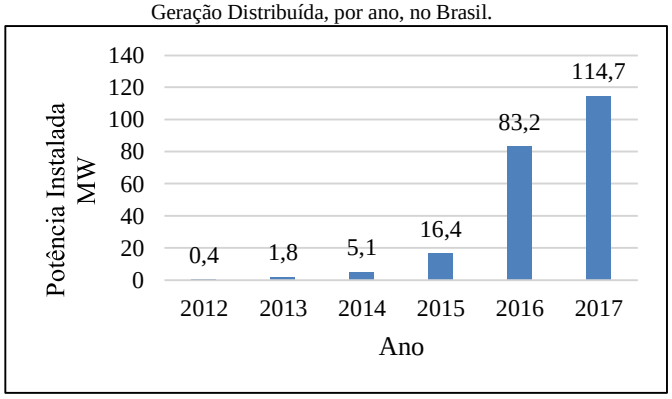
I. INTRODUÇÃO

O aumento crescente na busca pele diversificação da matriz energética, e da preocupação com o meio ambiente, juntamente com a crescente demanda de energia elétrica ocasionada pela expansão da indústria e pelo desenvolvimento tecnológico, tem conduzido o panorama energético a buscar formas de melhorar e intensificar o aproveitamento das fontes de energia renováveis [1].

A inserção de sistemas de Geração Distribuída (GD) no Brasil tem apresentado crescimento gradual e inevitável devido a disponibilidade cada vez menor dos grandes potenciais elétricos centralizados [2]. O Brasil detém um abundante potencial para a geração e energia elétrica fotovoltaica, apresentando níveis de radiação solar maiores do que em países em que essa tecnologia é amplamente difundida. Fator que, juntamente com os incentivos criados pelo governo, aumentam a viabilidade da utilização da GD no Brasil [1].

Um dos principais incentivos que viabilizou a instalação de sistemas de GD no Brasil, foi o sistema de Compensação de Energia Elétrica para Micro e Mini GD, conhecido como *net-metering*. Esse modelo foi instituído pela Resolução Normativa da ANEEL (REN) n° 482, de 17 de abril de 2012, e atualizado no ano de 2015 através da publicação da REN 687. Após a publicação da nova regulamentação, obteve-se uma grande expansão dos sistema de GD no país, sendo que em 2016 teve-se um aumento de 407% na produção de energia elétrica por meio de GD em relação ao ano de 2015, como mostra a Fig. 1 [3].

Figura 1. Evolução da Potência Instalada (MW) Proveniente de Micro e Mini Geração Distribuída, por ano, no Brasil.



Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2017)

No entanto, mesmo a GD se apresentando como uma área chave para a sustentabilidade e a produção de energia limpa, ela também acaba originando impactos que alteram o funcionamento do sistema de transmissão e distribuição e energia elétrica.

Em contrapartida, entre os anos de 2011 e 2016 foram licenciados mais de 4 mil automóveis elétricos ou híbridos no Brasil, valor baixo se comparado com os 1,68 milhões de automóveis comercializados no pais em 2016 [4].

Em 2015 a empresa CPFL Energia realizou um estudo para analisar o aumento no consumo de energia elétrica no pais

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

pelo uso em massa de VEs, e estimou que os impactos ocasionados na demanda de energia elétrica pelo uso desses veículos serão limitados. As primeiras projeções mostram que o uso de VEs implicará em um aumento entre 0,6% e 1,7% no consumo de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) até o ano de 2030, no qual estima-se que o número de VEs possa chegar a 13 milhões de unidades [4].

No entanto, mesmo que demanda total de eletricidade dos VEs seja pequena se comparada com a demanda total do sistema elétrico nacional, a preferência dos usuários pelo carregamento dos VEs durante a noite, poderá causar um impacto representativo sobre a demanda de energia desse horário [5].

Logo a GD e os VEs se apresentam como uma área chave para o desenvolvimento sustentável e o uso consciente de energia elétrica, porém, a utilização destes sistemas ocasiona impactos no funcionamento das redes de distribuição. Esse artigo propõem o estudo dos impactos ocasionados no funcionamento dos sistemas de distribuição pela integração de GD e VEs.

Desta forma, este artigo tem como objetivo analisar os impactos da integração de GD e penetração de VEs a um sistema de distribuição de baixa tensão.

II. *GERAÇÃO DISTRIBUÍDA*

Em termos gerais, GD é a geração de energia que se caracteriza por estar próxima do consumidor. São unidades geradoras conectadas em tensão de distribuição, não necessitando que a energia transite por sistemas de transmissão e que independem de potência, tecnologia, ou fonte de energia [2].

A descentralização da geração de energia elétrica vem possibilitando a utilização de diferentes meios de geração de energia, através de fontes renováveis e não renováveis como plantas a gás, pequenas centrais hidrelétricas, parques eólicos, plantas de cogeração e sistemas fotovoltaicos. Do mesmo modo, a utilização destes sistemas de geração proporciona grandes vantagens, tais como, o uso de espaços existentes e geração próxima ao ponto de consumo, o que ameniza perdas ocorridas na transmissão e distribuição da energia elétrica, e em alguns casos não necessita de infraestrutura adicional [6].

Porém a utilização de sistemas de GD não proporciona apenas benefícios. Os sistemas de transmissão e distribuição de energia foram projetados prevendo um fluxo de energia unidirecional, desde a geração até a carga. Desta forma, o fluxo de potência inverso causado pela GD pode comprometer a confiabilidade do sistema de distribuição [7].

Além disso, os desafios para garantir o correto funcionamento do sistema de distribuição após a integração de geração distribuída, se originam a partir das características particulares de cada tecnologia de geração. Portanto, mesmo que a GD seja considerada como uma solução para as elevadas perdas e os custos excessivos com os sistemas de transmissão de energia elétrica, a sua conexão com a rede elétrica pode impactar em diversos parâmetros do sistema de distribuição, como o fluxo de potência, a estabilidade da tensão, os sistemas de proteção, e por consequência a qualidade da energia elétrica [8].

III. *VEÍCULOS ELÉTRICOS*

Os primeiros Veículos Elétricos (VEs) surgiram por volta do século XIX, e erma mais procurados que os veículos a combustão pela facilidade de operá-los e por não emitirem ruídos, porém, a ineficiência das baterias da época, fizeram com que perdessem o seu prestígio [9].

Entretanto, o ressurgimento dos VEs se deu principalmente pelo aprimoramento das baterias utilizadas, desenvolvimento que a partir da tecnologia utilizada pela informática e telefonia, permitiu o aumento da eficiência energética das baterias utilizadas. Além do aumento da eficiência das baterias, questões ambientais e energéticas, também aceleraram o processo de penetração de VEs no mercado [10].

Atualmente existem três tipos de VEs no mercado, o Veículo Elétrico Híbrido (VEH), o Veículo Híbrido Elétrico *plug in* (VHEP) e o Veículo Elétrico a Bateria (VEB) [11].

Os VEHs possuem sistemas de acionamento complementares, geralmente um motor de combustão interna, um motor elétrico, e um conjunto de baterias e controles. Podem funcionar de forma independente, ou de maneira simultânea. Os VEHs não podem ser carregados diretamente a partir da rede elétrica, sendo assim, as baterias são recarregadas pelo motor a combustão e pela frenagem regenerativa [12].

Já os VHEPs, mesmo tendo seu funcionamento semelhante aos VEHs, também podem ser carregados através da rede elétrica, e por permitirem o carregamento pela rede elétrica, consomem menos combustível que os híbridos normais [12].

O VHEP funciona com o motor elétrico até velocidades de 64 km/h, após ultrapassar essa velocidade o motor de combustão interna é acionado. Em trajetos urbanos, é possível rodar somente com o motor elétrico, mas em longas distâncias e em rodovias de alta velocidade, o motor a combustão interna deve ser ligado [11].

Por último, o VEB adota somente o motor elétrico como seu motor principal, não contendo apoio de um motor a combustão interna tradicional. Sendo assim, as suas baterias precisam ser carregadas a uma fonte de energia elétrica externa. Também

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

possuem como todos os outros veículos elétricos o sistema de frenagem regenerativa, que permite carregar as baterias através da frenagem do veículo [12].

O carregamento de um VE consiste na reposição da energia elétrica das baterias do veículo para um nível superior ao que se encontra ou até o seu nível máximo [13]. Logo, o carregamento de um VE, se distingue das demais aplicações elétricas, pois pode solicitar da rede elétrica uma corrente elevada durante um prolongado período de tempo, de até 8 horas. Os métodos de recarga ficam divididos em três níveis [13].

a. NIVEL DE CARGA I

Este modo de carga, é chamado de carregamento lento, onde a taxa de carregamento do VE é baixa. Sendo assim, este tipo de carga normalmente é efetuado em áreas residenciais, por meio de uma tomada típica. Deste modo, a potência máxima de carregamento é de 3,44 kW, o que aumenta o tempo de carregamento das baterias de maior capacidade [11].

b. NIVEL DE CARGA II

É o modo de carga mais indicado que o usuário deve utilizar, pois está disponível nas instalações públicas e privadas e é baseada em uma tensão de 240 VAC com uma tomada monofásica de 40 A. Assim, neste tipo de carregamento, dependendo de onde forem realizados, podem oferecem uma capacidade de carga de 3,34 kW [11].

c. NIVEL DE CARGA III

Uma das desvantagens dos VEs é a sua baixa autonomia em modo totalmente elétrico e o elevado tempo de recarga de suas baterias. Por outro lado, esse tipo de recarga foi desenvolvido para carregar um VEB com uma taxa de carregamento de 20 kW e um alto nível de corrente de carga. Assim sendo, a bateria de um VE pode ter 80% da sua carga reposta em menos de uma hora [11].

A demanda de energia dos VEs é pouco representativa se comparada a demanda total do Sistema Interligado Nacional Brasileiro, especialmente a curto prazo, porém, a preferência dos usuários pelo carregamento dos VEs à noite, poderá acarretar em um aumento significativo no consumo de energia desse horário. Por consequência, o aumento da penetração de VEs na frota nacional de veículos, tornará necessária a adaptação das distribuidoras de energia ao novo tipo de carga, que poderá apresentar características de alta demanda de energia em horários de ponta do sistema [5].

Portanto, o aumento da utilização de VEs ocasionará impactos consideráveis aos sistemas de distribuição. Estimativas indicam que se 30% da frota de veículos nacional for composta por VEs, haverá um aumento de 7% na demanda de energia do SIN, e 54% na demanda de energia residencial. Logo, este aumento de demanda poderá exceder a capacidade da infraestrutura de distribuição de eletricidade, exigindo alterações no sistema [5]. Deste modo, surge a necessidade da análise dos distúrbios que o carregamento de VEs possa ocasionar as redes de distribuição, pois à medida que houver aumento na penetração de VEs, se terá também alterações no comportamento do sistema de distribuição.

IV. *MÉTODOS DE ANÁLISE DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO*

Os sistemas de distribuição têm seu funcionamento alterado à medida que temos integração de GD e penetração de VEs. Sendo assim, a análise do seu comportamento torna-se imprescindível, visto que os padrões de qualidade da energia fornecida devem ser mantidos. Desta maneira, se torna fundamental à análise dos indicadores que regem a qualidade de energia, com o objetivo de estudar os efeitos ocasionados pela utilização de GD e VEs, e a partir daí averiguar maneiras de garantir o correto funcionamento do sistema. O estudo do sistema de distribuição se dará a partir da verificação dos desequilíbrios de tensão, da tensão em regime permanente e do fluxo de potência.

V. *METODOLOGIA*

Para o desenvolvimento do artigo, inicialmente foi realizado o levantamento teórico sobre a GD, os VEs e os sistemas de distribuição. Em seguida estudou-se as curvas de cargas tradicionais com o objetivo de compara-las com as curvas de carga com integração de GD e VEs.

Para elaboração das curvas de cargas, adotou-se modelos de cargas que processam dados em diferentes níveis estatísticos, resultando em curvas de cargas representativas diárias das cargas, que expressam o comportamento da carga ao longo do tempo. Desta maneira, os consumidores são classificados de acordo com sias atividades, e em diferentes perfis de consumo. Deste modo, se obtém curvas representativas diárias diferentes para cada tipo de consumidor. Já para os VEs, os modelos de cargas serão agregados separadamente, onde será considerada a estratégia de carregamento analisada [14].

O modulo 2 do PRODIST da Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2016), classifica os consumidores de Baixa Tensão (BT) de acordo com as diferentes atividades que

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

estes exercem, como: Residencial, Comercial, Industrial e Rural. E ainda classifica também de acordo com o faixa de consumo de cada consumidor [15]. A Tabela 1 abaixo demonstra os tipos de consumidores que podem ser conectados em BT e a sua faixa de consumo:

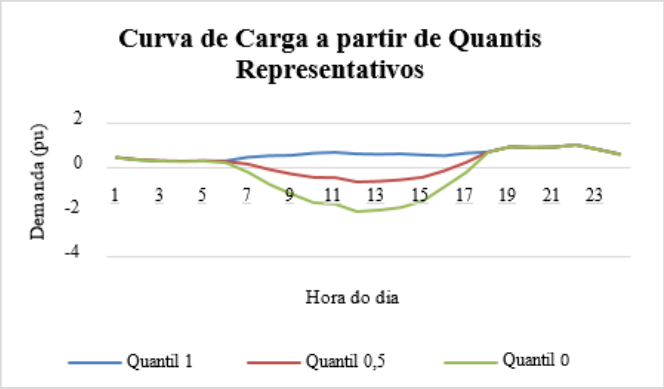
Tabela 1. Tipos de consumidores em BT e suas faixas de consumo.

	Consumo médio mensal (kWh)			
Tipo/ Faixa	**Residencial**	**Comercial**	**Industrial**	**Rural**
1	Até 100	Até 500	Até 1000	Ate 300
2	Acima de 100 até 220	Acima de 500 até 2000	Acima de 1000 até 3000	Acima de 300 até 1000
3	Acima de 220 até 500	Acima de 2000 até 5000	Acima de 3000 até 7000	Acima de 1000 até 5000
4	Acima de 500 até 1000	Acima de 50000	Acima de 7000	Acima de 5000
5	Acima de 1000			

Fonte: Adaptado de (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2016)

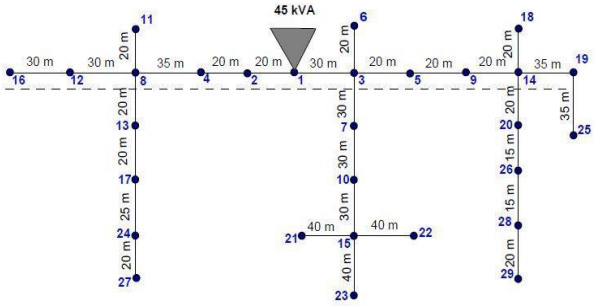
As curvas de carga para integração de GD e penetração de VEs serão representadas através de quantis. A análise das curvas de carga através de quantis torna a análise mais eficiente, levando em conta que esse método avalia diferentes condições de carga. Para a execução das simulações utilizadas neste artigo será utilizado o quantil 0,5 para GD e o quantil 1 para o carregamento dos VEs. A Fig. 2 representa a curva de carga de uma residência com integração de GD. Para a representação do saldo de potência por meio de quantis, destaca-se que o quantil 1 representa a curva de carga sem contribuição de GD, o quantil 0,5 representa a mediana do saldo de potência injetado na rede, e o quantil 0 representa as condições mais favoráveis para a geração e injeção de potência na rede.
Para realizar as simulações, serão adotados os dados de uma rede típica sugeridos por Lima (2015), o qual determina as distancias dos trechos, a carga acumulada, o número de fases e o tipo de condutor [16]. A Fig. 3 apresenta um modelo do sistema utilizado.

Figura 2. Curva de carga residencial com integração de GD representada por Quantis.



Fonte: Adaptado de (KNAK NETO, 2017) .

Figura 3. Configuração de Rede Típica.



Fonte: Adaptado de (LIMA, 2015)

Para a obtenção dos resultados, utilizou-se um cenário de carga, chamada de Sistema I, sugerido por Darui (2017). Esse sistema é composto por uma rede com predominância de consumidores residenciais. A Tabela 2 mostra as informações do número de consumidores e a potência do transformado do Sistema I.

Tabela 2. Número de consumidores para o Sistema I.

	Número de Consumidores		**Cap. Do Trans.**
	Residências	Comercio	
Sistema I	37	3	75 kVA

Fonte: do Autor.

Depois de definida rede e os consumidores conectados nela, estipulou-se os cenários de integração de GD e VEs. Para a GD adotou-se como referência os cenários de integração sugeridos por Darui (2017), dos quais optou-se por utilizar o cenário com 37,5% de integração de GD. A análise será realizada a partir desse cenário, pois a partir desse cenário que

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

se tem a primeira reversão do fluxo de potência. Já para os VEs, optou-se por utilizar o cenário com 20% de penetração de VEs, pois é um valor mais aproximado do que se pode encontrar circulando nas ruas nos próximos anos. A Tabela 3 demonstra o cenário utilizado para as simulações:

Tabela 3. Cenário de integração de GD e VEs utilizado para as simulações.

Cenário	Nível de Integração	
	GD	VEs
1	37,5%	20%

Fonte: do Autor

Dando continuidade, depois de estipulados os cenários de integração, deu-se início as simulações do fluxo de potência. Incialmente realizou-se a simulação para o cenário com apenas 37,5% de integração de GD. A Fig. 4 demonstra a curva obtida para o fluxo de potência:

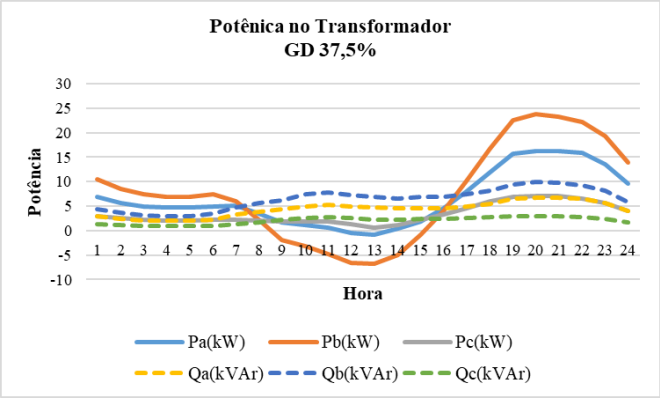
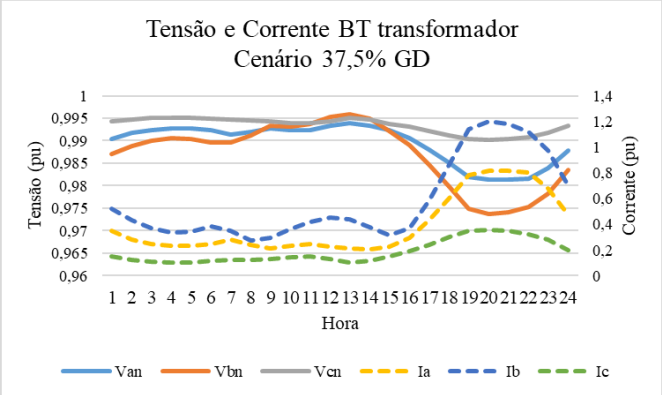


Figura 4. Fluxo de Potência no Transformador com 37,5% de GD - Q0,5.
Fonte: do Autor.

Como pode-se observar, com 37,5% de integração de GD nesse sistema de distribuição, já se tem uma redução no fluxo de potência desse sistema durante o período em que os sistemas de GD estão injetando potência no sistema de distribuição entre 7 e 17 horas. Contudo, durante o período de 9 e 14 horas, ou seja, o período de maior geração, se tem uma pequena inversão no fluxo de potência das fases A e B.
Em seguida, obteve-se a curva de tensão e corrente para esse mesmo cenário, a qual está representada na Fig. 5. Observa-se que ao longo do período do dia não se teve alteração significativa nos níveis de tensão e corrente da rede de distribuição. Isto ocorre durante o período do dia, pois os sistemas GD estão gerando potência e injetando na rede, ajudando o a suprir a demanda de energia, evitando desta forma que se tivesse uma queda nos níveis de tensão, e por consequência um aumento nos níveis de corrente. Já durante o período da noite, a situação se altera, pois, como se trata de uma rede de distribuição com predominância de consumidores residenciais, o maior consumo de energia é durante a noite, e neste momento não se tem nenhuma injeção de potência no sistema por meio dos Geradores Fotovoltaicos, desta maneira se tem uma queda 2% nos níveis de tensão e também um aumento nos noveis de corrente.

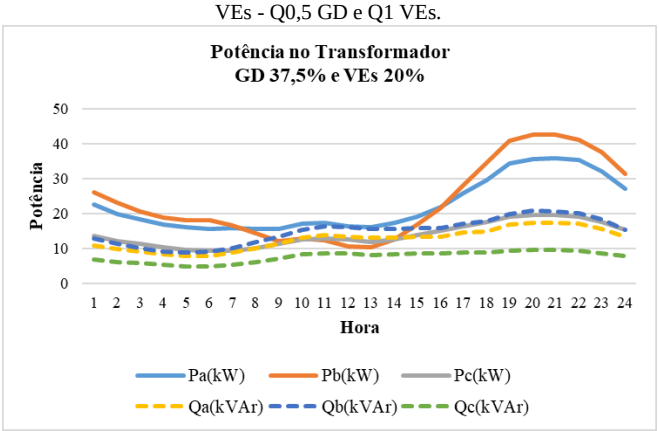
Figura 5. Tensão e Corrente no Transformador par o Cenário com 37,5% de GD - Q0,5.



Fonte: do Autor.

Posteriormente, depois de simulados os cenários com apenas a integração de GD, efetuou-se as simulações para o cenário que continha integração de GD e penetração de VEs, com o intuito de compara-los. De início, realizou-se as simulações do fluxo de potência, e em seguida montou-se as curvas para a potência e tensão e corrente no transformador. A Fig. 6 apresenta a curva de potência no transformador obtida:

Figura 6. Fluxo de Potência no Transformador com 37,5% de GD e 20% de VEs - Q0,5 GD e Q1 VEs.

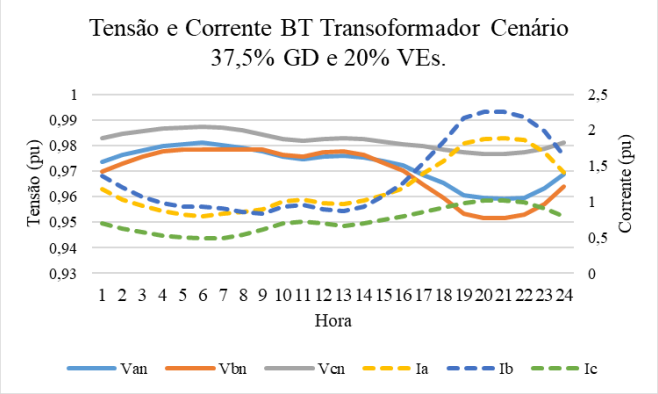


Fonte: do Autor

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Constata-se, que nesse caso, a penetração de VEs nesse mesmo sistema faz com que não se tenha mais uma reversão no fluxo de potência nos momentos de maior geração, pois o carregamento dos veículos elétricos consumiu parte da energia que estava ociosa na rede de distribuição. Porém nos momentos em que não havia geração, entre 17 e 24 horas e 1 e 7 horas, teve-se um aumento considerável na demanda de energia, onde as 21 horas o aumento na demanda foi de 75%. Em seguida elaborou-se a curva para a tensão e corrente no transformador, a qual está disposta na Fig. 7:

Figura 7. Tensão e Corrente no Transformador par o Cenário com 37,5% de GD e 20% de VEs - Q0,5 GD e Q1 VEs.



Fonte: do Autor.

Observa-se, que durante o período do dia, período em que os sistemas de GD estavam injetando potência no sistema, a variação nos níveis de tensão não foi de grande intensidade, se mantendo entre 0,98 e 0,99 pu. Porém no período da noite, onde não havia injeção de potência no sistema por parte dos geradores, teve-se uma queda de tensão de 4%. Nesse mesmo período pode-se constatar que o pico de corrente chegou a aproximadamente 2 pu. Constata-se que nesse caso, se comparado com o cenário com apenas a integração de GD, a intensidade da corrente circulando pelo sistema foi maior durante todo o período analisado.

VI. *RESULTADOS E DISCUSSÕES*

Durante a análise das simulações, pode-se observar que a integração de GD e de VEs a sistemas de distribuição, traz grandes impactos ao seu funcionamento. Constatou-se que dependendo da configuração da rede de distribuição, se uma parcela não muito de grande dos consumidores instalar sistemas de GD, já se terá alterações no comportamento da rede. Se for analisado, um sistema em que 37,5% dos consumidores possuam sistemas de GD, não se encontra em um horizonte muito distante. Examinando as curvas obtidas através das simulações, podese observar que o carregamento dos VEs durante o período do dia é uma boa opção para evita que se tenha uma reversão no fluxo de potência no sistema, porém eles causam um grande impacto na demanda de energia durante a noite também, onde, se chegar a números maiores de VEs carregando, pode comprometer o funcionamento da rede. Uma alternativa viável seria a utilização do carregamento controlado. Juntamente com este, políticas que estimulem o carregamento dos VEs durante o período do dia, onde se tem injeção de potência na rede por meio dos Geradores Distribuídos, com o intuito de consumir a energia ociosa, e evitar que o sistema seja sobrecarregado durante a noite.

VII. *CONCLUSÕES*

Este artigo apresentou um estudo os impactos que a utilização de GD e VEs ocasiona as redes de distribuição. Considerou-se níveis de integração fixos, sendo 37,5% para a GD e 20% para os VEs. Observou-se que a inserção desses sistemas a rede de distribuição, fez com que se tivesse níveis de tesão e demanda de energia estáveis, ou seja, sem variação significativa durante o dia. Porém esses mesmos sistemas causaram grande impacto a rede de distribuição no período da noite, alterando os níveis de tensão e corrente.

A metodologia utilizada permitiu analisar um sistema com características mais próximas ás reais, utilizando dados de uma rede típica e dados de consumidores reais. Desta forma, podese observar se a influência causada pelo carregamento dos VEs no sistema foi positiva ou negativa.

Notou-se que a utilização do método de carregamento direto de VEs a esses sistemas que possuem GD não é eficiente, pois esse causa grandes impactos negativos ao funcionamento do sistema em períodos que não se tem injeção de potência na rede por meio da GD.

Uma alternativa para esse problema pode ser a utilização do método de carregamento controlado, atrelado juntamente com políticas de incentivo para o carregamento de VEs durante o dia. Desta maneira pode-se carregar a bateria dos VEs no período em que os sistemas de GD estão injetando potência na rede, e no período da noite, não se terá alteração nos picos de demanda de energia.

VIII. REFERÊNCIAS

[1] R. L. Nascimento, “Energia solar no Brasil: situação e perspectivas,” no. 55 61. Brasília, p. 46, 2017.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[2] T. H. Borges, "Panorama da Geração Distribuída de Energia Elétrica no Brasil : Avanços e Desafios," Instituto de Pós-Gradução - IPOG, Goiânia - GO, 2017.

[3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, "Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024.," *Aneel*. p. 26, 2017.

[4] Y. Vasconcelos, "A ascensão dos Elétricos," São Paulo, p. 10, 2017.

[5] O. Brajterman, "Introdução de Veículos Elétricos e Impactos sobre o Setor Energético Brasileiro," Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2016.

