FAMETRO
CENTRO UNIVERSITÁRIO



Engenharia Elétrica: Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico

Organizadoras

Livia da Silva Oliveira

Alexandra Priscilla Tregue

Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Editora Poisson

1ª EDIÇÃO

2020

Organizadoras
Livia da Silva Oliveira
Alexandra Priscilla Tregue
Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo

Engenharia Elétrica: Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico

1ª Edição

Belo Horizonte

Poisson

2020

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Ms. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Comitê Científico:
Profa. Me. Livia da Silva Oliveira (Centro Universitário FAMETRO)
Profa. Dra. Alexandra Priscilla Tregue (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Me. Fabrício de Amorim Rodrigues (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Me. Ítalo Jorge Tavares Jimenez (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Esp. Aristeu Souza da Fonseca (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Me. Cláudio Henrique Albuquerque Rodrigues (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Me. Mauro Cezar Aparício de Souza (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Esp. Jean Mark Lobo de Oliveira (Centro Universitário FAMETRO)
Profa. Dra. Luciane Farias Ribas (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Dr. David Barbosa de Alencar (Instituto de Tecnologia e Educação Galileo do Amazonas-ITEGAM)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57

Engenharia Elétrica: Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico [livro eletrônico] / Livia da Silva Oliveira, Alexandra Priscilla Tregue, Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo. Belo Horizonte: Poisson, 2020.

Recurso Digital.
Formato PDF.
Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions.
Modo de acesso: World Wide Web.
Disponível em: http://www.poisson.com.br.
ISBN: 978-65-86127-55-3
DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3

1. Engenharia Elétrica, 2. Pesquisa Científica. I. Oliveira, Livia da Silva. II. Tregue, Alexandra Priscila de. III. Figueiredo, Suelânia Cristina Gonzaga de. IV. Engenharia Elétrica: Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico.

CDD: 620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

Prefácio

O trabalho de conclusão de curso - TCC é um momento singular na **formação acadêmica de um profissional,** pois é o momento de **consolidação do aprendizado,** a partir da aplicação dos conhecimentos adquiridos para solucionar um problema. Para isso, o TCC conduz o aluno ao aprofundamento em conteúdos relevantes de sua área de formação e coloca-o em contato com a metodologia da pesquisa científica.

É uma etapa de extrema relevância que proporciona o desenvolvimento de habilidades como levantamento de dados, análise crítica, capacidade de sintetizar ideias e informações, entre outras. Confere responsabilidade e autonomia ao estudante.

É com o propósito de apresentar estudos desenvolvidos por alunos de graduação em Engenharia Elétrica, consolidando sua formação acadêmica através de atividades de pesquisa científica que o presente livro traz uma coletânea de textos abordando questões relevantes sobre sua área de formação.

Assim, estão presentes nesta publicação discussões sobre desenvolvimento e a manutenção de sistemas de geração de energia, transmissão e distribuição de energia elétrica, planejamento, supervisão e execução de projetos para automação de sistemas. Além disso, a Engenharia Elétrica permite uma abordagem sobre sustentabilidade e da necessidade de pesquisa sobre fontes mais limpas de energia.

Espera-se que este livro contribua para a expansão do conhecimento, pois os temas abordados são atuais e relevantes especialmente para aqueles que buscam o compartilhamento de informações e aprendizado contínuo.

Manaus, em junho de 2020.

Profa. Me. Livia da Silva Oliveira
Centro Universitário FAMETRO

Sumário

Capítulo 1: Análise de eficiência energética a partir do uso de iluminação eficiente dos diodos emissores de luz no setor Avícola..... 08

Arnold Schwarzengger Oliveira Sousa, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.01

Capítulo 2: Sistema de roda d' água para geração de energia no Parque dos Bilhares, Manaus – AM 16

Cláudia de Melo Sampaio, Livia da Silva Oliveira, Igor Góes Fernandes, Rivaldo Ribeiro Marinho

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.02

Capítulo 3: Energy system: Sistema de gerenciamento de energia elétrica..... 28

Dean Matos Serpa, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.03

Capítulo 4: Controle de sobrecargas elétricas, aterramentos elétricos e de pessoal no processo de fabricação de placas eletrônicas no segmento eletrônico em uma empresa do Polo Industrial de Manaus-AM..... 37

Edson Mauro Melo de Lima, Livia da Silva Oliveira, Aristeu Souza da Fonseca

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.04

Capítulo 5: Controle de nível de um processo industrial utilizando IHM e supervisórioelipse scada: Um estudo de caso sob a ótica da automação na Engenharia Elétrica..... 49

Fabiana Augusta Dos Santos, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.05

Capítulo 6: Implantação de sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos em uma unidade comercial..... 58

Gabriel de Andrade Aleli, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.06

Capítulo 7: Sistema de monitoramento do reservatório de água de um analisador bioquímico em um laboratório de Análises Clínicas utilizando o microcontrolador arduino..... 72

Heliton Ribeiro de Souza, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.07

Sumário

Capítulo 8: Estudo da viabilidade técnica da utilização de uma bateria automotiva como fonte geradora de energia em uma residência unifamiliar em situações de falha no fornecimento de energia elétrica fornecida pela Concessionária 81

Igor Góes Fernandes, Livia da Silva Oliveira, Lucas José Marques de Matos, Rivaldo Ribeiro Marinho

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.08

Capítulo 9: Automação de um sistema fotovoltaico isolado da rede de distribuição de uma residência em Manaus-AM 93

Jari Vieira dos Santos Junior, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.09

Capítulo 10: Impactos da implementação de novas tecnologias na indústria 4.0: Um estudo de caso no processo produtivo de uma fábrica do Polo Industrial de Manaus-AM 106

Jessé Costa dos Santos Alves, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.10

Capítulo 11: Análise da eficiência energética utilizando o sistema VVVF em esteiras rolante 117

Jorge Helben Silva Monteiro, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.11

Capítulo 12: Análise metodológica de transformação de um motor de indução elétrico monofásico em motor de indução elétricotrifásico 126

José de Amorim Felix Junior, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.12

Capítulo 13: Procedimento de manutenção em uma subestação consumidora com ênfase em parâmetros específicos de avaliação 133

José Marcelo Gois Arruda, Livia da Silva Oliveira, Aristeu Souza da Fonseca

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.13

Capítulo 14: Automatização do sistema de compactação de materiais plásticos destinados à reciclagem de uma empresa do Polo Industrial de Manaus – AM 143

Josenias de Jesus Maquiné, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.14

Sumário

Capítulo 15: Análise do potencial de geração de energia elétrica a partir da incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Manaus-AM 152

Josifran Aldenor de Almeida Sousa, Lucas Almeida Diniz, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.15

Capítulo 16: Automação de uma central de condicionadores de ar utilizando um painel de comandos elétricos em uma indústria do Polo Industrial de Manaus-AM..... 161

Lucas José Marques de Matos, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.16

Capítulo 17: Proposta de um sistema de geração de energia propulsor inversor para uma embarcação fluvial em substituição ao sistema de grupo geradores..... 173

Marcos Vinícius Macedo de oliveira, Jéssica Amanda Nascimento Oliveira, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.17

Capítulo 18: Monitoramento remoto de um grupo gerador a partir de um sistema automatizado em uma empresa do seguimento de injeção plastica no Polo Industrial de Manaus-AM..... 182

Raimundo Elvis de Moura Queiroz, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.18

Capítulo 19: Modelagem de séries temporais aplicadas na previsão de demanda consumida de energia elétrica em uma empresa de Manaus-AM..... 191

Rivaldo Ribeiro Marinho, Livia da Silva Oliveira, Cláudia de Melo Sampaio, Igor Góes Fernandes

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.19

Capítulo 20: Implantação de um dispositivo de teste para detecção de falhas em unidade de condicionador ar inverter em uma empresa do Polo Industrial de Manaus-AM..... 206

Rogério de Melo Costa, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-86127-55-3.CAP.20

Capítulo 1

Análise de eficiência energética a partir do uso de iluminação eficiente dos diodos emissores de luz no setor Avícola

Arnold Schwarzengger Oliveira Sousa
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O presente artigo busca analisar uma possível alternativa para tornar o sistema de iluminação de uma granja mais econômico, uma vez que os meios de iluminação tem se mostrado onerosos e ineficientes no setor avícola. A crescente alta no setor torna crescente também a demanda por energia elétrica, elemento indispensável para manter estável a iluminação artificial necessária estável, elevando então os insumos e em consequência, os preços a serem pagos pelo consumidor final. Foi realizado o levantamento dos gastos a serem propostos sob a permuta do sistema de iluminação da granja analisada, com dados e preços fornecidos pelos fabricantes das lâmpadas a serem empregadas, com o intuito de demonstrar a eficiência energética e economia proposta ao trocar o sistema por lâmpadas de LED, que apresenta maior vida útil e maior capacidade de luminância não produzindo ruídos além de não gerar danos ao meio ambiente quando houver a necessidade do seu descarte, tornando-se um grande atrativo para o setor avícola. Observou-se que há sim uma diferença considerável no consumo de energia elétrica em relação às lâmpadas incandescentes e as lâmpadas de LED, embora as lâmpadas de LED tenham o valor comercial mais elevado.

Palavras-chave: Iluminação, aviário, eficiência energética.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a demanda por energia elétrica tem aumentado exponencialmente. Em função da dependência, em sua grande parte, por fontes de energia finitas, advindas da geração por meio de fontes hídricas, como a energia produzida pelas usinas hidrelétricas e, a energia gerada a partir de combustíveis fósseis, através do petróleo, os custos para a produção de energia elétrica são elevados e, podem gerar danos ao meio ambiente. Diante do exposto, surgem tecnologias de baixo consumo de energia, que vem se adequando para os mais diversos setores, onde a necessidade de reduzir o consumo de energia é fator chave para que se mantenha uma produção constante.

Fazendo uma projeção da implantação dos diodos emissores de luz "LED", em contraposição ao consumo de energia de tecnologias de iluminação ultrapassadas junto ao setor avícola, é possível observar que os benefícios desta implantação são de grande importância no que tange a eficiência energética e diminuição dos insumos gerados por consumo de energia elétrica em granjas. Por muitos anos as lâmpadas incandescentes foram as mais utilizadas nas residências brasileiras. Mas por conta da sua baixa eficiência energética foram retiradas das prateleiras, apresentavam uma vida útil em torno de 1000 horas. Para substituí-las, as lâmpadas de LED e as fluorescentes chegaram ao mercado com diferenciais energéticos tangentes.

Se levarmos em consideração dados apresentados por Beck (2017), a proteína de carne de frango é a mais consumida no Brasil e sua produção deve crescer em dez anos, alcançando uma taxa de 33,4% (2,8% ao ano), ou seja, passando de 13.440 mil toneladas em 2017 para 17.930 mil toneladas em 2027, a previsão faz parte do estudo de projeção da produção agropecuária brasileira, divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), dito isto, é nítido que para que isso aconteça, o setor deve optar por tecnologias de baixo consumo energético. Do contrário, os insumos produzidos pelo alto consumo energético podem comprometer o valor comercial do produto.

Segundo os dados apresentados pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o Brasil segue no ranking como o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, sendo um dos mais importantes exportadores de proteína avícola do mundo, tendo ainda em seu território grandes centros de produção de ovos, o mais notável na cidade de Bastos, sendo conhecido internacionalmente e taxado como um dos maiores produtores no setor de postura no mundo.

Porém é notável que, para o setor manter-se no ranking é necessário grande demanda de energia elétrica para que a produção se mantenha estável, entretanto a questão da disponibilidade de energia nas condições de quantidade e qualidade adequadas, a custos competitivos, tem-se constituído em um dos mais importantes pré-requisitos para o desenvolvimento econômico do setor. Em vista disso, a energia tem sido tratada como um bem de natureza estratégica, e não por acaso a segurança energética tornou-se um dos temas mais relevantes da agenda mundial (LAVEZO, 2016). Mediante estas informações, é possível dizer que a inserção da tecnologia LED no setor avícola, é tendenciosa e pode-se somar como uma excelente alternativa de viabilidade econômica além de não gerar danos ao ambiente.

O presente trabalho trata da verificação dos efeitos da substituição de lâmpadas de Vapor de Sódio (com potência de 70 W) por lâmpadas, mais econômicas, da tecnologia LED (com potência de 12 W), na produção de ovos férteis em um núcleo de produção de ovos em uma unidade produtora de Manaus-AM. A ênfase é dada no controle de custos relacionados à energia elétrica, uma vez que as lâmpadas de vapor de sódio foram simplesmente substituídas pelas lâmpadas LED em igual quantidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INFLUÊNCIA DA LUMINOSIDADE NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE AVES

De acordo com Fonseca (2017), o fator iluminação é de extrema importância no que tange a maturidade das galinhas e, por sua vez, influenciando diretamente na sua produtividade e desempenho, tendo em vista que quando há um aumento da luz, essas aves são estimuladas por fotorreceptores hipotalâmicos que indicam o dia mais longo e consequentemente mais produção, fato que pôde ser observado através da percepção das diferenças de luminosidade entre as estações do ano e a relação destas com as migrações e reprodução de algumas aves. Os primeiros estudos utilizaram luz artificial para traduzir os dias longos da primavera, e induziram as aves a entrarem em postura, mesmo que em temperaturas negativas. A partir daí se deu de fato uma denotação para pesquisas com sistemas de iluminação para avicultura.

Segundo Ceratto (2017), a energia elétrica era o terceiro custo na escala de grandeza na criação de frangos de corte, ficando em primeiro a mão de obra e em segundo o aquecimento. Atualmente a energia passou a ser o maior custo, ultrapassando até a mão de obra das granjas. Ou seja, para a produção do ovo e criação de frangos, consome-se grande quantidade de energia elétrica nos aviários, com a exposição das aves a luz, no comprimento de onda da cor amarela, ponto chave para que as aves mantenham sua produção de ovos férteis em níveis de excelência.

Segundo Arellano (2017), o fato de exposição a luz, está associado a absorção da radiação emitida pelo comprimento de onda no hipotálamo da galinha, devido o olho das aves, em geral está mais evoluído que nos humanos (que são tricromáticos como os primatas) e muitos mamíferos (que são bicromáticos e veem em gamas de cores, que variam conforme a espécie). Dito isto, uma iluminação com comprimento de onda na cor amarela atuando sobre as aves, se mostra mais adequada, e sexualmente estimulante do que os demais comprimentos de onda, como verde e azul.

Porém um detalhe que deve ser lavado em consideração é o alto consumo de energia por parte do sistema de iluminação, pois apesar de estarmos em um país favorável à criação de galinhas em lugares abertos, a iluminação artificial não se descarta. E como alternativa temos tendência a utilização dos diodos emissores de luz “LED”, que além do seu baixo consumo de energia, demonstram um grande potencial de aplicação e maior durabilidade aliados ao bom desempenho luminotécnico e seu impacto positivo relativo ao meio ambiente. (ZANUTO, 2016).

2.2 DIODOS EMISSORES DE LUZ (LED)

Segundo estudos de Santos et al. (2015), o diodo emissor de luz apresenta-se como um componente eletrônico semicondutor com a mesma tecnologia utilizada nos chips de computadores, é um componente bipolar, tem um terminal chamado cátodo e outro chamado ânodo, que quando polarizado tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz, ele não utiliza filamentos metálicos, radiação ultravioleta nem descarga de gases, e com o grande avanço da tecnologia, foram criadas as lâmpadas de LED onde apresentam altíssima qualidade e com uma longa durabilidade quando comparada às demais tecnologias existentes. Com isso foi comprovado que as lâmpadas LED utilizam 82% menos energia elétrica que uma lâmpada incandescente gerando uma aparente economia nas tarifas de energia. As lâmpadas LED, em média têm autonomia de 50.000 horas enquanto uma incandescente tem apenas 1.000 horas de autonomia, e 6.000 horas de uma fluorescente.

Os LEDs têm sido apresentados no mercado como uma tecnologia nova, e sua presença está em alta, ocupando cada vez mais espaço, e apesar de não ser uma tecnologia tão nova em relação a outras existentes, os LEDs tem sido de suma importância no quesito sustentabilidade e economia. Na última década a aplicação dos LEDs em produtos de iluminação vem se tornando viável e a inserção desta tecnologia é aplicável em diversos setores, devido a sua considerável economia no uso de energia elétrica além de reduzir os custos de manutenção. (BOUTS, 2016).

No que agrega ainda mais a popularidade dos diodos transmissores de luz, além de serem mais econômicos, o seu descarte gera consideravelmente menos impactos ao meio ambiente pelo seu grande diferencial de ser constituído por 95% de material reciclável de acordo com dados do INMETRO (2017), com isso as lâmpadas LED não possuem mercúrio em sua composição e podem ser descartadas no lixo comum sem gerar impactos ao meio ambiente.

2.3 LED NOS AVIÁRIOS

A oferta de uma nova tecnologia em iluminação artificial tende a ser empregada nos sistemas de produção de frangos de corte do Brasil, em uma permuta às lâmpadas fluorescente compactas, com a inserção dos diodos emissores de luz LED. Segundo Rosa et al. (2017), a iluminação dos aviários é importante no que tange a ingestão de ração e água nos primeiros dias de vida das aves, o que se torna primordial para uma ave saudável. A energia consumida nos galpões tem grande importância na quantificação dos custos sendo os equipamentos utilizados para a iluminação, alimentação e climatização os responsáveis pelo consumo de energia.

Segundo Souza (2019), a cadeia produtiva de ovos brasileira ainda apresenta grandes dificuldades que prejudicam a competitividade da atividade, como por exemplo, os elevados custos de produção. Portanto, métodos de iluminação mais eficientes reduziriam os custos de produção determinando maiores lucratividades na atividade. Neste sentido o desenvolvimento de novos sistemas para a iluminação de

poedeiras, sobretudo com aplicação de tecnologias de iluminação mais eficientes e com maior vida útil, como os diodos emissores de luz (LED), podem trazer impactos na diminuição dos custos de produção.

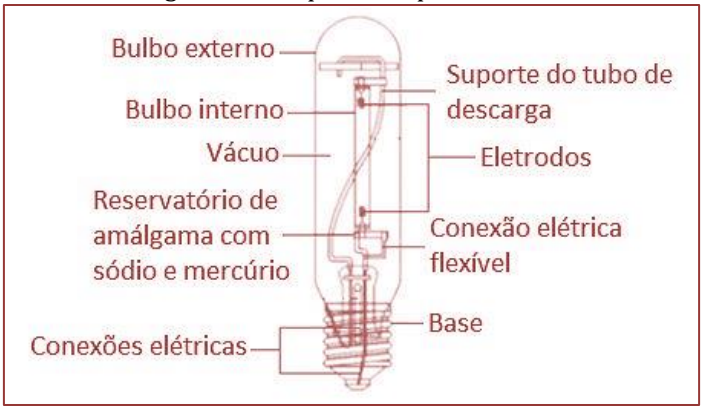
Estudos realizados por Rosa et al. (2017), diz que a energia elétrica embora não pareça responsável pelos altos custos gerados na avicultura, a diminuição destes insumos pode garantir um incremento na renda do produtor, ou seja, a redução dos custos de energia está atrelada ao desenvolvimento de sistemas de iluminação mais eficientes. Os programas de iluminação utilizados para a produção dos frangos de corte são baseados em três fatores: o comprimento de onda a intensidade e a duração da luz (foto período). O equilíbrio entre esses três fatores da iluminação nos aviários é importante para que as aves possam apresentar sua plena capacidade em cada fase de criação. O autor ainda menciona que os programas de iluminação também visam à redução de canibalismo, de atividade excessiva, além de promover o bem-estar do animal.

Segundo Rosa et al. (2017), comenta que a introdução dos sistemas de iluminação *dark house* trouxe mais dependência energética em contraposição ao controle de climatização e iluminação do ambiente. Este sistema visa o uso de iluminação artificial e é mais oneroso, onde utilizam-se galpões totalmente fechados, e com isso elevando os custos com energia elétrica. De acordo com resultados obtidos por Souza (2019), o sistema de iluminação constituído por LEDs, aplicado em aviário *dark house*, promove uso racional de energia elétrica e melhora o desempenho produtivo das aves, sem afetar a qualidade dos ovos e o ambiente térmico.

2.4 LÂMPADAS DE VAPOR DE SÓDIO DE ALTA PRESSÃO - VSPA

As VSAP utilizam uma pequena quantidade do metal sódio misturado com mercúrio, que é colocada em uma cápsula de vidro, com gás xenônio ou argônio em seu interior conforme a Figura 1. Estes gases nobres ativam o arco voltaico que é formado entre os eletrodos colocados nas extremidades da cápsula e iniciam a ignição da lâmpada. Durante o aquecimento inicial da lâmpada, o sódio e o mercúrio gradativamente se vaporizam, fazendo com que uma tênue luz seja emitida pela lâmpada, a pressão aumenta a seguir e a luz produzida é de alta intensidade.

Figura 1 - Lâmpada a Vapor de Sódio



Fonte: Manual Luminotécnico prática OSRAM, 2018.

A exemplo das outras lâmpadas de descarga, o arco emite raios UV, invisíveis ao olho humano, mas a ampola é montada no interior de um bulbo revestido internamente com uma camada de fósforo, que passa a emitir luz assim que recebe os raios UV. A luz dessas lâmpadas possui tonalidade amarelada devido ao componente sódio e seu espectro luminoso é descontínuo. O IRC das lâmpadas varia muito conforme o tipo e modelo, indo de 20, para lâmpadas comumente aplicadas na iluminação pública, a 70, em lâmpadas com rendimento de cor melhorado. Sua temperatura de cor gira em torno de 2.000 K a 3.200 K. Com o tempo de uso, pode ocorrer variação na tonalidade da luz emitida. As lâmpadas VSAP estão disponíveis numa grande quantidade de formatos, indo das tradicionais formas ovóide e tubular até a forma refletora parabólica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A granja, localizada km 22 da rodovia estadual AM-010, em Manaus, possui dois aviários de produção denominados de galpão 1 e 2. Cada galpão tem dimensões iguais de 150 metros de comprimento por 10 metros de largura, totalizando uma área 1500 m². Internamente os aviários são divididos em dois lados, lado A e lado B. A área de serviço está localizada entre os lados A e B, medindo 50 m². Na área de serviço, a coleta dos ovos é realizada através de esteiras.

O experimento foi desenvolvido obedecendo à seguinte organização: o galpão 1 permaneceu com sistema de iluminação tradicional, ou seja, usando lâmpada de vapor de sódio e abrigando 8.000 aves fêmeas; o galpão 2 foi modificado, recebeu sistema de iluminação com lâmpadas de LED e, alojou a mesma quantidade de aves fêmeas. No Quadro 1 é possível observar as características das lâmpadas de vapor de sódio (instaladas no galpão 1) e Led (instaladas no galpão 2) da instalação.