[6] A. H. Bittencourt, "Estratégia para o Gerenciamento do Balanço da Geração Fotovoltaica de Energia Elétrica Integrada à Edificação e Veículos Elétricos em Rede Inteligente." Florianopolis - SC, p. 226, 2014.

[7] D. M. B. Matos and J. P. S. Catalão, "Geração Distribuída e os seus Impactes no Funcionamento da Rede Geração Distribuída e os seus Impactes no Funcionamento da Rede Elétrica : Parte 1," no. November. 2013.

[8] A. S. Trevisan, "Efeitos da Geração Distribuída em Sistemas de Distribuição de Baixa Tensão." Curitiba, p. 116, 2011.

[9] G. M. Maciel, "Veículos elétricos : estudo preliminar das estratégias de suprimento de energia por eletroposto solar fotovoltaico," Universidade de Brasília - UnB, 2016.

[10] C. Bernardo Hauch Ribeiro de and T. T. Ferreira, "Veículos elétricos : aspectos básicos , perspectivas e oportunidades." 2010.

[11] V. A. G. Osorio, "Carregamento Ótimo de Veículos Elétricos Considerando as Restrições das Redes de Distribuição de Média Tensão," Univerisdade Estadual Paulista, Ilha Solteira - SP, 2013.

[12] T. E. de O. Calçado, "Estudo Preliminar De Implantação De Estações De Recarga De Veículos Elétricos No Centro De Tecnologia Da Ufrj," Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2015.

[13] L. N. M. Duarte, "Comparação de Estratégias de Carregamento de Veículos Elétricos." 2012.

[14] N. Knak Neto, "Metodologias para Modelagem de Cargas de Consumidores de Baixa Tensão Considerando a Integração de Resposta da Demanda, Geração Ditribuída e Veículos Elétricos," Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, 2017.

[15] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST - Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição." 2016.

[16] D. R. M. de Lima, "Desenvolvimento de Modelos de Redes de Baixa Tensão para Estudos de Fluxo de Potência." São Carlos - SP, p. 102, 2015.

[17] C. B. F. Darui, "Impactos da Integração de Sistemas Fotovoltaicos na Rede de Baixa Tensão Sob a Ótica da Qualidade de Energia," Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das MIssões - Campus Santo Ângelo, Santo Ângelo - RS, 2017.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Lâmpadas: Surgimento e Comparações

Gabriel Thomas Santos Gehlen, Gustavo Stringuini Fraga, Leonardo Sommer Bratz, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
gabrieltsgehlen@aluno.santoangelo.uri.br, stringuini.fraga@gmail.com, leonardosb12345@gmail.com, nelsonknak@san.uri.br

Resumo: O presente artigo aborda a história da necessidade humana de luminosidade, desde os primórdios até aos tempos contemporâneos, e como o ser humano vem suprindo e descobrindo novos mecanismos para suprir esta necessidade, apresentando o funcionamento, características específicas e aspectos positivos e negativos de lâmpada fluorescente, incandescente, LED, halógena e neon.
Palavras-chave: lâmpada; energia elétrica; luminosidade.

I. INTRODUÇÃO

Assim como outras invenções a lâmpada foi criada devido à necessidade histórica milenar de obter luminosidade, a partir do fogo até chegar à eletricidade, onde surgiu a primeira ideia e a base para uma lâmpada elétrica em 1802, mais tarde com os avanços das pesquisas, em 1860 Joseph Swan desenvolveu um experimento a partir da queima de um filamento pouco durador, o que trouxe em base e tornou possível a criação de Thomas Alva Edison, que seria a primeira lâmpada incandescente em 1879. Mas não parou por aí, o ser humano continuou e ainda continua à procura de novas tecnologias para um consumo mínimo, um bom rendimento e uma vasta vida útil.

A lâmpada Fluorescente é composta com mercúrio em estado gasoso no seu interior, que com a passagem da corrente elétrica emite luz, porem grande parte dessa luz é UV, por este motivo utiliza-se uma camada de fósforo para transforma-la visível, atualmente muito comercializada por ser mais viável em relação as lâmpadas incandescentes que tem um menor rendimento e vida útil, pelo fato da lâmpada incandescente perder a muito em calor, sendo assim, consumindo mais energia elétrica do que emitindo energia luminosa.

O Led é uma das lâmpadas mais eficientes já que 95% da energia aplicada é transformada em luz, consumindo menos energia e realizando cerca de oito vezes mais luminosidade com o mesmo consumo que a incandescente e sem emitir luz UV ao contrário da fluorescente. Este diodo emissor de luz (LED) possui uma vida útil consideravelmente alta e para sua composição não é utilizado materiais de grande impacto ambiental, sendo assim uma concorrente muito forte no mercado.

As lâmpadas de neon, são feitas sem nenhum filamento o que faz com que sua vida útil seja maior do que as demais, portanto muito usado em placas e letreiros de propaganda, pois não necessita de muita manutenção, porem é preciso tomar cuidado pois é frágil e os rompimentos da sua superfície são difíceis de detectar.

II. O SURGIMENTO

É histórico que o ser humano necessitou sempre de uma fonte luminosa para retira-los das sombras, trouxe-se visibilidade quando o dia caísse. Começando pela descoberta do fogo na pré-história o homem vêm buscando mecanismos de iluminação, passando então para tochas, lampiões a gás e a óleo até que em 1802 na cidade de Londres, o químico do Royal Institution, Humphry Davy desenvolve a lâmpada de arco carbônico, composta por dois eletrodos de carbono, um pontiagudo e outro com uma cavidade que, em contato, produziam um ponto luminoso intenso com a passagem da corrente elétrica, projeto foi aplicado em algumas áreas da capital para iluminação pública, porem foi descartado pela grande manutenção e falta de praticidade.

Baseado em um experimento de 1860 do físico e químico Joseph Swan, Thomas Alva Edison criou a lâmpada incandescente em outubro de 1879. Edison substituiu o filamento composto por resíduo de carvão e alcatrão desenvolvido por Swan por um fio de algodão carbonizado e o colocou em um bulbo de vidro sem ar. O experimento gerou luz por dois dias, até que o filamento fosse totalmente consumido.

No entanto, a questão da durabilidade ainda era um empecilho e, juntamente com outros pesquisadores, Edison desenvolveu o filamento de tungstênio, contudo, em baixa pressão ou no vácuo, as partículas desse material começam a se desprender do filamento e se depositam na parede do bulbo, problema que foi solucionado introduzindo gás inerte, como

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

argônio ou nitrogênio, para reduzir a sublimação do filamento aumentando também sua resistência. De lá para cá, novas técnicas de aperfeiçoamento foram criadas, assim como novas lâmpadas nasceram baseadas em princípios semelhantes ou adversos.

III. LÂMPADA INCANDESCENTE

As lâmpadas incandescentes têm uma luz amarelada muito bonita, porém elas foram proibidas no Brasil a partir do dia trinta de junho de dois mil e dezesseis, pois seu consumo de energia é muito alto comparado a sua eficiência. Cerca de 95% da energia utilizada em uma lâmpada era convertida em calor e apenas 5% acabava se tornando luz.

O filamento não deve ter contato com o ar, pois encurtara sua vida, devido à ação oxidante do oxigênio sobre ele. Por isso, as primeiras lâmpadas incandescentes possuíam o meio interno sob vácuo.

Para aumentar a pressão no interior do bulbo, usam-se gases inertes para que não haja nenhuma reação química com o filamento ou com os suportes internos. Primeiramente foi usado o nitrogênio em função de seu baixo custo e pureza, posteriormente o argônio foi reconhecido como a melhor opção, mais era caro e difícil de encontrar. Na "Fig. 1" pode se visualizar uma lâmpada Incandescente.

Fig. 1 Imagem de uma lâmpada Incandescente

IV. LÂMPADA FLUORESCENTE

A lâmpada Fluorescente é composta com mercúrio em forma de vapor em seu interior, e quando se tem a passagem de corrente elétrica em seu interior ele ioniza o mercúrio que acaba como resultado emitindo luz, mas grande parte dessa luz é UV(Ultravioleta), assim o tubo é coberto com uma fina camada de fosforo para converter a luz UV em luz Visível.

Essa lâmpada é mais eficiente que a lâmpada incandescente de maior durabilidade já que não geram calor.

Em relação ao descarte, a lâmpada não pode ser colocada em um lixo comum ou aterro sanitário, já que possui elementos químicos como o mercúrio e o fósforo, que ao contato com o meio ambiente pode se acabar o contaminando. Deve se descartar a lâmpada em um lugar adequado

As lâmpadas fluorescentes são comercializáveis em três modelos: (A compacta eletrônica): Possuem um reator integrado com dimensões reduzidas. (A cão compacta): Não apresenta reator integrado a lâmpada. (Tubulares): São mais antigas e necessitam de um reator eletrônicos externos.

Pode ser visto o funcionamento de uma lâmpada fluorescente na "Fig. 2".

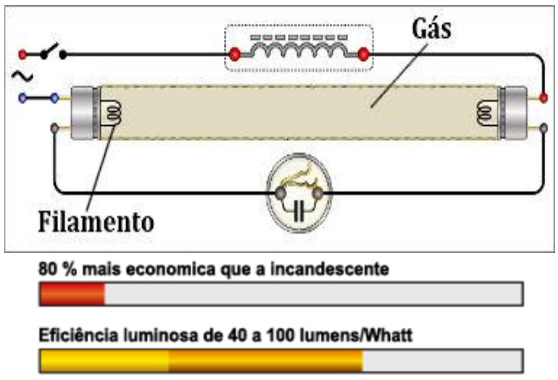


Fig. 2 Imagem demostrando o funcionamento de uma lâmpada Fluorescente

V. LÂMPADA HALÓGENAS

O funcionamento de uma lâmpada halógena é muito semelhante ao funcionamento de uma lâmpada incandescente, ainda tendo o mesmo formato de bulbo.

Porém dentro da lâmpada halógena contem um segundo bulbo feito de vidro de quartzo fundido, aluminossilicato ou sílica. Essa lâmpada contém em seu interior do bulbo interno um gás da família dos halogênios da tabela periódica, podendo ser o flúor, cloro, bromo, iodo ou astatínio. Tem por objetivo evitar que o filamento de tungstênio evapore facilmente e que não grude nas paredes

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

internas do bulbo, com o intuito de aumentar a sua vida útil, para isso acontecer deve se manter o uma temperatura maior que 250ºC, por este motivo o material escolhido para ser o bulbo é o quartzo que deforma a partir de 1000ºC.

E sua vida média varia entre duas mil e cinco mil horas, e é mais usada em iluminação residencial, comercial e arquitetural. Pode se visualizar uma lâmpada Halógena na "Fig. 3".

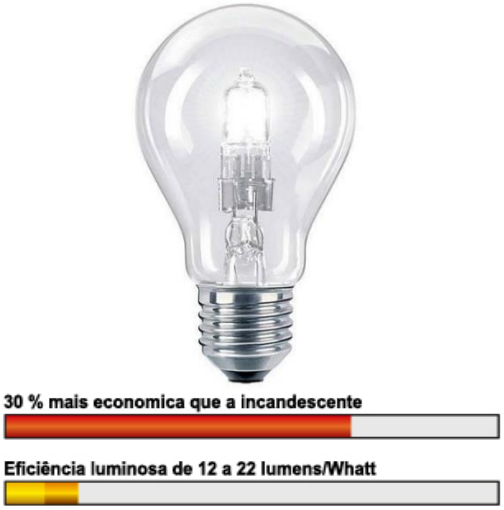


Fig. 3 Imagem de uma lâmpada Halógena

VI. LÂMPADA DE LED

O nome LED significa Diodo Emissor de Luz, é uma espécie de condutor que quando energizado emite Luz visível.

No ano 1907, o Inglês Henry Round fez a descoberta que materiais inorgânicos podiam gerar luz de uma corrente passasse sobre eles. Porém em 1921 o físico Russo Oleg Lossew explica melhor a descoberta de Henry.Mas a primeira lâmpada de Led foi criada em 1963 por Nick Holonyak com uma cor vermelha, após foi criado em outras cores amarelo, verde, azul e branco.

O Led é uma das lâmpadas mais eficientes já que 100% da energia aplicada é transformada em luz. Por ser mais eficiente ela consome menos energia que uma lâmpada fluorescente (cerca de duas vezes) e mais ainda de lâmpadas incandescentes (cerca de oito vezes), tem uma vida útil bem alta, estimada entre vinte e cinco a trinta mil horas. Alguns fatores de segurança também é que o Led não emite luz ultravioleta assim não causa risco a pele humana, e o material do Led não utiliza vidro ou metais pesados assim causando menos dano ao meio ambiente.

O Led funciona quando aplicada uma corrente sobre o filamento, tendo como resultado do estimulo, a emissão de luz, pode se visualizar um Led na "Fig. 4".

VII. LÂMPADA DE NEON

Ela foi criada pelo francês Georges Claude em 1912. Esse tipo de lâmpada não possui filamento, contendo, porém, um gás de neon à baixa pressão. Após serem percorridos pela corrente elétrica, os átomos de neon se energizam e liberam esta energia emitindo uma luz de cor vermelho-a laranjada. Mas não existem lâmpadas de neon somente desta cor. Podem-se produzir várias cores utilizando tubos de vidro coloridos, revestindo o tubo com elementos químicos como o fósforo ou então misturando vários tipos diferentes de gases no interior do tubo.

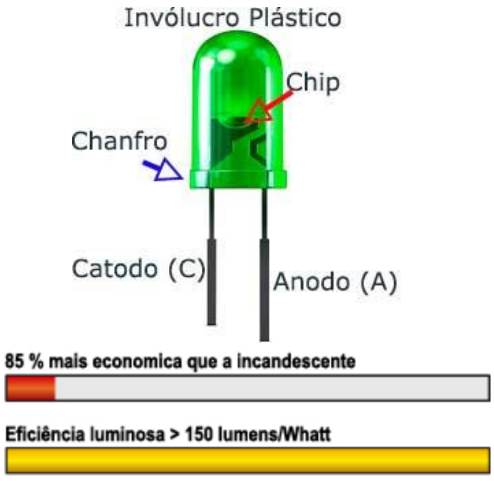


Fig.4 Imagem representação de um Led

O Neon tem o seu potencial de ionização próximo os 70 a 50 volts dependendo do seu fabricante. O uso de lâmpada de neon é mais utilizado em outdoors a noite, em decorações, placas de sinais e letreiros, e até mesmo usado em customização de veículos e canetas medidoras de tensão.

Deve se ter um cuidado caso ocorra alguma quebra da lâmpada, pois o pó contido nas paredes da lâmpada que gera a fluorescência, já o gás é praticamente inerte e incolor. Pode se visualizar uma lâmpada ne Neon na "Fig. 5".

VIII. BENEFÍCIOS

Na hora de fazer uma compra tem que se pensar no custo benefício, que a lâmpada trará ao ambiente, cada lâmpada tem o seu respectivo preço e sua respectiva eficiência energética.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

A capacidade de iluminação de uma lâmpada é medida pelo seu fluxo luminoso, em que a unidade de medida é lumens(lm/w) e não pela sua potência que é medida em Watts. Pode visualizar na "Tabela 1" a baixo a potência de cada lâmpada e seu fluxo luminoso.

Fig.5 Uma imagem de uma lâmpada Neon

TABELA 1: CONSUMO E VIDA ÚTIL DAS LÂMPADAS

	Incandescente	Halógena	Fluorescente	Led
P lum	30W 300	14W 300	9W 300	4W 300
P lum	45W 470	22W 470	14W 470	6W 470
P lum	60W 810	37W 810	22W 810	10W 810
P lum	75W 1100	45W 1100	27W 1100	12W 1100
P lum	100W 1700	75W 1700	45W 1700	20W 1700
Vida (mil horas)	1 a 1,5	2 a 5	3 a 10	20 a 30

Como demonstra a "Tabela 1" a lâmpada de Led é a com um maior benefício luminoso utilizando a menor potência provenida a ela.

Outro benefício é a sua durabilidade em relação as outras lâmpadas podendo durar de duas a três vezes a lâmpada Fluorescente, e também outro benefício da lâmpada de Led e que ela não emite luz ultravioleta e não causa o cansaço visual, como outras lâmpadas com mercúrio, e pela baixa irradiação térmica a lâmpada não esquenta.

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho apresentamos a história do surgimento das lâmpadas, quais são os principais tipos de lâmpadas, como é o funcionamento delas e quem foram os maiores colaboradores tanto para o surgimento das lâmpadas e para sua aprimoração.

Muito devemos agradecer especificadamente a descoberta das lâmpadas, pelo fato de que se formos fazer um breve estudo de as possibilidades que foram criadas com sua existência, podemos perceber a quantidade de ideias que puderam deixar de existir em apenas papeis para existirem na vida real, tendo como um dos principais exemplos disso, o grande aumento de trabalho no período noturno.

Existem hoje em dia vários tipos de lâmpadas, fato que nos permite escolher qual é a melhor lâmpada a ser utilizada. Com um breve estudo do assunto que foi abordado em nosso trabalho, podemos concluir que existem dois tipos de lâmpadas que são as melhores opções, a lâmpada de LED e a fluorescente, a de LED tem um custo um pouco mais elevado para ser adquirida, mas pela análise que foi feito sobre as duas, podemos perceber que a de LED tem um tempo de vida útil até oito vezes maior que a da fluorescente, fazendo que seu custo benefício seja mais elevado.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] http://operamundi.uol.com.br/conteudo/noticias/1665/conteudo+opera.shtml Acesso em 26: abril. 2018
[2] https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_incandescente#/media/File:Edison_bulb.jpg Acesso e: 26 abril. 2018
[3] https://ewertonluz.wordpress.com/2013/02/14/historia-das-lampadas/ Acesso em: 27 abril. 2018
[4] http://blog.borealled.com.br/historia-das-lampadas-led/ Acesso em: 27 abril. 2018
[5] http://www.g20brasil.com.br/a-historia-e-as-vantagens-da-lampada-led/ Acesso em: 29 abril. 2018
[6] http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096 Acesso em 29 abril. 2018
[7] https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_de_n%C3%A9on Acesso em: 30 abril. 2018
[8] http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-06/inmetro-inicia-fiscalizacao-no-varejo-de-lampadas-incandescentes-de-41-w-60-w Acesso em: 30 abril. 2018
[9] http://clickeaprenda.uol.com.br/portal/mostrarConteudo.php?idPagina=21230 Acesso em: 05 maio. 2018
[10] https://eliteled.com.br/nascimendo-do-led/ Acesso em 05 maio. 2018
[11] http://www.glight.com.br/blog/5-motivos-para-optar-pelas-lampadas-de-led/ Acesso em 05 maio. 2018

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Mercado livre de energia: barreiras e perspectivas para ampliação da faixa de demanda mínima e ingresso de novos consumidores

Arlan Sebastiani, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do alto Uruguai e das Missões – URI Campus Santo Ângelo
arlansrei@aluno.santoangelo.uri.br; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — Este trabalho apresenta um panorama do mercado energético Brasileiro, mais especificamente sobre o mercado livre de energia e tem como principal finalidade esclarecer diferentes aspectos que vêm impedindo o país de ingressar de maneira integral no mercado livre de energia. Diferentemente, do que ocorre na totalidade dos países da união Europeia e outros países economicamente desenvolvidos como os Estados Unidos; o Brasil, mesmo vindo em uma crescente no que se refere a avanços no setor energético, ainda, está aquém daquilo que é uma realidade no mercado de energia mundial. Com objetivo de adequar o país nesse modelo, se encontra em tramitação na câmara de deputados um projeto de lei no qual prevê inúmeras mudanças no mercado energético do país, entretanto, tais mudanças, as quais serão esclarecidas nesse trabalho, necessitam de sérias alterações no setor energético e consequentemente investimentos no mesmo. O presente artigo alcançará seu objetivo específico, de elencar os principais obstáculos que impedem o mercado de energia do Brasil de se tornar integralmente livre, através da metodologia de pesquisa, usando diversas fontes e autores renomados na área, além de buscar informações em publicações e artigos de empresas que prestam serviço público e privado na área de geração e distribuição de energia elétrica.**

***Palavras-chaves* — Mercado energético brasileiro. Mercado livre de energia. Benefícios do mercado livre. Projeto de lei.**

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente, existem dois ambientes de comercialização de energia: o Ambiente de contratação Livre (ACL) e o Ambiente de contratação Regulada (ACR). O Ambiente de contratação livre ou mercado livre de energia, como também pode ser chamado, caracteriza-se pela: livre negociação entre fonte geradora e consumidor; competitividade entre os geradores. Essas características refletem tanto no valor para o consumidor, quanto na previsibilidade dos mesmos, tendo em vista o contrato acordado entre consumidor e fonte geradora.

O Ambiente de contratação regulada (ACR), também conhecido como mercado Cativo trata-se da contratação compulsória via a distribuidora da região em que estão. As tarifas pelo consumo de energia são fixadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e não podem ser negociadas.

O mercado livre de energia vem crescendo consideravelmente no país nos últimos anos, devido ao seu imenso potencial de benefícios para o consumidor e formas de negociação específicas para cada perfil de contratante. Em outros países esse modelo existe de forma integral, o que significa uma faixa maior de abrangência de consumidores, como é o caso de todos os países da União Europeia e alguns estados do EUA.

Cabe salientar que o modelo de mercado totalmente livre é a forma de mercado na qual o Brasil está na iminência de fazer parte, e tal fato traria sem dúvidas uma série de alterações no setor energético do país, mas principalmente uma possível redução de valores para os pequenos e médios consumidores (que atualmente não fazem parte devido ao requisito de consumo mínimo de 500 KW para consumidores especiais, e de 3000 KW para livres).

Tendo em vista a importância do tema para o desenvolvimento de diversos setores do país, em especial o bem estar da sociedade, está em tramitação na câmara dos deputados o projeto de lei nº 1917/2015, o qual dispõe sobre a portabilidade da conta de energia, as concessões de geração de energia elétrica e a comercialização de energia elétrica. Esse projeto traz consigo uma série de mudanças em leis do setor de energia, fato que está gerando disparidades de ideias sobre a sua aprovação e consequentemente sobre o tema.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Portanto, a elaboração deste projeto tem como objetivos intermediários destacar esse modelo de mercado, elencando suas peculiaridades e possíveis benefícios que o mesmo traria para o país caso entrássemos nele de maneira integral, mas além disso, podemos destacar o projeto como um agente problematizador e informativo, já que está levantando questões e descobrindo diferentes pontos de vista, sobre um tema novo e de extrema importância para a sociedade.

2. Mercado livre de energia, panorama mundial

Entre 1996 e 2009 os países membros da União Europeia adotaram três pacotes consecutivos de medidas que abordavam a liberalização dos mercados de energia, a transparência em seu setor, a proteção dos consumidores, o apoio à interligação entre outros que deveriam entrar em vigor até meados de 2014.

Desde essa data passou a ser permitida a entrada de novos fornecedores de eletricidade nos países participantes e os consumidores domésticos ou industriais puderam ser livres para escolher qual companhia se adaptava melhor as suas necessidades.

Tendo como objetivo a plena realização deste mercado, foi evidenciada a importância da eliminação de algumas barreiras e entraves ao comércio, a aproximação das políticas fiscais e de preços, bem como o estabelecimento de normas e requisitos, e a regulamentação em matéria de ambiente e segurança. (ABRACEEL,2016)

A maneira encontrada pela Europa para realizar a sua liberalização necessitou da adoção de três medidas fundamentais que foram: o fim dos monopólios integrados verticalmente, a separação das atividades dos grandes operadores do setor e a abertura gradual da concorrência no fornecimento de energia. A abertura completa do mercado de energia na Europa ocorreu em 01 de janeiro de 2014, e atualmente abrange todos os países da união Europeia.

O modelo institucional do setor de energia elétrica no Brasil passou por duas grandes mudanças desde a década de 90. A primeira envolveu a privatização das companhias operadoras e teve início com a Lei no 9.427, de dezembro de 1996, que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e determinou que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por meio concorrência ou leilão, em que o maior valor oferecido pela outorga (Uso do Bem Público) determinaria o vencedor.

A segunda ocorreu em 2004, com a introdução do Novo Modelo do Setor Elétrico, que teve como objetivos principais: garantir a segurança no suprimento; promover a modicidade tarifária; e promover a inserção social, em particular pelos programas de universalização (como o Luz para Todos). Sua implantação marcou a retomada da responsabilidade do planejamento do setor de energia elétrica pelo Estado.

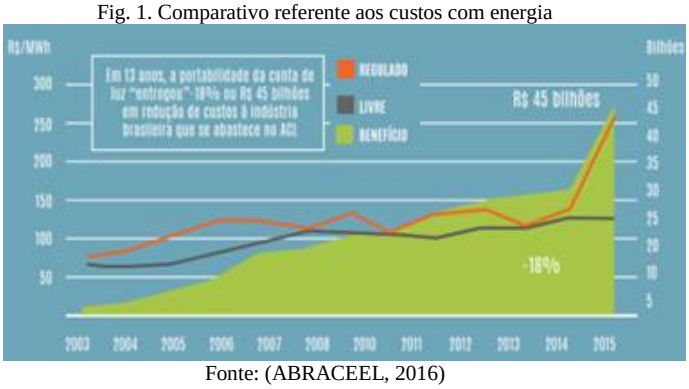
Uma das principais alterações promovidas em 2004 foi a substituição do critério utilizado para concessão de novos empreendimentos de geração. Passou a vencer os leilões o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das futuras usinas. Além disso, o novo modelo instituiu dois ambientes para a celebração de contratos de compra e venda de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), exclusivo para geradoras e distribuidoras, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres. (ANEEL, ATLAS)

2.1. Mercado de energia no Brasil, ACR e ACL

Atualmente o mercado de energia no Brasil pode ser dividido em ACR (Ambiente de contratação Regulada), onde estão os consumidores cativos, e ACL (Ambiente de contratação livre), constituído pelos consumidores livres. Os consumidores definidos como cativos se caracterizam por comprar energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados.

No caso dos consumidores livres, a energia é comprada diretamente com os geradores ou comercializadores, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas como preço, prazo, volume, etc. Cada unidade consumidora paga uma fatura referente ao serviço de distribuição para a concessionária local (tarifa regulada) e uma ou mais faturas referentes à compra da energia (preço negociado no contrato). (ABRACEEL, 2016)

Fig. 1. Comparativo referente aos custos com energia



Fonte: (ABRACEEL, 2016)

No mercado livre de energia existem dois tipos de contrato, relacionados basicamente com a demanda consumida pelo contratante, que são a convencional ou incentivada. A energia

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

incentivada foi estabelecida pelo governo para estimular a expansão de geradores de fontes renováveis limitados a 30MW de potência, como PCH (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Biomassa, Eólica e solar. Para esses geradores serem mais competitivos, o comprador da energia proveniente deles, chamada de energia incentivada, recebe descontos (de 50%, 80% ou 100%) na tarifa de uso do sistema de distribuição. A energia convencional é proveniente dos outros tipos de geradores, como usinas térmicas a gás ou grandes hidroelétricas.

Existem dois tipos de consumidores no mercado livre: Consumidor Livre e Consumidor Especial. Consumidor Especial pode ser a unidade ou conjunto de unidades consumidoras localizadas em área contígua ou de mesmo CNPJ, cuja carga seja maior ou igual a 500 kW (soma das demandas contratadas) e tensão mínima de 2,3 kV. O Consumidor Especial pode contratar apenas Energia Incentivada. Para ter a opção de ser Consumidor Livre, cada unidade consumidora deve apresentar demanda contratada a partir de 3.000 kW e tensão mínima de 69 kV, para data de conexão elétrica anterior a julho/1995, ou 2,3 kV, para ligação após julho/1995. O Consumidor Livre Convencional pode contratar Energia Convencional ou Incentivada. (FLOREZI, G, 2009)

Tabela 01 – Critérios vigentes para se tornar consumidor livre ou especial

Consumidor	Fonte	Demanda mínima	Tensão mínima	Data de ligação do consumidor
Livre	Convencional ou Incentivada	3.000 kW	2,3 kV	após 08/07/1995
			69 kV	antes de 08/07/1995
Especial	Incentivada	500 kW	2,3 kV	qualquer data

Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2017)

O grupo de consumidores pertencentes ao modelo ACR se caracteriza por ser majoritáriamente composto por pequenos consumidores, como residências e pequenos comércios entre outros afins. Já no grupo de consumidores ACL fica evidente a presença de grandes consumidores de energia, devido a demanda mínima necessária para fazer parte do modelo de mercado considerado livre. Enfim, estes consumidores são na sua maioria grandes redes ou grupos comercias, hotéis e principalmente indústrias, independente das suas áreas de atuação.

2.2. Prós e contras do mercado livre de energia

O mercado livre de energia tem um alto potencial de economia e até mesmo possíveis lucros quando bem planejado pela empresa contratante, entretanto, o consumidor que almejar fazer parte desse mercado, e estiver devidamente apto para o mesmo, deve estar atento para inúmeros aspectos que podem levar a desvantagens se não considerados durante a elaboração do contrato entre consumidor e fonte geradora. Entre as desvantagens podemos destacar:

- Exposição a preços voláteis; tal circunstância pode realmente ocorrer em casos de estresse de geração ou de alta demanda do setor. Mas nada que um planejamento adequado do contrato não possa prever e consequentemente minimizar as possíveis perdas.
- Montantes de energia contratados maiores ou menores que o estipulado em contrato; quando é contratado por determinado período de tempo uma quantidade de energia e o consumidor extrapola esse valor, tal fato quando não previsto em contrato pode elevar consideravelmente o valor da energia requerida além do estipulado inicialmente.
- Prazo de 5 anos para retornar ao mercado cativo; pode ser considerado uma desvantagem tendo em vista as particularidades do mercado e a necessidade de viabilidade econômica conforme o perfil de cada consumidor (volátil).

Contudo, podemos elencar algumas vantagens inerentes a esse modelo de mercado, entre elas destacamos:

- Livre negociação; permite ao consumidor tratar diretamente com o gerador, e através de contrato estipular as melhores alternativas, planos para o seu perfil e demanda de consumo, entre outras peculiaridades que sempre devem ser levadas em consideração na elaboração do contrato.
- Controle de custos; nesse caso o consumidor não sofre as precipitações do mercado cativo e consequentemente elevação de taxas ou impostos regulados pela ANNEL ou o próprio governo, é possível ter um determinado controle dos valores pagos na energia durante o período de vigência do contrato.
- Possibilidade de venda da energia; caso o consumidor contrate um valor de energia e não a consuma totalmente, esse excedente pode ser comercializado no mercado e consequentemente trazer retorno econômico a empresa ou individuo.
- Compra de energia especificamente conforme o perfil do consumidor; é realizado um estudo aprofundado sobre as características do consumidor e através dessas informações é possível traçar um bom modelo de contrato

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

para o mesmo, posteriormente resta ao consumidor, através da livre negociação, procurar o gerador que melhor supre as suas necessidades e valores.

2.3. Aspectos que impedem o país de ingressar integralmente no modelo

Basicamente podemos creditar como principal empecilho, a adesão integral do país ao modelo, o entrave político existente na aprovação dos projetos de lei nº1917/2015, entretanto, o conteúdo desse projeto relaciona diversos aspectos do setor energético e muitos são objeto de análise e reflexão sobre a possibilidade ou não de mudança em suas estruturas.

O projeto de lei nº 1917/2015 dispõe sobre a portabilidade da conta de luz, as concessões de geração de energia elétrica e a comercialização de energia elétrica, altera as Leis n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.847, de 15 de março de 2004, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Medida Provisória n. 2.227, de 4 de setembro de 2001, e dá outras providências.

Nesse sentido, este projeto de lei propõe a abertura total do mercado de energia elétrica a partir de 2022, dado o grau de consolidação que esse mercado irá atingir com o desenvolvimento de relações comerciais durante o período de transição sugerido. Outro ponto de destaque no presente projeto de lei consiste no aprimoramento do processo de formação do preço da energia elétrica, a fim de que haja maior transparência, estabilidade e previsibilidade, elementos que atenuariam os riscos inerentes à comercialização de energia elétrica (PL 1917/2015).

Como já mencionado anteriormente, existem vários aspectos de cunho regulatório que impedem, ou pelo menos tornam mais trabalhoso o processo de abertura do mercado de energia e consequentemente a aprovação do projeto de lei que a prevê. Entre eles podemos destacar: a dificuldade burocrática existente no intercâmbio de contratos entre o mercado livre e o mercado regulado; necessidade de alinhamento da modalidade tributária; ampliação do mecanismo de incentivo as fontes renováveis; atualização do atual projeto de expansão do sistema e a falta de consideráveis medidas de incentivos a novos geradores.

2.4. Estudo de caso comparativo com a Colômbia

Entre muitos países que apresentam o mercado livre de energia cabe ressaltar a situação da Colômbia, que não atua com um ambiente totalmente livre, porém tem uma abertura maior se comparada ao Brasil e a maioria dos países Sul-Americanos. O consumidor de energia elétrica na Colômbia está apto a fazer parte do mercado livre desde que consuma uma demanda superior a 0.1 MW ou 55MW/h mês.

Outro fator relevante é a semelhança entre as principais fontes de energia entre Brasil e Colômbia, haja visto que ambas utilizam majoritariamente o sistema de usinas hidrelétricas na geração de energia, cerca de 70%. (ABRACEEL, 2017)

Entretanto, durante o processo de ampliação da faixa de demanda mínima, a Colômbia passava por uma situação energética distinta daquilo que o Brasil vive na atualidade, pois na Colômbia havia uma geração superior a demanda e com possibilidades de aumento da capacidade de produção, sem muitos esforços, tal fato trouxe muitos benefícios para o andamento do projeto de abertura, principalmente no viés da confiabilidade.

Mesmo dispondo de considerável avanço, no que se refere a mercado de energia, sendo comparado aos países da Europa, a Colômbia mantem como agente determinante das demandas a e fontes a serem ampliadas, sempre buscando prever a demanda de consumidores, fato que vem dando certo e trazendo consequentemente confiança e estabilidade ao mercado. O que se reflete nos valores dos contratos e menores custos ao consumidor.

Portanto, é claro na questão da Colômbia que os fatores: alta geração comparada a demanda consumidora, fontes de energia consideradas limpas, cerca de 65% a 70% é hidroelétricas de queda d'agua, e o estado intervindo em pontos estratégicos do setor, trouxem estabilidade e confiabilidade ao sistema. Mesmo que os sinais de preço contem muito neste equilíbrio, há um grande número de decisões adicionais e suposições subjacentes a serem consideradas e que na sua maioria são favoráveis do ponto de vista técnico. (ABRACEEL, 2017)

III. Observações Finais

O setor elétrico representa uma das mais importantes peças da economia nacional. É impossível imaginar uma economia próspera sem investimentos em energia, especialmente a energia elétrica, essencial para disponibilizar força motriz para a indústria, comércio e serviços; trata-se de um insumo básico. Ao longo das últimas duas décadas, o consumo de energia elétrica apresentou índices de expansão bem superiores ao Produto Interno Bruto (PIB), fruto do crescimento populacional concentrado nas zonas urbanas, do esforço de aumento da oferta de energia e da modernização da economia (ANEEL, 2004).

Conforme ocorreu em países onde o mercado de energia foi totalmente aberto é possível relacionar, essa mudança de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

modelo, com a redução do custo da energia para o pequeno consumidor, e esse reflexo consequentemente gerou além do benefício imediato ao consumidor, uma margem maior para pequenos e médios empresários seja qual for a sua área. A questão é que independente de qual área há sempre uma relação de dependência com o fator energético, ligada diretamente no seu custo e inevitavelmente na eficiência e lucratividade do consumidor em questão. Portanto, essa redução de valores da energia elétrica para pequenos e médios consumidores, somente traria benefícios para a economia, pois quanto menor a despesa da empresa, mais ele poderá investir, gerar emprego e renda, consequentemente.

Entretanto, depois de observar inúmeros fatores que impedem a abertura do mercado, fica clara a necessidade de ampliar a proposta de abertura gradual, a qual consta no PL 1917/2015, que prevê ingresso de consumidores sem restrição de demanda mínima a partir de 2022. A recomendação de consultores da ABRACEEL sinalizam para uma abertura total para consumidores do nível de tensão A4 a partir de 2021 e para consumidores de baixa tensão a partir 2024. Recomenda-se que nesse espaço de tempo seja trabalhado novos mecanismos e sanado alguns empecilhos a fim de adequar o sistema e evitar possíveis contratempos.

IV. REFERÊNCIAS

[1] ABRACEEL. Mercado Livre de Energia Elétrica: Guia básico para consumidores potencialmente livres e especiais. Disponível em: <http://www.abraceel.com.br/archives/files/Abraceel_Cartilha_MercadoLivre_V9.pdf>

[2] BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n. 759, de 7 de fevereiro de 2017, 2017. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2015673.pdf/

[3] ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3a ed. Brasília, DF: 2008.

[4] FLOREZI, G. Consumidores livres de energia elétrica uma visão prática. 2009.

[5] CCEE. Câmara de comercialização de energia elétrica. Comercialização de energia. Disponível em www.ccee.org.br

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Metodologia para Análise da Viabilidade Técnica e Econômica de Subestação de Média Tensão

Ian Carlos Rios Senger; Ângelo Trein Lucca
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
iancarlossenger@hotmail.com; angelotlucca@gmail.com

***Resumo* — Este trabalho tem por objetivo apresentar 3 modelos de subestação de Média Tensão seguindo os requisitos técnicos do grupo CPFL Energia, analisando qual modelo é mais viável economicamente para ser instalado em uma unidade consumidora que possui demanda acima de 75 kW levando em conta estética e encargos no meio do ambiente a ser instalado. Apresentar de forma clara e objetiva qual modelo será o que terá melhores resultados para a devida unidade consumidora levando em conta os principais critérios técnicos de dimensionamento e equipamentos que serão usados, que regem como devera ser instalada a subestação de Média Tensão. Estudo de uma unidade consumidora para analisar qual modelo terá melhor viabilidade para ser instalada a subestação de Média Tensão.**

***Palavras-chaves* — subestação, carga instalada, demanda, viabilidade econômica, GED.**

I. INTRODUÇÃO

Não se pode imaginar como seria a vida humana nos dias de hoje sem a utilização da energia elétrica. Ela é o combustível básico do nosso desenvolvimento e está diretamente ligada ao aumento populacional e econômico do planeta. Qualquer grande invenção tecnológica, ou até mesmo as coisas mais básicas de nosso dia a dia, seriam impossíveis de serem criadas sem o uso da energia elétrica. A dependência da vida moderna faz com que a energia elétrica tenha uma importância fundamental na sociedade atual, e o papel do Engenheiro Eletricista ganha destaque especial, pois é dele a responsabilidade de manter o sistema e desenvolver as inovações de que o mundo tanto precisa.

Para atender ao desenvolvimento econômico populacional e também ao sistema elétrico como um todo, é extremamente necessário que os Engenheiros responsáveis pelos projetos de instalações elétricas, tenham vasto conhecimento técnico para realizar o correto dimensionamento dos equipamentos de uma instalação. Uma falha no sistema de uma subestação elétrica de Média Tensão, por exemplo, pode causar grandes problemas, gerando prejuízo econômico muitas vezes irreparável, principalmente para a indústria e outras unidades que são atendidos em Média Tensão.

Neste sentido, destaca-se a importância das Subestações de Média Tensão, como ponto de entrega aos consumidores com carga acima de 75 kW. Nas suas mais variadas formas, as subestações de Média Tensão possuem papel de fundamental importância para a distribuição elétrica, pois são elas que fazem o rebaixamento da tensão, sendo assim deixando em níveis adequados para os consumidores finais.

Segundo as normas e padrões técnicos das concessionárias são estabelecidos modelos de subestações de Média Tensão, com diferentes tipos de entradas de energia, sistemas de proteção e medição. O documento padrão das normas técnicas é o GED (Gerenciamento Eletrônico de Documentos).

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme as normas técnicas da concessionária local CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) / RGE (Rio Grande Energia S.A.) há diversos modelos de subestação de Média Tensão, cada qual com suas características técnicas definidas nos seguintes documentos:

1) GED 2859: Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25kV E 34,5 kV – Volume 4.1 - Desenhos.
2) GED 2861: Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV E 34,5 kV –Volume 4.2 - Desenhos.

A. Primeiro Modelo Analisado

O posto de transformação em poste singelo, em Baixa Tensão até 300 kVA conforme demonstrado na figura acima é composto por dois postes troncos cônicos, sendo que o primeiro deverá ser obrigatoriamente um poste de 11 ou 12 metros. O transformador está localizado no poste e a caixa de medição de Baixa Tensão fica centralizada entre os dois postes. A saída do ramal em Baixa Tensão após a medição será aérea em 4 cabos (3 cabos de fase e 1 cabo de neutro).

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

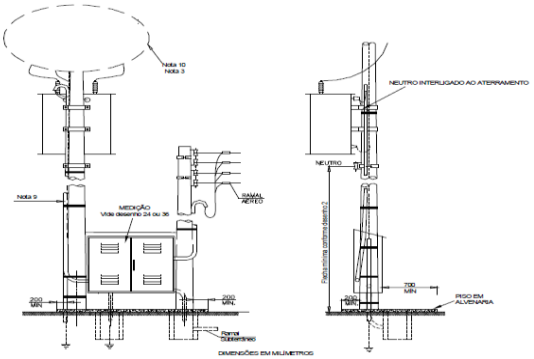


Fig. 28. Posto de Transformação ao Tempo em Poste Singelo Circular, de Concreto, até 300 kVA
Fonte: GED, 2015

B. Segundo modelo analisado

O modelo apresentado na figura 2 possui entrada subterrânea, com caixas de passagem até a entrada da subestação, o transformador é abrigado na cabine de alvenaria, e todas as partes metálicas internas da cabine são aterradas.

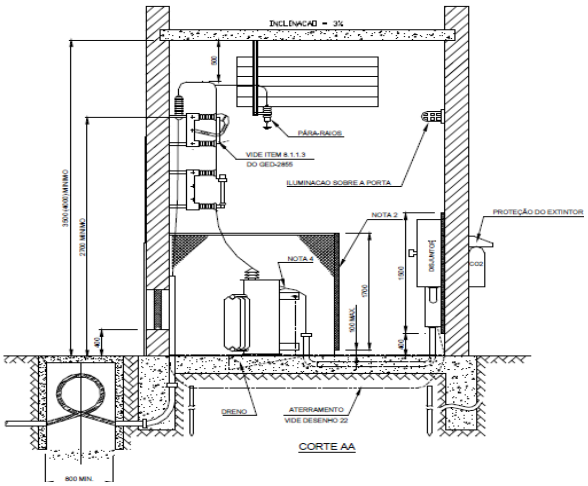


Fig. 2. Cabine em Alvenaria – Medição em Baixa Tensão, Entrada Subterrânea – Corte AA
Fonte: GED, 2015

C. Terceiro modelo analisado

Este modelo apresenta entrada aérea de energia, com cabos nus de alimentação da subestação, o transformador é abrigado em cabine de alvenaria, e as partes metálicas são aterradas.

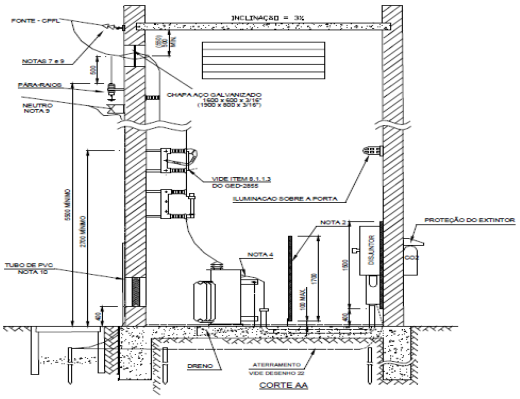


Fig. 3. Cabine em Alvenaria – Medição em Baixa Tensão, Entrada Aérea – Corte AA
Fonte: GED, 2015

D. Proteção em Baixa Tensão

Para proteção contra sobrecorrente em baixa tensão até 300 kVA deve-se instalar um disjuntor, após a medição, para proteção do(s) transformador(es) contra correntes de sobrecarga e curto-circuito, evitando acarretar problemas do equipamento.

Para o condutor neutro não será necessário a instalação de nenhum sistema de proteção contra sobrecorrente.

E. Sistema de aterramento

A resistência máxima de terra admissível é de 10 Ohms em terreno úmido e de 25 Ohms em terreno seco, devendo ser instalado o número de hastes que deverão ser de no mínimo 2,40m de comprimento, e para a malha de aterramento deverá ter no mínimo 3 hastes. A distância entre elas deverá ter no mínimo a distância igual ao seu comprimento.

Todas as partes metálicas não energizadas da cabine, devem ser interligadas ao aterramento, com fio ou cabo de cobre nu de seção mínima 25mm².

Todas as conexões entre malha, anel e aterramento dos equipamentos e ferragens, devem ser efetuadas através de conector ou solda exotérmica.

A medição deve ser conectada a malha de aterramento.

F. Barramentos

O barramento de média tensão das cabines deve ser de cobre nu ou alumínio, nos modelos de vergalhão, tubo ou barra retangular.

Nas cabines o barramento deve ter as seguintes cores:

1) Fase "V": cor vermelha (MUNSELL 5R-4/14)

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

2) Fase "A": cor azul escuro (antiga fase B) (MUNSELL 2,5PB-4/10)
3) Fase "B": cor branca (MUNSELL N9,5)

Em posto com transformador ao tempo e medição em baixa tensão, o barramento que conecta os bornes secundários do transformador ao quadro de medição é obrigatório ser com cabos de cobre isolados, duplicados por fase quando necessário. Os cabos devem ser protegidos por eletrodutos/tubos de aço-carbono zincado, tubos de PVC rígido ou duto liso em PEAD. Quando for posto com transformador e medição em baixa tensão abrigado, segue o mesmo padrão do posto com transformador ao tempo.

G. Medição

Para subestação até 300 kVA a medição será em baixa tensão, indireta, sendo instalada em quadro de madeira para o medidor e caixas metálicas, uma para proteção dos TC´s e outra para o disjuntor geral de Baixa Tensão [1].

Em medição indireta são instalados os seguintes equipamentos:

1) 3 transformadores de corrente (TC's) classe 600V e relação (RTC) para cada caso;
2) 1 chave de aferição;
3) 1 medidor eletrônico que mede energia ativa, reativa, demanda e tarifação horo sazonal.

III. METODOLOGIA

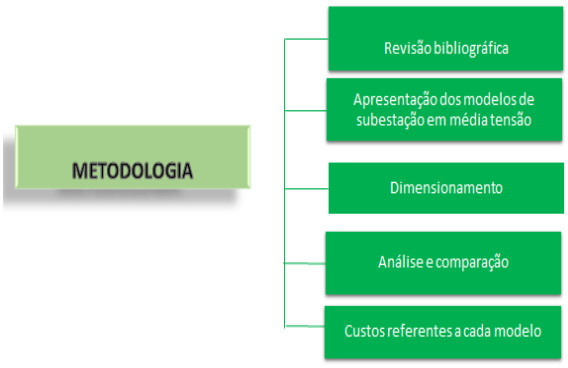


Fig. 4. Metodologia do Projeto
Fonte: Autor, 2018

Para o dimensionamento correto de uma subestação de Média Tensão deve-se dimensionar através das cargas instaladas na unidade consumidora, fator de demanda devido a atividade relacionada, segundo os cálculos fornecidos pelo GED 2855, 2856 e 2858. Para escolher o modelo de subestação adequado aos cálculos e dimensionamentos realizados, analisam-se os GEDs 2859 e 2861.

Em relação a qual modelo é mais viável economicamente, deve-se levar em consideração vários fatores, tanto econômicos (preços dos materiais e equipamentos) como estruturais (construção da alvenaria) e estéticos.

Serão analisados os arranjos de subestação destacados nas figuras 01, 02 e 03 do referencial teórico, para se obter o modelo mais viável.

Conforme citado no referencial teórico a proteção e medição da subestação deverá ser indireta em Baixa Tensão.

Após levantamento dos modelos de subestação e dos equipamentos de proteção e medição de cada um, será realizado o comparativo entre os preços totais de materiais elétricos e civis, visando buscar o modelo mais viável economicamente.

A. Cálculo da carga instalada

O cálculo da carga instalada é básico para a determinação do tipo de fornecimento e classificação do consumidor. Carga instalada é a soma das potências nominais em kW das cargas a serem ligadas ao sistema considerado. Para determinação da carga instalada, devem ser somados os seguintes itens:

1) Cargas referentes a tomadas e iluminação em kW.
2) Cargas referentes a aparelhos de aquecimento.
3) Cargas referentes a condicionadores comuns de ar em kW.
4) Cargas referentes a motores elétricos em kW.
5) Cargas referentes a equipamentos especiais, como aparelhos de raios-X, máquina de solda a transformador, fornos elétricos a arco, fornos elétricos de indução, retificadores e equipamentos de eletrólise, etc, com carga instalada conforme placa do fabricante.
6) Carga em kW referente a outros aparelhos não citados anteriormente.

B. Cálculo da demanda de uma instalação

Neste tópico analisam-se as instalações destinadas ao ramo de prestação de serviço, tais como: Hotéis, Hospitais, Poderes Públicos, etc. A demanda estimada é calculada pela equação, conforme (1):

$$\mathbf{D} = a + b + c + d + e \quad (1)$$

Sendo assim, **D** é a demanda total calculada da instalação (kVA), enquanto a é a demanda referente a tomadas e iluminação.

Para a carga instalada, separa-se a iluminação e tomadas. O fator de demanda de cada uma é obtido através da tabela 10 do

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

GED 2856. Para lâmpadas incandescentes utiliza-se FP de 1, enquanto as outras são padrão FP 0,5. As tomadas tomam-se como base FP unitário.

A letra **b** é a demanda dos equipamentos de utilização específica. Serão declaradas separadamente as cargas de cada equipamento. Para a demanda dessa relação de equipamentos a tabela de número 13 do GED 2856. O fator de potência será unitário. A letra **c** é referente a demanda do condicionador de ar tipo janela. Serão somados todos os condicionadores de ar da unidade consumidora. Fator de demanda será obtido através da tabela 12 do GED 2856. A letra **d** é referente a demanda a motores elétricos e máquinas de solda a motor carga.

Para a letra d obter os valores de demanda através da placa do motor. A demanda será obtida pela tabela 17 do GED 2856. Maior Motor = 1,0 (100%) Restantes= 0,5 (50%).

A letra **e** corresponde a demanda de equipamentos especiais

Para obter a carga instalada será obtido os dados de potência através da placa. A demanda será obtida pela tabela 18 do GED 2856. O fator de potência será de 0.5, conforme normas técnicas. Maior aparelho = 1,0 (100%) Restantes = 0,6 (60%). O cálculo da demanda é feito pela equação, conforme (2):

$$\mathbf{P} = \text{C.I x FD} \qquad (2)$$

Sendo assim, P é a demanda estimada em kW; C.I. é o total de cargas instaladas em kW e PF é o Fator de demanda da instalação.

C. Fator de Potência Médio

Para a determinação do Fator de Potência Média de uma instalação utiliza-se a equação conforme (3):

$$\boldsymbol{FP_{médio}} = \frac{\sum potencias\ indivuduais}{\sum(potencias\ individuais\ /\ FP\ individual} \qquad (3)$$

D. Transformador

Para determinar o transformador a ser instalado, a demanda deve ser dada em kVA, e o fator de potência deve estar acima de 0,92, equação conforme (4).

$$\mathbf{D(kVA)=}\ \text{(P (kW))/FP} \qquad (4)$$

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Com base nos estudos e dimensionamentos realizados, utilizando como referência as normas técnicas (GED) do grupo CPFL/RGE, espera-se encontrar o modelo que mais se adequa a demanda de cargas levando em consideração a distância do centro de cargas até a subestação à ser dimensionada.

Em consideração, espera-se verificar entre os três modelos citados no referencial teórico, qual o mais viável economicamente e também analisar qual o modelo se adequa corretamente ao meio a ser instalado, ou seja, se apresenta local disponível para instalação do modelo escolhido.

Em relação ao valor econômico, verificar o valor dos materiais e equipamentos de proteção e medição que irão englobar estes modelos, levando em conta que o modelo mais adequado pode não ser mais viável economicamente.

V. CONCLUSÕES

Concluiu-se, portanto, que o dimensionamento correto de uma subestação de energia é importante para que melhor seja aproveitado o dinheiro investido, e que posteriormente no futuro não venha acarretar problema de mal dimensionamento de cabos, ou equipamentos e de interferência da estrutura civil da cabine na propriedade do consumidor.

VI. REFERÊNCIAS

[1] GED 2855 RGE - Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV - Volume 1. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx . Acesso em 07-05-2018.

[2] GED 2856 RGE - Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV - Volume 2 – Tabelas. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx . Acesso em 07-05-2018.

[3] GED 2858 RGE - Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV - Volume 3 – Anexos. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx . Acesso em 07-05-2018.

[4] GED 2859 RGE: Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV - Volume 4.1 – Desenhos. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx . Acesso em-05-2018.

[5] GED 2861 RGE: Fornecimento em Tensão Primária 15 kV, 25 kV e 34,5 kV - Volume 4.2. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx . Acesso em 07-05-2018.

Projeto de Sistema Para Controle de Temperatura para Creche e Maternidade na Suinocultura

Magnus Junior Neuhaus; Professor Orientador: Lucas de Carvalho;
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
e-magnus@live.com; lucasdecarvalho3@hotmail.com;

***Resumo* — Na fase de creche, os leitões exigem um ambiente aquecido, com temperatura próxima àquela da maternidade, evitando que sejam submetidos ao estresse pelo frio. Para que os mecanismos que promovam condições de bem-estar aos suínos possam ser utilizados, é necessário que se desenvolvam pesquisas para reduzir seus custos e aumentar sua praticidade, possibilitando a sustentabilidade do processo. O aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade pode ser trabalhado no sentido de viabilizar a eficiência do uso da energia elétrica, sem prejudicar o bem-estar dos suínos. O presente trabalho tem como objetivo a definição do projeto e metodologia de trabalho de um protótipo a ser construído para que efetue a análise e o controle da temperatura com obtenção de valores de temperatura através de sensores.**

***Palavras-chaves* — Suinocultura; conforto térmico; suínos; maternidade suína; creche suína; controle de temperatura;**

I. INTRODUÇÃO

Os suínos, por suas características fisiológicas, possuem dificuldades de se adaptar às flutuações térmicas ambientais e a faixa de temperatura para seu conforto varia com a idade. Para o leitão ao nascimento, a faixa de conforto está entre 32ºC e 34ºC, aos 35 dias entre 29ºC e 31ºC, e para a matriz, 16ºC e 21ºC [1].