Quadro 1 – Características das lâmpadas VASP e LED.

	VASP	LED
Potência nominal	70 W	12 W
Corrente	0,77 A	0,095 A
Eficiência luminosa	80 lm/W	52,5 lm/W
Fluxo luminoso	5600 lm	630
Temperatura de cor	2000 K	3000 K
Vida útil	24 000 horas	20 000 horas

Fonte: Os autores com dados da OSRAM, 2018.

As aves observadas já estavam na idade de produzir os ovos, logo uma semana após o alojamento das aves a produção de ovos foi iniciada. A observação da produção foi realizada por 15 semanas.

O sistema de iluminação fica ligado das 6 h às 22 h, totalizando 16 horas de iluminância. As lâmpadas estão dispostas nos galpões 1 e 2 em duas linhas com 20 lâmpadas cada dispostas a 5 m de distância uma lâmpada da outra no sentido de comprimento do galpão. A primeira lâmpada está afastada de 2,5 m da porta de entrada do local.

3.1 MEDIÇÃO DA LUMINOTÉCNICA

Para definir a matriz de medição da iluminância foi utilizada a metodologia da ABNT/NBR-ISO 8995/2013, conforme a Equação (1), onde Pi é a quantidade de pontos de medição e Di é a distância(m). O índice i deve ser substituído por c para o cálculo utilizando o comprimento, e por l para o cálculo utilizando a largura.

$$P_i = 0{,}2 \,.\, 5^{\log(D_i)} \quad (1)$$

Para definir o primeiro ponto das medições foi realizado o cálculo com a utilização da Equação (2), onde N é o número de medições a ser efetuada, C é a distância (comprimento ou a largura do galpão) e Pi é o tamanho da malha, considerando i como comprimento (c) ou como a Largura (l).

$$N = \frac{C}{P_i} \quad (2)$$

Conforme a Equação (2) são necessárias 20 medições na direção longitudinal do barracão e 10 medições na direção transversal do barracão.

3.2 NÚMERO IDEAL DE LÂMPADAS (MÉTODO DE LÚMENS)

Para se determinar a quantidade ideal de lâmpadas foi utilizada a Equação (3), na qual N_L é o número ideal de lâmpadas, Sé a área do local a ser avaliado (em m²), E é a iluminância (lux) que deve alcançar as aves

(conforme a tabela COOB), μ é o fator adimensional de rendimento da lâmpada, D é o fator adimensional de depreciação eφrepresenta o fluxo luminoso da luminária. (MAMEDE FILHO, 2012).

$$N_L = \frac{S \,.\, E}{\mu.D} \,.\varphi \quad (3)$$

Com N_L é possível verificar a adequação necessária no sistema de iluminação.

3.3 ILUMINÂNCIA MÉDIA ESPERADA

Para determinar a iluminância esperada foi utilizada a Equação (4), onde I_E é a iluminância esperada (lux), N_{ins} é o número de luminárias instaladas, φ é o fluxo luminoso (lumens), D é o fator de depreciação, μ é o fator de rendimento e S é a área. (MAMEDE FILHO, 2012).

$$I_E = \frac{N_{ins} \,.\varphi \,.D \,.\mu}{S} \quad (4)$$

Este valor de iluminância foi comparado ao valor da iluminância medida para constatação da proximidade do método utilizado (Lumens) na definição do número ideal de lâmpadas. (MAMEDE FILHO, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a crescente alta nos insumos de geração de energia, o preço das tarifas tendem à aumentar no medidor dos produtores aviários, com isso espera-se que através da permuta das lâmpadas de vapor de sódio pelas lâmpadas de LED, possa ocasionar uma redução considerável nos valores gastos com energia elétrica no setor, tendo em vista que a maior parte dos insumos gerados no setor avícola, depois da alimentação, é o uso de energia elétrica principalmente com a iluminação das aves.

Na Tabela 1 estão os valores de luminância do galpão 1, ou seja, das lâmpadas de vapor de sódio para dez pontos observados.

Tabela 1 – Luminância das lâmpadas de vapor de sódio

PONTO	X(m)	Y(m)	LUX
1.1	06,35	1,082	86
1.2	10,80	1,082	80
1.3	17,20	1,082	102
1.4	20,95	1,082	114,6
1.5	33,80	1,082	117,2
1.6	37,25	1,082	111,0
1.7	40,01	1,082	103,2
1.8	44,26	1,082	100
1.9	50,23	1,082	91,25
1.10	55,81	1,082	58

Fonte: Os autores (2020).

Foi possível verificar que a média dos valores foi de 96,33 lux, e foi apresentada uma nova configuração do sistema de iluminação com lâmpadas a vapor de sódio. Que resultou em 46 lâmpadas distribuídos em uma matriz 23 x 2. A quantidade de lâmpadas já instaladas é igual a 47, ou seja, não foi necessário fazer modificação no sistema.

A iluminância média medida (96,33 lux) mostra que a iluminação do ambiente apresenta-se dentro dos valores recomendados, ou seja, dentro do intervalo de 80 e 100 lux. Sendo assim não teria gastos para ampliação do sistema de iluminação composto de lâmpadas vapor de sódio. Essa configuração de sistema tem um gasto mensal de energia elétrica, em média, de R$ 600,00.

Na Tabela 2 estão os valores de luminância do galpão 2, ou seja, das lâmpadas do sistema de lâmpadas LED instaladas.

Tabela 2 – Luminância das lâmpadas de LED

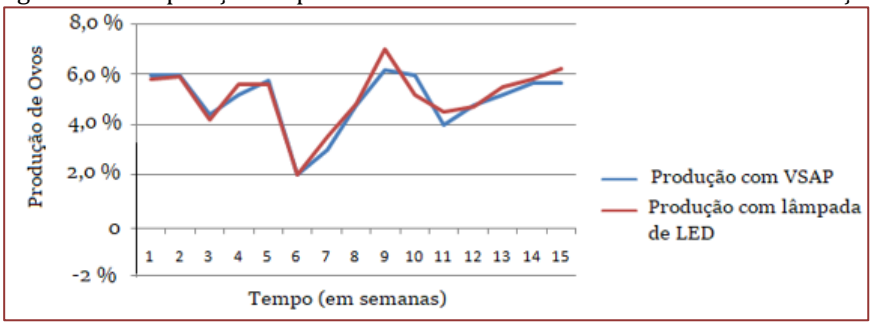
PONTO	X(m)	Y(m)	LUX
2.1	06,35	1,082	34
2.2	10,80	1,082	29
2.3	17,20	1,082	30
2.4	20,95	1,082	25,8
2.5	33,80	1,082	25,5
2.6	37,25	1,082	28
2.7	40,01	1,082	29
2.8	44,26	1,082	28,6
2.9	50,23	1,082	32,9
2.10	55,81	1,082	30

Fonte: Os autores (2020)

Verificou-se que a média dos valores foi de 29,28 lux. Considerado os valores medidos no aviário com as lâmpadas LED pode-se considerar que a simples troca de lâmpadas não é tecnicamente viável. Estes resultados mostraram uma iluminância média mediada inferior aos sugeridos pela NBR 5413. Com base neste dado foi calculado o número ideal de lâmpadas LED para atingir a iluminância desejada.

Foi constatado que a produção de ovos do lote não apresentou influência significativa após a instalação das lâmpadas LED.

Figura 2 – Comparação de produtividade entre os dois sistemas de iluminação



Fonte: Os autores (2020)

Analisando a Figura 2 é possível observar a variação média na produtividade de 1,84 % por ave. Desta forma, foram produzidos, mais ovos no galpão 2, cujo sistema de iluminação é o LED. O gráfico comparou a diferença dos valores de produção do galpão 1 e 2, o galpão 2 (lâmpadas LED) apresentou melhor desempenho. Para a construção do gráfico foram utilizadas tabelas que demonstram a produção e a mortalidade de fêmeas por semana.

Os possíveis fatores para esta variação foram a quantidade de ração que as aves consumiram, quantidade de água consumida, variações de temperatura e umidade, variação no comportamento das aves, pois as aves agitadas possuem capacidade produtiva reduzida, a iluminância pode ser outro fator de influência. Tanto a iluminância como as temperaturas das cores das fontes de luz produzem alterações comportamentais nas aves.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os dados apontados é possível afirmar que as lâmpadas de LED tem sim seu grande diferencial no que tange o consumo de energia elétrica em relação às lâmpadas de vapor de sódio e incandescentes. Tendo como fator de impedimento para sua implantação o custo em relação ao valor comercial, tardando o retorno para o investimento desta permuta, cenário esse que pode ser livrado caso a tecnologia LED barateie. Para que se torne uma alternativa eficaz, tanto em custo como benefício, os preços dos LEDS necessariamente deveriam ter uma redução de aproximados 20% nos preços atuais de mercado, oferecidos pelos fabricantes, com tudo, a inserção do LED nos aviários tem sim um bom retorno, prevalecendo não só a economia gerada, mas também destaca-se por ser constituído de materiais semicondutores que não geram danos ao meio ambiente, enaltecendo ainda mais sua utilização.

As lâmpadas de descarga utilizam em sua composição o mercúrio, produto químico tóxico. Se forem manuseadas e descartadas de maneira incorreta poluem o meio ambiente e contaminam o ser humano. As luminárias a LED não oferecem este risco por não utilizarem o mercúrio na sua composição, pois além de reduzir o consumo de energia, os equipamentos são recicláveis, não possuem metais pesado como o antigo sistema e apresenta baixa manutenção, alta eficiência luminosa e longa durabilidade.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT/NBR-ISO 8995/2013. Iluminação em ambiente de trabalho.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL: Fontes de energia no brasil. dez. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/infografico. Acesso em: 07 mai. 2020.

[3] ARELLANO, Gonzalo Peche. A visão e o ambiente dos frangos de corte. Avi News Brasil, 2017. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/visao-ambiente-frangos-corte/>. Acesso em: 11 out. 2019.

[4] BECK, Priscila. Brasil: Produção de carne de frango é a que mais crescerá em 10 anos. Avi News Brasil, 2017.Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/brasil-producao-carne-de-frango-dez-anos>. Acesso em 06 out. 2019.

[5] BOUTS, Daniel Delgado. Economia de Energia Decorrente da Inserção da Tecnologia LED na Iluminação Residencial. Orientadora: Dr. Jamil Haddad. 2016. 120 f. DISSERTAÇÃO (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016. Disponível em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/617/dissertacao_bouts_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 dez. 2019.

[6] CERATTO, Valmor. Custo de energia das granjas - o item de maior custo de produção para os integrados da avicultura de corte. Avicultura Industrial, 2016. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/custo-de-energia-das-granjas-o-item-de-maior-custo-de-producao-para-os/20160516-095510-c801>. Acesso em: 30 out. 2019.

[7] FERRARO, Gilberto. Corrente elétrica. Intensidade média da corrente elétrica. Os fundamentos da física, São Paulo, 04, jun. 2011. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2011/06/cursos-do-blog-respostas-0106.html. Acesso em: 28 mai. 2020.

[8] FONSECA, André Camelo. Interferência da iluminação na produção e reprodução das aves - por André Fonseca. Avicultura Industrial, 2016. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/interferencia-da-iluminacao-na-producao-e-reproducao-das-aves-por-andre-fonseca/20160923-102030-v188>. Acesso em: 26 out. 2019.

[9] LAVEZO, C. A. L. Fontes de Energia. Amparo. 2016.

[10] MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. 7° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

[11] Ministério de Minas e Energia MME. Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir do dia 30 de junho. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/lampadas-incandescentes-saem-do-mercado-a-partir-do-dia-30-de-junho>. Acesso em 26 out. 2019.

[12] NBR 5413/92 – Iluminância de Interiores.

[13] OSRAM. Iluminação: Conceitos e Projetos. São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut022/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf. Acesso 20 out. 2019.

[14] O Brasil Avícola. Associação Brasileira de Proteína Animal, 2016. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/resumo>. Acesso em: 09 set. 2019.

[15] ROSA, Carolina et al. Análise econômica de diferentes sistemas de iluminação em aviários dark house. Organizações Rurais & Agroindustriais, Campinas, v. 19, n. 1, p. 23-30, abr. 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87851915004. Acesso em 20 dez. 2019.

[16] SANTOS, Talía et al. Analise da Eficiência Energética entre Lâmpadas LED e Convecionais. Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v. 2 0, n. 4, p. 595-602, out./dez. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n4/1413-4152-esa-20-04-00595.pdf. Acesso em: 18 jan. 2020

[17] SOUZA, J. G. B. Sistema de iluminação artificial com tecnologia LED para aplicação em gaiola de alojamento de poedeiras. 2019. 143 f. TESE (Doutorado) - Curso em Engenharia Agrícola, na Área de Construções Rurais – Faculdade de Engenharia de Campinas, Campinas, 2019.

[18] ZANUTO, Gabriel. Iluminação aeroportuária: estudo do LED em comparação às tecnologias convencionais. Uberana/MG, 2016.

Capítulo 2

Sistema de roda d'água para geração de energia no Parque dos Bilhares, Manaus – AM

Cláudia de Melo Sampaio
Livia da Silva Oliveira
Igor Góes Fernandes
Rivaldo Ribeiro Marinho

Resumo: Este estudo tem como propósito desenvolver um sistema de roda d' água como forma de geração de energia elétrica para alimentar os circuitos de iluminação do Parque dos Bilhares, na cidade de Manaus, Amazonas. O local da análise do sistema foi no igarapé do Mindú, onde foram refeita as coletas de dados, para análise da possível implantação do sistema geração de energia. Para a melhor forma de aproveitamento de produção de energia limpa, afetando ao mínimo o meio ambiente e danos no local de implantação, optou-se por o modelo de roda d' água flutuante. O modelo da turbina adotado tem o eixo sustentado por duas balsas que são colocadas na correnteza, possuindo uma transmissão e sustentação por correia às margens do igarapé. O estudo visa atender a eficiência do sistema, a redução dos custos de energia das luminárias do local, analisar e estimar o tempo de retorno econômico do sistema.

Palavras-chave: Roda d' água, iluminação, energia elétrica, consumo.

1. INTRODUÇÃO

Na evolução da humanidade ao longo de muitos anos, garantiu-se melhoria de conforto e longevidade, com os avanços na medicina, agricultura e tecnologia. A partir disso, acarretou-se o aumento da população e, com isso, o aumento da procura de recursos energéticos, ocasionando impactos ambientais. Com isso para diminuição e conscientização mundial o desenvolvimento de recursos com bases sustentáveis, vem estimulando pesquisadores a buscarem estudos de fontes limpas, sem causar danos ao meio ambiente e com baixos custos. A utilização das fontes renováveis de energia é uma alternativa sustentável face as fontes de energia responsáveis por causar danos ambientais. Dentre as energias renováveis alternativas existentes, a energia hidráulica vem se destacando de maneira relevante. (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

A energia hidráulica tem a origem no século II a.C, onde utilizava-se as rodas d' água do tipo horizontal, na qual substituía-se o trabalho animal pelo trabalho mecânico. No século XVIII, com os desenvolvimentos tecnológicos surgiram as primeiras turbinas e motores híbridos que contribuíram para transformação de energia mecânica em energia elétrica. Com isso, surgiram-se as implantações de usinas hidrelétricas com um alto custo, tendo como principal recurso de geração, a água, tornando-se uma energia renovável. Todavia, as usinas causam grandes impactos ambientais e sociais na implantação, ocasionando destruição de áreas naturais, assoreamento do leito dos rios, extinção de espécies de peixes e deslocamento da população local. (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

Desta forma, têm-se buscado novas fontes alternativas de energia limpa, no qual entre elas pode-se mencionar a energia dos rios e oceanos. Sendo suficiente para gerar eletricidade sem causar danos ambientais e proporcionar um desenvolvimento sustentável através do emprego de fontes renováveis. Conforme, Pinho e Canalli (2017), o mundo passa por transformações relevantes, onde no passado pouco importava de onde vinha a energia consumida e como foi gerada, nos dias atuais, devido aos custos elevados e a preocupação com a degradação do meio ambiente, além de problemas com infraestrutura para realização da transmissão da eletricidade tem-se buscado alternativas que diminuam o custo final e que sejam sustentáveis.

Logo, com a necessidade que se tem em deixar de produzir eletricidade através de fontes de energia não renováveis (petróleo, carvão mineral), se torna necessária realização de estudos que busquem empregar formas de produção de energia limpa através de fontes de renováveis e que apresentem menores índices de degradação ambiental, possibilitando a extinção do uso de combustíveis fósseis na geração de eletricidade.

Nesse contexto, as rodas d' água são uma alternativa para a geração de energia limpa através da força das águas de forma renovável, degradando da menor forma possível o meio ambiente, na qual é considerada uma fonte promissora na geração de eletricidade. São usadas comumente para transformar a energia potencial da água em energia mecânica, a força da água corrente é direcionada para as lâminas das rodas, criando uma força nas pás que, girando assim o eixo e produzindo a energia. O desenvolvimento de uma roda d' água é baseado no princípio da engenharia hidráulica, seleção do material adequado e o princípio das forças aerodinâmicas. (TYAGI,2015).

O objetivo do presente estudo é dimensionar um sistema de roda d'água como forma de geração de energia elétrica visando estimar a eficiência do sistema quando o mesmo for usado para alimentar os circuitos de iluminação do Parque dos Bilhares. Espera-se uma redução dos custos de energia do parque, o estudo irá estimar o tempo de retorno econômico do projeto, e possibilitar a verificação da adequação do modelo proposto quando utilizado para produção de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA HIDRÁULICA

De acordo Pinho e Canalli (2017), a energia hidráulica é a utilização de energia cinética imersa em uma corrente de água, empregando um fluido em movimento, logo, permitido a passagem e o controle do movimento. A energia cinética é transformada em energia mecânica pelos mecanismos do giro das pás do sistema, podendo ser a composição de turbinas ou roda d' água, sendo transformada em energia elétrica pelo gerador do sistema.

2.2 RODA D'ÁGUA

Segundo Junior et al. (2018), roda d' água é um sistema com roda em um eixo, tendo as pás nas extremidades, sendo movida tangencialmente pelo empuxo do fluxo da água de um rio ou igarapé utilizando a energia hidráulica para reproduzir em energia mecânica. É máquina de forma primitiva e simples, utilizadas para irrigação, porém com capacidade de produzir energia elétrica ligado a uma bomba ou gerador.

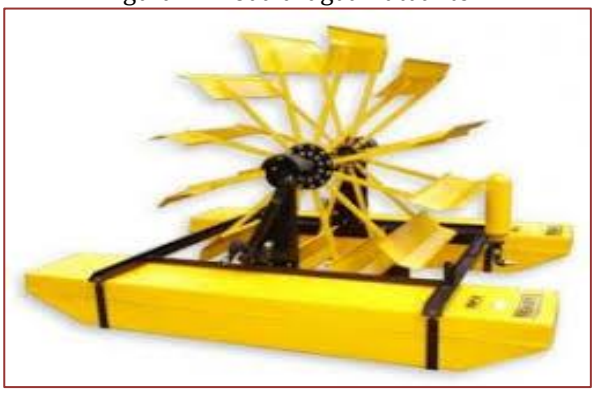
2.2.1 CLASSIFICAÇÃO

Conforme Wohlgemuth e Cunha (2016) as rodas tem estrutura promitente, funcionam com velocidades angulares baixas e são sucintas no desempenho devido às perdas por atrito. Segundo Frizzo et al. (2019), o que determina o tipo de roda d'água está relacionado com a forma com que a água atinge a roda, podendo ser classificada como rodas de cima, rodas de lado, rodas de baixo e rodas flutuantes.

2.2.2 RODA D' ÁGUA FLUTUANTE

De acordo com Rodrigues et al. (2017), é uma roda d' água onde o fluxo de água impulsiona a roda movendo-se por baixo. É usada quando a queda do terreno não dispõe de acionadores para roda por cima. Conforme a Figura 1 trata-se de um conjunto montando sobre flutuadores e instalados na correnteza da água.

Figura 1 - Roda d' água flutuante



Fonte: Alterima (2020)

2.3 GERADOR DE ENERGIA SÍNCRONO MONOFÁSICO

Conforme Pinho e Canalli (2017) é uma máquina que tem a finalidade de transformar energia mecânica em energia elétrica alternada, obtendo como nome também de gerador síncrono ou alternador. O princípio de seu funcionamento diretamente ligado é a indução eletromagnética. A corrente elétrica flui através do rotor, gerando um campo magnético que atua no fluxo dos elétrons nas bobinas do estator, convertendo-se em uma corrente alternada. A Figura 2 apresenta o modelo de gerador síncrono monofásico.

Figura 2 - Gerador síncrono monofásico da marca Alterima

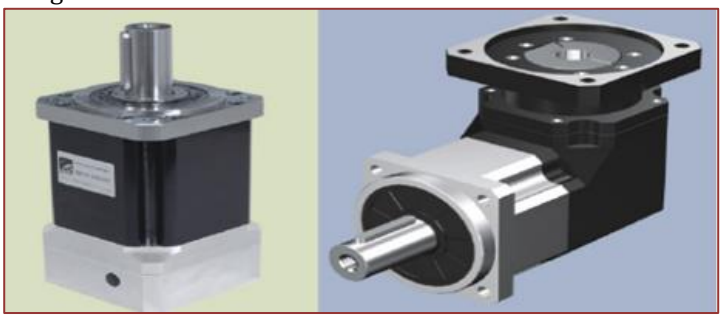


Fonte: NEI (2020)

2.4 MULTIPLICADOR DE VELOCIDADE (MV)

Segundo Pinho e Canalli (2017), o multiplicado de velocidade tem a utilidade de proporcionar a rotação do eixo da roda d' água quando o fluxo de água é baixo, gerando a incapacidade de o gerador produzir a tensão adequada. Deste modo, torna-se fundamental a utilização de conjuntos de polias, correntes ou engrenagens, a fim de altera o torque do gerador e a rotação. Conforme a Figura 3, dependendo do tamanho do sistema os multiplicadores planetários em 90º, suporta o sistema pequeno com até 1 KW.

Figura 3 – Gerador síncrono monofásico da marca Alterima



Fonte: Hidroenergia (2018)

2.5 BASE DO CÁLCULO PARA DESENVOLVIMENTO

2.5.1 POTÊNCIA BRUTA

Conforme a equação definida por Macintyre (1983) é omitindo o rendimento, sendo assim a potência máxima que pode ser deduzida por uma queda d'água, conforme a Equação 1.

$$P_b = \frac{QH}{75} \quad (1)$$

onde:

- $\boldsymbol{P_B}$**:** potência bruta da queda d'água (cv);
- **Q:** vazão volumétrica do canal (l/s);
- **H:** altura monométrica (m).