Segundo [1], durante os primeiros dias de vida o leitão não possui um mecanismo eficiente para o controle da sua temperatura corporal. Sendo assim, ele torna-se sensível às oscilações de temperaturas. Com as temperaturas oscilando, o leitão reduz sua atividade motora e, consequentemente, diminui a ingestão de colostro (primeiro leite materno), acarretando maior incidência de doenças, alta taxa de refugos na desmama e também um maior número de leitões esmagados pela mãe.

Diante das baixas temperaturas, a leitegada (ninhada de leitões) tem um rendimento inferior devido as características citadas anteriormente. Existe no mercado disponível alguns tipos de sistemas de aquecimento, visando manter a temperatura em uma faixa confortável para a leitegada. Os sistemas auxiliares de conforto térmico para animais podem ser encontrados em diversas formas, tais como campânulas a gás, campânulas elétricas, lâmpadas infravermelhas, fornalhas e placas aquecidas por meio de resistências elétricas.

Os sistemas atuais de aquecimentos utilizam piso aquecido com resistências elétricas, em alguns casos ainda se utilizam lâmpadas incandescentes. As lâmpadas incandescentes, por apresentarem baixa eficiência energética estão sendo substituídas, e no caso do Brasil por força de lei, foram extintas no ano de 2016 [2].

Neste contexto, a proposta desse trabalho é desenvolver um protótipo visando o controle de temperatura para os sistemas de aquecimento nas creches e maternidades, gerando assim um maior rendimento, bem-estar animal e ainda evitar o desperdício de energia elétrica.

II. Importância do Ambiente térmico na Suinocultura

O aquecimento de leitões na fase de creche e maternidade é um ponto da granja que demanda grande consumo de energia elétrica. Assim, pode ser trabalhado no sentido de viabilizar a eficiência do uso da energia elétrica sem, no entanto, prejudicar o bem-estar dos suínos [3].

A utilização de sistemas de climatização auxilia no ajuste das condições térmicas exigidas pelos animais, sendo uma alternativa para reduzir as perdas relacionadas a variações de temperatura. Porém, os investimentos com climatização das granjas são baixos no Brasil, sendo comuns a utilização de recursos nas construções e instalações e equipamentos básicos, que apresentam baixa eficiência no controle da temperatura [4].

Os suínos são animais homeotérmicos, capazes de regular a temperatura corporal. No entanto, o mecanismo de homeostase é eficiente somente quando a temperatura ambiente está dentro de certos limites. Portanto, é importante que as instalações tenham temperaturas ambientais próximas às das condições de conforto dos suínos. Nesse sentido, o aperfeiçoamento das instalações com adoção de técnicas e equipamentos de condicionamento térmico ambiental tem superado os efeitos

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

prejudiciais de alguns elementos climáticos, possibilitando alcançar bom desempenho produtivo dos animais [1].

Segundo [5] em comunicado publicado pela EMBRAPA informou as temperaturas de conforto para cada fase do suíno que podem ser visualizadas na Tabela I.

TABELA I. TEMPERATURA DE CONFORTO PARA DIFERENTES CATEGORIAS DE SUÍNOS.

Categoria	Temperatura de Conforto (ºC)	Temperatura critica Inferior (ºC)	Temperatura Critica Superior (ºC)
Recém Nascidos	32-34	-	-
Leitões até a desmama	29-31	21	36
Leitões em crescimento	22-26	17	27
Suínos em Terminação	18-20	15	26
Fêmeas Gestantes	16-19	10	24
Fêmeas em lactação	12-16	7	23
Fêmeas vazias e machos	17-21	10	25

FONTE: [6]

O desempenho dos suínos, bem como a eficiência alimentar, apresenta melhores resultados quando os mesmos são mantidos dentro da zona de conforto térmico. Os suínos são menos eficientes e consomem mais ração quando são submetidos à temperatura inferior ao seu limite crítico inferior. Desta forma, os nutrientes consumidos são revertidos para manutenção, diminuindo a disponibilidade para o crescimento. Já em temperaturas acima do limite crítico superior, os leitões consomem menores quantidades de ração, resultando em menor ganho de peso [4].

III. Sistemas de aquecimento utilizados na suinocultura

O uso racional da energia elétrica na suinocultura é de grande importância para a sustentabilidade da atividade, pois a utilização correta da energia elétrica pode contribuir para a viabilidade econômica da criação, além de contribuir para a viabilidade ambiental e para o bem-estar dos animais [7].

Os principais métodos de aquecimento na suinocultura podem ser sistemas de aquecimento elétrico, a gás ou a lenha.

Os aquecedores a lenha foram os primeiros métodos utilizados para o aquecimento do ambiente na suinocultura. São caracterizados por utilizar lenha ou carvão como combustível. O calor é transmitido por meio de condução através do ar. A utilização da lenha como fonte de calor não produz temperatura constante, podendo exceder o necessário. Necessitam de maior mão de obra e o controle da temperatura é dificultado. Em alguns casos a combustão não é completa, então devem ser instalados filtros nas entradas de ar para minimizar a quantidade de gases tóxicos, como o CO2, para o interior dos escamoteadores ou salas de creche [8].

Como é apresentado na fig. 1, o sistema consiste de fornalha, chaminé, ventilador, termostato, alarme e tubos distribuidores de ar quente. Os queimadores podem estar localizados externamente ou internamente. O ar quente é impulsionado da câmara de ar quente por meio de exaustores, aos tubos perfurados, distribuídos no ambiente.

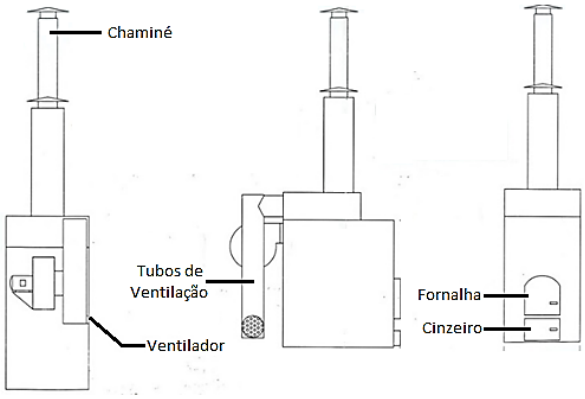


Fig. 1. Fornalha de Aquecimento; [9]

Os sistemas de aquecimento a lenha têm a função de melhorar as condições ambientais não propriamente atender as necessidades dos animais. Também pode ser utilizado sistema que trabalha com energia renovável, o carvão, podendo o produtor gerar o próprio combustível, bastando para isso possuir programa de reflorestamento [10].

Os aquecedores a gás são muito utilizados por apresentarem um baixo custo para a geração da energia térmica, podendo ser utilizado tanto o gás natural quanto o gás liquefeito de petróleo. Estão disponíveis no mercado vários tipos desses aquecedores, com diversas formulações quanto a forma de transmitir calor, maneiras de instalação e meios de controle da temperatura de operação [10].

Os aquecedores chamados comumente de campânulas a gás, apresentado na fig. 2, possui um queimador de gás convencional, onde o calor é transmitido aos animais por condução e convecção. São instalados a pouca altura do chão o que ocasiona uma distribuição não uniforme da temperatura em seu raio de ação.

Fig. 2. Aquecedor (campânula) a gás; [11]

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Os aquecedores a gás podem ser separados em três tipos:

- Aquecedores de campânulas a gás;
- Aquecedores a gás com placa cerâmica;
- Aquecedores a gás tipo infravermelhos;

Os sistemas de aquecimento elétricos são constituídos de resistências elétricas, blindadas ou não, e lâmpadas infravermelhas que são colocadas embaixo de uma campânula (refletor) a fim de projetar o calor de cima para baixo, ou resistências embutidas no piso a fim de projetar o calor de baixo para cima.

São caracterizados por transmitirem o calor por meio da condução e da radiação, serem de fácil manuseio, possuírem produção de calor constante. Também é relevante que, no sistema de placas aquecidas, não há emissão de gases tóxicos, consumo de oxigênio, risco de explosões ou a criação de condições ambientais que modifiquem o comportamento dos animais. O uso de lâmpadas infravermelhas apresenta consumo excessivo de energia. Adicionalmente, as interrupções de energia, por mais curtas que sejam podem representar perda de temperatura [8].

Como apresentado na fig. 3, o sistema de placas aquecidas eletricamente consiste em uma placa confeccionada com argamassa de cimento, areia e um isolante térmico. Na mistura distribuiu-se, o mais uniformemente possível, um fio de resistência elétrica de níquel-cromo, isolado eletricamente da placa.

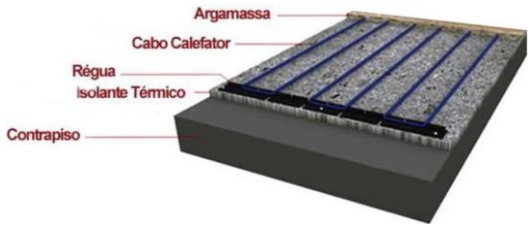


Fig. 3. Piso aquecido eletricamente; [12]

Como apresentado por [7] em sua publicação, o aquecimento por piso aquecido apresenta menor consumo de energia elétrica, XIN & ZHANG (1999) determinou que a utilização de tapete aquecido pode oferecer economia de 40 a 60%, quando confrontado com a utilização de lâmpadas radiantes.

IV. Desempenho dos suínos em diferentes sistemas de aquecimento

A energia elétrica é um fator a ser considerado no preço final do suíno. Com o incremento dos sistemas de climatização, visando o bem-estar do animal e maior produtividade, há um aumento no consumo desta energia [3].

Em geral, os criadores de suínos não protegem os leitões contra o frio. Estudos conduzidos pela EMBRAPA–CNPSA, Concórdia, SC, na Região Sul do Brasil, revelaram que grande maioria das edificações amostradas não dispõe de qualquer sistema de proteção para os leitões quanto as temperaturas estiverem abaixo da faixa de conforto [1].

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o custo da energia elétrica e de outros combustíveis utilizados na produção de suínos, nos Estados brasileiros, no ano 2015, variou de 0,57 a 2% do custo total de produção [13].

A eficiência do uso de energia elétrica no aquecimento de leitões em fase de creche e maternidade pode ser viabilizada sem prejudicar o conforto térmico dos suínos. No estudo de [7] foram utilizados três tratamentos diferentes na forma de aquecimento: resistências elétricas suspensas (TR), piso aquecido (TP) e aquecimento por convecção (TA). Os critérios de comparação foram: consumo de energia elétrica (kWh), consumo específico (kWh/kg de suíno vivo produzido).

O consumo de energia elétrica é o registro do quanto de energia elétrica foi consumida durante um determinado tempo e, por isso, expresso em kWh. Na Tabela II, estão apresentados os valores de consumo médio diário de energia elétrica, em kWh, para cada um dos tratamentos, nos períodos estudados. Os leitões foram submetidos a três diferentes tratamentos que se diferenciaram pelos sistemas de aquecimento. O aquecimento foi realizado durante 14 dias. Foram realizados dois estudos observacionais, nos meses de junho e julho de 2008 (Análise 1 e Análise 2).

TABELA II. CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA POR DIFERENTES SISTEMAS DE AQUECIMENTOS PARA LEITÕES EM CRECHE, COM 2 SEMANAS DE USO.

	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		
	TR	TP	TA
Análise 1	69,16	41,62	200,24
Análise 2	115,32	44,8	278,14

FONTE: ADAPTADO DE [7];

O aquecimento por convecção foi o que mais consumiu energia elétrica, sendo, portanto, o pior dos tratamentos sob este aspecto, visto que o aumento do consumo de energia elétrica aumenta o custo de operação do sistema.

No caso da comparação com o piso aquecido com as resistências, houve economia de, aproximadamente, 80%. Considerou-se o ganho de peso total no período estudado para o cálculo dos consumos específicos de energia elétrica dos sistemas. Na Tabela III, estão apresentados resultados de ganho de peso total de cada lote ao final das análises observacionais 1 e 2.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

TABELA III. GANHO DE PESO TOTAL DO LOTE, EM KG DE PESO VIVO, DE LEITÕES SUBMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE AQUECIMENTO NA CRECHE.

	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		
	TR	TP	TA
Análise 1	526,5	732,0	924,0
Análise 2	844,2	750,3	1.081,2

FONTE: ADAPTADO DE [7];

No estudo de [7], a utilização do tratamento de aquecimento por convecção, foi possível produzir a maior quantidade absoluta de produto (kg de peso vivo). Mas a comparação da eficiência dos sistemas foi realizada por meio da análise do consumo específico (Ces). Isto porque, produzir mais produto, só é compensatório se o custo de produção não aumentar substancialmente, de modo a inviabilizar a produção. O Ces, neste caso, avalia a energia elétrica consumida para a produção de 1 kg de peso vivo de suíno. Na Tabela IV, estão expostos os valores de Ces para cada sistema estudado, nas duas análises [7].

TABELA IV. CONSUMO ESPECÍFICO (CES) DE DIFERENTES SISTEMAS DE AQUECIMENTO PARA CRECHE DE LEITÕES, EM KWH KG-1 DE PESO VIVO DE SUÍNO PRODUZIDO.

	Consumo de Energia Elétrica (kWh)		
	TR	TP	TA
Análise 1	0,131	0,009	0,217
Análise 2	0,068	0,003	0,129

FONTE: ADAPTADO DE [7];

Apesar de os animais nas instalações com TA terem ganho mais peso que os da instalação com TP, o consumo específico de TA foi o maior que o TP. Assim, sob o aspecto consumo específico, a instalação com TP foi o melhor sistema e TA foi o pior dos três sistemas, sendo que TP apresentou consumo específico de aproximadamente 4,15% de TA e de 6,87% de TR, durante a análise 1, e 2,32% de TP e 4,41% de TR, durante a análise 2.

O ajuste da temperatura na fase de creche é de extrema importância para que os leitões expressem o máximo potencial produtivo, impedindo que a energia consumida seja revertida para manutenção da temperatura corporal, mas sim para crescimento e ganho de peso. Além da avaliação diária dos valores de temperatura é essencial observar o comportamento dos animais, pois este indica o real conforto térmico, visto que em situações confortáveis também há a manutenção do bem-estar animal. É necessário que sejam utilizados sistemas de aquecimento na fase de creche, que irão variar conforme a localização da granja, a dimensão da instalação e tamanho do lote [7].

V. Controle Analógico e Digital de Temperatura

O controle de temperatura pode ser feito através termostatos, que são sensores de temperatura e atuam de acordo com a condição configurada.

Os termostatos analógicos normalmente são mecânicos e utilizam elementos de sensor bimetálicos e o princípio de gás de expansão. Os termostatos bimetálicos possuem dois metais em conjunto que irão se expandir a taxas diferentes em resposta às mudanças de temperatura. Já os a gás, o funcionamento baseia-se no princípio da dilatação dos corpos. O termostato contém em seu capilar um gás que pode ser dióxido sulfúrico, cloreto de metila, gás utilizado no sistema ou outro similar.

Quando a temperatura atinge a desejada as placas bimetálicas ou o gás se expande então ocorre um afastamento dos contatos e interrompem o circuito fazendo com que se desligue até que a temperatura fique abaixo da configurada.

Quando a temperatura diminui as placas bimetálicas se aproximam e o gás se comprime, ocorre uma aproximação dos contatos fazendo com que o circuito seja acionado novamente até que aqueça na temperatura desejada.

Já os termóstatos digitais operam da mesma maneira que os bimetálicos, porém esses mesmos utilizam um dispositivo chamado termistor, uma espécie de resistor que varia a resistência conforme a elevação da temperatura, essa variação é interpretada pelo circuito eletrônico que pode ser configurado para tomar alguma ação como por exemplo acionar um relé.

O sinal digital tem valores discretos, com números descontínuos no tempo e na amplitude. Enquanto o formato analógico apresenta variações infinitas entre cada um de seus valores, o digital assumirá sempre os valores discretos (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10), diminuindo a faixa de frequência entre eles e a oscilação.

Os termostatos digitais apresentam uma ligeira vantagem em relação aos mecânicos por oferecerem suporte à programação e a temporização de ações, além de ter durabilidade e fiabilidade maiores.

II. METODOLOGIA

Para conseguir um resultado satisfatório para a criação do protótipo algumas etapas deverão ser seguidas.

A criação do protótipo consiste em desenvolver um sistema que monitore e controle a temperatura de ambientes na suinocultura através de sensores e atuadores. Para que o protótipo possa ser confeccionado de maneira correta e organizada, o mesmo será realizado passando por fases metodológicas. A fig. 4 mostra a estrutura do processo:

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

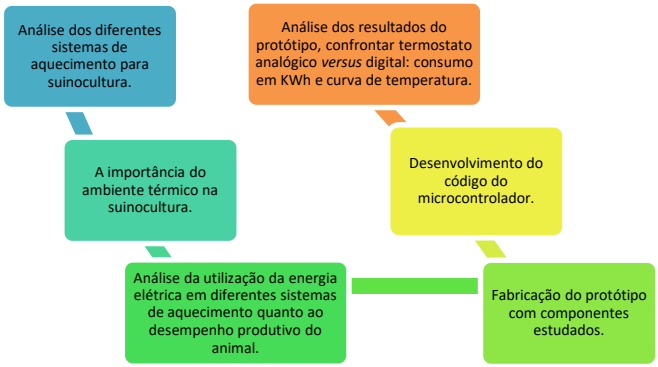


Fig. 4. Metodologia do trabalho;

- Análise dos diferentes sistemas de aquecimento para suinocultura: levantamento bibliográfico dos diferentes sistemas de aquecimento disponíveis no mercado para comercialização, quanto aos tipos e métodos de aquecimento.
- Importância do ambiente térmico na suinocultura: através da revisão bibliográfica é determinado a importância do ambiente térmico na suinocultura em cada estágio da criação, desde a maternidade, passando pelo ambiente da creche e por fim na terminação.
- Análise da utilização da energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento quanto ao desempenho produtivo do animal, nas maternidades e creches da suinocultura: realizado através de outros estudos na área que contemplam a utilização da energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento.
- Desenvolvimento do protótipo com componentes a serem estudados: o sistema substituirá o termostato analógico, para isto o método de criação do protótipo consiste em desenvolver um sistema que estará em um suporte para parede com entrada e saída de cabos.
- Desenvolvimento do código do microcontrolador: será desenvolvido um código de programação que interprete a temperatura do ambiente, creche ou maternidade, comparando com uma temperatura pré-definida pelo operador, atuando assim quando for necessário.
- Análise de resultados do protótipo, confrontar termostato analógico versus digital: consumo em KWh e curva de temperatura: assim como em outros estudos após a confecção do protótipo, testes serão realizados, e o mesmo será confrontado com um termostato analógico, onde serão obtidos dados de consumo de energia e curva de aquecimento utilizando escamoteadores com placas elétricas aquecidas por resistências. Obtendo os dados poderá ser feita uma análise de curva de temperatura de operação do piso aquecido e consumo em KWh.

III. Resultados Esperados

Com base nos estudos que serão efetuados, deseja-se realizar o desenvolvimento de um protótipo, afim de implementar o mesmo para controlar a temperatura de uma maneira mais eficiente que os sistemas controlados por termostatos analógicos.

Será desenvolvido um protótipo onde o usuário poderá definir a temperatura desejada para a creche ou maternidade. Com a temperatura informada o protótipo efetuará a análise da temperatura que será obtida através de sensores, e então comparar com a temperatura definida pelo usuário, assim podendo atuar de maneira eficiente no acionamento do sistema de aquecimento.

O protótipo tem a finalidade de atuar como um termostato digital, substituindo os termostatos analógicos, assim obtendo uma maior fidelidade na medição das temperaturas no ambiente de creches ou maternidades.

Com o protótipo finalizado e com a ajuda de equipamentos de medição, serão obtidos dados de consumo de energia em KWh e gráficos de temperaturas, confrontando o termostato analógico com o protótipo desenvolvido.

Para a obtenção desses dados serão utilizados escamoteadores com placas aquecidas utilizando resistências de níquel-cromo devidamente dimensionadas e instaladas conforme estão disponíveis no mercado. Os dados deverão ser obtidos durante o segundo semestre de 2018 na universidade.

IV. Conclusão

O ajuste da temperatura na fase de creche é de extrema importância para que os leitões expressem o máximo potencial produtivo, impedindo que a energia consumida seja revertida para manutenção da temperatura corporal, mas sim para crescimento e ganho de peso.

É necessário que sejam utilizados sistemas de aquecimento na fase de maternidade e creche, que irão variar conforme a localização da granja, a dimensão da instalação e tamanho do lote. Com estudos efetuados já na área é possível verificar que existem vários métodos de aquecimento, porem o que possui um melhor resultado sob o aspecto da energia elétrica é o sistema de aquecimento por piso aquecido.

A atuação do protótipo a ser construído deverá ocorrer dentro das temperaturas de conforto conforme apresentadas por [6] na Tabela I, oscilando dentro da faixa de conforto, para assim evitar o estresse do animal, por frio ou calor excessivo e consequentemente a redução do rendimento da leitegada.

V. Referências

[1] C. C. Perdomo, J. Sobestiansky, P. A. V. de Oliveira, and J. A. de Oliveira, “Efeito de Diferentes sistemas de aquecimento no

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

desempenho de leitões," *Embrapa*, no. 08. pp. 1–6, 1987.
[2] J. J. Sulzbach, "Concepção e avaliação de diferentes sistemas de aquecimento para suínos recém-nascidos," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.
[3] J. Sarubbi, "Bem-estar dos animais e uso racional de energia elétrica em sistemas de aquecimento para leitões desmamados," UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2009.
[4] J. B. Padilha, P. M. Groff, S. E. Takahashi, S. Einsfeld, E. O. Rosa, M. De Andrade, A. Bagatini, and S. J. Gerhards, "Importância do ambiente térmico em produção de suínos na fase de creche," *Rev. Electron. Vet.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–11, 2017.
[5] J. A. Fávero, A. Kunz, A. F. Girotto, C. J. Monticelli, J. D. Kich, J. V. Ludke, N. Morés, P. G. De Abreu, P. R. S. da Silveira, A. L. di Amaral, C. Bellaver, D. L. Zanotto, D. P. de Paiva, G. J. M. M. de Lima, M. M. Higarashi, M. A. Seganfredo, and S. A. Melo, "Sistema de Produção," *Embrapa*, 2003. [Online]. Available: http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/index.html.
[6] C. C. Perdomo, E. A. Kozen, J. Sobestiansky, A. P. da Silva, and N. I. Correa, "Considerações sobre edificações para suínos. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS," 1985.
[7] J. Sarubbi, L. A. Rossi, D. J. D. E. Moura, R. A. D. E. Oliveira, and E. David, "Utilização de energia elétrica em diferentes sistemas de aquecimento para leitões desmamados," *Eng. Agrícola*, vol. 30, no. 6, pp. 1003–1011, 2010.
[8] P. G. De Abreu, "MODELOS DE AQUECIMENTO Introdução Termorregulação Zona de conforto térmico," 2003.
[9] F. Concórdia, "Aquecedores." [Online]. Available: http://www.funilariaconcordia.com.br/imagens/especificacoes.jpg.
[10] F. F. DE LEVA, J. R. CAMACHO, C. H. SALERNO, and S. C. GUIMARÃES, "MODELO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR APLICADO A GALPÕES AVICOLAS," no. 2001.
[11] Tecnoesse, "CAMPÂNULA A GÁS." [Online]. Available: http://tecnoesse.com.br/produtos/campanula-a-gas/.
[12] P. Térmico, "Piso Aquecido." [Online]. Available: http://pisotermico.com.br/Cover/piso-aquecido.jpg?s=870x490.
[13] C. N. de A. CONAB, "Custos - Un. Prod. Suínos - Ciclo Completo - 2015." 2017.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Protótipo de Geração de Energia Através da Piezoeletricidade

Gabrieli Milena Sfalcin da Rosa, Matheus Larrosa Fortes Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
gabisfalcin@gmail.com; matheuslafortes@gmail.com, nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — Este trabalho tem por objetivo, a demonstração de geração elétrica a partir do fenômeno da piezoeletricidade. Neste protótipo, a geração de energia se dará devido a passagem de pessoas caminhando por cima de uma plataforma com transdutores acoplados a mesma. Esta energia gerada será consumida por uma carga, neste caso um LED, que piscará informando que a energia foi captada.**

***Palavras-chaves* — Geração de energia, piezoeletricidade, transdutores.**

I. INTRODUÇÃO

Existem inúmeras maneiras de gerar energia. Devido a impactos ambientais, o foco da geração energética atualmente está na busca por geração de energia a partir de matrizes "limpas" (renováveis) para que não haja degradação ao meio ambiente.

Uma alternativa para a geração de energia elétrica renovável se dá com o fenômeno da piezoeletricidade (termo que vem do grego piezein, que significa peso/pressão) que como o próprio nome diz, é a geração de energia através da pressão exercida sobre determinados materiais. O material mais utilizado em geradores piezoelétricos são os cristais, que podem ser: Titanato de Bário, Óxido de zinco, TitanatoZirconato de chumbo, etc...

Esses cristais conseguem gerar energia devido a sua estrutura cristalina, que possui um íon que não está no centro da estrutura. Cada vez que esse cristal é submetido a uma pressão, o cristal sofre uma não neutralidade elétrica, criando assim polaridade, que resulta numa diferença de potencial.

A importância do desenvolvimento das técnicas para gerar energia através da piezoeletricidade está ligada aos conceitos ambientais de sustentabilidade, além de proporcionar novos recursos para trazer uma alternativa na geração de energia limpa, sem o uso obrigatório de baterias.

Nesse sentido, para fins de análise de eficiência energética, foi montada uma placa com dois tipos de ligação entre os transdutores: série e paralelo. Serão medidos e analisados os valores da geração de energia de ambas ligações.

Espera-se, a partir do protótipo montado, ante suas proporções, gerar energia a partir da piezoeletricidade. O projeto será posto como "tapete", então tem-se que quando pressionado pelo passo de uma pessoa, conforme a pressão exercida, o pulso de energia gerado acenda o LED (diodo emissor de luz) que estará ligado a ele.

Como proposto no desenvolvimento do trabalho, para organização da construção do projeto, foi criado um cronograma de montagem e estudo do protótipo energético, que foi dividido em 5 etapas. São elas:

1. *Referencial teórico*

Nesse tópico foram buscadas todas as informações básicas sobre o tipo de material que será utilizado na montagem do projeto, e referências no ramo.

2. *Especificações do protótipo*

Aqui foram escolhidos todos os materiais que haveriam de compor o protótipo, a resistência desses materiais, quais as adaptações necessárias para proteção do protótipo, além de estimar quanto de energia poderia ser gerada pelas pastilhas. Também foi escolhido o local para realização do teste de funcionamento do projeto.

3. *Construção, testes e ajustes do protótipo*

Essa etapa foi dedicada inteiramente à montagem, testagem e ajustes do projeto.

4. *Análise de resultados e considerações finais*

Como última etapa no desenvolvimento do trabalho, essa parte compõe-se das conclusões e resultados obtidos com o protótipo terminado.

As etapas do cronograma acima citadas compõem o desenvolvimento do artigo, pois definem cada passo da

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

construção do projeto. Sendo assim, no item (A), serão abordados os resultados das etapas 1 e 2 do cronograma, já as etapas 3 e 4 serão abordadas no item (B) e também discutidas nas observações finais.

X. Desenvolvimento Teórico

1) Referencial Teórico

A piezoeletricidade é um fenômeno observado em cristais anisotrópicos nos quais deformações mecânicas provocam polarizações elétricas. Os cristais piezoelétricos apresentam também um comportamento especial quando se aplica uma diferença de tensão entre suas superfícies: eles se expandem ou se contraem, dependendo da polaridade elétrica aplicada, recebendo o nome de efeito piezoelétrico reverso.

Ao ser tensionado, um material piezoelétrico passará a apresentar uma polarização elétrica ou uma mudança de polarização se o material tiver uma polarização espontânea não nula. Já a durabilidade desses materiais é algo que ainda não é unanimidade entre os pesquisadores, uma vez que o maior risco que um sistema desses pode correr é justamente o que faz ocorrer seu funcionamento: A pressão exercida sobre o material. A resistência do piezo varia muito com o tipo de material utilizado (cristal) e o tamanho do transdutor. Há projetos, por exemplo, em que os piezos são instalados junto aos asfaltos de rodovias, resistindo a passagens de caminhões que podem ser mensurados com o peso de 6 a 16 toneladas.

Segundo pesquisas já realizadas com geradores piezoelétricos, para o armazenamento desta energia gerada a partir de uma força aplicada nos transdutores, há a necessidade da utilização de supercapacitores, uma vez que as pastilhas não geram uma grande quantidade de energia.

Dentre os modelos espalhados pelo mundo, o que mais chama a atenção é a instalação de tapetes que geram energia através da piezoeletricidade. Este tapete foi criado por um engenheiro inglês chamado Laurence Kemball Cook, foi patenteado com o nome de *Pavegen* e sua aplicação de maior conhecimento está em uma estação de trem localizada em West Ham, Londres. Segundo a empresa, as placas possuem um peso de 28Kg e uma tensão de 12 Vcc e cada pisada pode gerar até 7W de potência.

2) Especificidades do projeto

Conforme (MINETO, 2013), a piezoeletricidade pode ser classificada em "efeito direto", quando uma deformação mecânica aplicada ao material é convertida em uma carga elétrica. E é desse efeito direto que se fará uso na construção do projeto.

Para selecionar um material piozelétrico para aplicações tecnológicas procura-se, em geral, conhecer algumas de suas propriedades, entre elas podemos destacar:

a) Constante de carga piezoelétrica d (m/V ou C/N)

Informa qual é a proporção entre a variação dimensional (Δl) do material piezoelétrico (em metros) e a diferença de potencial aplicada (em Volts), e entre a geração de cargas elétricas (em Coulomb) e a força aplicada no material (em Newton). Essa informação é usada principalmente em projetos de posicionadores piezoelétricos e sensores de força/deformação.

b) Constante de tensão piezoelétrica g (V.m/N)

Informa qual é a proporção entre a diferença de potencial gerada (em Volts) e a força aplicada (em Newton) para o comprimento de 1 metro. Essa informação é usada no projeto de detonadores de impacto e "magic clicks" (produz uma centelha elétrica que acende a chama de um fogão).

c) Coeficiente de acoplamento k (Adimensional)

Eficiência do material na transdução/conversão de energia elétrica em mecânica e vice-versa. Essa informação é indispensável no controle de qualidade das cerâmicas piezoelétricas e no projeto de dispositivos em que não se deseja a conversão cruzada de energia, ou seja, que uma vibração ou deformação em um eixo não gere cargas elétricas ou diferença de potencial em outro eixo. Neste caso, quanto menor o respectivo fator de acoplamento melhor.

d) Fator de qualidade mecânico Q (Adimensional)

É uma medida das perdas mecânicas (amortecimento) do material. Usado no projeto de dispositivos dinâmicos de alta potência.

e) Temperatura de Curie TC (°C)

É a temperatura na qual a estrutura cristalina do material sofre uma transição de fase e o mesmo deixa de apresentar propriedades piezoelétricas. Depois de ultrapassada esta temperatura, o material perde a polarização remanescente induzida tornando-se inútil para a utilização como elemento transdutor de energia elétrica em mecânica. Essa informação é indispensável no projeto de dispositivos que deverão operar em altas temperaturas e de alta potência.

Os materiais escolhidos para a montagem do projeto foram as pastilhas piezoelétricas de 27mm, condutores, tapete de silicone para servir como proteção aos transdutores, uma placa de madeira para servir como plataforma, protoboard, LED, fita isolante e estanho para solda. O tapete de silicone foi escolhido para o caso porque absorverá uma boa parte da pressão exercida sobre os transdutores, sem prejudicar a geração de energia dos mesmos.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Como dito anteriormente, materiais piezo possuem uma resistência à pressão muito grande, pois necessitam de pressão para entrar em funcionamento. No caso deste protótipo, utilizamos pastilhas piezoelétricas de 27mm, porém, analisando o datasheet do mesmo, não há uma menção de até quantos Kg as pastilhas suportam então não se sabe ao certo qual o máximo de peso que poderá ser exercido sobre o tapete.

2.1) Dimensionamento

Utilizando a afirmação de Kemball Cook, no programa *"Science of the Future"*, de que cada pessoa gera em torno de 10 Joules por passo, e que 1 Joule se equipara a 1 Watt, teremos então 10 Watts disponíveis sendo gerados sobre a chapa a cada passo dado – 20 Watts por pessoa que passar sobre a placa.

A capacidade de geração do protótipo está ligada a quanto de força é aplicada a pastilha piezoelétrica. Pensando em um gerador piezoelétrico linear, se for aplicado 5 bar de pressão, o mesmo gerará uma tensão de saída de 2,5 V e assim por diante.

Obviamente, a potência real gerada ante todo esse esforço posto sobre a placa está condicionado à capacidade de geração das pastilhas piezoelétricas, e esse é um fator que só será possível aferir quando testado na prática devido à sensibilidade das – pequenas – pastilhas. Sendo assim, a quantidade de pastilhas piezo que serão utilizadas para gerar a potência requerida pelo LED que será ligado, será dimensionada no momento da construção.

2.2) Escolha do local para teste

Tem-se que a universidade está aberta de segunda à sexta-feira, nos períodos da manhã, tarde e noite, e no sábado pela manhã e tarde. E o período com um maior número de alunos matriculados, e assim uma maior circulação de pessoas no campus, é o da noite. Sendo que essa maior circulação se dá ainda nos primeiros dias da semana.

Algumas partes do campus recebem bem mais pessoas do que outras, como o prédio 20, e a entrada do campus localizada próxima ao prédio 1. O prédio 20 por ser o lugar onde se encontram direção, SAE, secretaria, tesouraria e outros setores administrativos da universidade, e ainda ter salas de aula de diversos cursos. E a entrada próxima ao prédio 1, por ser o principal local por onde os alunos transitam para entrar e sair do campus nas horas de intervalo.

Considerando tais condições, obteve-se que o lugar mais adequado para testagem funcional do protótipo é em frente ao prédio 20, não só pelos motivos acima citados, como também por estar localizado de forma central no campus, onde muitas pessoas circulam pelo local para se direcionarem aos seus prédios e também à biblioteca. E o melhor horário para esse teste é no período de chegada dos alunos noturnos – das 19hrs às 19hrs e 30min.

XI. Desenvolvimento Prático

3) Procedimentos de cálculo

Primeiramente foi analisado a resposta a pressão de somente uma pastilha, para conhecer seu funcionamento. Aplicando leves batidas na pastilha e com o auxílio de um multímetro foi possível fazer a leitura de 0.03 V até 0.07V, porém com um curtíssimo espaço de tempo, não chegando a 1 segundo. Também foi medido no osciloscópio, para ver qual o formato de onda gerado pelo piezo. Foi medido um pulso, porém não foi possível medir com exatidão o valor de tensão devido a velocidade da geração deste pulso, semelhante ao medido no multímetro.

Após a medida de tensão gerada a partir destas pequenas batidas, foi analisado o comportamento dos piezos com uma força aplicada de 2,0Kg. Medindo o sinal de resposta no multímetro, conseguimos medir até 1V de saída, o que comprova a teoria dos piezos. Fazendo a analise a partir do osciloscópio, o resultado foi idêntico a analise anterior: osciloscópio não foi capaz de medir com exatidão o valor de tensão e seu pulso foi extremamente rápido.

Durante as medições de tensão e corrente que os transdutores são capazes de gerar, foi analisado um comportamento que pode ser considerado linear, ou seja, a geração de uma dessas grandezas elétricas é proporcional a força (pressão) exercida sobre os transdutores.

Sabendo disso, pode-se deduzir a equação (1) que compreende o funcionamento do transdutor.

$$Vsaída = Fentrada * FC \quad (1)$$

Onde:

Vsaída: Sinal de tensão em resposta a força aplicada nos geradores;

Fentrada: Força aplicada sobre as pastilhas piezoelétricas;

Fc: Fator de conversão.

Este Fator de conversão é a variável chave na geração de energia, pois ele que indica a tensão de saída em resposta a

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

força aplicada. Foi analisado esse teste para uma pastilha e o resultado foi de: 0.05 V.

Conforme dito acima, os geradores geram pequenos pulsos de sinais com curtíssimo espaço de tempo, dificultando muito o registro desses valores. Devido a isto, ficou praticamente impossível de registrar com foto os valores mensurados, ficando assim apenas os registros escritos no corpo deste relatório.

Para que fosse possível armazenar esta energia gerada pelos transdutores, seria preciso acoplar ao circuito supercapacitores, já que os mesmos são altamente utilizados para armazenar energia de curta duração. Esta aplicação leva o nome de *Ride Through Power*. Isso faria com que o LED ficasse ligado de forma mais constante. Porém, durante a execução do trabalho não se teve à disposição supercapacitores para usar nessa aplicação, o que impossibilitou de armazenar a energia gerada, precisando então ligar o projeto diretamente ao LED.

4) Construção, testes e ajustes do protótipo

Para realizar a construção do protótipo de geração de energia elétrica a partir da piezoeletricidade, foram utilizados os seguintes materiais: 2 chapas de madeira 30 cm x 30 cm, eletrofita, um tapete de silicone para atuar como proteção aos transdutores, transdutores piezoelétricos com diâmetro de 27mm, estanho para as soldas, protoboard, capacitores, LED de auto brilho. De posse desses materiais, iniciou-se a montagem do projeto.

Para a montagem do protótipo foram cortadas duas chapas de madeira, de dimensões iguais (30 cm x 30 cm) com ambas cortadas no centro, no tamanho exato de 2 protoboards. Como condutores, foi utilizado eletrofita, pois se fosse utilizado cabos, teria de ser feito uma cava para acomodar os mesmos, uma vez que quando houvesse um peso sobre as pastilhas e as mesmas tivessem um desnível na sua parte de baixo, acabaria danificando os piezos. Portanto, foi utilizada eletrofita.

As pastilhas foram dispostas 10 para cada pé, sendo dividas 5 para cada lado, somando assim 20 pastilhas piezoelétricas. A ligação entre elas também foi feita com eletro fita, porém a isolação do positivo com o negativo das pastilhas e a fita, foi feita com esmalte incolor, já que o esmalte é isolante. A conexão das fitas com os piezos, foi feita com cola adesiva de secagem rápida, o popular 'Super Bonder'. Solda com estanho só foi utilizada para a conexão dos trilhos negativos (entre si) e para conectar um condutor que levasse energia à protoboard. Também foi utilizado solda no trilho positivo, pelo mesmo motivo do negativo.

4.1) Montagem do "pé esquerdo"

A primeira montagem foi do pé esquerdo, uma ligação em paralelo como demonstra a Fig. 1.

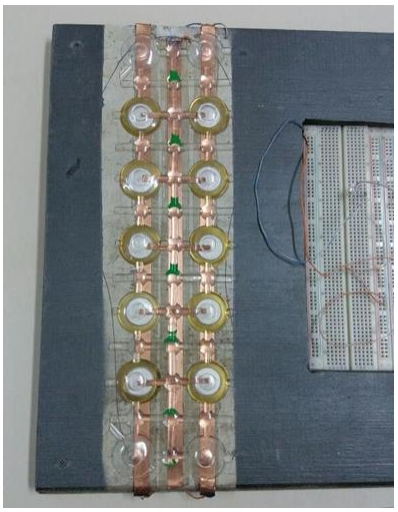


Fig. 1. Pé esquerdo do projeto montado.

Esta primeira montagem deu certo na primeira vez que testada, fazendo o LED piscar a cada pressão exercida sobre os condutores.

Um fato sobre essa montagem foi que, sem um circuito de retificação e filtro, o LED piscou sem problema algum, porém quando foi inserido o circuito em questão, o LED não piscou. O fato ocorreu devido que ao passar energia pela ponte retificadora, as quedas de tensão nos diodos de silício que estão conectados em série (0.7 V) somaram-se e como a geração de energia gerada pelos piezos não é um valor alto e duradouro, mas sim um pequeno "surto", a própria retificação consumiu a energia gerada e impediu a mesma de acionar o LED.

4.2) Montagem do "pé direito"

A ideia para o pé direito, era ser feita uma conexão em série para diferenciar do pé esquerdo e poder comparar qual das ligações seria mais eficiente.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

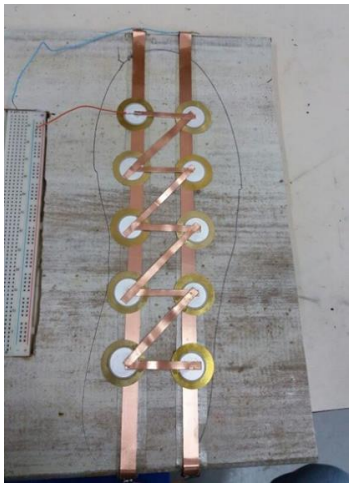


Fig. 2. Ligação em série para o pé direito.

Porém, depois de quatro tentativas de montagem, a mesma apresentava problemas ao gerar energia. Foi medido o sinal de tensão na saída, porém o multímetro não leu sinal algum nas quatro tentativas de montagem. Havia suspeita de curto-circuito em uma das pastilhas, porém foram trocadas as mesmas e a falta de tensão na saída permanecia. Devido a isto, para o pé direito a conexão escolhida foi igualmente a do pé esquerdo, ligação em paralelo.

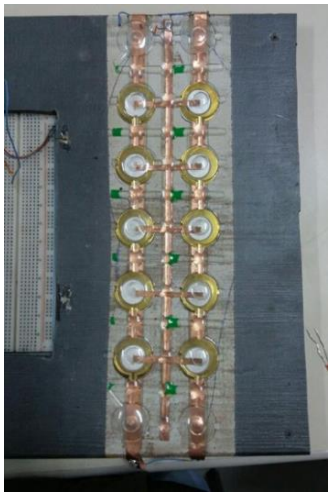


Fig. 3. Pé direito do projeto montado (ligação em paralelo).

As ligações entre as duas conexões (pé esquerdo e direito) foram conectadas e ligadas à protoboard, afim de acionar o LED, mas o LED não acendeu. Optou-se então por deixar as ligações separadas, cada uma ligada à uma protoboard diferente e alimentando um LED. Dessa forma, cada LED liga proporcional à pressão exercida sobre seu respectivo "pé" alimentador.

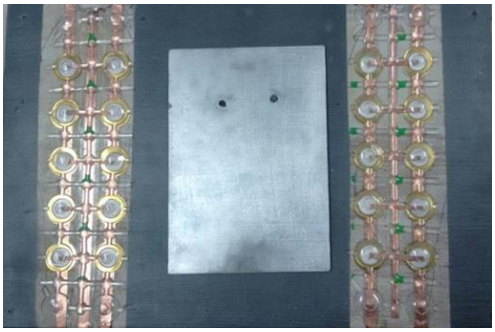


Fig. 4. Projeto montado.

II. Observações Finais

Neste protótipo, por ter sido utilizado transdutores de pequena geração, os resultados obtidos servem apenas para comprovar que pode ser gerada energia através da conversão de uma força mecânica em energia elétrica. Como se trata de um método alternativo de geração de energia, esse trabalho pode contribuir para futuras pesquisas do tema.

Aquém do esperado no início da montagem do trabalho, para acender os LED's é necessário grande pressão sobre a placa montada, e o LED só acende por aquele instante. No início do trabalho tinha-se a expectativa de realmente criar algo semelhante à um tapete, que funcionaria com a pressão de passos normais, e geraria energia de forma mais constante para abastecer o LED.

Considerando que esse é um campo que ainda pode ser bem explorado, espera-se numa próxima pesquisa, buscar formas de otimizar essa absorção de energia pelas pastilhas, e armazenar a energia de forma mais simples.

III. Referências

[1] A. Ledoux, "Teoria dos materiais piezelétricos e suas aplicações", M. Eng. tese, Dept. Civil e Envir. Eng., MIT, Cambridge, MA, EUA, 2011.
[2] Zhang, D., Chang, C., Ono, T. e Esashi, M., "Uma microestanha XY orientada por Piezo para Multiprobe Nanorecording," Sensores e Atuadores A: Physical, Vol. 108, 2003.
[3] VA Golovnin, IA Kaplunov, OV Malyshkina, BB Pedico, "Cerâmica piezoelétrica: as perspectivas de produção de uso", Boletim da TSU. Série Física , vol. 11, 2010.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Protótipo de Sistema de Controle de Torque para Motor de Indução Monofásico com Capacitor Permanente

Lucas Langer Pinheiro; Lucas de Carvalho
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus de Santo Ângelo
lucas.id@hotmail.com; lucasdecarvalho@san.uri.br

Resumo: **O presente estudo tem como objetivo desenvolver um protótipo de um sistema para controle de torque para motores de indução monofásicos com capacitor permanente. O motor será monitorado, a fim de se obter um nível de tensão adequado para seu regime de torque no trabalho. Para confecção será necessário o estudo sobre métodos de controle que existem, para ser mais especifico o controle de malha fechada, para desenvolver o protótipo com um sistema microcontrolado, elaborando a sua programação. Após o protótipo criado, serão realizados testes de bancada com simulações de carga na universidade, para comparação da qualidade do produto, com motores que já existem.**

Palavras Chave: Motor Elétrico; Eficiência; Consumo De Energia; Fator De Potência; Alto Rendimento.

I. INTRODUÇÃO

Em virtude da grande aplicabilidade dos motores monofásicos e a sua portabilidade com a rede monofásica, são alternativas para ambientes onde não se dispõe de rede trifásica, hoje são comumente encontrados nos sistemas de acionamento de diversos tipos de equipamentos elétricos como máquinas de uso doméstico, maquinas de uso odontológicos e hospitalar, maquinas de uso industrial e rural, portões eletrônicos todos com motores de indução monofásicos [1].

Tendo em vista isso, seu uso de certa forma priva-se pela sua quantidade de torque na sua fase de partida com esse contexto e com a grande aplicabilidade dos motores monofásicos, que estão em alta devido a sua portabilidade com a rede monofásica, o presente trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um Protótipo de sistema microcontrolado para um motor de indução monofásico.

O objetivo é utilizar como solução um circuito de corte de onda microcontrolado, devido à baixa quantidade de conjugado em sua partida. Para uma tentativa de correto funcionamento do motor com carga em sua partida, o motor terá um sensor de rotação interligado a um microcontrolador que fará o ajuste de tensão de entrada no mesmo, a fim de obter um ganho de torque em certos momentos como sua partida.

Para elaboração será necessário um estudo sobre os métodos de controle existentes, para ser mais especifico o proporcional integral derivativo, a fim de que o protótipo tenha um sistema microcontrolado com a lógica em linguagem C. Após o protótipo criado, serão realizados testes de conjugado e corrente de partida e de trabalho com o simulador de cargas da universidade, para avaliação do produto.

II.REFERENCIAL TEÓRICO

A. MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO

Com uma grande aplicação os motores elétricos de indução são máquinas elétricas que devido a sua robustez e pouca manutenção exigida, são ideais para a indústria. São caracterizados por somente o estator estar ligado à rede, e pelas correntes que circulam no rotor serem induzidas pelo estator (Adaptado de Ebah).

Os motores de indução monofásicos possuem um movimento provocado não rotativo de campo magnético apesar de ter um único enrolamento no estator. Esse enrolamento gera um campo que se alterna juntamente com as alternâncias da corrente. Quando o rotor estiver parado em relação ao campo magnético do estator, ao variar sua polaridade entre norte e sul, induz no rotor uma corrente induzida. O campo gerado no rotor, devido a corrente induzida pelo estator, tem a sua polaridade oposta à corrente do estator. Com a oposição entre esses campos exerce-se um conjugado

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

na parte superior e inferior do rotor, o que faz o mesmo a girar 180°. Como o conjugado é igual em ambas as direções, pois as forças são exercidas pelo centro do rotor e em seguida contrárias, o rotor continua parado (Adaptado de Ebah)

1. Motor monofásico de fase auxiliar

Motor de indução monofásico possui em comum com outros tipos de motores um enrolamento principal conectado diretamente à rede de alimentação, e um enrolamento auxiliar defasado na maioria das vezes em 90º elétricos do enrolamento principal. É um motor que utiliza apenas a impedância do enrolamento do motor assim não apresentando nenhum outro tipo de impedância. Como mostra a figura 1, o conjugado necessário para a rotação inicial e a aceleração é feita pelo enrolamento auxiliar que está inserido no circuito de alimentação somente durante o período de partida do motor e cria um deslocamento de fase que produz o movimento do rotor (KCEL. 2008).

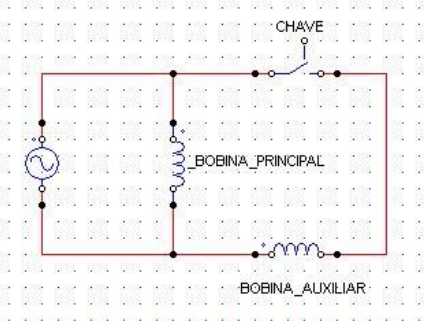


Fig. 1: Motor monofásico de fase auxiliar;

Quando o motor atinge sua rotação pré-definida, desconecta-se da rede através de uma chave o enrolamento auxiliar que normalmente é desligado pela força centrífuga. Como o enrolamento auxiliar é dimensionado para atuar somente na partida, seu não desligamento pode provocar a queima do motor elétrico (KCEL. 2008). O ângulo de defasagem entre as correntes do enrolamento principal e do enrolamento auxiliar é pequeno e, por isso, estes motores têm conjugado de partida igual ou pouco superior ao nominal, o que limita a sua aplicação as potências fracionárias e as cargas que exigem reduzido conjugado de partida, tais como máquinas de escritórios, ventiladores e exaustores, pequenos polidores, compressores herméticos, bombas centrífugas, etc (Kcel. 2008).

2. Motor monofásico com capacitor de partida

Motor de indução monofásico possui em comum com outros tipos de motores um enrolamento principal conectado diretamente à rede de alimentação, e um enrolamento auxiliar defasado na maioria das vezes em 90º elétricos do enrolamento principal que é ligado em série com um capacitor. Tanto o enrolamento auxiliar quanto o capacitor estão inseridos no circuito de alimentação apenas no período de partida do motor. O capacitor permite um maior ângulo de defasagem entre as correntes dos enrolamentos principal e auxiliar, proporcionando assim, elevados conjugados de partida. Como pode-se ver na figura 2, no circuito do motor, o circuito auxiliar desconecta-se quando o motor atinge sua rotação pré-definida (KCEL. 2008).

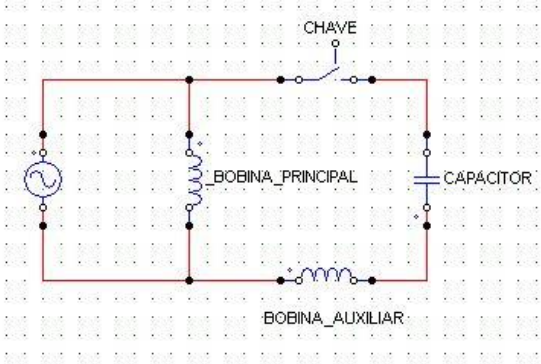


Fig. 2: Motor monofásico com capacitor de partida;

Neste espaço de velocidade, desenvolve-se quase o mesmo conjugado que os enrolamentos combinados no enrolamento principal. Para velocidades maiores, entre 80% e 90% da velocidade síncrona, a curva de conjugado com os enrolamentos combinados cruza a curva de conjugado do enrolamento principal de maneira que, para velocidades acima deste ponto, o motor desenvolve maior conjugado com o circuito auxiliar desligado. Devido ao fato de o cruzamento das curvas não ocorrer sempre no mesmo ponto, e ainda, a chave centrífuga não abrir exatamente na mesma velocidade, é prática comum fazer com que a abertura aconteça, na média um pouco antes do cruzamento das curvas.

Após a desconexão do circuito auxiliar, o seu funcionamento é idêntico ao do motor de fase dividida. Com o seu elevado conjugado de partida (entre 200% e 350% do conjugado nominal), o motor de capacitor de partida pode ser utilizado em uma grande variedade de aplicações (bombas, compressores, lavadoras de roupa, geladeiras industriais) (KCEL. 2008).

3. Motor monofásico com capacitor permanente

O Motor de indução monofásico com um enrolamento principal conectado diretamente à rede de

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

alimentação e um enrolamento auxiliar defasado, geralmente, em 90º elétricos do enrolamento principal e conectado em série com um capacitor. Durante todo período de funcionamento do motor como pode-se ver na figura 3 o circuito auxiliar com o capacitor permanece conectado ao circuito de alimentação sendo assim independente de sua rotação. (KCEL. 2008).

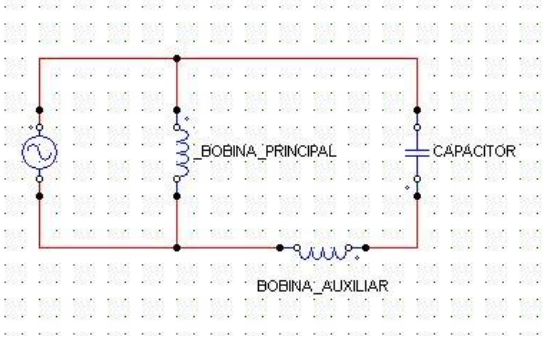


Fig. 3: Motor monofásico com capacitor de partida;

O efeito que este capacitor proporciona é simular um fluxo parecido com o que se encontra em motores trifásicos, aumentando com isso, o seu conjugado máximo, o rendimento e o fator de potência do motor, além de reduzir sensivelmente o ruído. Fisicamente são menores e isentos de manutenção, não utilizam chaves e peças mecânicas móveis pois seu enrolamento auxiliar fica sempre ligado diferente dos motores anteriores. Todavia, seu conjugado de partida, normalmente é inferior ao do motor de fase divida (50% a 100% do seu conjugado), o que limita sua aplicação a equipamentos que não requeiram elevado conjugado de partida. São fabricados normalmente para potências de 1/50 a 3,0CV (KCEL. 2008).

B. Sistemas de Controle

Sistema de controle nada mais é do que processos desenvolvidos no intuito de conseguir uma atuação de saída pretendida, obtendo um desempenho esperado, a partir de uma entrada já estabelecida (NISE, 2012).

A figura 4 ilustra de uma forma simples um sistema de controle, em que a entrada já retrata uma saída desejada.

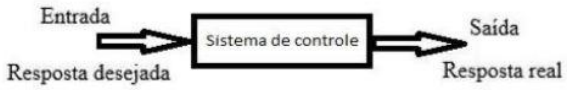


Fig. 4: Sistema de controle;

O benefício mais específico de um sistema de controle é a capacidade destes sistemas em nivelar distúrbios encontrados durante vários tipos de processos. Basicamente os sistemas de controle consistem em controlar variáveis, essas podem ser temperatura de sistemas térmicos, tensão, corrente e até mesmo a frequência em sistemas elétricos, velocidade e posição de motores elétricos, e tantos outros. O sistema e si deverá ser apto de oferecer aos atuadores uma saída correta, mesmo diante de algum distúrbio (NISE, 2012).