2.5.2 POTÊNCIA DISPONÍVEL PELA RODA D' ÁGUA

Para potência disponível pela roda d' água, a energia cinética é transformada pela roda d' água, mas na conversão existem perdas de cargas. Sendo assim, para a proximidade dos cálculos e considerado o gerador na plena carga e no mesmo fator, o rendimento da roda d' água (**ηrd**) será **0,8**. Segundo Macintyre (1983), a Equação 2 definir o cálculo da potência disponível pela roda d'água.

$$P_{rd} = \eta rd \times P_B \quad (2)$$

2.5.3 POTÊNCIA DISPONÍVEL PELO MULTIPLICADOR DE VELOCIDADE

De acordo com Macintyre (1983) para calcular a potência disponível pelo multiplicado de velocidade, apresentado pela Equação 3. É necessário levar em consideração o rendimento do multiplicador de velocidade (**mv**) para estabelecer a potência mecânica disponível adequada ($\boldsymbol{P_{mv}}$) para o gerador elétrico:

$$P_{mv} = \eta mv \times P_{rd} \quad (3)$$

2.5.4 POTÊNCIA DISPONÍVEL PELO GERADOR ELÉTRICO

Para a potência disponível do gerador elétrico através do multiplicador de velocidade não obstante a potência elétrica que o gerador elétrico possibilitará, pois da mesma forma dispõe o rendimento relacionado ao equipamento. Posto isto, considera (ηg = 0,85). Conforme Macintyre (1983) a Equação 4 considerar a potência disponível na saída do gerador.

$$P_g = \eta g \times P_{mv} \quad (4)$$

2.5.5 POTÊNCIA DISPONÍVEL PARA CONSUMO

A energia elétrica oferecida por meio do gerador é transportada através de cabos elétricos para o local onde será utilizado o consumo, porém neste transporte sofre perdas. Nesse estudo, a perda relacionada ao transporte será considerada de **15%** da potência elétrica concedida pelo gerador. Assim sendo, segundo Macintyre (1983) a Equação 5 calcular a potência disponível para consumo ($\boldsymbol{P_c}$), será:

$$P_c = 0{,}85 \times P_g \quad (5)$$

2.5.6 CÁLCULO DA ROTAÇÃO DA RODA D' ÁGUA

De acordo com Macintyre (1983), o cálculo da rotação do eixo da roda d'água expressa-se na adaptação da equação de Bernoulli:

$$N = \frac{25\sqrt{H}}{D} \quad (6)$$

Onde:

- **H:**altura monométrica (m);
- **D:** diâmetro da roda d'água (m);
- **N:** velocidade de giro do eixo da roda (rpm).

2.5.7 CÁLCULO DE CUSTO DE ENERGIA GASTA

Segundo ANEEL (2017), a Equação 7 adaptada mostra a potência consumida com as horas mensal utilizadas e valor da tarifa, calculando-se quanto será gasto em dinheiro por este consumo.

$$\text{Custo} = P_{\text{Consumida}} \times \text{Horas mensal} \times \text{Ti} \quad (7)$$

Onde:

- $\boldsymbol{P_{Consumida}}$**:** Potência consumida da iluminação
- **Ti:** valor da tarifa de iluminação pública fornecida concessionária de energia de Manaus.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado nesse projeto foi pesquisa cientifica aplicada no método experimental, pois na prática analisou-se o dimensionamento energia para sistema de roda d'água, visando atender a necessidade do abastecimento de energia da iluminação do parque, através do aproveitamento do potencial hídrico.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Está pesquisa foi definida com intuito de analisar a viabilidade do dimensionamento de um sistema de roda d' água visando alimentar os circuitos de iluminação do Parque dos Bilhares, localizado em duas principais vias públicas da cidade de Manaus, as avenidas Constantino Nery e Djalma Batista, no bairro Chapada. O Parque dos Bilhares é um espaço com áreas verdes secundárias totalizando uma área de 60.000 m², espaço na qual foi feito o levantamento de carga de iluminação do parque. Cortando o parque ao meio encontra-se o Igarapé do Mindú, local onde foi utilizado para análise da possível implantação do sistema geração de energia a partir de uma roda d'água instalada no igarapé. Conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Localização da área de estudo, destacada em vermelho, no Parque dos Bilhares



Fonte: Google Maps (2020)

3.2 CONSUMO DE ENERGIA

Para calcular o custo mensal de iluminação no Parque dos Bilhares, foi usada a equação 7, na qual foram utilizados os dados da potência total consumida gerada pela iluminação onde se engloba o total mensal de horas do consumo diário de 12h da iluminação e o valor da tarifa de iluminação pública fornecida pela concessionária de energia da cidade de Manaus. Dessa forma foi utilizada a tarifa de iluminação pública do subgrupo B4a (com tributos) do Estado do Amazonas, resolução ANEEL 2.633 de 29/10/2019, com vigência de 01/11/2019 a 31/10/2020, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Tarifa de iluminação pública, destacada em vermelho

AMAZONAS ENERGIA

Tarifas de energia elétrica do Grupo "B"
Resolução ANEEL: 2.633 de 29/10/2019
Vigência: 01/11/2019 a 31/10/2020

BANDEIRA VERDE			
	s/ tributos	c/ tributos	Desconto (%)
B4a - Ilum. Pública	0,365660	0,487546	
B4b - Ilum. Pública	0,398900	0,531866	
Tributos que compõem as tarifas:	PIS/PASEP: 0%; CONFIS: 0%; e ICMS: 25%		

Fonte: Adaptada Amazonas Energia (2020)

3.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Para dimensionar o sistema da roda d' água, foi necessário coletar os dados do igarapé que são parâmetros fundamentais para os cálculos, como a vazão da do igarapé, a altura monométrica, velocidade de água e diâmetro da roda d' água. Deste modo, para elaboração dos cálculos utilizou-se o software **Microsoft Excel** para desenvolvimento de cálculos aplicando as Equações 1, 2, 3 e 4. Os resultados obtidos de cada equação são dependentes entre si.

A potência útil, ou potência disponível para o consumo foi determinada com a Equação 5. A partir desse momento, foi possível calcular a quantidade de potência que o sistema é capaz de produzir, o tipo de roda d' água, a rotação do eixo e a quantidade necessária de rodas d' água para suprir o consumo necessário para a iluminação do parque.

3.4 MODELO DO SISTEMA DE RODA D' ÁGUA

Para a criação do modelo de projeto da roda d' água escolhida, foi utilizado o software Sketchup. Esse programa permite visualizar o modelo adequado em 3D e os componentes do sistema da roda d' água.

3.5 ANÁLISE DE CUSTO MENSALDE VIABILIDADE DO SISTEMA

Para realizar a análise de custo mensal de viabilidade de implantação do sistema utilizou-se a Equação 8, onde $\boldsymbol{P_c}$ é a potência disponível para consumo, calculada a partir da equação 5, ***720 h*** é o total de horas com a geração da roda d' água em 24h e ***Ti*** é a tarifa de iluminação.

$$\text{Análise de custo mensal} = P_c \times 720h \times Ti \quad (8)$$

A partir do cálculo da análise de custo, verificou-se a quantidade de rodas d' água necessárias para se produzir a demanda de energia consumida, e calculando a economia de energia obtida em porcentagem, através Equação 9.

Custo mensal da iluminação do parque (9)

Dessa forma, foi pesquisado o valor estimado no mercado de um sistema de roda d' água e a partir disto, foi calculado o tempo de retorno do investimento inicial (*Payback*), através da Equação 10.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Análise de custo mensal}} \quad (10)$$

Nesse contexto será analisado o tempo necessário para se obter o retorno de sua aplicação, desde o investimento inicial até o momento em que os rendimentos acumulados tornem-se iguais ao valor desse investimento, gerando um gráfico de comparação de retorno de investimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA

Conforme apresentados os dados coletados da potência total consumida pelo sistema de iluminação, foi calculado o custo mensal de iluminação no Parque dos Bilhares através da Equação 7, os resultados estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumo de energia mensal do Parque dos Bilhares

Total de potência geral	118,825 kW
Consumo total	42.777 kWh
Custo mensal	R$ 20.855,76

Fonte: Os autores (2020)

Com as informações de vazão d' água, altura manométrica, velocidade da água, diâmetro da roda d' água do Igarapé do Mindú, foi possível dimensionar a roda d' água de forma adequada para utilização nesse local. O dimensionamento está mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados coletados do Igarapé do Mindú

Vazão d' água (Q)	0,294 m^3/s
Altura monométrica (H)	3,5 m
Velocidade da água	0,34 m/s
Diâmetro da roda d' água (D)	2 m

Fonte: Os autores (2020)

As potências foram determinadas a partir das equações 1,2,3,4,5, e 6. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo geral de potências

Potência Bruta (P_b)	13,72 kW
Potência disponível pela roda d' água ($\mathbf{P_{rd}}$)	10,98 kW
Potência disponível pelo multiplicado de velocidade ($\mathbf{P_{mv}}$)	8,78 kW
Potência disponível pelo gerador ($\mathbf{P_g}$)	7,46 kW
Potência disponível para consumo ($\mathbf{P_c}$)	6,34 kW
Rotação da roda d´água (N)	23,39 RPM

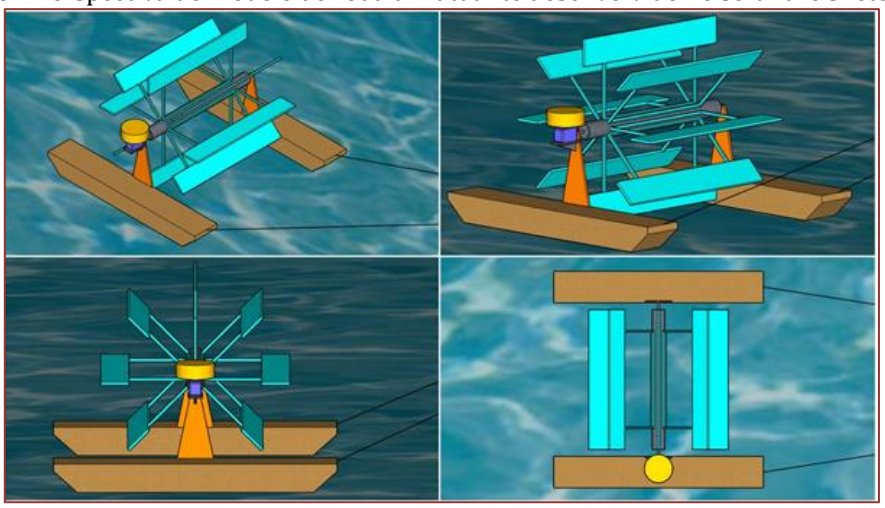
Fonte: Os autores (2020)

Conforme Wohlgemuth e Cunha (2016) as condições de vazão encontradas para o intervalo de tempo de 24 horas, proporciona uma adequada regulação elétrica gerando aproveitamento de energia. Apesar de a altura da queda d' água ser desconsiderada no sistema aplicado, a velocidade de deslocamento de massa líquida, torna o sistema mais seguro e confiável.

4.2 MODELO ADEQUADO DO SISTEMA DE RODA D' RODA

Com base nos cálculos do dimensionamento, foi obtido o modelo adequado de roda d' água adequado para o local. Devido à forma de aproveitamento da energia, optou-se pelo modelo de Roda d' água flutuante, visto que não há queda d'água no local e devido às mudanças da altura do igarapé decorrente do volume das chuvas. O modelo da turbina representada possui o eixo sustentado por duas balsas que são colocadas na correnteza do igarapé, tendo uma transmissão e sustentação por correia às margens do igarapé, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Perspectiva do modelo de roda d' flutuante desenvolvido no software Sketchup



Fonte: Os autores (2020)

A aplicação de roda d'água torna-se um meio opcional de geração de energia, atendo os diversos fatores, como os meios físicos, sociais, econômicos e, particularmente, os ambientais. Segundo Gandhi et al., 2016 o sistema de roda d' água flutuante é eficiente comparando aos demais modelos sendo um sistema adequado e econômico, em razão de não precisar de uma instalação permanente.

4.3 ANÁLISE DO CUSTO MENSAL, ECONOMIA OBTIDA E PAYBACK

Os cálculos de custo e consumo de energia foram realizados da equação 8. Os resultados estão apresentados e a comparação das rodas d' água na Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo mensal de consumo e analise de custo mensal da roda d' água

	1 unidade de roda d' água	5 unidades de rodas d' água	10 unidades rodas d' água
Total de consumo	4.564 Kwh	22.839 Kwh	45.648 Kwh
Análise de Custo mensal	R$ 2.225,00	R$ 11.135,00	R$ 22.255,00

Fonte: Os autores (2020)

O valor do investimento inicial para a construção do sistema de roda d'água, foram calculados através do valor do mercado. Considerando os custos dos equipamentos da roda d' água, o gerador de energia síncrono e o multiplicador de velocidade, permitindo fazer a análise econômica da adaptação. Os resultados e a comparação do valor das rodas d' água estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valor estimado do investimento

Equipamentos	1 unidade de roda d' água	5 unidades de rodas d' água	10 unidades de rodas d' água
Roda d' água flutuante	R$ 17.000,00	R$ 85.000,00	R$ 170.000,00
Gerador de energia síncrono monofásico de 10 kVA	R$ 6.000,00	R$ 30.000,00	R$ 60.000,00
Multiplicador de Velocidade	R$ 890,00	R$ 4.450,00	R$ 8.900,00
Total	R$ 23.890,00	R$ 119.450,00	R$238.900,00

Fonte: Os autores (2020)

Para saber o resultado do *payback* até o momento em que o ganho acumulado se iguala ao valor do investimento inicial e a economia obtida, foram utilizadas as equações 10 e 9, respectivamente.

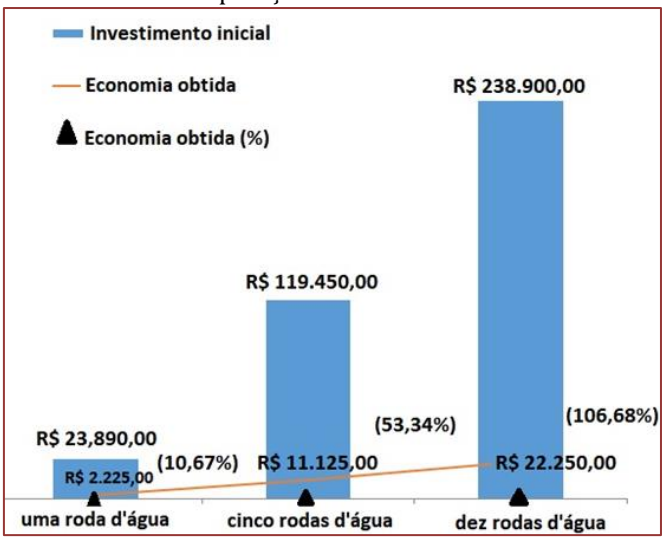
Tabela 6 – Retorno do investimento

	1 unidade de roda d' água	5 unidades de rodas d' água	10 unidades de rodas d' água
Investimento Inicial	R$ 23.890,00	R$ 119.450,00	R$ 238.900,00
Análise de Custo mensal	R$ 2.225,00	R$ 11.125,00	R$ 22.250,00
Custo Mensal	R$ 20.856,76	R$ 20.856,76	R$ 20.856,76
Economia Obtida (%)	10,67%	53,34%	106,68%
Total de meses de retorno	11	11	11

Fonte: Os autores (2020)

Os resultados estão mostrados na Tabela 6 e a comparação de retorno de investimento pode ser observada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparação de retorno de investimento



Fonte: Os autores (2020)

Conforme a análise de custo mensal de viabilidade do sistema, este se mostrou viável com baixo custo de implantação e com *payback* de 11 meses aproximadamente. De acordo Pinho e Canalli (2017) o sistema de roda d' água apresentado demonstra ser mais eficaz que um sistema fotovoltaico, tendo em conta as horas de insolação fundamental na parte superior dos módulos fotovoltaicos para que geração tenha a eficiência necessária. Contudo, o modelo de sistema de roda d' água flutuante é capaz de produzir energia 24 horas ininterruptamente.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo implementar um sistema de roda d' água no Parque dos Bilhares em Manaus-AM, buscando um sistema de geração de energia elétrica para alimentar os circuitos de iluminação do parque. A partir da redução dos custos de energia de parque quando alimentado pelo sistema proposto, é possível concluir a viabilidade do projeto. O sistema roda d' água flutuante dimensionado de forma adequada, com foco em um maior aproveitamento da energia produzida mostrou-se eficaz. Estimando-se o tempo de retorno econômico do projeto com três opções de resultados de dimensionamento, de acordo com a quantidade de sistemas implantados temos uma economia de energia, em porcentagem, com 1 roda d' água, com 5 rodas d' água e com 10 rodas d' água é possível gerar 10,67% , 53,34% , 106,68% da demanda de energia necessária para alimentar o circuito de iluminação do parque respectivamente.

O estudo do sistema de roda d' água dar grande é de grande importância como forma de geração de energia hídrica. Dentre suas vantagens incluem-se a redução de gastos com energia elétrica, durabilidade dos equipamentos utilizados, processo de geração de energia sustentável, sem impactos ambientais, não

necessita de grande quantidade hídrica para gerar energia, financeiramente acessível à instalação e manutenção.

Com análise do modelo apresentado, com dados de custo mensal, payback e economia obtida o sistema mostrou-se eficiente economicamente contribuindo com a redução dos custos gerados com iluminação do parque.

Nesse sentido, pôde-se concluir que o sistema de roda d' água proposto para alimentar os circuitos de iluminação do Parque dos Bilhares, teve êxito no aproveitamento energético sustentável, visando os âmbitos energéticos, financeiros e ambientais. Com base nas análises dos resultados, o sistema comprovou ser viável levando em consideração a rentabilidade estimada, a capacidade de geração de energia em um intervalo de tempo de 24 horas, a implantação do sistema economicamente acessível e *payback* de onze meses. Acrescenta-se que o fato do sistema de roda d' água ser considerado um sistema retrógrado, não impede que o sistema seja melhorado, a partir de novas tecnologias se tornando mais viável para sua aplicação.

REFERÊNCIAS

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 725, 7 de junho de 2016. Resolução Normativa 414/2010: Atualizada até a Resolução Normativa nº 725 de 7 de junho de 2016. Brasília, DF. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2016_ResolucaoNormativa4142010.pdf/5b1de1cd-d36f-4009-852a-8def3eeb0a4e. Acesso em: 02 mai. 2020.

[2] alterima. Flutuante roda d'água. AMAZONAS ENERGIA. Resolução ANEEL 2.633, de 29 de outubro de 2019. Disponível em: https://www.alterima.com.br/solucoes/11/flutuante-roda-dagua. Acesso em: 22 abr. 2020.

[3] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Cartilha Poupe Star. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/16505063/2017_PoupeStar.pdf/77b8d00e-b901-1c30-f9c2-e20fff5f330e. Acesso em: 03 mai. 2020.

[4] CASTRO, G. G.P. et al. Utilização da roda d' água como alternativa sustentável de geração de energia elétrica. Brazilian Journal of Develop, Curitiba, v. 5, n.11, p. 27636-27645, nov. 2019. Disponível em: http://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4998/4595. Acesso em: 14 mar. 2020.

[5] FRIZZO, L. A. et al. Jornada de Extensão, 20, 2019, Ijuí. Física para todos: a construção de uma roda d'água. Ijuí: 2019. Disponível em: https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/12843. Acesso em: 09 fev. 2020.

[6] GANDHI, J. R. et al. Renewable Energy Based Floating Power Generator (Rivers andCanals). Journal of Engineering Research and Applications, v.6, n.6, p.49-52. Disponível em: https://www.ijera.com/papers/Vol6_issue2/Part%20-%206/J6206049052.pdf. Acesso em: 13 mar. 2020.

[7] GOOGLE MAPS. [Localização do Parque dos Bilhares]. [2020]. Disponível em: https://www.google.com.br/maps/place/Parque+dos+Bilhares/@-3.1018368,-60.0292983,786m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x926c10004dc989e5:0x35263b5537b3518f!8m2!3d-3.1018422!4d-60.0271096. Acesso em: 17 abr. 2020.

[8] HIDROENERGIA. Turbinas Flutuantes: Geradores PMG ou Assíncronos, Acoplamentos e Considerações. 2018. Disponível em: https://www.hidroenergia.com.br/turbinas-flutuantes-geradores-pmg-ou-assincronos-acoplamentos-e-consideracoes/. Acesso em: 22 abr. 2020.

[9] JUNIOR, A. S. et al. Centrais de micro e mini geração na geração distribuída de energia. REUCP, Petrópolis, v. 12, n. 1, p. 62-79, 2018. Disponível em: http://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/1636/741. Acesso em: 20 abr. 2020.

[10] MACINTYRE, A.J. Máquinas Motrizes Hidráulicas. Ed. Guanabara Dois, 1983, Rio de Janeiro.

[11] NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. Encontro Latino Americano de Iniciação Cientifica, 20, 2016, São José dos Campos. Fontes alternativas e renováveis de energia no brasil: métodos e benefícios ambientais. São José dos Campos: 2016. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf. Acesso em: 11 abr. 2020.

[12] NEI. Gerador de Baixa Rotação 600-1200 rpm – Alterima. Disponível em: https://www.nei.com.br/gerador-de-baixa-rotacao-600-1200rpm-alterima/pg/6pDNlm05w. Acesso em: 20 abr. 2020.

[13] PINHO, E.R.; CANALLI, V.M. Produção de energia elétrica sustentável a partir do fluxo de água do arroio dilúvio. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.1-42, 8 dez. 2017. Disponível em: https://www.politecnica.pucrs.br/conclusao/files/20172-evandro-rafael-pinho-VOLUME-2625.pdf. Acesso em: 23 de mar. 2020.

[14] RODRIGUES, D. L. et al. Semana de Ciência e Tecnologia, 7, 2017, Criciúma. Modelos e legislação para micro, mini e pequenas centrais hidrelétricas. Criciúma: 2017. Disponível em: http://periodicos.unesc.net/cienciaetecnologia/article/download/3357/3140. Acesso em: 05 fev. 2020.

[15] TYAGI, R. K. The effect of na angle on the impact and flow quantity on output Power of an impulse water Wheel model. Journal of Energy in Southern Africa, v. 26, n. 3, p.100-104, ago. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287571523_The_effect_of_an_angle_on_the_impact_and_flow_quantity_on_output_power_of_an_impulse_water_wheel_model. Acesso em: 02 mar. 2020.

[16] WOHLGEMUTH, J. M.; CUNHA, R. P. Instalação de uma micro central hidroelétrica na estação de tratamento de água Niterói em Canoas/RS. Faculdades Integradas de Taquara, Taquara, p.1-16, 09 dez. 2016. Disponível em: https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/instalacao-de-uma-microcentral-hidroeletrica-na-estacao-de-tratamento-de-agua-niteroi-em-canoasrs/. Acesso em: 14 abr. 2020.

Capítulo 3

Energy system: Sistema de gerenciamento de energia elétrica

Dean Matos Serpa
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O protótipo ENERGY SYSTEM trata-se de um hardware capaz de monitorar o consumo de energia elétrica de determinado local designado pelo usuário, mostrando o quanto de energia elétrica ele está consumindo, a fim de reduzir os gastos do usuário e proporcionar viabilidade e acessibilidade uma vez que o seguinte projeto auxilia nas conferências e pagamentos da quantidade de energia consumida. O protótipo ENERGY SYSTEM visa à economia do usuário. Os testes foram executados em um cenário simulado e, através dos resultados obtidos nos testes, verificou-se que é possível desenvolver um protótipo para comercialização futura. A realização deste projeto mostrou que é possível desenvolver um produto comercializável, com custo reduzido e amplamente aceitável uma vez que gera comodidade acessibilidade e facilidade para uso do mesmo, tendo em vista a fácil aplicação de suas funcionalidades.

Palavras-chave: Protótipo, SCT 013-20A, arduino mega.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo apresenta um protótipo utilizando-se de tecnologias de código aberto, visando monitorar o consumo da rede elétrica, podendo tal consumo ser visualizado na tela do protótipo, no webservice ou aplicativo. Utilizando para pagamento do mesmo no sistema com pagamento virtual.

A proposta deste trabalho é gerar uma maior economia no controle da energia elétrica consumida na residência, através dos seguintes objetivos, a implementação da arquitetura do hardware, promover uma comunicação integrada entre o hardware e os sistemas web e mobile e a realização de testes em ambientes controlados para a validação do protótipo.

A utilização de métodos de pagamento *online* gera comodidade para o usuário, com o uso de um sistema web e um aplicativo mobile para a visualização do consumo e para os pagamentos feitos pelo sistema web se tornarem mais simples e com fácil aceitação.

Com o desenvolvimento de um protótipo capaz de monitorar o consumo de energia elétrica, buscando a auto conscientização do usuário uma vez que o mesmo pode visualizar de maneira fácil e intuitiva o seu consumo, promovendo assim uma maior economia de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO PHP

A linguagem PHP (vem do inglês *Hypertext Preprocessor*) "é uma linguagem de *script open source* de uso geral, muito utilizada, e especialmente adequada para o desenvolvimento *web* e que pode ser embutida dentro do HTML *(HyperText Markup Language)* " (PHP, 2016, [S.p]).

Diferente do PHP, outras linguagens de programação, como C ou *Pearl*, necessita-se de muitos comandos para executar o HTML. As páginas PHP contêm o HTML com código embutido, e são delimitadas por instruções de processamento chamada de *tags* que indicam o início e fim por <?php e ?>.

O PHP executa o código no servidor, gerando o HTML que será enviado ao cliente. O cliente receberá os resultados gerados pelo *script* sem saber qual é o seu código fonte. É uma linguagem de programação simples e ao mesmo tempo robusta, sendo indicada tanto para iniciantes de programação quanto para profissionais da área.

Para o sistema web, o presente trabalho utiliza essa linguagem em conjunto com o *framework Bootstrap* que faz uso das linguagens PHP, JavaScript e CSS.

2.1.1 FRAMEWORK BOOTSTRAP

O B*ootstrap* ferramenta desenvolvida por Jacob Thorton e Mark Otto engenheiros do twitter , é uma coleção de vários elementos e funções personalizáveis para projetos da web, empacotados previamente em uma única ferramenta. Ao projetar um site com o *Bootstrap*, os desenvolvedores podem escolher quais elementos querem usar. E, o mais importante, podem ter a certeza de que os elementos escolhidos não conflitarão entre si. É como um quebra-cabeças, exceto que cada peça se encaixa perfeitamente com as outras, quaisquer que sejam as peças escolhidas.

Esses elementos personalizáveis contidos no *Bootstrap* são uma combinação de HTML, CSS e JavaScript.

2.1.2 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO IDE

O Arduino possui muitas estruturas derivadas da linguagem C/C++.

"Por serem qualificadas como software de código aberto, essas plataformas podem ser estudadas, modificadas e aprimoradas por qualquer pessoa ou empresa que possua qualificação técnica para promover tais alterações." Valle (2017, p. 1).

"O software para programação do Arduino é uma IDE que permite a criação de sketches para a placa Arduino. A linguagem de programação é modelada a partir da linguagem Wiring. Quando pressionado o botão upload da IDE, o código escrito é traduzido para a linguagem C e é transmitido para o compilador avr-gcc, que realiza a tradução dos comandos para uma linguagem que pode ser compreendida pelo microcontrolador." Campos (2014, p. 24)

Nos *Sketchs* existem duas funções principais, a setup() e a loop(), que precisam estar presentes, mesmo que não sejam usadas.

- Setup() - A função setup() é apenas executada uma vez, logo após o seu Sketch ter sido carregado, ou quando você energiza o seu Arduino. Essa função é utilizada para inicializar variáveis, pinagens, bibliotecas, etc.

- Loop() - A função loop() é executada continuamente enquanto o arduino estiver sendo alimentado por energia. Ela é a essência da maior parte dos programas.

2.1.3 BANCO DE DADOS MYSQL

O "banco de dados é uma coleção de dados relacionados" Elmasri e Navathe (2006). Este representa aspectos do mundo real, sendo chamado também de universo de discurso.

É uma coleção lógica e coerente com algum significado. Ele deve ser povoado com dados para atender a uma proposta de acordo com o universo de discurso. Possui, também, um grupo de usuários e algumas aplicações dos mesmos para controle do banco de dados, de acordo com as regras.

Neste trabalho, utilizou-se o banco de dados MySQL e, para modelagem do banco de dados, utiliza-se o programa MySQL *Workbench*, necessário para demonstrar a relação entre as entidades criadas, bem como os seus atributos determinados.

2.1.4 ANDROID STUDIO

Segundo o site (https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=pt-br) O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para o desenvolvimento de aplicativos Android e é baseado no IntelliJ IDEA. Além do editor de código e das ferramentas de desenvolvedor avançados do IntelliJ, o Android Studio oferece ainda mais recursos para aumentar sua produtividade na criação de aplicativos Android.

2.2 SENSOR DE CORRENTE NÃO INVASIVO MODELO SCT-013-020A

Segundo informações do datasheet, o sensor de corrente SCT-013-020 (20A) tem na saída uma variação de tensão.

Neste projeto foi utilizada este sensor para realizar as medições da corrente fase de um ambiente da residência, o ideal para realizar a medição de uma residência seria o SCT-013-100A, uma vez que o consumo de amperagem de uma residência varia de 40 a 50 ampéres.

Assim no microcontrolador conseguimos ler quase que diretamente a variação de tensão. Suas características são:

- Modelo: SCT-0113-020
- Corrente de entrada: 0-20 A
- Sinal de saidas: Tensão/1 V
- Material do Core: Ferrite
- Dielétrico: 6000 V AC/1min
- Taxa Anti chama: UL94-V0
- Plug de saída : 3,5 mm
- Dimensão de abertura: 13 x 13 mm
- Temperatura de trabalho: -25 a +70 º C
- Comprimento do cabo: 150 cm

Este sensor de corrente não invasivo pode ser fixado ao redor de uma linha de alimentação para medir a quantidade de corrente que está passando através dele. Ele atua como um indutor e responde ao campo magnético ao redor de um condutor portador de corrente. Pela leitura da quantidade de corrente

produzida pela bobina você pode calcular a corrente que está passando pelo condutor. Este sensor especifico, pode medir correntes de até 20 A, o que o torna ótimo para um bom monitoramento de energia.

2.3 ARDUINO MEGA

O Arduino Mega é uma placa microcontroladora baseada no ATmega2560. Dispõe de 54 pinos digitais de entrada / saída (dos quais 15 podem ser usados como saídas Pulse Width Modulation - PWM), 16 entradas analógicas, um cristal de quartzo 16 MHz, uma conexão USB, uma entrada de energia, um cabeçote ICSP e um botão de reset. Ainda tem pinos SDA e SCL, próximos ao pino AREF. Possui um pino IOREF, que permite adaptar o Shield à tensão do Arduino. Possui tensões de entrada de 7 e 12 volts e possui 256k de memória Flash.

O arduino possui uma IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento) própria, que precisa ser baixada e instalada, com o seu ambiente de programação. Ela é composta de um editor, um compilador, um carregador e um monitor serial. A linguagem do arduino é implementada usando as linguagens C/C++ e a biblioteca Wiring, que é um framework de programação open source para microcontroladores. A linguagem Wiring por sua vez foi inspirada na processing, o que fez com que o Arduino herdasse a estrutura da linguagem processing.

A placa é compatível com as principais placas do mercado desenhadas para o Uno, Duemilanove e Diecimila. As especificações técnicas do Arduino Mega são:

- Microcontrolador: ATmega2560;
- Tensão de operação: 5 V;
- Tensão de entrada (recomendada): 7-12 V;
- Tensão de entrada (limite): 6-20 V;
- Pinos digitais E/S: 54 (dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM);
- Pinos de entrada analógicos: 16;
- Corrente DC por pino de E/S: 20 mA;
- Corrente DC para pino 3,3 V: 50 mA;
- Memória *Flash*: 256KB (Atmega2560) dos quais 8KB são usados para o *bootloader*;
- SRAM: 8KB (Atmega328P);
- EEPROM: 4KB (ATmega328P);
- Velocidade do *Clock*: 16 Mhz;
- Largura: 101,52 mm;
- Altura: 53,3 mm;
- Peso: 37 g.

2.4 ETHERNET SHIELD

O Arduino *Ethernet Shield* ilustrado na Figura 4 permite que uma placa Arduino se conecte à internet. Baseia-se no chip *Ethernet Wiznet* W5100. O *Wiznet* W5100 fornece uma rede (IP) capaz de trabalhar simultaneamente com Transmission *Control Protocol* (TCP) e *User Datagram Protcol* (UDP).

Ele suporta até quatro conexões de soquete simultâneas. Usa a biblioteca *Ethernet* para escrever esboços que se conectam à internet usando a placa. Esta placa conecta a um Arduino Mega usando longos pinos *wire-wrap* que se estendem através da placa. Isso mantém a aparência da pinagem intacta e permite que outra placa seja empilhada em cima dela. Suas características são:

- Compatível com IEEE802.3af;
- Ondulação de saída e ruído baixos (100mVpp);
- Tensão de entrada entre 36V e 57V;

- Proteção contra sobrecarga e curto-circuito;
- Tensão de saída 9 V;
- Conversor de alta eficiência DC/DC: typ 75% @ 50% load;
- Isolamento 1500V (entrada e saída).

Neste projeto foi utilizada esta placa para realizar a conexão entre o hardware o banco de dados, através de uma conexão *ethernet* e configurado em uma *intranet*. A *Integrated Development Environment* (IDE) utilizada para o desenvolvimento dos códigos será a fornecida pelo fabricante das placas.

2.5 DISPLAY LCD 20X4

Este LCD ilustrado possui 20 caracteres por 4 linhas de exibição que é executado em 5V. Fisicamente suas ligações são iguais as outras encontradas nos demais displays, são 16 pinos para conexão. O LCD mostrará todas as mensagens necessárias para o cliente.Tais como KW Consumido, consumo em watts e o valor em real do consumo de energia elétrica.

2.6 CONFIGURAÇÕES DE REDE

Para que tudo funcione perfeitamente, é necessário que todos os dispositivos estejam configurados na rede ethernet, afim de que o hardware envie dados para o software e o mesmo faça o armazenamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1 ARQUITETURA DE HARDWARE/SOFTWARE

Este estudo propõe a criação de um medidor de consumo de energia elétrica chamada ENERGY SYSTEM, onde há uma conexão entre o hardware e o servidor *web* via wireless. A criação deste sistema é motivada pela necessidade de se obter a visualização de simples conferencias em sua conta e pagamento, bem como também proporcionar mais comodidade ao cliente.

O hardware tem como base um Arduino Mega, um *display* LCD (em inglês *Liquid Cristal Display*) para mostrar as informações e um *Ethernet Shield* para conexão via cabo de rede *ethernet* com o roteador.

3.2. ARQUITETURA DE HARDWARE

Iremos utilizar no projeto a tecnologia arduino, conhecida como “Arduino Mega”, associada a um display LCD, um Sensor de corrente não invasivo responsável pela leitura do consumo, um Enthernet Shield responsável pela transferência dos dados, além das IDES, bibliotecas e demais funções que o arduino nos provê para programarmos a nossa aplicação.

3.3 MÓDULO DO MEDIDOR

O módulo do medidor é composto por uma placa Arduino Mega 2560, que realiza todo o processamento das informações, e uma placa Ethernet Shield acoplado ao Arduino que permite a comunicação com o banco de dados via cabo de rede ethernet através de um roteador.

Para o funcionamento do medidor, foi utilizado os seguintes módulos e sensores: uma placa Arduino Mega 2560, um Ethernet Shield, um display LCD (Liquid Cristal Diplay) 20x4, um sensor de corrente não invasivo SCT-013-020, uma fonte de 9V/1 A.

O Arduino Mega 2560 será o responsável pelo tratamento das informações medidas pelo sensor de corrente não invasivo SCT-013-020A. Este comunica-se com o banco de dados através de uma rede configurada juntamente com o *Ethernet Shield* em um roteador TP-Link TL- WR941ND 300Mbps.

O sensor de corrente não invasivo SCT-013-020A é responsável pela leitura da corrente, por ser do tipo invasivo, ou seja, não é preciso interromper o circuito para realizar a medição do mesmo bastando apenas envolver um dos fios de energia para medir a corrente. Para exibir mensagens ao cliente, usou-se um *display* de 20 colunas por 4 linhas. As mensagens de conexão com o banco, consumo diário e valor da fatura serão exibidas. Nesta unidade foi utilizada a *interface* composta pelo microcontrolador Arduino Mega

2560 em conjunto com os módulos sensores. Esta interface será responsável por receber os dados lidos pelo sensor de corrente não invasivo SCT-013-020A e executar as ações necessárias com os outros módulos.

Para a conexão do Arduino com o banco de dados, foi utilizado um Ethernet Shield acoplado em cima do Arduino Mega. O encaixe permite que as portas do Arduino Mega sejam estendidas e possam ser usadas conectando os pinos através do módulo Ethernet.

Através de um cabo de rede, este módulo é conectado a um roteador TP-Link TL-WR841HP 300Mbps que será responsável por conectar o protótipo ao banco de dados utilizando as portas digitais 10, 11, 12 e 13. O banco de dados, por sua vez, está instalado em um servidor que será acessado via *wi-fi* através de um notebook.

Para a leitura dos dados do cliente, foi ligada nas portas digitais A2 e na porta GND o sensor de corrente não invasivo SCT-013-020A. Este fará a leitura de todas as medições, enviando os dados para o *Ethernet Shield* armazenar no banco de dados.

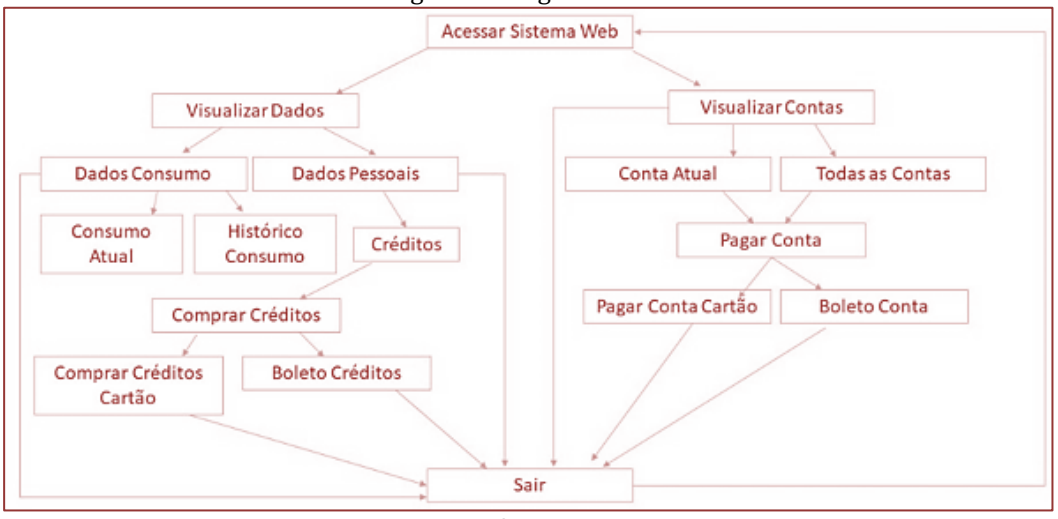
3.4 FUNCIONAMENTO DO MÓDULO DO MEDIDOR

O módulo do medidor foi projetado de maneira a comunicar-se com o banco de dados, diretamente, sem a necessidade da intervenção do sistema web. Esse modelo facilita a programação e a manutenção do código uma vez que o medidor e o sistema web não dependem um do outro para funcionarem.

É necessária apenas que o Sensor SCT013-20A esteja em torno de uma única fase para a leitura dos dados (Figura 1). Isso se deve ao fato de ser possível trabalhar com o tratamento dos dados, verificando se o sensor está fazendo as devidas leituras.

O protótipo foi projetado para fazer leitura de dados de uma residência, através de um sensor de corrente não invasivo SCT013-20A. Neste caso, os valores lidos, passam a ser dados e se direcionam ao sistema web por meio do *Ethernet Shield*. O autômato demonstrado na figura 1 representa a lógica utilizada para funcionamento do sistema web.

Figura 1 - Lógica utilizada



Fonte: Próprio autor, 2020

O usuário conectado ao sistema web consegue visualizar os seus dados e suas contas. Os seus dados possuem informações como dados consumo, onde pode olhar seu consumo atual e seu histórico de dados, já nos seus dados pessoais poderá visualizar seus créditos, comprar créditos por meio das formas de cartão ou gerando boletos. Uma vez que o usuário escolhe visualizar as suas contas pode visualizar a conta atual, com seus detalhes de consumo, ou histórico de contas, olhando contas anteriores e podendo verificar se as mesmas já foram pagas ou estão em aberto, podendo pagar por meio de boleto ou cartão.

3.5 ARQUITETURA DE SOFTWARE

O sistema web foi desenvolvido com o intuito de facilitar o controle de todas as operações realizadas no projeto. Ele foi dividido em partes: Dados de Consumo, onde o mesmo pode visualizar seu histórico atual e seu consumo, já nos Dados Pessoais o usuário pode inserir créditos pagando em boleto ou cartão e por fim o Visualizar Dados, onde o usuário pode visualizar a conta atual ou histórico de conta e realizar pagamentos por via cartão ou boleto.

3.6 BANCO DE DADOS

A modelagem do banco de dados foi realizada diferenciando para o usuário do sistema as seguintes visualizações de dados e contas, criando uma tabela para cada tipo. O cadastro do usuário usado também é necessário uma vez que, no ambiente real, existirão mais de um Usuário utilizando o sistema proposto. Para controle de todas as transações feitas pelo usuário do protótipo, uma tabela de movimentações foi criada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a implementação de um sistema automatizado para o medidor de energia, o cliente poderá fazer uso de moeda digital, por meio de um PIN, que o identifica no sistema web e permite que o acesso ao site web seja permitido. O pagamento da fatura atual é realizado a partir do saldo disponível na conta online.

4.1 ESTUDO DE CASO

Nesta seção são descritos os testes realizados para o projeto ENERGY SYSTEM, apresentando os resultados obtidos. A realização dos testes foi feita utilizando o método de tentativa e erro para a verificação das funcionalidades implementadas na arquitetura de hardware e software.

4.2 TESTE DE CONTROLE DO MEDIDOR

No módulo do medidor usaram-se equipamentos elétricos para realizar as medias necessária e obter as informações correspondentes junto ao visor do arduino. Foi verificado que os equipamentos usados para os testes alguns obtiveram sucesso em relação ao seu consumo em watts, já outros no que o fabricante dos equipamentos diz a respeito ficaram bem próximos do seu consumo. Lembrando que o próprio hardware gera um consumo de energia, os dados do Quadro 1, na coluna Consumo Medido pelo Protótipo, estão com os valores do hardware já somados.

Quadro 1 - Testes em Equipamentos

Equipamentos	Dados em Watts Fabricante	Consumo Medido pelo Protótipo
Secador de Cabelo	1350 – 1800 W	1480-1500 W
Chapinha	42-46 W	50-52 W
Ferro de Passar	1200 W	1190-1200 W

Fonte: Próprio autor, 2020.

4.3 TESTE DO SISTEMA WEB

Para realizar o controle de acesso dos usuários, usou-se um código de segurança que é gerado simultaneamente de forma randômica quando o usuário realiza seu cadastro.

O sistema web foi configurado para assim que a validação do PIN for verificada e validada, abrir a tela do sistema web e mostras as suas respectivas abas.

Na área do cliente é possível verificar os dados pessoais, fazer a atualização cadastral, visualizar as movimentações e inserir créditos.

O perfil criado para testes utilizado foi o “ Adriano Merodack da Silva Cunha” com o CPF de acesso “111.111.111-11”. A verificação do cartão foi informada de maneira fictícia e apenas demonstrativa pois para realizar transação bancaria é necessário que a empresa seja cadastrada em serviços de pagamento

(Ex. VISA).

Já no pagamento do Boleto Bancário, a inserção de créditos e feita logo após o sistema verificar que o boleto foi pago, uma vez que o não reconhecimento do pagamento do mesmo o usuário não terá seus créditos colocado.

Os seguintes testes do sistema web foram executado sendo simulados de maneira que todas as tentativas de colocar créditos tanto com o cartão como por meio do boleto estivessem cadastradas em algum banco e sendo validadas, foram executados 60 vezes e, em nenhum dos casos, não foi observado erros durante a execução da transação.

4.4 QUADRO DE TESTES PAGAMENTOS

Um teste para a inserção de créditos foi realizado a fim de verificar se o sistema de pagamento está funcionando (Quadro 2).

Lembrando que para fazer a validação do mesmo é preciso ter o cadastro com o banco através de um CNPJ para o boleto gerar um número e esse número ser verificado pelo sistema e ser feito a validação, estes testes estão sendo feitos de maneira que o Banco e o cliente já estejam de acordo.

Os testes foram realizados utilizando Sistema Operacional Windows através do navegador Google Chrome, aplicação móvel no Sistema Operacional Android 7.0 e Android 4.3. Utilizando INTRANET (Rede Local).

Quadro 2 - Teste de pagamentos

Operações	Quantidade de testes realizados	Resultado Obtido
Compra de créditos	10	teste realizado sem falha
Pagamentos de Conta	10	teste realizado sem falha
Atualização de saldo	10	teste realizado sem falha

Fonte: Próprio autor, 2020.