1. Sistemas de malha aberta

O sistema de malha aberta é que o mesmo não consegue realizar nenhum tipo de compensação necessária para qualquer distúrbio complementar no sinal de atuação do controlador. Analisando como exemplo um controlador no qual é um amplificador eletrônico e a perturbação 1 seja um ruído, diante disso qualquer ruído adicional do amplificador na sua primeira junção de soma também poderá acionar o processo, deteriorando o sinal na saída ocasionado pelo efeito do ruído. A saída pode ser corrompida não só por sinais adicionais nos comandos do controlador, mas do mesmo modo por distúrbios na saída, onde o sistema não consegue realizar reparos dessas perturbações. A figura 5 mostra um sistema comum em malha aberta, onde na entrada podemos ver um processo chamado de transdutor, com objetivo de transformar a forma de entrada pela usada no controlador o qual atua um processo a ser executado. A saída do sistema pode ser chamada de variável controlada ao mesmo tempo que a entrada em algumas vezes é chamada de referência. Além disso, outros sinais são exibidos nas saídas do controlador e do processo, como os distúrbios, através de junções de soma, onde oferecem a soma algébrica dos seus sinais e dos associados (NISE, 2012).

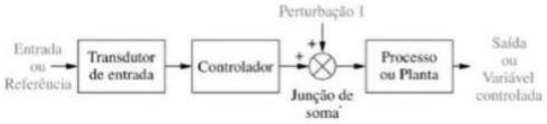


Fig. 5: Sistema de controle;

Com isso pode-se afirmar que os sistemas em malha aberta não realizam correções decorrentes dos distúrbios e seu comando é feito apenas pela entrada. Como exemplo disso uma torradeira que é um sistema em malha aberta, onde a variável de saída de uma torradeira é a cor da torrada, mas o equipamento não mede a cor da torrada, ou seja, ela não consegue fazer correções quanto a cor da torrada, por causa do tipo e espessura do pão (NISE, 2012).

2. Sistemas de malha fechada

Diferente dos sistemas em malha aberta onde são sensíveis aos distúrbios e faltosos da capacidade de reparar os seus efeitos, os sistemas em malha fechada conseguem dar conta desse problema. A figura 6 mostra a estrutura de um

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

sistema em malha fechada, onde o transdutor de entrada transforma a forma de entrada em uma forma usada pelo controlador (NISE, 2012).

O sensor no caso o transdutor de saída, consegue medir a resposta e transformá-la para a forma utilizada pelo controlador, ou seja, se o controlador usa sinais elétricos para atuar ou não as válvulas de em um sistema de controle de temperatura, o posicionamento de entrada e a temperatura de saída é transformada em sinais elétricos. O posicionamento de entrada pode ser transformado em uma tensão através de um resistor ajustável, e a temperatura não saída transformada em uma tensão através de um termistor, equipamento que varia a sua resistência de acordo com a temperatura (NISE, 2012).

O sinal de saída é descontado do sinal de entrada mostrado na figura 5, esse resultado normalmente é conhecido como sinal de atuação. Contudo, nos sistemas onde os transdutores de saída e entrada apresentam ganho unitário, ou seja, o transdutor amplia por um coeficiente igual a 1, onde o valor do sinal atuante vem a ser igual a diferença real entre a entrada e a saída. Por esse motivo o sinal atuador é conhecido como erro.

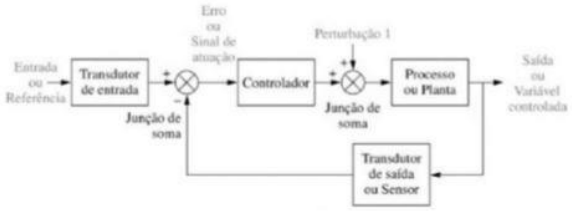


Fig. 6: Sistema de malha fechada;

Os distúrbios em sistemas de malha fechada são satisfeitos medindo a resposta da saída, realimentando esse valor pela malha de realimentação e verificando essa resposta com a entrada na junção de soma. Existindo diferença no meio dessas duas respostas, o sistema o controlador pelo sinal atuador, para com isso fazer um ajuste.

Não havendo diferença, o sistema permanece da mesma forma, já que a resposta do controlador já é a resposta pretendida. Sendo assim, os sistemas em malha fechada dispõem de uma vantagem obvia por indicar uma precisão superior que em sistemas em malha aberta (NISE, 2012).

C. Plataforma Arduino®

O Arduino® é uma plataforma eletrônica de computação para física aberta, contendo em uma base de placa simples entradas e saídas (I-O), constituindo de um ambiente de desenvolvimento que estabelece uma linguagem Processing (linguagem de programação de código aberto), permitindo assim ser usado no desenvolvimento de projetos interativos autônomos ou então conectados a softwares no computador (BANZI, 2012).

Fig. 7: Arduino;

Contém uma pequena placa disposta de um plugue com conexão USB permitindo assim a conexão com um computador. Possui também, terminais que permitem a interligação com equipamentos e dispositivos externo, como exemplo de relés, motores, sensores e outros. (MONK, 2013).

A plataforma Arduino® é projetada com um microcontrolador Atmel AVR®, contendo várias versões desse dispositivo, buscando atender à necessidade dos projetos no qual será implementado (MONK, 2013). A alimentação pode ser feita através do plugue USB, mas existe também uma entrada de alimentação no caso da utilização de vários dispositivos que necessitam de mais potência, que pode variar de 5 à 15V. Este controlador pode ser operado diretamente pelo computador, ou após ser programado por um computador, desconectado e assim executar sua função sem a necessidade de um computador. Como o Arduino é de código aberto, placas adicionais podem ser construídas e interligadas a ele, permitindo uma ampla opção de projetos (MONK, 2013).

D. Tiristores

O nome Tiristor engloba uma família de dispositivos semicondutores que operam em regime chaveado, tendo em comum uma estrutura de 4 camadas semicondutoras numa sequência P-N-PN, apresentando um funcionamento biestável. O tiristor é formado por quatro camadas semicondutoras, alternadamente P-N-P-N, possuindo 3 terminais: anodo e catodo, pelos quais flui a corrente, e a porta (ou gatilho) que, a uma injeção de corrente, faz com que se estabeleça a corrente anódica. A figura 8 ilustra uma estrutura simplificada do dispositivo. Se entre anodo e catodo tivermos uma tensão positiva, as junções J1 e J3 estarão diretamente polarizadas, enquanto a junção J2 estará reversamente polarizada. Não haverá condução de corrente até que a tensão Vak se eleve a um valor que provoque a ruptura da barreira de potencial em

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

J2 (UNICAMP EE-833 ELETRÔNICA DE POTÊNCIA, 2012).

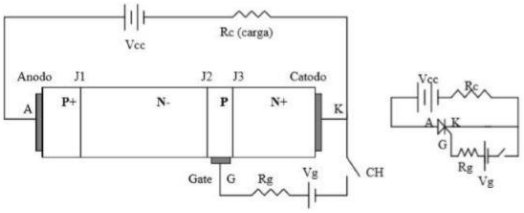


Fig. 8: Circuito com Tiristor;

1. SCR

O Tiristor SCR foi desenvolvido por um grupo de engenheiros do *Bell Telephone Laboratory* (EUA) em 1957. O Tiristor SCR funciona analogamente a um diodo, porém possui um terceiro terminal conhecido como gatilho. Este terminal é responsável pelo controle da condução (disparo) (MACIEL,2010).

Em condições normais de operação, para um SCR conduzir, além de polarizado adequadamente (tensão positiva no Ânodo), deve-se receber um sinal de corrente no gatilho, geralmente um pulso. A principal aplicação que os SCR têm é a conversão e o controle de grandes quantidades de potência em sistemas CC e CA, utilizando apenas uma pequena potência para o controle. Isso se deve à sua ação de chaveamento rápido, ao seu pequeno porte e aos altos valores nominais de corrente e tensão em que podem operar (WINTER FILHO, p. 535.)

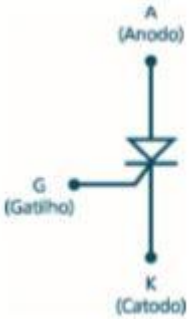


Fig. 9: SCR;

2. TRIAC (Triodo de Corrente Alternada)

Componente eletrônico semicondutor amplamente utilizado para fazer o controle de passagem de corrente em circuitos de corrente alternada devido à sua capacidade de condução nos dois sentidos tanto positivo como negativo. Isto é, independentemente da polarização percebida em seus terminais, ele pode ser disparado com um pulso de tensão positiva ou negativa no seu gatilho (MACIEL, 2010).

Internamente ele é composto por dois dispositivos SCR ligados em paralelo, porém com polaridades invertidas, ou seja, um ao contrário do outro (MACIEL, 2010).

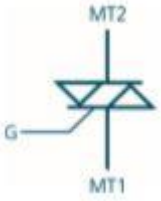


Fig. 10: TRIAC;

Como dois SCRs em anti-paralelo o TRIAC entra em condução de modo análogo ao SCR, ou seja:

* Disparo por gatilho, ou seja, quando for aplicada uma corrente de gatilho.
* Disparo por sobretensão, ou seja, quando VAK ultrapassa a tensão de breakover sem pulso no gatilho.
* Disparo por variação de tensão.
* Disparo por aumento de temperatura.
* Disparo por luz ou radiação.

Por esta razão o TRIAC é empregado para o controle em circuitos de corrente alternada. Caso fosse empregado um SCR apenas para este controle, a corrente seria conduzida em 180°, ou seja, apenas em meio ciclo de tensão sendo apenas corrente continua pulsante ao invés de corrente alternada (MACIEL,2010).

O TRIAC possui em sua estrutura interna três terminais: TP1 (MT1), TP2 (MT2) e gatilho. O primeiro é chamado de Terminal Principal 1, o segundo é chamado de Terminal Principal 2 e o terceiro chamado de gatilho (Gate). Para conduzir a corrente em qualquer sentido, deve ser aplicado um sinal elétrico no gatilho até que seja alcançado o valor de corrente de retenção, que é o menor valor instantâneo de corrente entre o ânodo e o cátodo para que o dispositivo entre em modo de condução (MACIEL,2010).

Após este disparo, a corrente que circula no TRIAC deverá ser sempre maior do que a corrente mínima necessária para que a condução não cesse, chamada de corrente de manutenção. Caso a corrente circulante seja menor que este valor, o TRIAC para de conduzir. Estes valores de corrente são informados nas especificações do dispositivo. Em condução, a queda de tensão entre os terminais MT1 e MT2 geralmente está entre 1Volt e 2Volts (MACIEL,2010).

i. Controle de onda completa com TRIAC

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

O TRIAC é muito utilizado hoje em sistemas simples de controle de tensão de lâmpadas, ventiladores, carregadores de bateria e aquecedores.

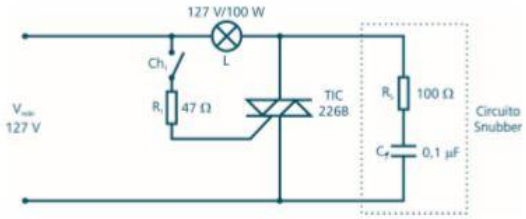


Fig. 11: Circuito com TRIAC;

Isto se dá pela simplicidade de confecção de circuito de disparo para cortar uma onda senoidal, para fim de se ter um tipo de controle de tensão do equipamento que está associado em série com ele.

E. Tacômetros

Tacômetros são dispositivos que medem a velocidade de rotação de um eixo que normalmente expressa na unidade radianos por segundo no Sistema Internacional (SI), na maioria expressam sua grandeza em rotações por minuto (RPM). São equipamentos muito importantes e têm diversas aplicações, desde medir a velocidade de rotação de um motor de automóvel até medir a velocidade de rotação de uma coluna de perfuração de petróleo (FRONER, 2013).

1. Tacômetro por sensor óptico

Este tipo de tacômetro, possui um pulso que é gerado por uma peça que gira ou se desloca linearmente. O ângulo exato em que ela para ou ainda a velocidade em qualquer sentido de rotação ou movimento podem ser fundamentais para o tipo de controle que se deseja. Para aferir posições e velocidade um tipo de sensor muito usado é sensor óptico (DIXON, 2013. p. 1-5.).

O controle de muitos equipamentos automatizados depende do conhecimento da posição de peças móveis com precisão. Para essa finalidade são usados diversos tipos de transdutores, cuja finalidade é fornecer, na forma de sinais elétricos, informações sobre a posição, velocidade de deslocamento e sentido de deslocamento de peças giratórias ou que se movem em linha reta (DIXON, 2013. p. 1-5.).

B. FREIO DE FOCAULT

É um dispositivo que foi desenvolvido a partir de eletroímãs e um disco condutor de corrente elétrica, geralmente feito de alumínio. Foi criado em 1855 após Jean Bernard Leon Foucault observar que no momento em que um disco condutor era colocado entre os polos de dois ímãs, era preciso uma força maior para girá-lo do que quando não havia ímãs.

Isso ocorria porque os ímãs induzem uma corrente parasita no disco pela variação do seu fluxo magnético. Essa corrente então ficou conhecida como corrente de Foucault.

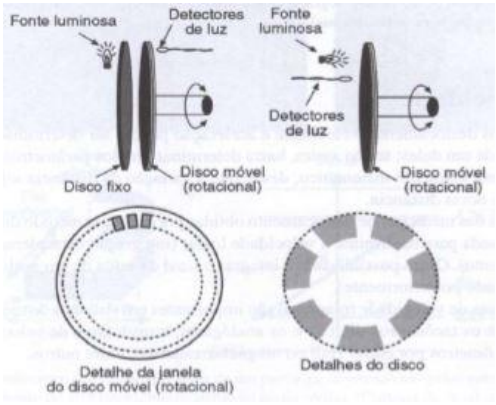


Fig. 12: Sensor do tipo óptico;

Quando o freio de Foucault é acoplado ao eixo de um motor elétrico ou a qualquer outro tipo de motor, é possível, através da variação da intensidade do campo magnético gerado pelos eletroímãs, realizar simulações de cargas ao motor utilizado variando a tensão com dimmer ou regulador de tensão contínua em suas bobinas.

III. METODOLOGIA

A criação do protótipo consiste em desenvolver um sistema que monitore a rotação do motor do tipo monofásico com capacitor permanente, a partir destes dados monitorados se obter um controle de tensão de entrada no motor para assim controlar o seu torque. Para que o protótipo possa ser confeccionado de maneira correta e organizada, o mesmo será realizado passando por fases metodológicas. A figura 14 mostra a estrutura do processo:

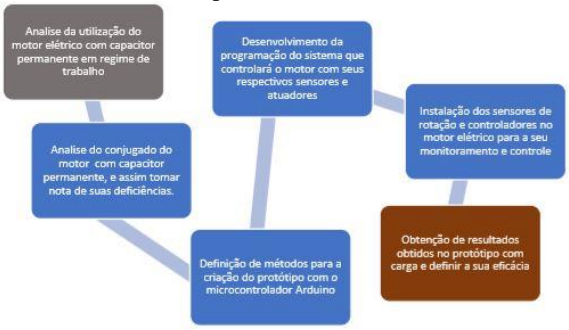


Fig. 13: Estrutura do processo;

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

- Análise da utilização do motor elétrico em regime de trabalho, será realizado uma análise do motor com a instrumentação necessária para aferição de corrente e tensão em um ensaio, com simulação de carga em sua partida nos laboratórios da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai E Das Missões – URI na cidade de santo Ângelo / RS, a fim de se obter referências práticas.
- Análise de conjugado do motor, para avaliar a atual quantidade de conjugado do motor, será feito uma análise de um motor com capacitor permanente que opera com tensão nominal de 180V em partida normal (direta) com uma carga X assim sendo verificado a rotação em função do tempo que o mesmo precisa para atingir o seu rpm nominal.
- Definição de métodos de criação do protótipo com o microcontrolador, o sistema deverá ficar junto ao motor elétrico, para isto o método de criação do protótipo consiste em desenvolver um sistema que estará em um suporte com acoplamento para que o sensor de rpm esteja próximo ao eixo do motor elétrico.
- Desenvolvimento da programação do sistema de controle, desenvolvera-se um código de programação que interprete a rotação do motor comparando com uma rotação pré-definida atuando assim quando for necessária a adição de torque no rotor do motor elétrico.
- Instalação sensores de rotação e controladores no motor, que irão efetuar a aferição de rpm do motor ficará no eixo do motor em sua parte externa com um acoplamento onde o sensor poderá ser instalado.
- Obtenção de resultados obtidos no protótipo e definição de sua eficácia após a confecção do protótipo será aferido corrente, tensão e rotação novamente para que se possa comparar com os dados obtidos anteriormente, assim possibilitando o teste do motor em partida com carga e assim aferindo o seu tempo de partida.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Durante o funcionamento de qualquer motor a sua velocidade se altera de acordo com a carga aplicada no seu eixo, vários distúrbios e variações interferem nisso. Visto que devido a falta de torque no seu eixo o motor perde a sua rotação. Neste caso o controlador atua ajustando esta variável (velocidade) ao seu valor nominal, para que isto ocorra deve ser feito uma comparação, entre o valor pré configurado e o valor obtido do tacômetro localizado no eixo do motor, na figura 15 o fluxograma apresenta o esquema de funcionamento do protótipo.

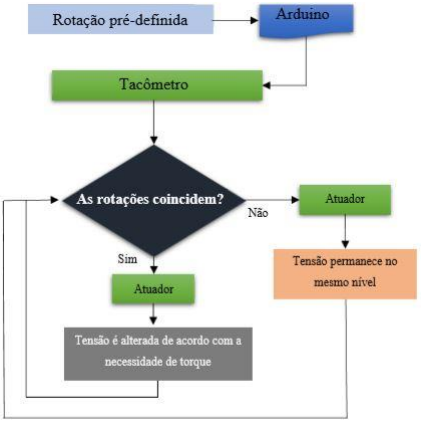


Fig. 14: Funcionamento do protótipo;

Como o motor possuirá a tensão nominal de 180V o controlador terá esta tensão pré configurada também, para em casos de que uma carga for adicionada ao rotor do motor o controlador atuará colocando valores de tensão maiores nos terminais do motor dando a ele um maior torque momentâneo.

V. Referencias

[1] BANZI, M. Primeiros passos com o Arduino. São Paulo Novatec, 2012.

[2] BRAGA, N. C. Conheça os Microcontroladores PIC. Disponível em: http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/microcontroladores/141-microchippic/1243mic001, Acesso em: 8de junho de 2018.

[3] CHAPMAN, STEPHEN J. ELECTRIC MACHINERY FUNDAMENTALS. NEW YORK : MCGRAW-HILL,1991.

[4] DIXON, JUAN, GARCÉS, CRISTIÁN. BINARY POSITION SENSOR FOR SYNCHRONOUS MACHINES BASED ON A SERIAL N-BIT SEQUENTIAL CODE. IN IEEE, 2013. P. 1-5.

[5] FRONER, Pedro Henrique de Camargo Penteado. AUTOMAÇÃO DE TACÔMETRO MAGNÉTICO PARA COLUNAS DE PERFURAÇÃO.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[6] FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO - Unicamp Ee833 Eletrônica De Potência, 2012.

[7] GATE, G.; VG, C. H. EXPERIÊNCIA 2 TIRISTORES E RETIFICADORES CONTROLADOS.

[8] GIL, ANTONIO CARLOS. AMOSTRAGEM NA PESQUISA SOCIAL. GIL AC, ORGANIZADOR. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA SOCIAL. 6ª ED. SÃO PAULO: ATLAS, P. 90-109, 2010.

[9] JÚNIOR, N. AUGUSTO; CHABU, I. E. MOTORES DE ALTO RENDIMENTO– DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA. REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, V. 336, P. 109-129, 2002.

[10] KCEL, MANUAL DE MOTORES ELÉTRICOS. DISPONÍVEL em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/f/f7/Manual_de_Motores_Elétricos_Kcel .pdf, Acesso em: 15 de junho de 2018.

[11] MACIEL, Fernando de Melo. Circuito para regulagem de potência utilizando tiristor TRIAC e microcontrolador 8051, 2010.

[12] MARSCZAOKOSKI, FÁBIO GREGORY; CRUZ, RAPHAELA PIAZZA DA; SILVA, WESLEY DE ABREU. SISTEMA MICROCONTROLADO, 2013.

[13] MONK, Simon. 30 Arduino projects for the evil genius. McGraw-Hill Education, 2013.

[14] NISE, N. S. Engenharia de Sistemas de Controle, Sexta Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

[15] WINTER FILHO, FERNANDO. TIRISTOR SCR: RETIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO. MATERIAIS ELÉTRICOS: COMPÊNDIO DE TRABALHOS, VOLUME 5, p. 535.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Qualidade de energia: Problemas e diagnóstico em um motor de indução trifásico

Davi Elias Arend Heiderich, Hugo Eduardo Alieve, Lucas Jappe, Mariluce Castanho Ferreira; Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
daviheiderich@gmail.com; hugo.alievi@aliben.com; lucasjappe@hotmail.com; castanhomari@gmail.com; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — Esse trabalho relata na disciplina de qualidade de energia uma simulação em um motor gaiola de esquilo. Primeiramente foi efetuada uma pesquisa bibliográfica sobre o princípio do motor de indução gaiola de esquilo, curto-circuito nos motores, sobrecarga nos motores e desbalanço de tensão. Após realizar o levantamento na literatura, se deu início as simulações do motor no PSIM e na prática, onde foram levantadas três topologias de simulação, onde a primeira foi um caso ideal, e as demais tem por fim observar o comportamento de um motor de indução trifásico mediante a desequilíbrios de tensão e sobrecarga. Para as análises práticas, foram considerados também três cenários, onde o primeiro foi o ideal, o segundo caso foi realizado um desbalanço em uma das fases e no último caso foi realizado um atraso na ligação de uma das fases. Foram obtidos diversos gráficos, onde é demonstrado o comportamento do motor trifásico, analisando a curva da velocidade pelo tempo e a curva da corrente pelo tempo. Os dados obtidos foram satisfatórios e comprovam que o desbalanceamento de tensão nas fases de um motor altera o tempo de aceleração do motor, bem como o valor nominal da velocidade final do motor.**

***Palavras-chaves* — Qualidade de energia, motores, desbalanceamento de tenção.**

I. INTRODUÇÃO

Com o advento da energia elétrica, começaram a se desenvolver outros tipos de máquinas a fim de substituir o maquinário a vapor já ultrapassado. Uma dessas novas máquinas desenvolvidas foram os motores.

Tanto na indústria como no nosso cotidiano a presença de motores em equipamentos é de grande importância, substituindo a mão de obra humana em trabalhos pesados, além de possibilitar o desenvolvimento de novas indústrias. Os motores elétricos passaram por diversas melhorias e, hoje, possuem grande eficiência frente a motores movidos por outras fontes energéticas.

O motor elétrico transforma a energia elétrica em energia mecânica, onde estabelece a relação entre eletricidade e magnetismo. Onde quem deu o primeiro pontapé sobre o assunto foi o físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867).

O estudo e análise dos motores elétricos é de suma importância, visto que existem diversos fatores que influenciam na escolha e utilização de um motor elétrico. Existem motores nas mais variadas potências, sendo que a escolha da potência desejada deve ser feita com cuidado, já que o mal dimensionamento do motor pode acarretar em problemas na qualidade da energia das instalações elétricas que alimentam o motor.

O conceito qualidade de energia está atrelado a mudança na amplitude da frequência, tensão ou corrente de uma determinada instalação elétrica. Essa mudança no sistema pode acarretar em diversos problemas para equipamentos conectados a instalação, que podem ter seu funcionamento comprometido ou sua vida útil reduzida.

O estudo da qualidade de energia vem sendo alvo de grande preocupação, visto que os equipamentos são cada vez mais sensíveis a variações de tensão e frequência e correntes harmônicas.

Na indústria, a qualidade de energia afeta diretamente o funcionamento dos motores elétricos, visto que por serem equipamentos que dependem diretamente da amplitude da tensão e frequência para operar, produzem efeitos indesejados quando submetidos a situações incompatíveis com as características de projeto. Estes efeitos vão desde perda de velocidade até perda significativa de torque, gerando sobrecarga no motor.

O estudo de motores de indução vai ser feito em duas partes: uma teórica para entender o funcionamento e os principais problemas enfrentados e a outra prática com simulações no PSIM e no laboratório para testar os equipamentos e análise dos resultados reais.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

6) Qualidade de energia

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Como o título já diz: qualidade de energia, está relacionado com a responsabilidade e preocupação em atender a produtividade com qualidade. Pensando não só em energia, mas também em máquinas mais eficientes e que possam atender a demanda sem problemas. Pois se tiver alguma máquina parada há prejuízo.

Tem como princípio fornecer respostas aos equipamentos e processos mais sensíveis. A busca de soluções para uma maior eficiência nos equipamentos, na rede industrial. Maior compreensão dos usuários finais com a qualidade de energia elétrica.

As concessionárias sempre estão em busca de maior eficiência, através de melhora no rendimento da geração, transmissão e distribuição. Também no aumento do fornecimento com uma estrutura de qualidade. Uma falha na rede elétrica pode gerar problemas muito sérios na indústria, assim a busca por soluções para os consumidores possam ter um produto de maior qualidade.

7) Princípio do motor de indução gaiola de esquilo

O motor de indução tomou uma forma reconhecidamente moderna entre 1888 e 1895. Durante esse período, foram desenvolvidas fontes de potência bifásicas e trifásicas para produzir os campos magnéticos girantes no interior do motor. Também foram desenvolvidos os enrolamentos de estator distribuídos e foi introduzido o rotor de gaiola de esquilo. Em torno de 1896, motores de indução trifásicos, completamente funcionais e reconhecíveis como tais, já estavam disponíveis comercialmente. [3]

O motor gaiola de esquilo é um motor de indução, com um rotor que pode ser colocado no interior do estator, como mostra a figura 1 na sequência.

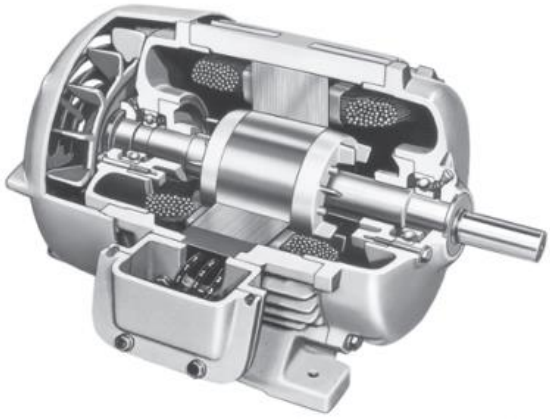


Figura 1 – Corte de um pequeno motor de indução típico com rotor gaiola de esquilo [3]

O rotor de motor de indução do tipo gaiola de esquilo consiste em uma série de barras condutoras que são encaixadas dentro de ranhuras na superfície do rotor e postas em curto-circuito em ambas as extremidades por grandes anéis de curto-circuito. Logo essa forma construtiva é conhecida como rotor de gaiola de esquilo porque, se os condutores fossem examinados isoladamente, seriam semelhantes àquelas rodas nas quais os esquilos correm fazendo exercícios físico. [3]

Os motores de gaiola de esquilo tem o custo mais baixo se for comparado com o motor bobinado por exemplo. Além de uma menor manutenção. Por isso são uma opção mais usada na indústria.

No caso de motores de indução de gaiola de esquilo, a corrente de partida pode variar amplamente dependendo primariamente da potência nominal do motor e da resistência efetiva do rotor nas condições de partida. Para estimar a corrente do rotor nas condições de partida, todos os motores de gaiola têm agora uma letra de código de partida nas suas placas de identificação. A letra de código especifica limites para a quantidade de corrente que o motor pode consumir na partida. Esses limites são expressos em termos da potência aparente de partida do motor em função da sua especificação nominal de potência (HP). [3]

8) Curto-circuito nos motores

A proteção contra curto-circuito do motor é propiciada por fusíveis. Se um curto-circuito repentino ocorrer dentro do motor e causar um fluxo de corrente muitas vezes superior à corrente nominal, então esses fusíveis queimarão, desligando o motor da fonte de potência e evitando que ele queime. Entretanto, esses fusíveis não devem queimar durante a partida normal do motor. Por essa razão, eles são projetados para suportar correntes muito superiores à corrente de plena carga antes de abrir o circuito. Isso significa que curtos-circuitos através de uma resistência elevada e/ou cargas excessivas do motor não serão interrompidos por fusíveis. [3]

9) Sobrecarga nos motores

A proteção contra sobrecarga do motor é propiciada pelos dispositivos que consistem em duas partes, um relé térmico de sobrecarga e contatos de sobrecarga. Em condições normais, os contatos de sobrecarga estão fechados. Entretanto, quando há elevação demasiada da temperatura do relé térmico, os contatos de sobrecarga são abertos e o relé é desativado, o que, por sua vez, abre outros contatos, normalmente abertos, e desliga o motor. Quando um motor de indução está sobrecarregado, ele terminará sendo danificado pelo aquecimento excessivo causado pelas correntes elevadas.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Entretanto, esse dano precisa de tempo para ocorrer e normalmente uma corrente elevada (como a de partida) aplicada a um motor de indução durante períodos curtos não é capaz de danificar o motor. A avaria ocorrerá somente se a corrente elevada for mantida. O relé térmico de sobrecarga também depende de aquecimento para seu funcionamento. Ele não é afetado por períodos curtos de corrente elevada durante a partida. O relé térmico poderá suportar uma corrente elevada durante um longo período de tempo, antes de desligar o motor para que este não seja danificado. [3]

10) Desbalanceamento de tensão

Se a tensão aplicada ao motor cair demais, então a tensão aplicada ao relé também cairá e o relé será desenergizado. Como consequência, os contatos serão abertos e a potência elétrica dos terminais do motor será removida. Estudos ainda demonstram que um pequeno desequilíbrio de inferior a 5% na tensão pode aumentar em até 20%, as perdas do motor de indução, e um desequilíbrio superior a 5% pode destruí-lo rapidamente segundo a norma NBR 7097/1996 devem ser aplicados fatores de redução para a potência disponível no eixo de motores categorias N, quando são alimentados por tensões desequilibradas, de modo que a elevação de temperatura admissível não seja excedida, para outras categorias e deve ser consultado o fabricante. [4]

III. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para o problema de velocidade no momento da partida de um motor de indução com rotor gaiola de esquilo, foram realizadas diversas análises teóricas na literatura e no software PSIM, quanto prática.

Como o problema detectado requer uma análise dos parâmetros da rede de energia, isto é, amplitude da frequência, tensão e corrente, foram considerados diversos casos aleatórios para um motor trifásico, de corrente alternada, com rotor gaiola de esquilo, onde os casos estudados tiveram por objetivo verificar quais parâmetros afetam diretamente o comportamento da velocidade do motor durante a partida.

Verificou-se na literatura que a variação ou o desbalanço da tensão entre as fases que alimentam o motor podem alterar os valores nominais de velocidade e torque do motor, visto que a tensão influência diretamente essas duas grandezas.

Após realizar o levantamento bibliográfico, se deu início as simulações no software PSIM, onde foi utilizado um motor trifásico simples, de três terminais, alimentado por três fontes senoidais independentes, as quais possibilitam a alteração de tensão por fase. Também foi utilizado uma reatância indutiva, conectada em série com o motor, a fim de simular os dados da máquina. Para realizar as medidas de velocidade do motor, foi utilizado um sensor de velocidade conectado em um voltímetro, visto que o software PSIM apresenta os dados em função da tensão e corrente. Na figura 2 é demonstrado o circuito simulado no PSIM.

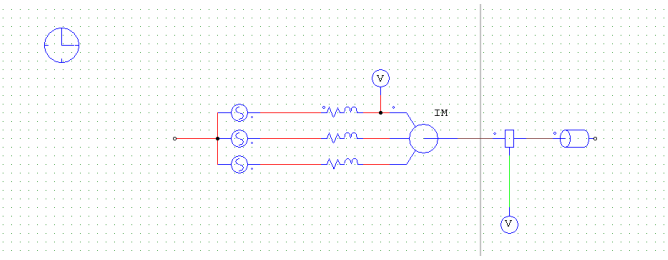


Figura 2 – Circuito equivalente do motor trifásico no software PSIM.

A partir da simulação no PSIM, foram considerados três cenários, onde para a primeira simulação foi considerado o cenário ideal, com tensão equilibra e o motor operando a vazio. No segundo caso considerado, foi desbalanceada uma das fases, onde atribuiu tensão de 350V, ao passo que as outras duas fases se mantiveram com 380V. Na terceira simulação foi considerado o balanceamento entre as fases, porém acrescentou-se uma carga no eixo do motor.

Após as simulações, se deu início a análise prática, onde foi montado um sistema com uma partida direta, onde foi considerada apenas a proteção do relé térmico. Foi utilizado um reostato monofásico, 0-250V, em uma das fases, a fim de controlar a tensão e gerar um desbalanceamento de tensão. O motor de indução trifásico utilizado foi com rotor gaiola de esquilo, de 1,5CV, 4 polos, com corrente nominal de 2,6A, conectado em estrela. A figura 3 demonstra os equipamentos utilizados.

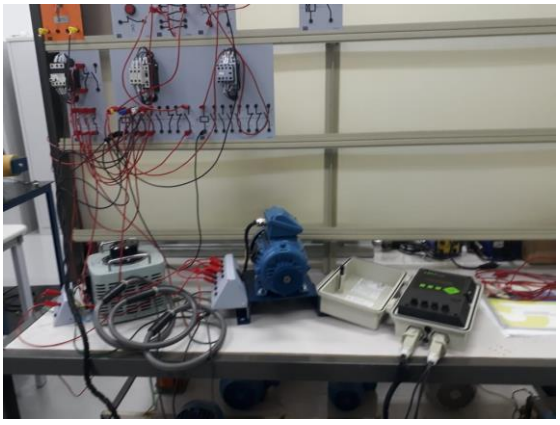


Figura 3 – Equipamentos utilizados nos ensaios práticos.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Para obter os dados da tensão e corrente no motor foi utilizado um analisador de qualidade de energia, modelo Power NET PQ-700 G4. O tempo de registro do analisador foi configurado para 200ms. O analisador de qualidade de energia é apresentado na figura 4.

Figura 4. Analisador de qualidade de energia.

Para as análises práticas, foram considerados três cenários, onde o primeiro foi o ideal, com tensão equilibrada entre fases, o segundo caso foi realizado um desbalanço em uma das fases. No último caso foi realizado um atraso na ligação de uma das fases, onde duas fases eram ligadas juntas e a terceira logo após três segundos.

IV. Resultados e Discussões

Para obter mais resultados obtidos com as simulações no software PSIM, foram obtidos três gráficos referentes a situações de estudo de caos diferente a pratica para poder se obter novos parâmetros para analise de estudo de desbalanço de tensão, os quais contam com a curva da velocidade aonde se observa que a mesma demora para atingir a estabilidade.

No primeiro gráfico obtido, foi verificado que o tempo que a velocidade leva para atingir seu valor nominal é de 0,161 segundos, atingindo o valor nominal de 1285 RPM. A primeira simulação leva em conta o caso ideal, onde o motor opera a vazio e as tensões estão equilibradas no seu lavor nominal. A figura 5 demonstra o gráfico da primeira simulação.

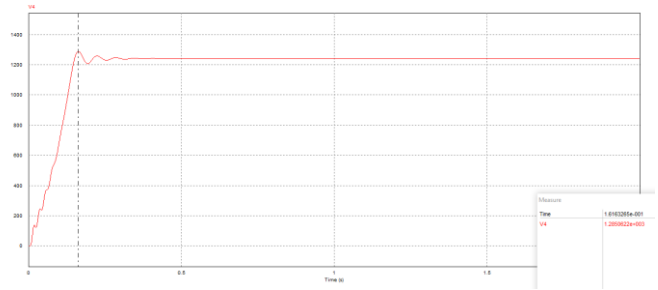


Figura 5 – Gráfico Velocidade vs tempo para caso ideal.

Na segunda simulação, foram obtidos os dados para o desbalanceamento de tensão, onde a amplitude da tensão da fase C foi reduzida para um valor inferior as demais fases. Portanto é possível observar na figura 6 que ocorreu um pequeno aumento no tempo em que a velocidade leva para atingir seu valor nominal. O tempo obtido foi de 173 segundos, para um valor nominal de 1281 RPM.

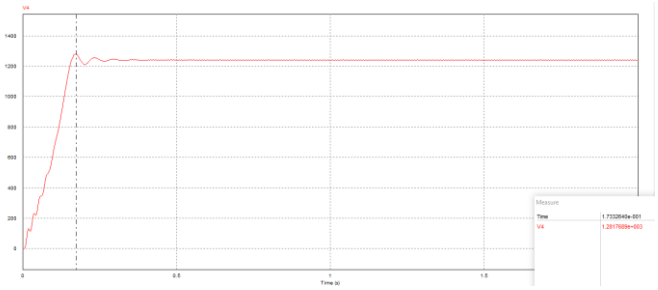
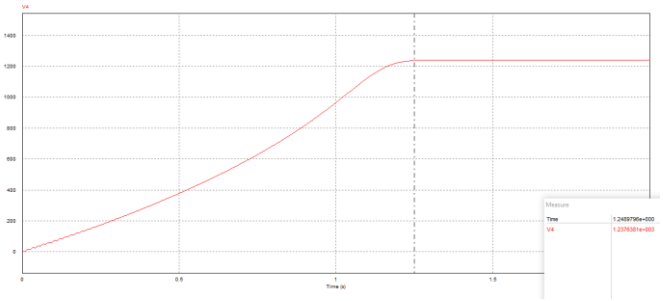


Figura 6 – Gráfico Velocidade vs tempo para desbalanceamento de tensão.

Para a verificação de sobrecarga, realizou-se a terceira simulação, onde foi simulado um acréscimo de carga durante a partida do motor de indução trifásico. Para esta simulação foram obtidos os valores de 1,24 segundos para a velocidade estabilizar, e rotação nominal de 1237 RPM. A terceira simulação é demonstrada na figura 7.



Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Figura 7 – Gráfico Velocidade vs tempo para acréscimo de carga na partida.

Para a metodologia pratica, foram obtidos, também três gráficos, com o auxilio do analisador de energia onde as figuras 8 e 9 se remetem ao desbalanceamento de tensão. Não foi possível mensurar a velocidade do motor, visto que o tempo de aceleração foi demasiadamente rápido, na faixa de milissegundos, onde qualquer medida realizada com um tacômetro apresentaria um grande percentual de erro. Para obter um comparativo entre o desbalanceamento de tensão, foram comparados a tensão e a corrente, a qual também varia de acordo com a tensão.

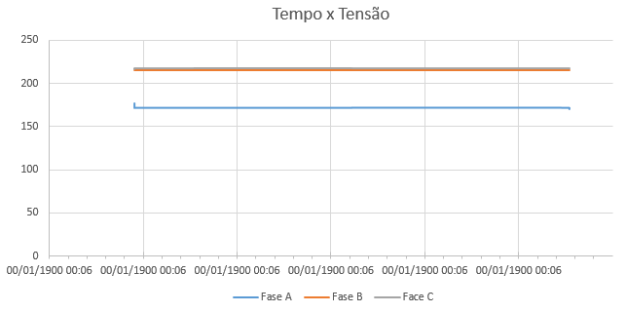


Figura 8 – Gráfico de tensão vs tempo da metodologia prática.

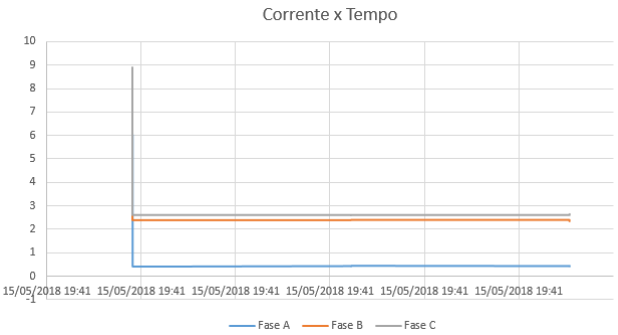


Figura 9 – Gráfico da corrente vs tempo da metodologia prática.

Observa-se na figura 7 que através da simulação realizada no software Psim consta que a fase A está com valor nominal de aproximadamente 177V, ao passo que as fases B e C se mantem com aproximadamente 220V. Já na figura 9, extraída através do analisador no caso pratico, pode se observar a resposta da corrente, a qual para a fase A apresentou valores bem abaixo das correntes das demais fases. Isso demonstra que o fato de haver um desequilíbrio de tensão entre as fases, o motor é afetado diretamente, acarretando em um período maior para o mesmo chegar na velocidade nominal.

No estudo considerando o retardo entre as fases, foi obtido um gráfico da corrente através do tempo, onde se analisou a amplitude que a corrente alcançou, considerando o tempo de atraso de 3 segundos na ligação da fase A. Obteve-se na figura 10 o gráfico da corrente pelo tempo no atraso de fase.

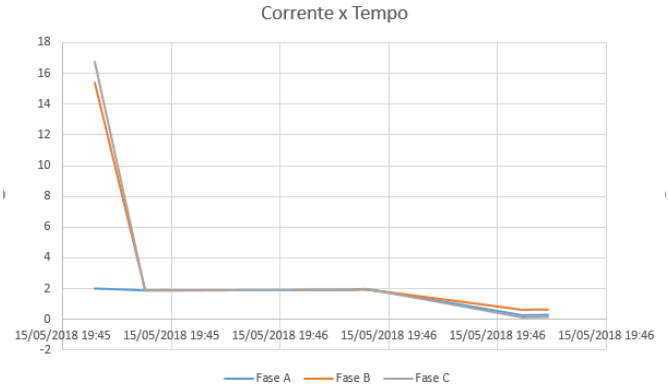


Figura 10 – gráfico de corrente vs tempo do retardo entre fases.

Percebe-se no gráfico da figura 10 retirada através do analisador, decorrido do estudo pratico que as correntes das fases B e C atingem valores acima de 15A, enquanto que na fase A, por mais que não haja tensão aplicada, há uma corrente de 2A circulando na bobina. Durante o experimento se observou que o motor não parte antes que a fase A seja acionada, visto que o motor foi ligado em estrela. Os valores de corrente da fase B e C se devem ao fato do motor ficar desorientado com a falta de uma fase, já que o comportamento do campo magnético fica comprometido, havendo assim um aumento significativo das correntes, sendo que a potência gerada é liberada em forma de calor.

Não foi considerado o experimento prático com acréscimo de carga no eixo do motor devido ao fato que ao adicionar uma carga, pode-se não apenas diminuir o tempo de partida do motor, mas também faze-lo operar em velocidades abaixo do nominal caso este esteja com sobrecarga.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado um estudo de caso com metodologias teóricas e práticas, em um motor de indução trifásico, utilizando o software PSIM e um motor de indução trifásico, de 1,5CV, 4 polos, com corrente nominal de 2,6A, considerando três casos, tanto para a análise em software como para a verificação prática.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Analisando os dados obtidos através das simulações no software PSIM, verificou-se que o desbalanceamento de tensão influência diretamente a velocidade de um motor, onde o tempo necessário para esta atingir a velocidade nominal é de alguns milissegundos a mais do que quando com tensões equilibradas. Caso o motor apresente alguma carga no eixo, o tempo de aceleração é aumentado conforme o nível da carga adicionada.

Observa-se que quando o motor é submetido a sobrecarga, o tempo de aceleração é aumentado em segundos, sendo que quanto maior a sobrecarga, maior o tempo necessário para se atingir a velocidade de operação, que por sua vez, será menor que a velocidade nominal de operação.

Na metodologia prática, se verificou que o motor de indução trifásico utilizado demandou muito mais tempo para realizar a partida com o desbalanceamento de tensão do que quando partido com tensões equilibradas, demonstrando assim que as simulações são verdadeiras. Infelizmente não houve uma forma de mensurar os valores da velocidade, pois não havia equipamentos que realizassem medições precisas na escala de 200 milissegundos.

No ensaio com retardo de fases, observou-se que o motor não consegue partir em quanto a fase atrasada não entra em operação, haja vista que o motor foi ligado em estrela, onde cada bobina é conectada a uma fase independente. Caso o motor fosse ligado em triângulo, o motor partiria, caso estivesse a vazio, porém, iria emitir um ronco que indica a falta de uma fase, tendo sua velocidade nominal atingida normalmente quando a fase atrasada retornasse ao sistema.

Verifica-se também as altas corrente que circulam nas bobinas do motor quando realizado o teste de atraso de fase. O valor demasiadamente elevado, tem por causa a ausência de uma das fases, o que compromete parcialmente o campo magnético do rotor, fazendo assim com que o rotor fique parado, com escorregamento unitário, não havendo outra forma de dissipar energia além da forma de calor.

Para o estudo realizado, observa-se a necessidade de verificar o nível de tensão entre as fases e, observar se há algum equipamento causando afundamento na tensão, ou se o próprio motor já não está com problemas, causando ele mesmo esse afundamento. Caso necessário, também há possibilidade de instalação de um regulador de tensão, a fim de fornecer tensão equilibrada ao motor.

O correto dimensionamento do sistema de instalações elétricas é de suma importância, bem como de todos os componentes a serem alimentado pela rede, visto que o mal dimensionamento de qualquer das partes pode comprometer diretamente o funcionamento do sistema como um todo, alterando o modo de funcionamento de maquinas de indução e prejudicando equipamentos de alta sensibilidade elétrica.

É deveras importante que se mantenha a qualidade da energia no sistema elétrico, visto que qualquer alteração pode trazer danos para os consumidores e para o sistema de distribuição, como também levar a cobranças de multa por parte das concessionárias de energia elétrica, trazendo de todas as formas, prejuízos a todas as partes.

VI. REFERÊNCIAS

[8] http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/mezaroba/materiais/CEN___Aula_01___Qualidade_de_Energia.pdf, acessado em 07 de maio de 2018.

[9] http://www.cepel.br/linhas-de-pesquisa/menu/qualidade-de-energia-eletrica.htm, acessado em 10 de maio de 2018.

[10] CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas** [recurso eletrônico]; tradução: Anatólio Laschuk. – 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

[11] ELETROBRÁS. Disseminação de informações em eficiência energética -Eficiência energética aplicada para comércio e indústria. Programa de combate ao desperdício de energia elétrica – PROCEL. Rio de Janeiro: PROCEL, 2004. 309p

SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Desenvolvendo habilidades com foco na integração com o mercado
22 a 27/10/18
MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Engenharia Elétrica URI SANTO ÂNGELO

Sistema de Priorização de Investimento em *Smart Grids* nas Redes de Distribuição de Energia Elétrica

Dante Bordin Medeiros; Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
dantebordin@hotmail.com; nelsonknak@san.uri.br

***Resumo* — As configurações das *smart grids* buscam atingir níveis altos de comunicação e tecnologia aplicada nas redes. Diante disso, este trabalho busca realizar uma análise de um grupo de alimentadores de distribuição de média tensão, gerando indicadores afim de eleger pontos prioritários de investimentos em tecnologia inteligente Com a análise da rede de distribuição será levantado alguns indicadores de sua configuração, níveis de inteligência e níveis de operação, que irão buscar detalhar alguns pontos específicos dos aspectos do sistema. Feito isso o sistema irá apresentar pontos para receber a implementação da configuração inteligente, e assim usaremos um sistema de tomada de decisão multicriterial que irá definir os pontos prioritários para receber as configurações, e assim, analisaremos os níveis de qualidade pós implementação.**

***Palavras-chaves* — Energia elétrica, multicriterial, sistema de distribuição.**

I. INTRODUÇÃO

O sistema convencional que atende os consumidores finais, ainda apresenta níveis de automação baixos, e com isso afetando em perdas significativas, falhas de equipamentos, e pouca eficiência energética.

Com o objetivo de inserir novas tecnologias de automação e conectividade que possam oferecer maior eficiência, confiabilidade e segurança, caracterizando-o assim como redes mais inteligentes, conceito esse que é trazido pelas Smart Grids. Além disso, com a inserção de Redes Elétricas Inteligentes, denominada assim pela utilização de novas técnicas e procedimentos de operação, controle e planejamento, baseados na tecnologia de informação e comunicação de dispositivos, essa gama de variáveis aumenta, principalmente nas etapas iniciais de transição da tecnologia da distribuição[1].

Nesse âmbito o trabalho busca inserir configurações de redes inteligentes no sistema de distribuição atual, porém levando em conta em que pontos investir, através do sistema criado para priorização do investimento, considerando os aspectos da rede que receberá, seu nível de inteligência e seu nível de operação.

II. CONCEITOS

VI. Redes convencionais

1) O sistema de distribuição de energia elétrica de média e baixa tensão convencional ou setor primário e secundário como também são chamados, estão dispostos partindo de uma subestação indo até o consumidor final. Neste percurso pode-se avaliar alguns vários sistemas que as RD podem estar dispostas.

O modelo radial conforme figura 1, dispõem de apenas uma única fonte, sem possibilidades de ajustes de cargas quando há faltas ou alguma manutenção programada.

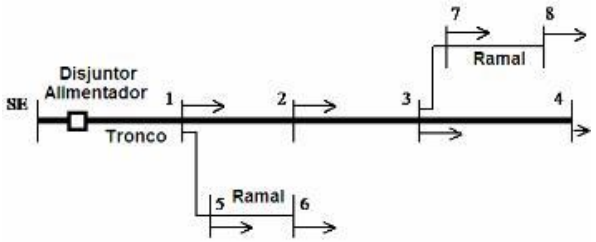


Fig. 1. Representação sistema de distribuição radial.

No sistema primário a tensão alimenta transformadores de baixa tensão que rebaixam a tensão aos níveis dos consumidores de pequeno porte (127/220/380 V).

Já no modelo em anel conforme figura 3 representa um modelo em anel, modelo esse que oferece maior confiabilidade no sistema, tendo possibilidades de manobras na RD através das chaves NF/NA descritas na figura 2.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

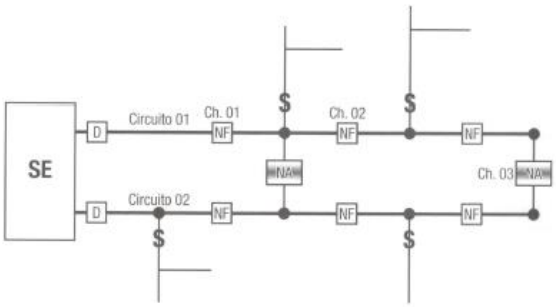


Fig. 2. Representação sistema de distribuição em anel.

Essa configuração está disposta conforme figura 3 com dois alimentadores, representados pelo circuito 1 e circuito 2 saindo da SE, essa configuração é amplamente utilizada no sistema de distribuição de energia de media tensão que há atualmente no Brasil.

VII. Redes elétricas inteligentes

No início do século XXI, o termo smart grid (rede inteligente) conceituou um novo modelo de para a distribuição de energia elétrica no mundo, um modelo totalmente automatizado e de uma grande tecnologia de comunicação. Esse novo modelo traz a utilização de várias tecnologias que unem o consumidor com a concessionária, união essa que proporciona uma troca de dados em tempo real de consumo do cliente. Também vale citar a utilização das gerações distribuídas, que inseridas no sistema trazem confiabilidade, segurança e uma futura melhora na questão ambiental tendo em vista o desuso das fontes fosseis de geração para alimentar o sistema [2].

A Figura 3 apresenta um esquema de representação de uma rede elétrica inteligente. Pode-se analisar a total interligação do sistema com a central de controle, local onde são processadas todas as informações, essa central traz uma melhor visibilidade, flexibilidade e controle ao sistema, nota-se que a transmissão e a geração ainda se mantem da mesma forma, entretanto novas formas de geração sustentável, ganham espaço e conseguem trazer melhoria para junto ao sistema.

Os medidores inteligentes com sua configuração bidirecional fazem comunicação com a central de controle, que por sua vez pode gerenciar as informações de consumo, geração distribuída representada na Figura 3 pelos painéis solares, e também relaciona a carga de uso dos veículos elétricos que ganham espaço nesse modelo de sistema.

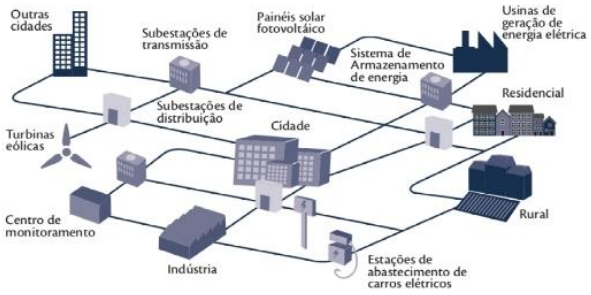


Fig. 3. Representação sistema de distribuição em anel.

O conceito de redes elétricas inteligentes faz com que em todo o sistema haja comunicação, assim trazendo muito benefícios como maior eficiência energética, tendo em vista que com maior controle induz aos consumidores o consumo responsável de energia e também insere novas tecnologias renováveis de geração distribuída ao sistema, dispensando a longo prazo modelos poluentes de geração de energia como a queima de combustíveis fosseis.

VIII. Planejamento de Redes de Distribuição

Diante da caracterização do sistema elétrico de distribuição visto anteriormente, tanto no contexto de redes convencionais quanto como redes inteligentes, verifica-se a importância do planejamento nesse setor pelo fato do seu nível de importância nos âmbitos de qualidade e confiabilidade. Visto isso, aumenta a preocupação para o planejamento em sistemas de distribuição.

De forma geral, o planejamento se entende com a determinação de investimentos e ações, no sistema elétrico, que possam garantir o atendimento econômico e confiável da demanda energética [3]. Portanto, cabe ao engenheiro de planejamento, de determinada concessionária, conduzir o sistema de distribuição de forma apropriada.

Assim o planejamento pode ser separado em 2 áreas. A primeira refere-se ao planejamento de expansão, onde são programados os novos ativos da concessionária, a fim de atender o crescimento da demanda. Por sua vez, a segunda área refere-se ao planejamento de operação, equivalente ao gerenciamento de recursos e a operação em tempo real [4].

IX. Métodos de Priorização

A tomada de decisões é um fator que é utilizado em qualquer situação, e tem papel fundamental em qualquer negócio ou processo que será desenvolvido.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

No setor elétrico, o processo de tomada de decisões se dá cada vez de forma mais complexa, remetendo a uma realidade em que os processos de decisão não podem mais ser feitos considerando apenas dados financeiros, como análises de custo benefício, tempo médio de retorno e análises afins [5].

III. METODOLOGIA

As configurações tradicionais de um sistema de distribuição de energia elétrica podem possuir diferentes combinações. As alterações de topologia acontecem de diversas maneiras, sendo com a abertura ou fechamento de uma chave seccionadora como também os casos de algum desligamento que seja programado pela concessionária.