O protótipo ENERGY SYSTEM foi projetado para haver integração entre hardware e sistema web, proporcionando mais praticidade ao cliente que utilizar este protótipo.

Após o envio de dados ao banco de dados e a inserção de créditos nas contas do tipo cliente, é possível fazer uso do pagamento utilizando a moeda digital onde os créditos são inseridos pelo próprio cliente.

Tendo em vista o uso de moeda digital, este modelo possui alta aplicabilidade, tanto no protótipo utilizado em uma residência como em outros ambientes, como restaurantes, cinemas e supermercados.

A adaptação deste modelo pode ser feita utilizando módulos de hardware que atendam às necessidades de cada aplicação, mas sempre utilizando o mesmo conceito de moeda digital. As vantagens deste produto são a praticidade e versatilidade do sistema, pois este é facilmente adaptável a outras realidades.

5. CONCLUSÃO

O trabalho realizado é composto de uma arquitetura de hardware e software denominada ENERGY SYSTEM o qual propôs um sistema de gerenciamento de energia elétrica, baseado como forma de pagamento a moeda digital. A facilidade de pagamento proporcionada por esse sistema gera mais comodidade aos usuários desse medidor de energia elétrica, tendo em vista que o grande ápice da automação e gerar conforto para os usuários que dispõe do uso de mesma.

Modelos de negócio inovadores requerem tempo de aceitação e aprendizagem de seus usuários. Na fase inicial da implantação, o sistema deve passar por um processo de captação de novos clientes, de cadastro deles, orientações de uso e modo de funcionamento.

Mesmo com esse modelo de pagamento via sistema web ainda se faz necessário o uso do papel impresso, caso o usuário não possa pagar por meio de aplicativos, em alguns casos como o usuário querer pagar via boleto suas contas ou inserir créditos.

A eliminação de boletos impressos com o valor da fatura do usuário é ecologicamente viável uma vez que a emissão de papéis se reduzirá a zero e os custos com a impressão e compra de insumos para impressão

não seriam mais necessários.

Para o usuário do ENERGY SYSTEM, o valor de sua fatura será reduzida, uma vez que o usuário consegue visualizar o seu consumo e controlar os seus gastos, uma vez que o medidor mostra os valores em reais de quanto foi consumido, ajudando o usuário a ter uma base de quanto possa ser a próxima fatura.

Com a forma de pagamento online, a comodidade de o usuário não se deslocar de sua casa, trabalho ou onde estiver para efetuar o pagamento já gera uma grande otimização de seu tempo.

A realização deste projeto mostrou que é possível desenvolver um produto comercializável, com custo reduzido e amplamente aceitável uma vez que gera comodidade acessibilidade e facilidade para uso do mesmo, tendo em vista a fácil aplicação de suas funcionalidades.

REFERÊNCIAS

[1] Arduino, Bibliotecas. Disponível em: http://arduino.cc/en/Reference/Libraries. Acesso em: 5 de marc. de 2020.

[2] PHP. PHP 7.1.0 Alpha 3 Released. 2016. Disponível em: http://php.net/. Acesso em: 7 mai. 2020.

[3] ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. Sistemas de banco de dados. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2006.

[4] _____ Android Studio. Disponível em: https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=pt-br. Acesso em: 20 fev. de 2020

[5] ANDRADE,Leila Cristina; Luiz Amâncio Junior; Gleison Souza. TuKolk: Um jogo de console utilizando a plataforma Arduino, Rio de Janeiro : Trabalho de Conclusão de Curso, 2014.

[6] _____ Arduino, Bibliotecas. Disponível em: http://arduino.cc/en/Reference/Libraries. Acesso em: 5 marc. 2020.

[7] _____ Controlar o leitor LCD. Disponível em: http://blog.filipeflop.com/display/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino.html. Acesso em: 5 marc. 2020.

[8] _____ Introdução ao Arduino. Disponível em: https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage. Acesso em: 5 marc. 2020.

[9] LIMA, Mario Antônio, ESTACIONA.NET: sistema inteligente para estacionamento rotativo, Manaus : Trabalho de Conclusão de Curso, 2016.

[10] _____ Modelo de medidor de energia elétrica. Disponível em: <http://blog.filipeflop.com/arduino/medidor-de-energia-eletrica-com-arduino.html> Acesso em: 19 Abr. 2020.

[11] _____ Medidor de consumo de energia. Disponível em: <http://labdegaragem.com/forum/topics/medidor-de-consumo-de-energia-1?id=6223006%3ATopic%3A443491&page=2> Acesso em: 20 Abr. 2020.

[12] _____ Medidor de consumo de energia elétrica. Disponível em: <http://blog.fazedores.com/construindo-um-medidor-de-consumo-de-energia-eletrica-com-arduino/> Acesso em: 20 Abr. 2020.

[13] _____ Programar o Ethernet Shield. Disponível em: http://blog.filipeflop.com/arduino/tutorial-ethernet-shield-w5100.html#_ga=2.239382528.209050623.1498674458-1616986885.1498502842. Acesso em: 20 Abr. 2020.

[14] _____ Uso do Sensor de Corrente não Invasivo SCT013-20A. Disponível em: http://www.filipeflop.com/pd-18b9da-sensor-de-corrente-nao-invasivo-20a-sct-013.html. Acesso em: 12 abr. de 2020.

Capítulo 4

Controle de sobrecargas elétricas, aterramentos elétricos e de pessoal no processo de fabricação de placas eletrônicas no segmento eletrônico em uma empresa do Polo Industrial de Manaus-AM

Edson Mauro Melo de Lima
Livia da Silva Oliveira
Aristeu Souza da Fonseca

Resumo: Identificou-se nesse campo de pesquisa, que o sistema de aterramento TN-S e TT foram implementados de forma irregular no processo produtivo de uma empresa em Manaus-AM, além de configurados de forma incorreta, com a utilização de componentes em desacordo com a especificação da norma NBR5410:2004 - instalações elétricas de baixa tensão. É necessário que o sistema de aterramento seja refeito e validado para garantir que os equipamentos e as pessoas tenham a proteção adequada contra qualquer tipo de descarga elétrica ou eletrostática. Desde a aquisição de material adequado até o serviço realizado na implementação do sistema de aterramento é necessário seguir os procedimentos corretos de implantação. Os pontos levantados e sinalizados neste trabalho foram observados com o propósito de garantir o controle de sobrecargas elétricas, aterramentos elétricos e de pessoal no processo de fabricação de placas eletrônicas no segmento eletrônico. O aterramento deve estar presente como fator de extrema necessidade em instalações elétricas prediais/industriais. Esse sistema garante à segurança em termos de utilização das cargas e evita problemas graves que possam ocasionar transtornos a vida das pessoas e nos equipamentos.

Palavras-chave: Aterramento, equipamentos, placas eletrônicas.

1. INTRODUÇÃO

As descargas elétricas têm sido uma grande preocupação na indústria de eletrônicos, devido aos componentes estarem cada vez menores e mais propícios à danos ocasionados por descargas ou sobrecargas elétricas. De acordo com a IPC-A-610 Norma de Aceitabilidade de Montagens Eletrônicas de 2014, Descarga Eletrostática (ESD) é a rápida descarga de energia elétrica gerada a partir de fontes eletrostáticas. Quando a energia elétrica entra em contato com ou se aproxima de um componente sensível, isso pode causar dano ao componente. Os componentes Sensíveis à Descarga Eletrostática (ESDS) são aqueles afetados por esses surtos de alta energia. A sensibilidade relativa de um componente à ESD depende da sua estrutura mecânica. Quanto menores forem os componentes, maior a sua sensibilidade e suscetibilidade a alteração.

Os aterramentos elétricos têm a função de proteger tanto as estruturas físicas como o ser humano de sobrecargas elétricas evitando assim os danos ou até perdas materiais ou ainda a vida humana em sua atividade de trabalho. O aterramento elétrico é uma medida de segurança que é utilizada em instalações elétricas que serve para proteger as pessoas, por meio de contato humano com a carcaça dos equipamentos e dos próprios equipamentos contra falhas de isolamentos que possam ocasionar acidente ou danos. (VIVER DE ELÉTRICA 2018).

A falta de um sistema de aterramento adequado com controles eficientes no processo de montagem de placas eletrônicas pode ocasionar falhas críticas de funcionamento ou mesmo reduzir sua vida útil, além de ocasionar danos por sobrecargas elétricas aos operadores que muitas vezes estão interligados ao sistema de aterramento. Para mitigar o problema, um sistema de aterramento adequado deve ser implementado e deve ser validado conforme as especificações de referências de normas nacionais ou internacionais como a IPC-A-610 Norma de Aceitabilidade de Montagens Eletrônicas de 2014 e a American National Standards Institute (ANSI20:20). Um sistema de aterramento elétrico bem implementado reduz custos desnecessários com retrabalhos de componentes alterados ou de devolução de lotes com problema relacionados à esta falha pelo cliente.

Na análise conduzida em uma empresa produtora de set top box no polo industrial de Manaus (PIM), evidenciou-se a necessidade de implementar um sistema de aterramento com controles mais eficientes visando garantir a segurança dos produtos e dos colaboradores envolvidos no processo. Dessa forma busca-se propor a adequação e implementação de um controle básico de proteção contra sobrecargas elétricas Electrical Overstress (EOS), aterramentos elétricos e de pessoal no processo de fabricação de placas eletrônicas no segmento eletrônico em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM).

2. REFERENCIALTEÓRICO

2.1 ATERRAMENTOS ELÉTRICOS

Para entendermos a importância da aplicabilidade de controle de sobrecargas elétricas, aterramento elétrico e de pessoal, precisamos primeiro entender os conceitos básicos dos principais elementos que compõem este estudo. Um cabo danificado de uma parafusadeira elétrica ou uma base de teste irregular utilizados na fabricação de placas eletrônicas pode ocasionar fugas de tensão acima de 10 volts o que já é prejudicial para uma placa de circuito impresso (PCI) com componentes sensíveis à sobrecarga elétrica (EOS). A maioria dos processadores e memórias estão suscetíveis à danos por descargas elétricas ou eletrostáticas. Inicialmente o aterramento elétrico foi criado para proteger as pessoas, servia de proteção contra acidentes gerados no contato com a eletricidade que ocasionava danos irreparáveis no corpo e que, em alguns casos levava à óbito. Devido a grande quantidade de aparelhos eletroeletrônicos gerarem ruídos elétricos que pode danificá-los ou fazer com eles tenham uma baixa eficiência, o aterramento atualmente não só pode remover estes ruídos como fazer estes equipamentos ou aparelhos funcionarem melhor. (SABER ELÉTRICA, 2020).

O ponto do sistema de aterramento que se deseja conectar ao solo pode ser de natureza variada e dependendo da sua aplicação, pode ser constituído de uma trilha numa placa de circuito impresso (PCI), na carcaça de uma máquina ou em um neutro de um sistema. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), aterrar significa colocar instalações e equipamentos no mesmo potencial de modo que a diferença de potencial entre a terra e o equipamento seja zero. O choque acontece devido a diferença de potencial entre pessoa e equipamento, o que ocasiona uma descarga elétrica. O fio de aterramento é o caminho adicional para a corrente elétrica retornar com segurança para o chão, em caso de curto-circuito, a corrente irá fluir através do fio terra. (VIVER DE ELÉTRICA 2018).

O aterramento elétrico é uns dos principais requisitos de proteção para eletroeletrônicos, pois irá garantir a sua vida útil. As instalações elétricas de alta e baixa tensão devem possuir um sistema de aterramento dimensionado adequadamente para as condições do projeto. O objetivo de aterramento é: segurança, escoamento de cargas estáticas, baixas resistências de aterramento, proteção das instalações contra as descargas atmosféricas e proteção do indivíduo contra contatos com partes metálicas tanto na estrutura do prédio como nas máquinas energizadas acidentalmente. Houve relatos dentro dos processos de fabricação de placas eletrônicas, de operadores se queixando de choques indesejados ao encostar em bebedouros ou bancadas de montagem, o que levanta a suspeita de fugas de tensão ou falhas nos aterramentos elétricos. As pessoas que trabalham diretamente em processos industriais ou na área de manutenções estão sujeitas à acidentes relacionados ao toque por acidente em partes metálicas ficando com o corpo ligado eletricamente sob tensão entre fase. (MAMEDE FILHO, 2017).

A abordagem de segurança com instalações elétricas pode ser consultada na ABNT 5410:2004 e Norma Regulamentadora NR-10. O equipamento que não esteja aterrado não consegue se desfazer da corrente de fuga e quando um indivíduo entra em contato, sofre toda a descarga elétrica da estrutura, já com o aterramento elétrico, toda a corrente de fuga é direcionada a terra através dos condutores. Assim como o indivíduo sofre toda a descarga elétrica da estrutura, ele acaba transferindo para o produto ou equipamento em fase de montagem, reduzindo ou danificando o produto. O aterramento elétrico tem três funções básicas, a primeira é descarregar as cargas acumuladas nas carcaças de máquinas ou equipamentos para a terra, a segunda é facilitar o funcionamento de dispositivos de proteção, como disjuntores, chaves, fusíveis, entre outros. A terceira função e conhecida como a mais importante, é a de proteger o usuário quando ocorrer uma descarga atmosférica, pois nesse caso o aterramento elétrico transfere essa carga por um caminho alternativo até chegar a terra. Além destas funções básicas, o aterramento elétrico possui a função de eliminar interferências eletromagnéticas (EMI) (SABER ELÉTRICA, 2020).

De Acordo com a subseção 4.1.1 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, “as pessoas e os animais devem ser protegidos contra choques elétricos, seja risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, seja as falhas que possam colocar uma massa acidentalmente sob tensão.

2.2 CLASSIFICAÇÃODOSSISTEMASDEATERRAMENTO

Como já vimos, o aterramento elétrico tem como objetivo, assegurar que não haja danos a equipamentos ou pessoas. Assegurar que não haja potencial de choque elétrico devido a fugas de tensão em equipamentos ao pessoal que está diretamente ligada ao processo fabril. Abaixo na Figura 1, observamos a simbologia mais utilizada para aterramentos elétricos.

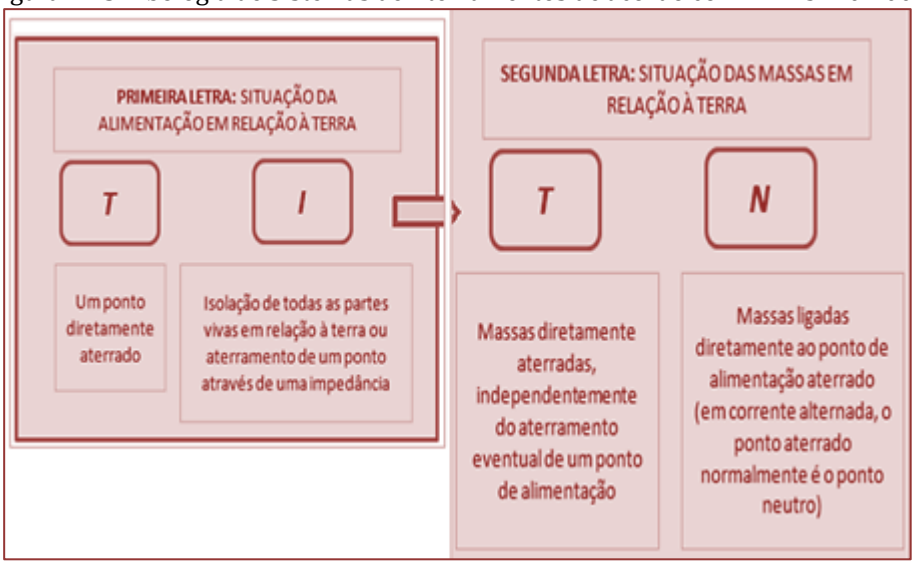
Figura 1- Aterramento / Referência de Terra



Fonte: NBR 5410:2004

A NBR 5410:2004 utiliza determinada simbologia para os sistemas de aterramento das instalações conforme Figura 2 abaixo. As instalações devem ser executadas conforme um dos esquemas: Esquema TN, (variantes TN-S, TN-C, TN-C-S), Esquema TT ou Esquemas IT. Para Mamede Filho (2017), “O sistema de aterramento deve ser o elemento responsável pelo escoamento à terra de todas as correntes resultantes de defeito na instalação, de forma a dar total segurança às pessoas que a operam e dela se utilizam.

Figura 2 - Simbologia de Sistemas de Aterramentos de acordo com NBR 5410:2004



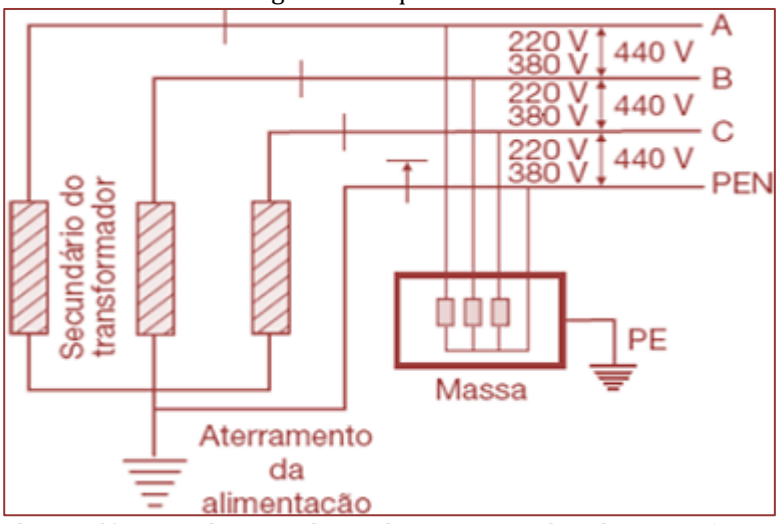
Fonte: Instalações Elétricas Industriais (de acordo com a norma brasileira NBR 5419)

O aterramento elétrico encaminha qualquer possível pico ou elevação de tensão direto para o chão (sistema de aterramento), evitando sobrecargas elétricas e desequilíbrios. (Instalações Elétricas e Tipos de Aterramentos, 2019).

2.2.1 ESQUEMA TN

De Acordo com subseção 4.2.2.2.1 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, "O esquema TN possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a esse ponto através de condutores de proteção". Este sistema tem um ponto diretamente aterrado com as massas ligadas a este ponto através de condutores de proteção. Dentro do sistema TN há três tipos de variantes deste, que são: TN-S, TN-C e TN-C-S. De acordo com Mamede Filho (2017), "Os sistemas TN têm um ponto diretamente aterrado e as massas são ligadas a este ponto através de condutores de proteção". A Figura 3 mostra o esquema TN-S variante do esquema TN:

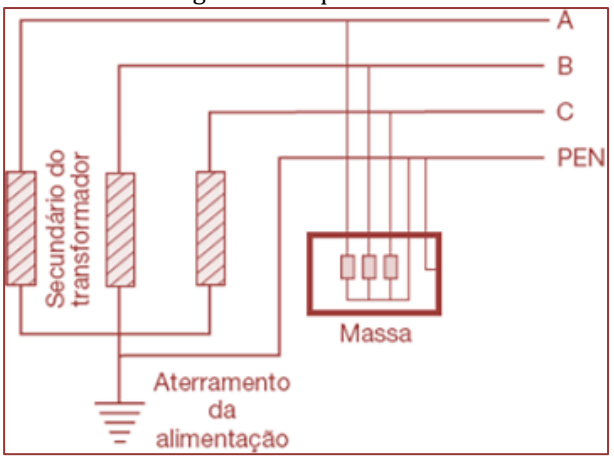
Figura 3 - Esquema TN-S



Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017.

Os sistemas de aterramento TN-S têm dois condutores distintos que devem se encontrar a massa (carcaça) do equipamento. De Acordo com subseção 4.2.2.2.1 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, “esquema TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos”.O sistema de aterramento TN-S, de acordo com Mamede Filho (2017, p. 131), “É aquele no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos”. A segunda variante do sistema TN é o TN-C. Na figura 4 mostra o esquema do sistema TN-C:

Figura 4 - Esquema TN-C

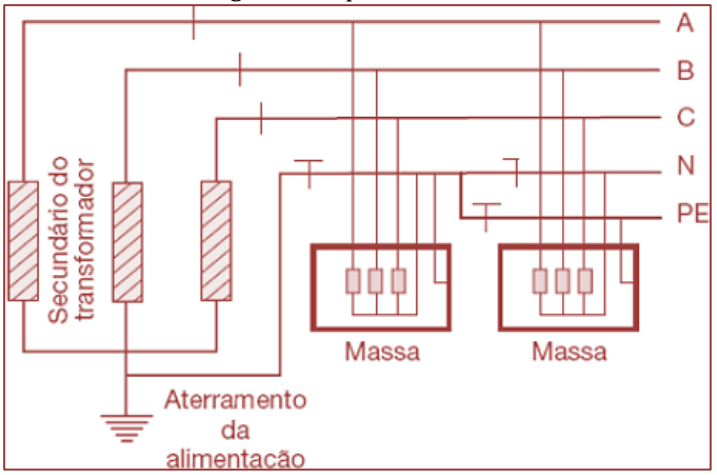


Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017

O sistema de aterramento TN-C tem as funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor na instalação inteira, também conhecido tipicamente como sistema a quatro condutores. Este tipo de aterramento é considerado o menos recomendado, pois este tipo de aterramento possui o fio terra e o neutro conectados no mesmo ponto de alimentação do circuito e são distribuídos no mesmo conector (VIVER DE ELÉTRICA 2018).

De Acordo com subseção 4.2.2.2.1 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, esquema TN-C, no qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor, na totalidade do esquema”. A terceira variante do esquema TN é o TN-C-S. O sistema de aterramento TN-C-S tem a função do condutor neutro e de proteção combinadas em uma parte da instalação e são combinadas em um único condutor (Instalações Elétricas e Tipos de Aterramentos, 2019). Na Figura 5 mostra o esquema do sistema TN-C-S:

Figura 5-Esquema TN-C-S



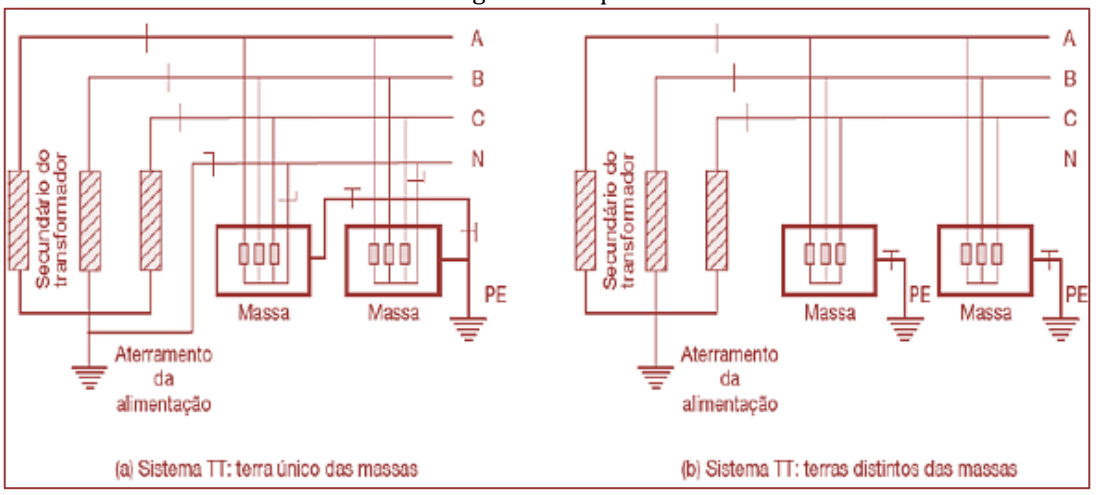
Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017

Neste esquema TN-C-S, de acordo com Mamede Filho (2017, p. 137)"É aquele no qual as funções de neutro de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte do sistema. De Acordo com subseção 4.2.2.2.1 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, esquema TN-C-S, em parte do qual as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor".

2.2.2 ESQUEMA TT

De acordo com subseção 4.2.2.2.2 da ABNT NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão, O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo (s) de aterramento eletricamente distinto (s) do eletrodo de aterramento". Esse sistema é considerado o mais eficiente de todos, pois tem uma haste própria para aterramento no transformador, o neutro é aterrado logo na saída e segue até a carga, e a massa do equipamento é aterrada com uma haste própria, independente da haste do aterramento do neutro (VIVER DE ELÉTRICA 2018). Na Figura 6 está o esquema do sistema TT:

Figura 6 - Esquema TT



Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017

Neste esquema TT, os equipamentos são aterrados com uma haste própria que não pode ser a mesma utilizada para o neutro. Diferente do esquema TN, no esquema TT as massas não estão sujeitas às sobre tensões devido às quedas de tensão no neutro.

2.3 DESCARGAS ELÉTRICAS

Descarga elétrica é a descarga repentina de eletricidade estática para o solo. Alguns Componentes sensíveis, como unidades de disco (HD) ou unidades de estado sólido de desktop, notebook, PCIs e processadores podem ser danificados se estiverem no caminho da corrente quando a descarga ocorrer. Medidas especiais devem ser sempre tomadas durante o manuseio de qualquer dispositivo que possa ser danificado pela eletricidade estática. Conforme IPC-A-610 (ACEITABILIDADE DE MONTAGENS ELETRÔNICAS, 2010), podemos observar que "A descarga Eletrostática (ESD) é a rápida descarga de energia elétrica gerada a partir de fontes eletrostáticas". Existem materiais com predisposição de ceder ou absorver elétrons de outros materiais, através de uma fonte de calor ou por meio de fricção. Conforme IPC-A-610, a energia elétrica pode ser o resultado de potenciais de ESD ou de descargas elétricas provocadas pelas ferramentas que utilizamos, tais como ferro de solda, extratores de solda, instrumentos de testes ou outros equipamentos elétricos de processo.

Na fabricação de placas eletrônicas existe grande possibilidade da geração destas descargas eletrostáticas que pode ocasionar perigo ou danos às pessoas e ao patrimônio das empresas. Como no exemplo da norma IPC-A-610F que diz, "Os componentes ESDS podem deixar de operar ou mudar de valor como resultado do manuseio ou processamento inadequado". (ACEITABILIDADE DE MONTAGEM

ELETRÕNICAS, 2010). Podemos verificar as especificações de controle de descargas eletrostáticas para processos na Associação Padronizada Descargas Eletrostáticas ANSI / ESD S20. 20-2014.

A maioria dos componentes e das placas eletrônicas que são sensíveis às descargas eletrostáticas já vem sinalizando a sensibilidade em suas embalagens pelo próprio fornecedor. É responsabilidade de cada organização saber identificar estes materiais e implementar os programas de controles para reduzir aos máximos os danos por sobrecargas eletrostáticas.

2.4 AÇÕES DE CONTROLE BÁSICO DE PROTEÇÃO A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS

Com o objetivo de proteger os equipamentos ou componentes sensíveis a descargas eletrostáticas alguns controles básicos devem ser implementados como: Aterramento, Isolamento e neutralização. Como no exemplo da norma IPC-A-610F que diz, "Provisões devem ser tomadas no sistema de aterramento para proteger o trabalhador do circuito vivo resultante da falta de cuidado ou falha do equipamento". (ACEITABILIDADE DE MONTAGEM ELETRÔNICAS, 2010). A utilização de pulseiras ESD serve de aterramento permanente, protegendo o operador de choques elétricos através de seu resistor de 1MΩ e descarregando as cargas evitando potencial de danos aos componentes sensíveis. É importante termos um ponto comum de aterramento dos corpos para neutralizarmos as cargas ESD. Na Figura 7, imagem de pulseira ESD:

Figura 7-Pulseira ESD



Fonte: Internet (www.bing.com), 2019

Isolamento de acordo com norma IPC-A-610F "Os mais ofensivos são os isolantes, pois eles concentram a energia onde ela foi gerada ou aplicada, ao invés de permitir que ela se espalhe por toda a superfície do material". (ACEITABILIDADE DE MONTAGEM ELETRÔNICAS, 2010). Ou seja, O isolamento é conseguido afastando os materiais isolantes ou por blindagens (barreira de material condutor devidamente aterrado).

Isolantes elétricos são aqueles materiais que possuem poucos elétrons livres e que resistem ao fluxo dos mesmos. Alguns materiais desta categoria são: Plástico (resinas), Silicone, Borracha, Vidro (cerâmicas), Óleo, Água pura deionizada. Neutralização, alguns equipamentos ou materiais como, por exemplo, a placa eletrônica que faz parte de um conjunto montado, não consegue ser isolada 100%.

Nesta condição a neutralização deve atuar em conjunto com o método de isolamento. A neutralização é executada normalmente por fluxo de ar ionizado sobre os objetos eletrostaticamente carregados através de equipamentos denominados de ionizadores, de forma que as cargas extras são anuladas pelos íons existentes no fluxo de ar, pois o ar ionizado forma um caminho condutivo entre os materiais carregados e os materiais aterrados.

Os componentes, equipamentos ou materiais sensíveis à descargas eletrostáticas devem ser sinalizadas. De acordo com norma IPC-A-610F as etiquetas de advertência se encontram disponíveis para serem colocadas em instalações e dispositivos, conjuntos, equipamentos e painéis visando alertar as pessoas sobre a possibilidade de infligir dano por sobrecarga eletrostática ou elétrica nos dispositivos que estiverem sendo manuseados. (IPC-A-610 ACEITABILIDADE DE MONTAGEM ELETRÔNICAS, 2010). Na Figura 8, símbolos de alerta de componentes sensíveis a descargas eletrostáticas (ESD):

Figura 8 - Símbolos de Sensibilidade à Descargas Eletrostáticas ou Sobrecargas Elétricas



Fonte: IPC-A-610, (2010

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos de investigação utilizados foram os de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. De acordo com Fontenelle (2017) "Trata-se da investigação realizada tendo como fontes livros, artigos e outros textos de caráter científico já publicados". Conforme Fleury et al. (2018) "As anotações de campo são extremamente relevantes. Impressões, descrições do que está ocorrendo e observações devem ser levadas em consideração".

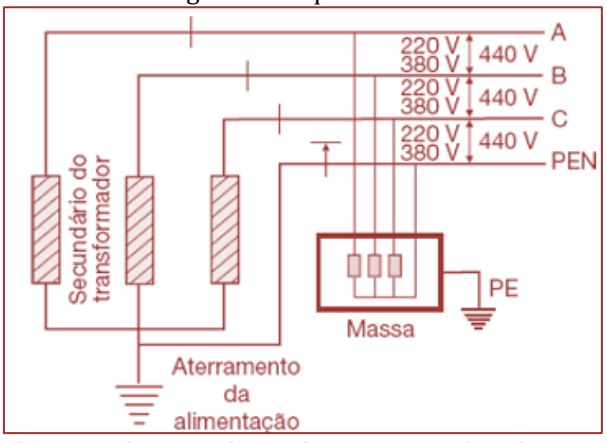
A área de estudo foi conduzida no processo de fabricação de Placas Eletrônicas de uma empresa instalada no Polo Industrial de Manaus, com a utilização de equipamentos de testes como: Multímetro Digital (verificação de fugas de tensão, resistência elétrica e continuidade) e Termômetro Digital.

De acordo com Fontenelle (2017) "A metodologia é o estudo dos métodos reconhecidos pela ciência como sendo mais adequados para a execução de uma investigação".

A pesquisa foi conduzida comparando as evidências observadas in loco no processo de montagem de placas eletrônicas de acordo com especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), norma adequada para referência no campo de instalações elétricas de baixa tensão e está amparada à Norma Brasileira Regulamentar (NBR) 5410:2004. Em suas subseções amparam o profissional a executar a atividade de instalações elétricas nessa área com competência e segurança. Conforme subseções 6.3.3.1.1, 6.3.3.1.2 e 6.3.3.1.3, os tipos de sistemas de aterramentos utilizados e posteriormente corrigidos e mantidos em concordância à empresa foi o sistema TN e TT.

Este sistema tem um ponto diretamente aterrado com as massas ligadas a este ponto através de condutores de proteção. Dentro do sistema TN há três tipos de variantes que são: TN-S, TN-C e TN-C-S. De acordo com Mamede Filho (2017, p. 131), "Os sistemas TN têm um ponto diretamente aterrado e as massas são ligadas a este ponto através de condutores de proteção". A Figura 9 mostra o esquema do sistema TN-S:

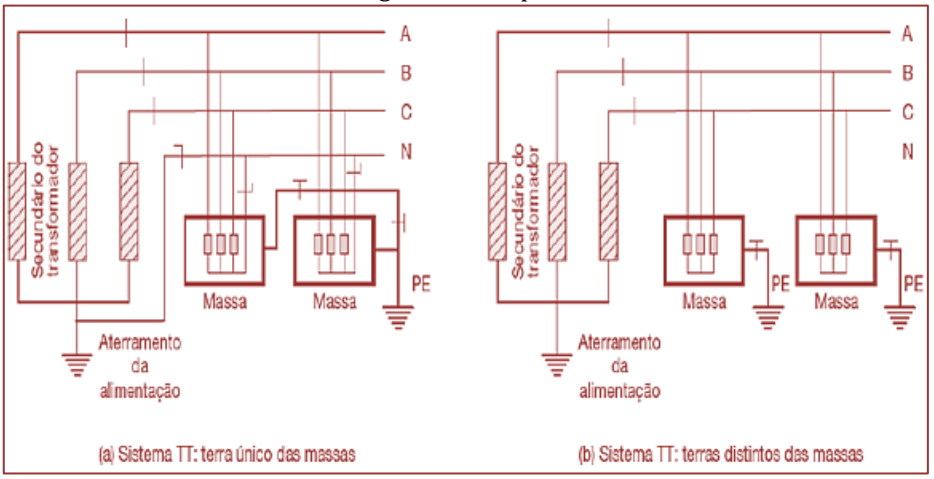
Figura 9 - Esquema TN-S



Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017

Dentro do Sistema de Aterramento TN, foi utilizado a variante TN-S, pois nesse modelo de sistema, o terra e o neutro estão inter-relacionados também no ponto de alimentação do circuito, todavia são espalhados de forma independente por toda instalação, por exemplo,a tomada de dois pinos. O segundo sistema de aterramento foi o TT, que possui um ponto da alimentação diretamente aterrado. As massas da instalação são ligadas a um eletrodo de aterramento que é eletricamente distinto do eletrodo de aterramento da fonte. e ainda de acordo com Mamede Filho (2017)) "É aquele que tem o ponto da instalação diretamente aterrado, sendo as massas ligadas a eletrodos de aterramento independente do eletrodo da alimentação". A Figura 10 mostra o esquema do sistema TT:

Figura 10 - Esquema TT

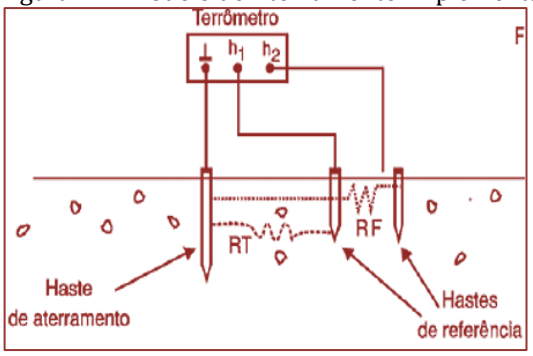


Fonte: Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015, 2017

Neste sistema TT, os equipamentos são aterrados com uma haste própria que não pode ser a mesma utilizada para o neutro. Diferente do sistema TN, no sistema TT as massas não estão sujeitas às sobre tensões devido às quedas de tensão no neutro. Buscando alcançar os objetivos propostos, conduziu-se uma revisão de conceitos e teorias em torno da temática aplicada sobre o tipo de sistema de aterramento utilizado em situação corrente neste processo de montagem de placas eletrônicas. A investigação e a pesquisa em campo do trabalho se justifica em função da importância do conhecimento necessário para profissionais da área de elétrica e fabril visando a segurança de operação e produto. O modelo de sistema de aterramento apresentado forneceu o suporte no desenvolvimento do trabalho e referência futura para profissionais da área.

Existem dois métodos pelos quais podemos ligar o condutor de proteção às hastes de aterramento. O usado nos serviços realizados consiste em conectar o fio terra na haste através de conectores. O instrumento usado para medir-se a resistência da terra foi o terrômetro. Esse instrumento possui duas hastes de referência, que servem como divisores resistivos. Na verdade, o terrômetro "injeta" uma corrente pela terra que é transformada em "quedas" de tensão pelos resistores formados pelas hastes de referência, e pela própria haste de terra. Através do valor dessa queda de tensão, o mostrador é calibrado para indicar o valor ôhmico da resistência da terra.

Figura 11 - Modelo de Aterramento Implementado



Fonte: Saber Elétrica, 2016

A medição da resistência de terra foi realizada através do terrômetro digital utilizando-se hastes de aterramento auxiliares espaçadas uniformemente em distâncias pré-definidas. O procedimento consiste em aplicar uma tensão entre o sistema a ser medido e um terra auxiliar e medir a resistência de terra até o ponto desejado.

A NBR-5410 não especifica algum valor de resistência de terra desejado, ela cita a equipotencialização da instalação como sendo mais importante do que o valor da resistência de terra. A NBR-5419/2015, item 5.4.1, parte 3, define que a resistência de aterramento deverá ser a menor possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo.

É importante também que o instrumento utilizado para as medições possua certificado de calibração e rastreabilidade conforme critérios da RBC (rede brasileira de calibração). Recomenda-se que estes certificados sejam arquivados em conjunto com o relatório de medição de resistência de aterramento para que se possa ter credibilidade nos dados apresentados. O certificado de conformidade garante que o equipamento foi testado e calibrado, de acordo com os procedimentos definidos em um sistema de gestão da qualidade.

As adequações foram realizadas nas instalações de acordo com normas conhecidas, tais como, a NBR14544, NBR17505, NBR5410, NR-10, NR-20 e normas internacionalmente aceitas ANSI/ESD S20, 20, IEC 61340-5-1, NFPA77, Cenelec CLC/TR 50404. Após estudo e reuniões explanatórios com a equipe envolvida, foram definidos os objetivos da instalação, onde a mesma foi contratada e realizada cominando com a adequação do sistema e em seguida foi realizadas uma análise independente desse sistema, para um controle eficiente da Descarga Eletrostática (ESD).

Figura 12 - Modelo de Identificações de Aterramentos Implementado



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio foi executado de acordo com as instruções do fabricante e de normas específicas vigentes, com o intuito de garantir a preservação e integridade do material. Na Tabela 1 estão os valores medidos em campo.

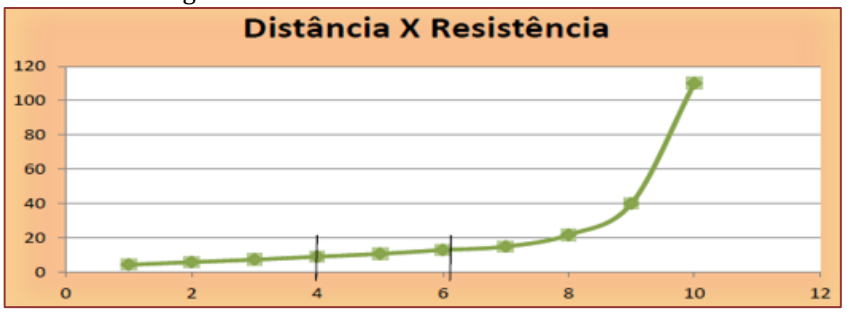
Tabela 1-Valores medido em Campo

Ponto	Distância ao Ponto de Referência	Resistência Medida em Ohm (Ω)
P01	1 metro	4,06
P02	2 metros	5,56
P03	3 metros	7,04
P04	4 metros	8,74
P05	5 metros	10,43
P06	6 metros	12,65
P07	7 metros	14,68
P08	8 metros	21,5

Fonte: Os autores (2020)

Conforme os dados apresentados (Tabela 1), a resistência de aterramento média foi de aproximadamente a 10,58 Ω, conforme preconiza a norma NBR-5419/2015, item 5.4.1, parte 3, define que a resistência de aterramento deverá ser a menor possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo e conforme demonstrado na Figura 13.

Figura 13 - Gráfico de distância versus resistência



Fonte: Os autores (2020)

O sistema apresentado possui um conjunto independente e de baixa impedância, mas não está na mesma equalização de potencial entre a massa metálica da edificação, mitigando os potenciais riscos de sobre tensões e centelhamentos perigosos quando do momento de uma descarga.

Dessa forma, partindo de dados iniciais de prova, os resultados apresentados nos gráficos e nas tabelas verificou-se que os valores apresentados estão dentro dos padrões reconhecidos pela doutrina dominante no que se refere a critérios de aceitabilidade, portanto, atesta-se que o sistema se encontra dentro dos patamares exigidos pelas normas vigentes. Portanto, todo o sistema encontra-se apto para funcionamento, não devendo despertar qualquer tipo de desconfiança, pois todas as médias estão no que preconiza a norma NBR-ABNT 5419/2015, mas devendo ser realizada uma nova avaliação em um intervalo máximo de 12 meses.

As medições mostraram que apesar da existência das variáveis que influenciam na resistência do aterramento, como o tempo seco com temperaturas variando entre 27 ºC e 32 ºC. Nas medições dos valores de resistência pelo procedimento adotado verificou-se que os níveis de resistência ôhmica da malha conforme configurações adotadas possuem valores de resistência de aterramento satisfatórios, e que atendem as exigências das Normas técnicas vigentes. Conclui-se que a malha medida atende ao nível de segurança que requer as instalações, e é importante que sejam efetuadas medições em vários períodos do ano, para verificar se a resistência da malha de aterramento ainda permanece em nível aceitável.

5. CONCLUSÃO

Um sistema de aterramento deve ser planejado, desde sua construção, implementação e avaliação com base nas principais normas nacionais como a NBR 5410:2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão e internacionais como a Aceitabilidade de Montagens Eletrônicas. IPC-A-610. Um sistema TN e TT foram implementados para adequar o processo de montagem de placas eletrônicas com o objetivo de assegurar a conformidade de controle de descargas elétricas ou eletrostáticas nos padrões mínimos requeridos em especificações nacionais e internacionais.

Dentro desse processo produtivo de placas eletrônicas e com base nas especificações quanto ao controle de proteção contra descargas elétricas ou eletrostáticas dos materiais e equipamentos utilizados nesse processo, percebemos que, o sistema de aterramento TN e TT foi o mais adequado e com menos custo de implementação. Para este processo deve haver um aterramento destinado para equipamentos e outro somente para pessoas e acessórios auxiliares de proteção ESD / EOS. O uso incorreto destes aterramentos pode ocasionar interferência, continuidade entre si de forma incorreta, potencial de choque elétrico e riscos de perda de materiais e até mesmo de pessoas. Vale ressaltarmos que, as identificações no cabeamento e fio desse sistema é parte fundamental que facilitará as verificações de conformidades ou de manutenções nesse sistema de aterramento.

Com base nas informações contidas nos trabalhos de profissionais e autores da área de engenharia elétrica, normas nacionais e internacionais referentes a especificações de parâmetros para controle de descargas elétricas e eletrostáticas e sistemas de aterramento, concluímos que, para a segurança de pessoal e de equipamentos dentro de um processo produtivo de placas eletrônicas, um sistema de aterramento adequado deve ser implementado. Antes de tudo deve ser avaliado qual o sistema correto para o processo, quais os materiais e métodos adequados na elaboração e verificação de eficácia a fim de evitar falhas de segurança referente às descargas elétricas ou eletrostáticas.

REFERÊNCIAS

[1] ACEITABILIDADE DE MONTAGENS ELETRÔNICAS. IPC-A-610G: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Referências, 2010.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410:2004: Instalações Elétricas de Baixa Tensão: Referências. Rio de Janeiro, 2004.

[3] FONTENELLE, André. TCC Prático. Artigo disponível em: https://www.andrefontenelle.com.br/tipos-de-pesquisa/. São Bernando do Campo, 2017. Acesso em: 21 out. 2019.

[4] MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: Ética, 2017.

[5] Portal da Engenharia. Instalações Elétricas. Disponível em: https://portaldaengenharia.com/instalacoes-eletricas/tipos-de-aterramento/ 2019. Acesso em: 29 set. 2019.

[6] Portogente. Disponível em: https://portogente.com.br/noticias/noticias-do-dia/45200-o-que-sao-isolantes-eletricos. São Bernando do Campo - SP, 2019. Acesso em 3 set. 2019.

[7] SABER ELÉTRICA. Como fazer aterramento – Confira a Importância de um Aterramento Elétrico Eficiente. Disponível em: https://www.sabereletrica.com.br/como-fazer-aterramento/. Acesso em: 6 mar. 2020.

[8] VIVER DE ELÉTRICA. Projetos elétricos – 3 tipos de aterramento que você precisa saber e qual é o mais indicado pela NBR 5410. Disponível em: https://www.viverdeeletrica.com/tipos-de-aterramento

Capítulo 5

Controle de nível de um processo industrial utilizando IHM e supervisórioelipse scada: Um estudo de caso sob a ótica da automação na Engenharia Elétrica

Fabiana Augusta Dos Santos
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O objetivo desse estudo é analisar o uso de recursos de automação através de um protótipo de controle de nível para flexibilizar, gerenciar e gerar alternativas de controle e monitoramento dos processos industriais sob a ótica da automação na Engenharia Elétrica. Dentro desse contexto, este trabalho propõe apresentar o desenvolvimento de um protótipo para simular um processo industrial, elaborar telas em IMH para controle do local do protótipo, desenvolver telas em supervisório SCADA para monitoramento remoto e assim contribuir para a otimização dos estudos futuros sobre automação de processos. Os presentes detalhes e aprofundamentos serão tratados de forma mais abrangente no decorrer do artigo, ressaltando-se os seus tipos, seus diferentes métodos de controle de processos industriais, suas aplicações e por fim, a conclusão.