No âmbito das redes elétricas inteligentes, as configurações são realizadas de forma automática, ajustes de carga, reconfiguração de falhas e analise de tarifas, são algumas das alternativas que esse tipo de topologia pode oferecer ao sistema. O crescimento da geração distribuída e da utilização de veículos elétricos faz reflexão diretamente ao sistema de distribuição tradicional, pouco automatizado e ainda com perdas significativas. A pouca otimização acaba engessando um sistema de distribuição. Em um sistema que esteja repleto de geração distribuída, como uma rede elétrica inteligente futura espera-se grandes possibilidades de manobras, manobras essas que possibilitem as variações de carga no sistema, fazendo utilização da grande capacidade de GD instalada, suprindo assim as demandas que ocorrerem na rede.

O investimento em tecnologia nas redes de distribuição é eminente, entretanto a busca por técnicas analise nesse ponto será fundamental, afim de buscar pontos estratégicos que visem confiabilidade operacional e economia no sistema.

Nesse contexto a metodologia proposta neste trabalho visa analisar pontos prioritários para investimentos nas redes de distribuição visando aspecto inteligente, afim de buscar melhorias sistêmicas para o processo da distribuição de energia elétrica.

IV. PROPOSTA

Deste modo, a proposta apresentada neste trabalho é definida por quatro etapas de análises, que juntamente atingiram o objetivo que é a definição de alocação dos investimentos. Através do fluxograma apresentado na figura 4 teremos a sequência das etapas que serão realizadas.

Fig. 4. Sequência de etapas da realização.

A evolução para um sistema inteligente de distribuição de energia será gradual, deste modo a análise técnica operacional e definição de indicadores se farão muito importantes, afim de garantir que o melhor sistema esteja disposto com maiores níveis de inteligência, condições físicas e operacionais, podendo assim trazer um melhor planejamento para a inserção das configurações inteligentes na rede de distribuição convencional.

Na etapa de determinação e caracterização dos grupos dos alimentadores, será utilizado dois indicadores para análise, nível de operação e nível de inteligência que serão compostos de fatores que serão especificados no decorrer do trabalho. Feito isso, a etapa de elaboração do sistema de tomada de decisão e na utilização do mesmo juntamente com os indicadores obtidos no processo anterior, serão realizados a partir do método AHP, que por sua vez elencara prioridade ranqueadas nas analises, assim tendo as prioridades no uso dos recursos.

A análise será realizada a partir de uma rede modelo, para a qual serão propostos cenários, nos quais se tem diferentes arranjos e configurações, padrões de comportamento de carga e níveis de confiabilidade.

Na determinação dos cenários é possível a identificação dos indicadores propostos. Cada cenário representa uma rede característica, com isso a análise de níveis de inteligência, carregamento, quantidade de chaves, são propostos e modificados, atendendo diferentes tipos de modelagem e assim realiza-se uma análise dos níveis de recepção do sistema inteligente.

Com o diagnóstico realizado, tem-se subsídios para definir o tipo de obras a realizar, tendo em vista que para cada cenário será elencado um diferente número de obras que atenderão as necessidades da rede em diferentes níveis.

Após as obras realizadas será repetido a etapa de diagnóstico afim de verificar a melhoria dos parâmetros anteriores. Dessa forma, será realizado para cada uma das obras elencadas em cada cenário. Por fim, o sistema de tomada de decisão, avaliará qual das obras será realizada prioritariamente, em função do ganho que se teve em cada um dos indicadores.

X. Análise Técnica e Operacional da Rede

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

Esta etapa de análise técnica e operacional, tem o âmbito de avaliar o grupo de alimentadores, características técnicas e operacionais do sistema, visando os pontos planejados. Esta analise irá selecionar alguns dados importantes dos alimentadores.

Irá ser avaliados alguns pontos principais das redes de distribuição tais como configuração dos alimentadores, condições físicas estruturais como também será revisto o número de equipamentos instalados e cada tecnologia investida nesses equipamentos, sendo eles chaves facas, fusíveis, religadores. Também será realizado uma análise qual nível de inteligência esse alimentador já possui, relacionando medidores inteligentes e também a geração distribuída instalada.

Essa relação dos equipamentos e condicionamento da RD possibilita a análise de um quadro geral da parte estrutural e também do nível tecnológico que há investido ao longo do alimentador, deste modo esses fatores servirão de dados para a formulação do diagnóstico da rede.

Conforme diagrama exposto na figura 5, pode-se visualizar os procedimentos realizados.

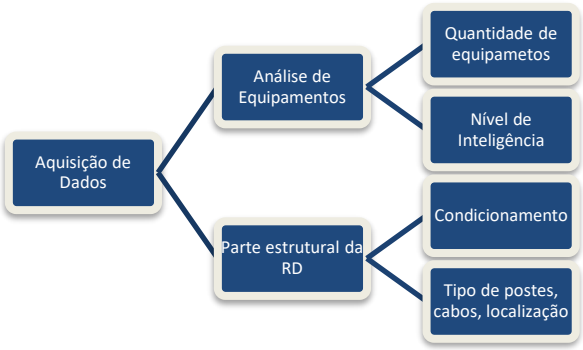


Fig. 5. Fluxograma do diagnóstico.

Diante a figura 5, a etapa de diagnóstico basicamente corresponde a uma análise inicial da RD, nada mais que a coleta de dados necessários para o futuro planejamento.

Visto que neste trabalho serão analisados dados operacionais da rede, como extensão, tipo de postes aplicados, carregamento, quantidade de consumidores, entre outros, muitas informações serão obtidas e com isso obtendo maior número de informações sobre condições físicas e elétricas da rede. Após essa coleta de dados o sistema irá gerar indicadores para os itens analisados conforme demonstra o diagrama da figura 6.

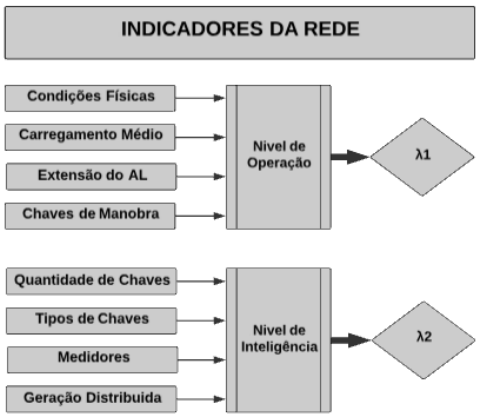


Fig. 6. Indicadores da rede.

Conforme pode ser observado na figura 6 serão determinados dois indicadores de rede. O primeiro indicador, chamado Nível de Operação tem como propósito classificar a operação da rede a partir de características como: carregamento médio, quantidade de chaves de manobra, extensão média de alimentadores e condições físicas do AL. Como saída é obtida uma nota, entre 0 e 1, que indica em que nível se encontra a operação da rede. O segundo indicador está associado ao Nível de Inteligência, o qual visa avaliar o sistema em relação as características associadas às redes inteligentes. Como saída é obtida uma nota, entre 0 e 1, que indica o nível de inteligência da rede e assim se tornando possível priorizar o investimento em características inteligentes.

Após obtido esses indicadores, espera-se ter um diagnóstico detalhado do sistema de distribuição, possibilitando assim, a determinação de cenários de onde será mais beneficente o investimento no sistema.

V. Tomada de Decisão

Nesta etapa será realizada toda a análise feita nos itens anteriores, conforme a modelagem dos cenários, os níveis de operação e quão foi a recepção da tecnologia nas diferentes configurações propostas. Conforme sequência do trabalho esta parte apresenta a decisão final de onde serão aplicados os recursos de forma prioritária, respeitando as análises feitas diante dos itens anteriores.

Após a modelagem dos cenários feita no software, o próximo passo é a análise das configurações que é separada em dois eixos, nível de inteligência da rede e nível de operação aplicado no sistema, também será trabalhado na confiabilidade

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

do sistema através da MLE (matriz lógico estrutural) que apresentará níveis de confiabilidade e indicadores do sistema.

As análises dos pontos de aplicação dos recursos serão avaliadas em relação aos apontamentos dos itens anteriores, será inserido essas configurações e após isso toda a analise irá se repetir afim de avaliar quais pontos atingiram melhor recepção dos recursos e assim utilizaremos a tomada de decisão que trará qual obra será realizada prioritariamente, levando em consideração os ganhos nos indicadores do sistema.

Essa tomada de decisão será realizada através do método AHP (Analytic Hierarchy Process). É um método de apoio a tomada de decisões simples, e genérico, que é baseado nas logicas newtonianas e cartesianas, que decompõem o problema sugerido explorando cada fator exposto.

As principais etapas para a aplicação e resolução do AHP, podem ser listadas a seguir como:

- Construção hierárquica;
- Comparação paritária entre elementos;
- Verificação da inconsistência nos julgamentos;
- Calculo da medida de inconsistência;
- Calculo da prioridade Global de Alternativas;

Conforme a figura 7 apresenta a estrutura hierárquica do método AHP demonstrando o objetivo, as alternativas e os critérios considerados.

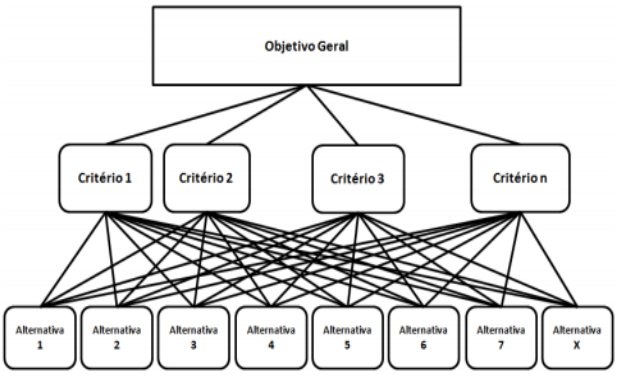


Fig. 7 Estrutura Hierárquica Básica.

Após a aplicação do método AHP as soluções são dispostas em rankings, e com isso neste trabalho pode-se trabalhar com a prioridade analisando o posicionamento das configurações propostas, priorizando a primeira solução e elencando as seguintes para futuras soluções.

VI. Resultados

Diante da necessidade de priorizar investimentos, os resultados esperados neste trabalho, buscam atingir níveis de confiabilidade a fim de investimento em tecnologia inteligente, para que possam ser encontrados sistemas específicos para se modelar, tornando os futuros planejamentos mais confiáveis. Obtendo as características dos alimentadores, o sistema buscará padrões de indicadores como o nível de inteligência e a operacionalidade dos sistemas, elevados, trazendo para essas redes pontos a realizar as melhorias.

VII. Observações Finais

O sistema de distribuição de energia elétrica está em fase de transformação de sua estrutura, com o objetivo de inserir novas tecnologias de automação e conectividade que possam oferecer maior eficiência, confiabilidade e segurança, caracterizando-o assim como redes mais inteligentes, conceito esse que é trazido pelas *Smart Grids*.

Nesse contexto o principal objetivo deste trabalho propende em sugerir uma nova proposta de diagnóstico das redes de distribuições atuais afim de inserir novas tecnologias, buscando reconfigurar a rede em um contexto visando as Smart Grids e de forma mais assertiva, e com isso trazer qualidade no investimento juntamente com economia, visando melhorias em redes que já possuam uma infraestrutura e que não irão gerar retrabalhos e terão uma melhor efetividade.

VIII. Referências

[1] D. P. Bernardon...[et al.], Sistemas de Distribuição no Contexto das Redes Elétricas Inteligentes: uma abordagem para reconfiguração de redes, 1. ed. Santa Maria: AGEPOC, 2015. 163p.L.

[2] FIGUEIRO, I. C. et al. Residential market facing the new challenges of application of energy hourly rate2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM). Anais...IEEE, maio 2013Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6607345>. Acesso em: 02 julho. 2018

[3] SOUSA, J. PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE UM MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRO MISTO (PLIM). [s.l.] Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2013.

[4] SANT'ANNA, B. Planejamento da Expansão dos Sistemas de Distribuição -Metodologia para a Consideração de Pequenas Centrais Hidrelétricas. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2009.

[5] SOARES, Bruno Niederauer. METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM FOCO EM GANHOS OPERACIONAIS E FINANCEIROS . 2015. 31 p. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (Engenharia Elétrica)- UFSM, Santa Maria, 2015.

SEMANA ACADÊMICA DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Desenvolvendo habilidades com foco na integração com o mercado
22 a 27/10/18
MOSTRA DE TRABALHOS DA ENGENHARIA ELÉTRICA
Engenharia Elétrica URI SANTO ÂNGELO

Viabilidade Técnica e Econômica de Potenciais de Aproveitamento Energético em uma Instituição de Ensino Superior

Pedro Henrique Moura da Rosa, Nelson Knak Neto
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo
pedromoura110@hotmail.com

Resumo* — *As instituições de ensino superior, em sua maioria, apresentam semelhanças construtivas que permitem a aplicação de diversos procedimentos de eficiência energética. Através da caracterização e análise de um objeto de estudo, objetiva-se desenvolver técnicas para diminuir os gastos com a energia elétrica sem limitar o consumo desta, a partir de uma análise para a implementação de sistemas de iluminação autônomos e aquecedores solares.

Palavras-chaves* — *Eficiência Energética, Universidades, Técnicas, Iluminação Autônoma, Aquecedores Solares.

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo analisar potenciais de aproveitamento energético de cargas elétricas existentes em instituições de ensino superior. Este estudo visa contribuir na redução do consumo de energia elétrica, tendo por consequência um caráter econômico-financeiro, além de ambiental, visto que este se utiliza de técnicas de eficiência energética que possam ser aplicadas de maneira harmônica com o meio ambiente, portanto sustentáveis.

Primeiramente, serão analisadas as características para implementação de dois sistemas de eficiência energética dentro do campus de uma Universidade, o primeiro sendo o aquecimento de água através de aquecedores solares e o segundo a substituição da iluminação para as vias internas do campus por sistemas de iluminação autônomos.

II. REFERÊNCIAL TEÓRICO

A. Eficiência Energética

Por definição, eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada para determinada atividade e aquela disponibilizada para sua ação, ou seja, obter uma soma maior de produto utilizando o mínimo possível de insumos para isso.

Ao serem aplicadas, as técnicas de eficiência energética permitem uma série de benefícios ao operador, os quais, no âmbito de instituições de ensino superior, podem ir desde redução do consumo de energia e por consequente redução de gastos, até um manejo do contrato de energia que se tem com a concessionária, visto que é possível obter uma carga instalada menor dentro do campus da universidade, permitindo que o contrato de demanda vigente em unidades consumidoras de grande porte possa ser reavaliado.

B. Iluminação Autônoma

Os sistemas *off-grids*, ou isolados, são equipamentos elétricos que se caracterizam por não serem conectados a rede de energia elétrica convencional. Neste contexto, tem-se que os sistemas de iluminação autônomos são cargas elétricas que por não apresentarem ligação com a rede de energia elétrica, necessitam de um meio alternativo de alimentação, e para isso tem-se como gerador os chamados *"painéis solares"*, que podem ser vistos instalados na Fig. 1.

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[1] Poste de iluminação *off-grid*. FONTE: (GAZETA DO POVO, 2009).

Através de um conjunto formado por gerador, acumulador de carga, controlador de carga e luminária, o sistema de iluminação autônomo se torna uma ferramenta interessante para a redução do consumo de energia elétrica do bloco de carga de iluminação. É sabido que a maioria das Universidades apresentam um campus educacional com extensões consideráveis, e em sua maioria são iluminados através de luminárias convencionais instaladas nos postes utilizados para a distribuição de energia elétrica, deste modo os sistemas de iluminação autônomos representam a substituição de um dos maiores blocos de carga de uma instituição de ensino.

O funcionamento dos sistemas de iluminação *off-grid* se dá da seguinte maneira:

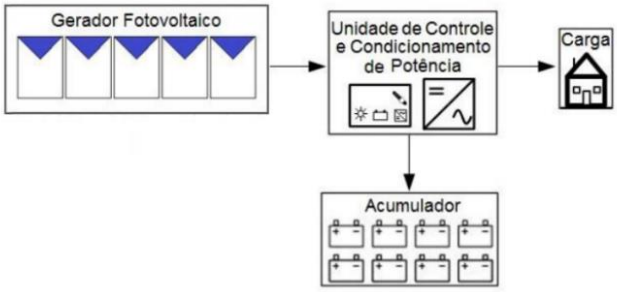
1º - A energia dos raios solares é convertida em energia elétrica para o acionamento do bloco de iluminação.

2º - A corrente elétrica produzida pelos painéis solares é acumulada em uma ou mais baterias para que seja possível acionar a carga durante o período sem a incidência de raios solares.

3º - O controlador de carga é o equipamento responsável por fazer a conexão entre o elemento gerador e o banco de baterias, não permitindo que o ultimo continue recebendo energia quando estiver em estado de sobrecarga ou então que este acione quando estiver abaixo do limite de energia acumulada.

4º - Por fim, tem-se o elemento gerador de luz que é o responsável pela conversão da energia elétrica em energia luminosa.

É possível verificar este sistema na Fig. 2.



[2] Matriz de funcionamento de sistemas de iluminação autônomos. FONTE: (CEPEL & CRESESB, 2014).

Para a instalação destes equipamentos é necessário um estudo meticuloso do ambiente que se deseja inseri-los, visto que são equipamentos alimentados pela conversão da energia da radiação solar em energia elétrica. Isto indica que em determinadas regiões, onde haja baixa incidência de raios solares, ou demasiada ocasiões de chuva e tempo nublado, este tipo de técnica de eficiência energética pode não ser a melhor solução, visto que são equipamentos com um custo considerável para inseri-los para teste.

Este tipo de sistema de iluminação requere também um estudo social quanto a área de instalação, devendo ter-se cuidado quando instalados em locais sem fiscalização 24 horas, pois são alvos fáceis para depredações e furtos.

C. Aquecedores Solares

Os aquecedores solares são equipamentos que se baseiam na coleta da energia térmica obtida pelos raios solares e na transferência da mesma para o fluido que corre no interior de sua serpentina. Em instituições de ensino superior, há comumente equipamentos que utilizam água quente para higienização/consumo, e é nesses equipamentos que os aquecedores solares trazem uma solução interessante.

A maioria dos equipamentos elétricos utilizados para aquecimento de água se baseiam no principio da liberação de calor ao ser inserido uma corrente elétrica numa resistência. Esta técnica apresenta um excesso de consumo de energia elétrica como pode ser observado em equipamentos domésticos como o chuveiro, e, portanto, ao serem substituídos por aquecedores solares a diminuição do consumo de energia é notável.

Assim como os sistemas de iluminação autônomos, é necessário um estudo deveras minucioso sobre o local de instalação dos aquecedores solares, visto que a perda de rendimento para ambientes com pouca iluminação é muito prejudicial para o desempenho destes aparelhos.

Na Fig.3. observa-se o conjunto de equipamentos que compõe um sistema de aquecedor solar completo.

[3] Aquecedor solar instalado em telhado. FONTE: (SOLETROL, 2018).

O funcionamento dos aquecedores solares consiste na transferência de energia térmica incidente nos coletores solares

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

(placas negras) para o fluído que circula no interior de sua serpentina. Este fluido é levado por gravidade até um reservatório térmico para que possa ser utilizado quando necessário. É importante salientar que os reservatórios térmicos são desenvolvidos de maneira a reduzir o máximo possível das perdas de calor para o meio ambiente, entretanto durante o período noturno, em que as perdas são mais acentuadas, os aquecedores solares, em sua maioria, constam com um sistema de aquecimento elétrico auxiliar, permitindo que o produto seja entregue ao consumidor na faixa de temperatura desejada.

D. Cálculos de Retorno de Investimento

Para a análise econômica da implementação das técnicas de eficiência energética apresentadas anteriormente, serão utilizadas técnicas de calculo de retorno de investimento denominadas *payback simples*, *payback descontado* e Valor Presente Líquido. Também deve-se considerar como margem de erro, que todos os equipamentos sofrem uma certa depreciação ao longo do tempo e para tanto deve-se considerar nos cálculos.

O *Payback Simples* é o método mais simplório de análise do tempo de amortização do investimento. Consiste na soma dos valores referentes aos gastos com os equipamentos durante o período, com os "lucros" obtidos pela redução do consumo de energia. O final do período de amortização é decretado quando a soma de valores chega a zero.

Quanto ao *Payback Descontado* temos que este se assemelha muito ao *Payback Simples* divergindo apenas que este consta com uma taxa de juros, aproximando o resultado à valores mais reais, trazendo valores de fluxo de caixa futuros para o valor atual.

Por sua vez o *Valor Presente Líquido* (VPL) é o procedimento de análise de viabilidade econômica mais abrangente dos apresentados acima. Ele consiste na utilização de um coeficiente denominado de Taxa de Desconto, o qual é responsável por espelhar todos os valores de fluxo de caixa, que se tem durante toda vida útil do sistema, para a data atual. Em (1), pode-se verificar o cálculo necessário para se obter o VPL:

$$VPL = -C_o + \sum_{i=1}^{r} \frac{C_i}{(1+r)^i}, \qquad (1)$$

em que Co é o investimento inicial. C é o fluxo de caixa, r é a taxa de desconto e t é o tempo em anos.

O resultado obtido pela equação acima deve ser analisado através dos seguintes parâmetros:

1) Se o VPL > 0, o projeto é viável (terá um retorno que cobrirá o investimento);
2) Se o VPL = 0, o projeto é indiferente (não oferecerá lucro ao investidor);
3) Se o VPL < 0, o projeto é inviável (dará despesa agregada ao valor investido).

III. METODOLOGIA

O primeiro passo para o desenvolvimento de um projeto de viabilidade técnico e econômico é o estudo de caso da área de implementação das técnicas de eficiência energética. Como dito anteriormente, este é o passo mais importante para o desempenho de muitas praticas de economia devido a características físicas e climáticas do local.

O objeto de estudo deste artigo é o campus de Santo Ângelo da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI-SA), a qual se localiza em Santo Ângelo na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, como pode ser visto na Fig.4.

[4] Localização Geográfica de Santo Ângelo. FONTE: (ABREU, 2006)

O sistema de iluminação da URI-SA é formado pelo arranjo usual de instalação de luminárias em postes na rede de distribuição de energia. Deste modo, para a implementação de postes de iluminação *off-grids* é necessário a coleta de dados quanto a carga instalada das luminárias existentes, bem como sua tecnologia de emissão de luz. Como se trata de um estudo de eficiência energética as luminárias a serem utilizadas nos sistemas isolados devem ser da tecnologia LED, visto que esta apresenta uma melhor taxa de produção de *lumens* por *watts*.

A coleta de dados da potencia instalada se faz necessária para os cálculos de viabilidade econômica, pois luminárias com tecnologia mais antiga, tendem a apresentar uma

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

necessidade de manutenção maior que as LED ocasionando assim gastos que devem ser considerados.

Devido as instalações dos postes de iluminação autônomos serem muito complexas devido a rede de distribuição já estar instalada no campus da URI-SA (afetando assim a disposição dos postes bem como a altura dos mesmos devido os cabos de Baixa e Média Tensão), será previsto, para fins de comparação, a instalação do sistema de iluminação autônomo em uma área que apresente as características técnicas apropriadas, como por exemplo radiação solar, utilidade pública e ausência de rede elétrica de distribuição. Deste modo será possível relacionar os custos de expansão da rede já existente com o preço da instalação do novo sistema *off-grid*.

Para o sistema de aquecimento de água através de aquecedores solares, deve-se medir o consumo diário de água quente nos equipamentos existentes a fim de dimensionar o tamanho dos reservatórios térmicos. Além disso é necessário utilizar um Analisador de Qualidade de Energia, ou equipamentos similares, para a medição do consumo de energia elétrica dos aquecedores elétricos que já estão instalados, a fim de ter dados suficientes para a análise econômica do empreendimento.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

Segundo [5], a radiação média anual para a cidade de Santo Ângelo, Fig.5, é de aproximadamente 5kWh/m² por dia, o que promove boas expectativas quanto a instalação dos paineis solares uma vez que a maioria destes tem seus dados específicados segundo o padrão STC (*Standart Test Conditions*) de 1kWh/m² [6]. Assim sendo, com uma radiação solar acima da média para o funcionamento pleno dos paineis solares, conclui-se que se instalados corretamente, os mesmos deverão apresentar desempenho superior de geração de energia em relação aos testes realizados considerando o STC.

[5] Atlas de Radiação Solar no Rio Grande do Sul. FONTE: (UERGS, 2018)

Quanto ao sistema de iluminação autonomo, é sabido que as luminárias, instaladas nos postes da rede de distribuição dentro do campus da URI-SA, são em sua maioria de 250W, com excessão das lâmpadas instaladas de maneira independente em postes para iluminação de pátio que são de 400W, todas com técnologia Vapor de Sódio. Parte-se agora para um estudo luminotécnico de dimensionamento das luminárias LED a serem instaladas, sem perder qualidade na iluminação e obtendo ganhos de eficiência energética.

Por fim, espera-se obter os dados de presição quanto ao consumo de energia elétrica e de água dos equipamentos instalados nos prédios do objeto de estudo. Ao te-los, parte-se para uma pesquisa de mercado para a seleção do componentes necessários para a instalação do aquecedor solar, e posterior calculo de eficiência.

Espera-se também, que através dos calculos de *payback* e VPL, a comprovação de que estas técnicas de aproveitamento energético são vantajosas ou não, para o cliente.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de técnicas de aproveitamento energético é muito importante para o crescimento das ciências e da humanidade, pois é através de práticas que visam otimizar o que já está implementado atualmente que se alcança o desenvolvimento. Além disso, as técnicas de eficiência energética permitem que o consumidor obtenha reduções significativas de gastos com energia elétrica, de modo que o mesmo consiga aplicar este dinheiro em outros investimentos e torna-lo maior, aumentando ainda mais a atratividade por estudos na área de eficiência.

Por fim, espera-se que ao final da análise de viabilidade técnico e econômico dentro do campus da universidade utilizada para estudo, se consiga resultados promissores a fim de implementa-los e verificar o seu funcionamento prático, permitindo que se observe características que não foram previamente definidas e agregue ainda mais conteúdo para esta pesquisa em si.

VI. REFERÊNCIAS

[1] GAZETA DO POVO. (2009). Postes que usam energia solar são instalados no Parque Barigui. Retrieved from https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/postes-que-usam-energia-solar-sao-instalados-no-parque-barigui-bt6c7w7ehhwrjvjjm2itscu32

[2] CEPEL, & CRESESB. (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro.

[3] SOLETROL. (2018). Manual Técnico. Retrieved from http://www.soletrol.com.br/extras/manuais/pdfs/manual-tecnico.pdf

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br

[4] ABREU, R. L. de. (2006). Imagem - Cidade de Santo Ângelo. Retrieved from https://pt.wikipedia.org/wiki/Santo_Ângelo

[5] UERGS. Atlas Solar do Rio Grande do Sul. Disponível em: < https://atlassolarrs.com/ >. Acesso em: 07 outubro 2018.

[6] HOMER ENERGY. Standart Test Conditions, 2018. Disponível em: <https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/3.10/standard_test_conditions.html>

Anais da II Mostra de Trabalhos da Engenharia Elétrica – 2018 - 253 p. - ISBN 978-85-7223-513-6
Rua Universidade das Missões, 464, 98802-470 – Santo Ângelo – RS
Fone: 55 3313-7900 – http://www.santoangelo.uri.br