Palavras-chave: Automação, processo industrial, monitoramento remoto.

1. INTRODUÇÃO

O atual mercado industrial vem contemplando a utilização da automação e da robótica para suprir a necessidade das demandas geradas pela concorrência e estimuladas pela competitividade de mercado, haja vista, o aperfeiçoamento dos processos através dos avanços tecnológicos sem a necessidade de se obter produtos com maior qualidade para atender ao cliente.

O controle automático de processos industriais está cada vez mais presente nos sistemas de manufatura desde a fabricação de automóveis até a fabricação de canetas. O uso de automação nos processos promove aumento de competitividade e melhor aproveitamento dos recursos (VENTURELLI, 2019). Assim sendo, é imprescindível ressaltar que os avanços na automação industrial estão atingindo diversos nichos de mercado: tecnologia, indústria, setor pneumático, telefonia, dentre outros. Por isso, as pesquisas nesse ramo, estão sendo desenvolvidas cada vez mais para o enfoque da busca de melhorias na otimização de processos e repostas para atender a crescente demanda do mercado.

Essas melhorias quase sempre são associadas a diversos sensores e atuadores evitando dessa forma acidentes a vidas humanas, vinculados a redes e sistemas de internet que possibilitam ao operador, diversas opções de testes para testar e ver os limites de diretrizes operacionais. A gerência de processos por sistemas supervisórios, onde os mesmos são configurados para diversas funções e situações pragmáticas, evitam acidentes e prejuízos desnecessários, além do reforço por sistemas vinculados a Interface Humano-Máquina (IHM), que operam sem riscos ao sistema supervisório, apenas como um apoio de utilização. (VENTURELLI, 2019).

Para Oliveira (2015) o controle de processos entende-se atuar sobre um determinado processo, ou sobre as condições a que esteja sujeito, de modo a atingir algum objetivo específico. Este objetivo pode ser manter uma variável do processo em um valor constante na presença de distúrbios ou fazê-la seguir uma determinada função no tempo. A Mitsubishi Motors, empresa do ramo automobilístico, trabalha com a implementação de redes industriais em seus processos de automação no Brasil há 5 anos, investindo em projetos de sistemas de IHM com parceria realizadas em faculdades de Santa Catarina, São Paulo e Belo Horizonte.

Outro grande exemplo de investimento em automação com enfoque em IHM, CLP e Elipse Scada, de acordo com Oliveira (2015), é o setor pneumático, que devido ao aumento da produção de pneus e exportação em larga escala, precisou investir na automação industrial para corresponder ao fluxo intenso de demandas e não diminuir a produção.

Este trabalho visa demonstrar diferentes métodos de controle de processos industriais, a partir de sistemas supervisionados, elaborando sistema cujo objetivo é monitorar o nível de um determinado líquido, em um tanque. Tal processo foi escolhido para a implementação, justamente por já ser utilizados em várias empresas do Polo Industrial de Manaus (PIM), tendo a finalidade de utilizar os controles de automação como recursos de melhoria e efetividades nos processos.

Para isto, são utilizados como variáveis de controle: os sensores de nível à relé, botões virtuais, dentre as variáveis controladas são utilizados atuadores, como: bomba d'água, válvula solenóide, buzzers, sinalização ótica e unidade de controle. Para constituir um controle supervisionado remoto e de fácil manuseio por operários foi constituído um sistema supervisório HMI/SCADA, a partir do uso de um controlador lógico programável com função de tornar a operação auto programada, facilitando assim a solução em determinadas situações, onde o controlador lógico programável - CLP fará a leitura dos sensores e controlar atuadores (motor, lâmpada e etc.), processa a ações e realiza o controle de dispositivos.

O presente estudo tem por objetivo analisar o uso de recursos da automação através de um protótipo de controle de nível para flexibilizar, gerenciar e gerar alternativas de controle e monitoramento dos processos industriais sob a ótica da automação na Engenharia Elétrica. De modo que seja possível desenvolver um protótipo para simular um processo industrial, elaborar telas em IHM para controle local do protótipo, desenvolver telas em supervisório SCADA para monitoramento remoto e, consequentemente, contribuir para a otimização dos estudos futuros sobre automação de processos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A competitividade crescente e as novas estratégias de desenvolvimento tecnológico refletiram no aumento da produção, principalmente nas grandes empresas. Nesse ponto, pode-se abordar sobre a Automação Industrial, onde trata-se de um ramo tecnológico que consiste em manipular vários processos por meios mecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por diversos equipamentos. (CAPELLI, 2017).

O processo de automatização das indústrias vem crescendo gradativamente, tendo em vista que o nível de exigência de demanda e a competitividade de mercado corroboram para que os processos se tornem mais céleres. Venturelli (2016) analisa que os benefícios da Automação Industrial para as organizações dependem da eficiência dos sistemas de inteligência, da eficácia dos processos e do menor gasto com mão de obra, além do controle de qualidade mais eficiente.

Coelho (2016) observa que a arquitetura da Automação Industrial segue os princípios da Indústria 4.0 e pode ser compreendida em cinco níveis de estrutura a partir de uma formação piramidal: Aquisição de dados; Controle individual; Controle de Célula, Supervisão e Otimização de Processo; Controle Fabril Total; Produção e Programação.

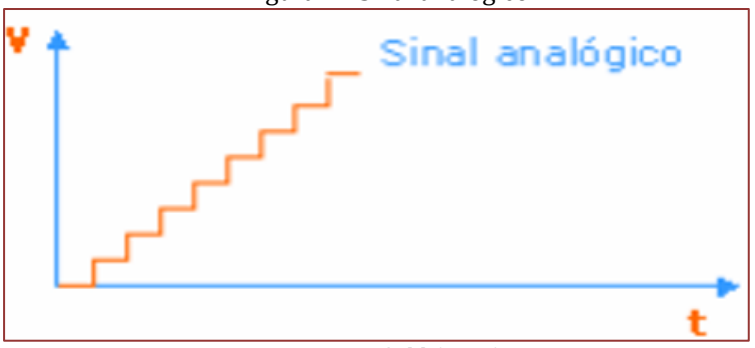
Cada nível da pirâmide apresenta níveis de controle de automação industrial, desde os equipamentos e dispositivos em campo até o gerenciamento corporativo da empresa – o que representa, de forma hierárquica, - as escalas de trabalho em automação industrial e a sua sistematização por área de atuação. (COELHO, 2016).

2.2 DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Os dispositivos de entrada permitem que o programador forneça as informações do meio para o computador, exemplo: sensor de nível, relé capacitivo, relé duplo, botoeira, onde estes são programados para exercer funções que permitam o funcionamento, do tanque. Venturelli (2016) diz que são dispositivos utilizados para realizar o interfaceamento entre o sistema físico e o sistema de controle eletrônico, levando informações do campo para o controlador. A transdução é o processo de conversão de uma forma de energia noutra, realizada através dos transdutores. Exemplo: transdutor elétrico que converte grandezas não elétricas (pressão, temperatura, etc) em sinais elétricos, vice e versa.

De acordo com Silva (2017) na nossa realidade as grandezas físicas dificilmente são de natureza elétrica. Para trazer essa realidade para um controlador o primeiro passo é transformar essas grandezas em sinais elétricos e os dispositivos responsáveis por esta transformação são os sensores que converte uma grandeza física de qualquer espécie em outro sinal. Os sensores são denominados transdutores quando convertem a grandeza de entrada para uma grandeza elétrica (Figura 1). De acordo com Venturelli (2016) os sensores são classificados como analógicos e digitais. Os analógicos leem grandeza físicas em uma faixa contínuas de valores e apresentam em sua saída um sinal de tensão ou corrente ou resistência proporcional a grandeza física sensoriada:

Figura 1 - Sinal analógico

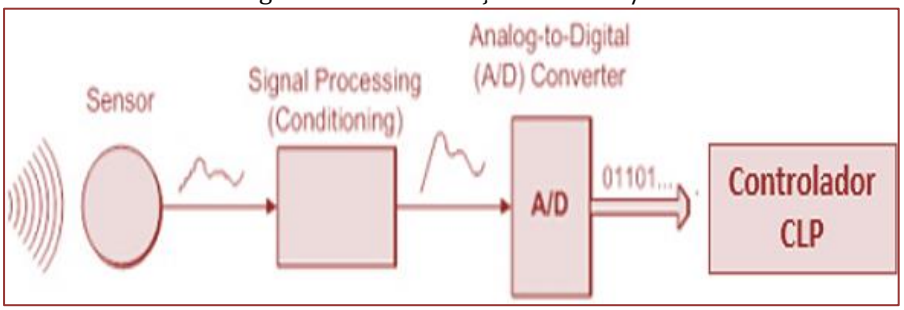


Fonte: Maxfield (2017)

Para que estas saídas possam ser recebidas pelo controlador se faz necessário transformar o analógico para o digital, esta transformação é por um conversor A/D (Analógico/Digital) o qual transformar um sinal analógico, contínuo no tempo, num sinal amostrado, discreto no tempo, quantizado dentro de um

número finito de valores inteiros, determinado pela resolução característica do conversor em bits (8, 10, 12 etc).

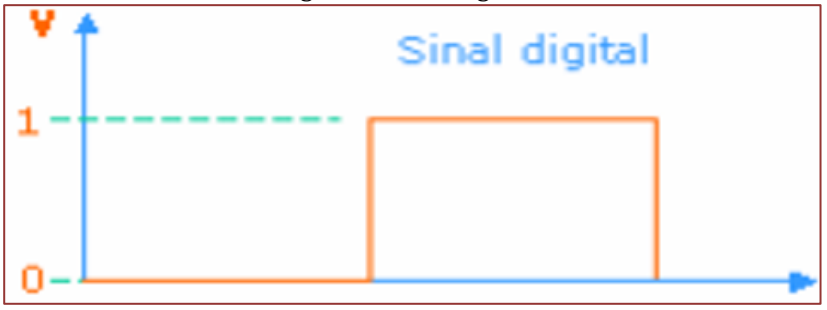
Figura 2 - transformação de sinal a/d



Fonte: maxfield (2017)

Os sensores digitais detectam ocorrência ou não de um evento e apresentam como saída sinais em impulso em forma binária: ligado (on) ou desligado (off), 0 ou 1, que mostra o sinal digital (Figura 3).

Figura 3 - Sinal digital



Fonte: Maxfield (2017)

2.3 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP'S)

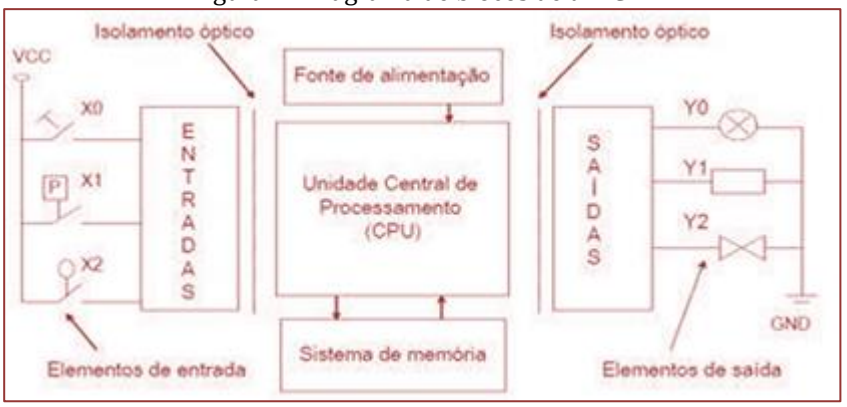
Os CLP (Controladores Lógicos Programáveis) possuem uma participação ampla, pois são dispositivos amplamente utilizados em plantas industriais, onde desempenham as principais funções de controle de processos. Possuem uma grande diferença entre computadores normais, pois possui uma resistência, maior, eles são projetados para suportar altas variações de temperatura, ruídos elétricos, impactos mecânicos e vibração, ou seja, são aptos para os ambientes industriais, antes de sua criação os controles de processos industriais, tinham nos painéis de relé, sua função lógica.

Com o desenvolvimento da tecnologia, do CLP, as alterações lógicas no processo industrial, eram morosas, e pouco econômicas. No ano de 1968, a GM (General Motors), que é uma montadora de veículos, tinha a precisão de uma linha de montagem totalmente automatizada, perante essas dificuldades a GM desenvolveu o CLP, permitindo uma maior flexibilidade e rapidez na alteração do controle de processos industriais, substituindo os painéis lógicos, por CLP´s, gerando uma autonomia e rapidez e economia, na programação lógica o que não ocorria nos painéis de relé. (CAPELLI, 2017).

Os CLP´s (Figura 4) representam para a indústria economia, pois na sua composição são necessários basicamente, uma CPU (unidade de processamento), memória, fonte e seção de entradas e saídas. Isso pode ser formado por um único bloco, que permite um CLP compacto, ou em módulos separados, que é chamado de CLP modular. (SILVEIRA, LOPES, 2017).

O hardware de um CLP é formado por três unidades distintas, as quais são: fonte de alimentação, CPU (Unidade Central de Processamento), e interfaces de entrada e saídas ou I/O. Cada unidade que compõe um CLP é responsável pelo seu funcionamento. (CAPELLI, 2017).

Figura 4 - Diagrama de blocos de um CLP



Fonte: Maxfield (2017)

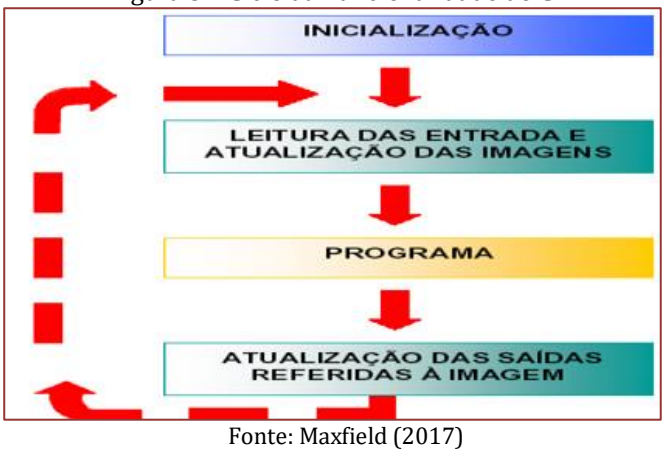
Maxfield (2017) analisa a estrutura das CLP's: A fonte de alimentação de energia do CLP utiliza uma fonte chaveada e uma única de tensão de saída podendo variar de 24V a 110V. Esse valor já é utilizado com a finalidade de alimentar os módulos de entrada e saída de dados e a CPU ao mesmo tempo. Outra característica importante é que normalmente as máquinas industriais, funcionam com essa tensão por ser bem menos suscetível a ruídos. Outro ponto destacável é que essa tensão já é compatível com o sistema de comunicação RS-232.

As Unidades de Entrada e Saída: também são conhecidas como Interfaces de Entradas e de Saída. São nestas unidades que os atuadores e sensores irão se comunicar com o CLP. A CPU é responsável pela execução do programa do usuário, atualização da memória de dados e memória-imagem das entradas e saída. Inicialmente com a 2ª geração de CLP (barramento de dados, endereço e controle), a CPU era constituída por um microcontrolador.

A opção por microcontroladores baseava-se pelo custo-benefício, facilidade de manuseio, e também pela baixa complexidade dos softwares. Com exceção dos CLP's de pequeno porte, geralmente, os CLP's apresentam um microprocessador na forma de um CI (Circuito Integrado) dedicado. (OGATTA, 2015).

Interfaces de I/O: As entradas e saídas de um CLP podem ser divididas em duas categorias: as analógicas e digitais. Existem diversos tipos de módulos de entrada e saída que se adaptam as necessidades do sistema a ser controlado. Os módulos de entrada e saídas são compostos de grupos de bits, associados em conjuntos de 8 bits (1 byte) ou conjuntos de 16 bits, de acordo com o tipo de CPU. Os programas são colocados na memória da CPU em forma de operações lógicas, aritméticas etc. Baseado nesses programas o CLP escreve ou atualiza o estado das saídas atuando nos dispositivos de campo (cargas). Este processo, conhecido como ciclo de operação, continua na mesma sequência sem interrupções. A Figura 5 mostra o fluxograma da funcionalidade do controlador CLP.

Figura 5 – Ciclo da Funcionalidade do CLP



Fonte: Maxfield (2017)

Operacionalmente, a CPU lê os dados de entradas dos dispositivos de campo através dos módulos de entrada, e então executa, ou realiza os controles de programa que tinham sido armazenados na memória. Os programas normalmente são escritos na linguagem LADDER, a qual se assemelha muito a um esquema elétrico baseado em relés. (OGATTA, 2015).

2.4 IHM (INTERFACE HOMEM-MÁQUINA)

Essa sigla significa "Interação Homem-Máquina" ou "Interface Homem-Máquina". Ou no inglês HMI, que quer dizer "Human-Machine Interface". Assim sendo, a IHM é um equipamento com de visor ou tela que serve para facilitar a comunicação entre as pessoas e as máquinas. (OGATTA, 2015). Com uma configuração propicia e de fácil compreensão, possui janelas com mensagens, animações etc. Seu objetivo é permitir que qualquer usuário seja capaz de executar funções em sua máquina. Mas a IHM vai muito além da tela do computador. Pense em todas as telas com as quais você lida no seu dia-a-dia a fim de executar funções em máquinas: o display do seu micro-ondas ou da geladeira, a tela do seu celular ou da televisão, o caixa eletrônico, diversos postos de autoatendimento etc., eles foram desenvolvidos para facilitar a vida do usuário, gerando agilidade rapidez e principalmente redução de custos. (SOUZA, 2016).

Na operação da IHM, é permitida a visualização de alarmes e dados; a alteração de parâmetros do processo; modificação das configurações dos equipamentos; e a utilização modo manual de componentes da máquina, quando utilizada junto ao CNC Comando Numérico Computadorizado, se torna imprescindível o uso de IHM's dedicadas, pois permite ao usuário, a interação direta com a máquina, em várias situações. (OGATTA, 2015).

2.5 SISTEMAS SUPERVISÓRIO

Os sistemas supervisórios são conhecidos como HMI/SCADA (Interface Homem Máquina e Controle Supervisório e Aquisição de Dados, respectivamente). Quando utilizamos um sistema de supervisão tipo SCADA, ele é de enorme contribuição. Nessa fase, são utilizados computadores com interface gráfica apurada, comum dos computadores do início do século que com softwares adequados, possibilitam o monitoramento e supervisão de um conjunto de dispositivos e variáveis de uma planta relativamente complexa. (OGATTA, 2015). Dessa forma o sistema supervisório, gerencia a funcionalidade da qual ele foi programado, neste caso o controle de nível dos tanques, permitindo seu monitoramento e rastreamento das informações de um processo produtivo ou de uma instalação física.

Essas informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário através de uma interface gráfica. Esse sistema também permite ao usuário enviar comandos para que determinados atuadores influenciem de alguma forma no processo.

As informações são enviadas para o sistema supervisório, e se necessário o usuário através do supervisório, pode enviar um comando para intervir no processo, se necessário. Como exemplo haja uma emergência no tanque e seja necessário um esvaziamento, o sistema é programado para acionar a válvula de controle, onde está reconhece o comando enviado pelo usuário e executa a ação submetida. (MAXFIELD, 2017).

Os sistemas de aquisição e controle de dados (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) são de importância estratégica já que são adotados na maioria das indústrias que compõem a infraestrutura de um país. As aplicações da tecnologia SCADA alcançam praticamente todo o aspecto do setor produtivo (OGATTA, 2015). Para exemplificar, esses sistemas são utilizados na indústria química, petroquímica e de cimento, indústria alimentícia, na produção e na distribuição de energia elétrica, no controle de água, no controle de oleodutos, gasodutos, centrais nucleares, edifícios inteligentes e tráfego. Na maioria de suas aplicações, os sistemas de aquisições de dados são designados não só para adquirir dados, mas também para também atuar sobre esses. (SIQUEIRA, 2015).

Para permitir isso, os sistemas SCADA identificam os tags, que são todas as variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação, podendo executar funções computacionais (operações matemáticas, lógicas, com vetores ou strings, etc) ou representar pontos de entrada/saída de dados do processo que está sendo controlado. (SOUZA, 2016).

Os sistemas SCADA podem também verificar condições de alarmes, identificadas quando o valor da tag ultrapassa uma faixa ou condição pré-estabelecida, sendo possível programá-las e alterá-las, de acordo com a necessidade. Eles geralmente dividem suas tarefas em blocos ou módulos, que vão permitir maior ou menor flexibilidade e robustez, de acordo com a solução desejada. (SILVA, 2017).

A regra geral para o funcionamento de um sistema SCADA parte dos processos de comunicação com os equipamentos de campo, cujas informações são enviadas para o núcleo principal do software. O núcleo é responsável por distribuir e coordenar o fluxo dessas informações para os demais módulos, até chegarem na forma esperada para o operador do sistema, na interface gráfica ou console de operação com o processo, geralmente acompanhadas de gráficos, animações, RT 001.04, relatórios, etc., de modo a exibir a evolução do estado dos dispositivos e do processo controlado, permitindo informar anomalias, sugerir medidas a serem tomadas ou reagir automaticamente. (OGATTA, 2015).

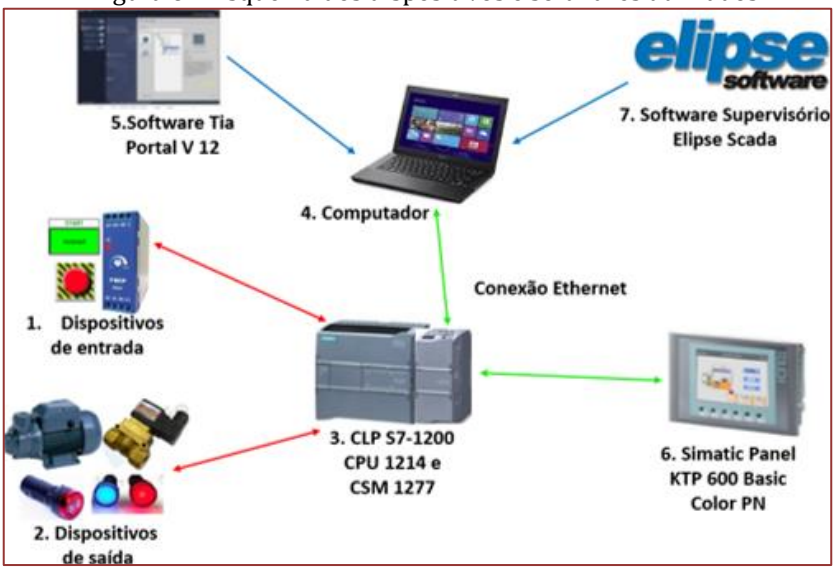
As tecnologias computacionais utilizadas para o desenvolvimento dos sistemas SCADA têm evoluído bastante nos últimos anos, de forma a permitir que, cada vez mais, aumente sua confiabilidade, flexibilidade e conectividade, além de incluir novas ferramentas que permitem diminuir cada vez mais o tempo gasto na configuração e adaptação do sistema às necessidades de cada instalação. (SILVA, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo será desenvolvido a partir da construção de um protótipo para simular um processo industrial no Laboratório de Automação da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), a partir de um tanque para controle local e remoto do nível de um líquido, a composição do mesmo está ilustrado na Figura 6.

Serão utilizados três botões virtuais, três sensores de nível para leitura de informações, uma bomba d´água, uma válvula solenoide, uma alarme sonoro, duas lâmpadas de sinalização, um CLP S7-1200 com um módulo de comunicação CSM 1277, um computador, um display IHM e os softwares: TIA Portal e Elipse Scada.

Figura 6 - Esquema dos dispositivos e softwares utilizados



Fonte: Própria autora (2019)

O desenvolvimento do protótipo teve por base a criação do protótipo por meio do Elipse Scada e configurações de entrada e saída no teste IHM. As telas em IHM foram projetadas para o controle do protótipo de acordo com as configurações de software do TIA Portal. As telas em supervisório SCADA serão responsáveis pelo monitoramento do protótipo, que terá como base de gerenciamento o TIA Portal e os dispositivos de saída para controlar as ações no protótipo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No projeto de automação todos os dispositivos de entrada e saída conectados ao CLP são variáveis do sistema, denominado *tags*. As *tags* representam as variáveis internas e externas em um processo automatizado e por meio delas será realiza a classificação do tipo de dado e o endereço físico que será alocado na memória do controlador. Isto permite a programação de controle do processo e a leitura/escrita tanto pela IHM como pelo supervisório.

Foram criadas dezesseis *tags* todas com valores de dados de tipo booleano (*bool*) que possuem comprimento de um bits na memória do controlador e suas faixas de valores são verdadeiro ou falso, zero ou um devido todos os dispositivos utilizados no protótipo lêem grandeza de valores discretos. O endereço de cada variável é representado por I, Q e M que são entradas, saídas e memórias respectivamente.

No Quadro 1 é possível visualizar uma pré-estrutura de todas as *tags* que serão criadas com seus respectivos endereços, tipo de dado e comentário correspodente a cada variável do sistema.

Quadro 1 – Esquema de tags do sistema

Variável (Tag)	Tipo de dado	Endereço	Descrição
SNBC	Bool	%I0.2	Sensor de nível baixo crítico
Nível padrão	Bool	%I0.3	Sensor de controle de nível do processo
SNAC	Bool	%I0.4	Sensor de nível alto crítico
M_Enche	Bool	% M0.0	Memória de enchimento do tanque
M_Esvazeia	Bool	%M0.1	Memória de esvaziamento do tanque
M_AlBC	Bool	%M0.2	Memória de alarme tanque em situanção de nível de baixo crítico
M_AlAC	Bool	%M0.3	Memória de alarme tanque em situanção de nível de alto crítico
Start	Bool	%M0.4	Botão virtual IHM/SCADA que inícia o processo de forma automática
Emergency	Bool	%M0.5	Botão virtual IHM/SCADA que para o processo
OFF Alarme	Bool	%M0.6	Botão virtual IHM/SCADA desliga o alarme
Bd'agua	Bool	%Q0.0	Motor bomba d'água
Vsolen	Bool	%Q0.1	Válvula solenoide
Alson	Bool	%Q0.2	Alarme sonoro
SONBC	Bool	%Q0.3	Lâmpada que sinaliza que o nível do tanque está abaixo do padrão
SONAC	Bool	%Q0.4	Lâmpada que sinaliza que o nível do tanque está acima do padrão

Fonte: Própria autora (2019)

Em um projeto de controle de qualquer uma aplicação há a necessidade de uma série de estudos iniciais sobre o controle a ser aplicado para que haja o entendimento do processo de forma que se torne mais simples e mais rápida a definição dos tipos de sensores e atuadores a serem utilizado para a otimização.

Os resultados apresentaram uma regularidade de produção no desenvolvimento do processo industrial. As análises foram observadas também por Souza (2016), que identificou a variação dos resultados iniciais em um protótipo de segurança, cuja aplicação em Elipse Scada utilizou sensores externos de medição e controle. Venturelli (2019) também apresentou o estudo da manutenção 4.0 no desenvolvimento de ações de prorótipos de automação, tal qual foi apresentado e alicerçado o desenvolvimento da presente pesquisa. Ambos os estudos obsevaram que os sesnores e atuadores dentro da plataforma IHM e Elipse Scada dinamizam com maior controle e eficiência um sistema de sinalização por meio das diretrizes da automação industrial e da indústria 4.0.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho abordou as definições de todos os componentes envolvidos para concretização e conclusão do tanque: dispositivos de entrada (sensores) e saída (atuadores), CLP, IHM e sistema SCADA. A proposta do estudo foi de utilizar recursos existentes da automação em um protótipo desenvolvido para simular um processo industrial, que consistiu em um tanque para controlar o nível do seu líquido.

Os resultados apresentaram uma regularidade de produção no desenvolvimento do processo industrial, mas uma vez, mostrando a funcionalidade de processos automatizados em um sistema produtivo. Embora seja uma área em constante crescimento e, onde muito já se conhece sobre as vantagens de suas inúmeras aplicações, é um fato que o desconhecido também é um universo considerável. Cada estudo realizado contribui para consolidar as vanbtagens de sua aplicabilidade e, incentivar estudos futuros.

REFERÊNCIAS

[1] CAPELLI, A. Automação Industrial. Ed. Érica: São Paulo, 2017.

[2] COELHO, Pedro Miguel Nogueira. Rumo a Indústria 4.0. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

[3] MAXFIELD, A. Automação e processos. [Sl. s.n.]. 2017.

[4] OGATA, Katsuhiko. Engenharia do Controle Moderno. Editora: Prentice-Hall, 2015.

[5] OLIVEIRA, O. R. R. Aplicação de um sistema SCADA utilizando tecnologia OPC para coleta de dados: estudo de caso em uma máquina do setor têxtil. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2015.

[6] SIQUEIRA, Lucas Matias de. Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica. Juiz de Fora, 2015.

[7] SILVA, Danilo Goulart da. Indústria 4.0: Conceitos, tendências e desafios. 2017. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Tecnologia. Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

[8] SILVEIRA, C. B., LOPES. G. C. O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. Citisystems. 2017. Disponível em: <http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 01 nov. 2019.

[9] SOUZA, Ciro Manarin Nunes de. Sistema de segurança residencial utilizando a plataforma Arduino e o Supervisório Elipse E3. 2016. 64 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Departamento de Ciências Tecnológicas, Bacharelado em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

[10] VENTURELLI, Márcio. O Ensino da Indústria 4.0: uma Proposta e um Ensaio Técnico e Didático. São Paulo: MHV, 2016.

[11] VENTURELLI, Márcio. Manutenção 4.0: Os Impactos na Manutenção Industrial com a Digitalização e a Indústria 4.0. São Paulo: MHV, 2019.

Capítulo 6

Implantação de sistema de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos em uma unidade comercial

Gabriel de Andrade Aleli
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A busca por sistemas diferentes de geração de energia elétrica vem crescendo a cada dia. Da mesma maneira que o setor industrial, os consumidores residenciais buscam a cada dia formas de gerar sua própria energia de consumo, para que possam assim ter a redução do seu custo mensal e consequentemente aliviar o parque energético nacional. Propenso a esta situação atual, projetou-se um sistema fotovoltaico em uma residência conectado a rede de distribuição, também conhecido como On-Grid. O sistema foi projetado para uma residência em Manaus-AM e, foi observado o dimensionamento do sistema, o consumo médio anual da unidade consumidora e o tempo de retorno do valor investido no sistema. Para auxiliar no progresso do projeto, foram utilizados alguns programas como AutoCad, Pro-Elétrica e Excel. Para fundamentar a parte econômica foi realizado o estudo de Payback. A partir desses dados, foi possível avaliar a viabilidade de implantação do sistema.

Palavras-Chave: Sistema On-Grid, desempenho energético, economia.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento e avanço tecnológico e industrial, além do populacional, e o passar dos tempos foi-se tendo uma ideia de que a geração de energia elétrica logo teria que passar por um processo de grande avanço ou renovação, pois as fontes mais tradicionais como hidrelétrica e por meio da combustão do petróleo, não supririam a necessidade de consumo de todo o planeta.

Além disso, nas últimas décadas, temos uma grande conscientização ambiental, onde empresas e concessionárias de energia buscam novas formas de organização e produção de energia com a finalidade de não impactar de forma negativa o meio ambiente.

Em tempos passados, o Brasil possuía uma grande dependência dos combustíveis fósseis, e isso se alarmou com a crise do petróleo, que além de acarretar danos ao parque de geração de energia elétrica, também afetou diretamente na economia do país, pois se subentende o grande impacto que isso traz economicamente e para o desenvolvimento da sociedade. Esse fato evidencia a necessidade de busca por novas fontes para geração de energia elétrica, visto que todos os fatos relatados, implicam grandes prejuízos em diversos setores sociais.

As fontes de energia renováveis tem papel de grande relevância nesse quesito, pois suas fontes são capazes de se manterem disponíveis por longos períodos, contando com recursos que se regeneram e se mantém disponíveis ao longo do tempo. Existem vários exemplos, dentre eles os mais comuns e mais procurados são energia solar, energia eólica, energia hídrica, energia através da biomassa, energia geotérmica, energia das ondas das marés. Como podemos ver todas elas contam com recursos inesgotáveis na natureza, e com isso percebemos o grande valor que podem agregar ao parque de geração de energia mundial.

A energia elétrica tem um papel de grande importância na vida humana, seja para utilização residencial, comercial ou industrial, pois se apresenta como um dos insumos primários para o desenvolvimento econômico, tecnológico e social do globo.

Diante de todo esse avanço e uma real preocupação com o parque energético, a cada dia temos uma maior influência das fontes renováveis em nossas vidas. Estamos tendo uma maior iniciativa dos governos, federal e estadual, que juntamente com as concessionárias, tentam de maneira conjunta buscar um avanço para o melhor da sociedade. Economicamente falando, também estamos vivendo dias mais propícios a instalação dos painéis fotovoltaicos, visto que sua aquisição vem se encaixando melhor a cada realidade, seja ela comercial ou residencial.

Diante do contexto acima comentado, este trabalho pretende mostrar todo o processo de implantação e projeto para geração de energia solar por meio dos painéis fotovoltaicos de uma empresa particular situada em Manaus. Mostrando ao cliente todos os processos econômicos, tanto de investimento inicial quanto, o retorno ao longo do tempo junto a sua conta de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA IRRADIAÇÃO SOLAR

A todo o momento o Sol envia a Terra, que seria equivalente a 10 mil vezes o consumo de energia de todo o planeta, e tornando o sol uma fonte de energia inesgotável. Partindo deste princípio, entendemos o quanto a exploração de cada dia mais aperfeiçoar a geração de energia elétrica por meio dos raios solares pode estar levando não só o Brasil, mas o mundo, há dias melhores no que remete a geração de energia elétrica.

O Brasil possui um grande proveito no que se diz respeito a sua localização geográfica, pois se encontra próximo a faixa do equador, e isso nos assegura um índice de radiação dos raios solares relevantes, conforme Ministério de Minas e Energia são de aproximadamente 50% a mais que a energia consumida em todo território brasileiro.

A Figura 1 mostra uma média anual da radiação solar distribuída pelo país, é provável que o valor máximo dessa radiação seja de 6,5 kWh/m^2 dia, acontecendo pelo norte da Bahia, região que tem um clima bem quente, semiárido, e com poucos incidentes de chuva durante o ano, o que é de grande relevância para o assunto proposto.

Figura 1: Radiação solar no Brasil



Fonte: ATLAS brasileiro de energia solar, 2017

A radiação solar conserva enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação para conversão em outras formas de energia. Com isso a geração de energia elétrica através das diversas formas disponíveis como, energia solar foto térmica, arquitetura bioclimática, energia solar fotovoltaica.

2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema de geração de energia fotovoltaico faz a conversão da energia captada da irradiação dos raios solares em energia elétrica. Esses sistemas podem ser autônomos ou conectados a rede da concessionária, o primeiro é mais utilizado em zonas rurais onde não se tem rede elétrica, já o segundo opera em paralelo a rede de distribuição de energia local, atende residências, empresas e demais estabelecimentos. Um fator de grande relevância, é o fato da geração fotovoltaica não agredir o meio ambiente de nenhuma forma em sua operação, pois não há liberação de quaisquer meios tóxicos e poluentes ao ecossistema.

O principal componente do sistema são os módulos fotovoltaicos, atualmente os mais utilizados são feitos de silício e podem ser do tipo monocristalino ou policristalino, mostrados na Figura 2, os módulos são compostos por diversas células que são responsáveis por fazer a conversão da energia irradiada por meio dos raios solares em energia elétrica. Além dos módulos, existem ainda acumuladores eletroquímicos, controladores de carga, inversores e dispositivos de proteção, todos esses componentes fazem parte do sistema completo de geração.

Segundo Pinho e Galdino (2014), destacam também que os painéis de silício cristalino representam mais de 80% dos módulos comercializados em todo o mundo. Os monocristalinos são produzidos com grandes cristais de silício, por isso possui um valor mais elevado, contudo são mais eficientes que os demais. Já os módulos policristalinos são compostos de diversos cristais menores de silício e são mais comuns de serem encontrados nos meios comerciais e nas aplicações dos sistemas instalados no mundo.

Figura 2: Painel fotovoltaico Monocristalino



Fonte: Falcão (2005)

Como já mencionado, o inversor é um dos componentes mais importantes para o sistema fotovoltaico, pois ele capta a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos que é em corrente contínua (CC), e a converte em corrente alternada (CA), caso seja necessário. Temos também os dispositivos de proteção do sistema, que tem a finalidade de interromper o fornecimento de energia para possibilitar uma manutenção ou algo parecido no sistema, além de resguardar o sistema de possíveis curtos-circuitos e sobre tensão (Figura 3).

Figura 3: Funcionamento do inversor de frequência



Fonte: FRONIUS (2015).

Os sistemas fotovoltaicos são comumente classificados em: Conectados à rede (on-grid) ou isolados (off-grid). Os sistemas conectados à rede são aqueles que a geração é transferida diretamente a rede e, portanto, devem estar de acordos com as normas vigentes pela concessionária local, que no Brasil está regulamentado sob a Resolução Normativa ANEEL n°482/2017. Nos sistemas off-grid não há conexão com a rede elétrica da concessionária, e com isso necessita de algum componente ou dispositivo para o armazenamento da energia produzida pelos painéis, atualmente é feito através de bancos de baterias na maior parte dos sistemas isolados no mundo, conforme Almeida (2012). Com isso, para os sistemas conectados à rede são utilizados medidores eletrônicos que contabilizam a energia transferida do sistema para a rede elétrica.

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONETADOS A REDE (SRFC)

O sistema SFCR tem como uma das principais características a geração de energia elétrica para atender uma determinada situação, e ainda ter a possibilidade de disponibilizar essa energia na rede convencional, o que gera uma "sobra", e com isso transformar em crédito ou outras possibilidades dentro das normas vigentes da concessionária local de energia elétrica. Isso sem dúvida é uma grande vantagem a ser

pensada para implantação do sistema, pois diante dos grandes centros urbanos, onde muitas vezes não temos um fornecimento de energia tão estável e de qualidade, além das tarifas estarem a cada dia com um custo maior para o consumidor brasileiro.

No sistema utiliza-se, os módulos, o inversor de corrente elétrica, fios, quadro elétrico e um medidor de energia, constituindo assim um sistema adequado para micro e mini usinas de distribuição, também conhecido como sistemas descentralizados, enquanto os sistemas centralizados constituem usinas de energia elétrica. De acordo com a Resolução n° 482, de abril de 2017, está previsto o acordo entre a distribuidora de energia e o consumidor para a compensação da energia gerada pelos módulos e fazer com que esse "excesso" se transforme em crédito para uso em um prazo determinado.

2.4 CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS

O efeito fotovoltaico é o princípio de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando este é exposto à luz visível. Os dois efeitos estão relacionados, mas são processos diferentes. Foi observado pela primeira vez pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1839 (utilizando o primeiro componente eletrônico da história) e, devido à similaridade, foi confundido com o efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando exposto à radiação eletromagnética de frequência alta o suficiente (e que varia para cada material) para que os seus fótons energizem os elétrons do material. A unidade básica responsável pela conversão da energia solar em elétrica é a célula fotovoltaica. As células geram corrente elétrica a partir de um fenômeno físico chamado efeito fotovoltaico.

As células fotovoltaicas são divididas em alguns tipos, como por exemplo: Silício Cristalino, filme fino (Thin-film) e heterojunção (HJT). Como já relatado, as mais aplicadas no mercado mundial são as de silício, que são fatias de silício cristalino preparado quimicamente para produzirem energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico, esse material também é conhecido como "silício de grau solar".

2.5 PAINÉIS OU MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS

Ao pensarmos na eficiência das células fotovoltaicas, logo temos uma desvantagem pois as mesmas possuem um tamanho não vantajoso no sentido de capacidade de geração, que podem gerar em tensão aproximada de 0,6 V, o que seria inviável. Portanto, para obter energia em grandes proporções e assim poder suprir a necessidade energética demandada para cada situação, a solução foi reunião uma grande quantidade de células, formando os módulos fotovoltaicos. Os módulos são o agrupamento de diversas células solares, normalmente elas são ligadas em séria entre elas, pois assim temos um maior valor de tensão resultante, dessa forma o terminal frontal da primeira célula é conectado ao terminal base da seguinte e assim sucessivamente, até que tenhamos a tensão necessária. Sendo assim, fabricante utilizam várias células por módulo, dependendo de cada sistema proposto, chegando até a 70 V, e a corrente elétrica depende da irradiação solar que está sobre os módulos, portanto pode variar de região para região.

O grande segredo é o posicionamento das placas solares de modo que recebam uma maior radiação solar direta, sem a interferência de sombras, aproveitando assim essa fonte de energia renovável tão abundante que é o sol. Sua estrutura e produzida a partir de blocos montada em quadros, geralmente o alumínio e o material usado para seus blocos por apresentar maior rigidez e facilitando o manuseio.

A incidência direta da radiação solar é de grande importância para que as células fotovoltaicas apresentem a melhor eficiência na conversão da radiação solar em energia elétrica, pois, quanto mais luz direta o painel fotovoltaico recebe, mais energia elétrica será gerada. Isto porque, o funcionamento das células fotovoltaicas que compõem os módulos fotovoltaicos é extremamente dependente da entrada das partículas de luz (os fótons) em seu interior. Isso explica a instalação dos módulos serem instalados na maioria dos casos em telhados ou na parte superior da edificação, pois assim estão diretamente em contato maior com os raios solares.

2.6 CONCESSÃO DE CONEXÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO CONFORME ANEEL.

A agência Nacional de Energia elétrica – ANEEL regula ações relacionadas à energia elétrica disponibilizada para o consumidor geral em todo o território brasileiro. Ela desenvolveu várias resoluções e diretrizes para dar os padrões e regulamentar as conexões do sistema de geração fotovoltaico com a rede de distribuição da concessionária local. Dentre essas resoluções, estão os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, dentre algum desses critérios estão as solicitações de acesso a rede de destruição local, e que os procedimentos de acesso devem atender aos padrões de desempenho e qualidade do serviço de distribuição, sempre prezando pela segurança, a eficiência e a confiabilidade do sistema e das conexões existentes no próprio.

Os serviços que são cobrados, realizados a pedido do acessante, serão definidos em regulamento específico da ANEEL, a cobrança desses serviços é opcional e só poderá ser cobrado em contra partida de serviço efetivamente executado pela distribuidora. Na primeira vistoria que for realizada não haverá cobrança, sendo que essa vistoria deve ser acompanhada por algum representante do acessante, salvo se tiver alguma restrição em contrato em relação a isso. A acessada deverá fornecer todas as informações e dados ao acessante no que se refere ao sistema elétrico necessário para a elaboração do projeto ou estudo, sempre que houver necessidade e sem quaisquer ônus para o interessado (ANEEL).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Visando a melhoria sustentável do consumo de energia elétrica da empresa, e consequentemente o alívio econômico visto que passamos por momentos difíceis de crise no país, o projeto foi desenvolvido visando alinhar todos esses parâmetros para que tivéssemos um resultado positivo. Portanto, o projeto foi desenvolvido para suprir toda a demanda energética da empresa, visto que temos uma boa área de cobertura para a instalação dos painéis e com isso gerar a demanda para prover as necessidades.

Com isso, temos a geração projetada nos painéis durante o período de tempo estipulado, tendo o retorno mensal esperado, criando créditos junto à concessionária de energia e pelo cálculo apresentado do retorno investido, teremos o sistema pago e funcionando perfeitamente.

O projeto proposto parte do levantamento bibliográfico e técnico da área, conhecimento das normas regulamentadoras, coleta de informações da unidade consumidora e do local físico de instalação dos painéis fotovoltaicos. Após os painéis e demais componentes instalados, prepara-se a documentação técnica que compõe o projeto, como o memorial descritivo, especificação técnica do projeto.

Também compondo a parte técnica, solicitam-se os formulários da concessionária de energia para homologação do projeto, para que assim possamos solicitar a vistoria e posteriormente fazer à conexão do sistema a rede pública.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As melhorias propostas nesse projeto foram implantadas em uma empresa de projetos em Engenharia, Arquitetura e serviços técnicos afins, compreendendo uma área de 421,80 m2, localizada no bairro Nossa senhora das Graças, situada na região centro-sul cidade de Manaus, estado do Amazonas. Na Figura 4 a área em vermelho é a cobertura da edificação onde será locado os painéis fotovoltaicos.

A coleta dos dados foi realizada no mês de janeiro de 2020, através do projeto arquitetônico desenvolvido pela equipe de Arquitetura da empresa, partindo assim para o desenvolvimento do projeto. A empresa tem expediente de trabalho em horário comercial, tendo início às 8h, e término às 18h.

Figura 4: Planta de localização da edificação



Fonte: Próprio autor (2020)

3.2 MATERIAIS E FERRAMENTAS

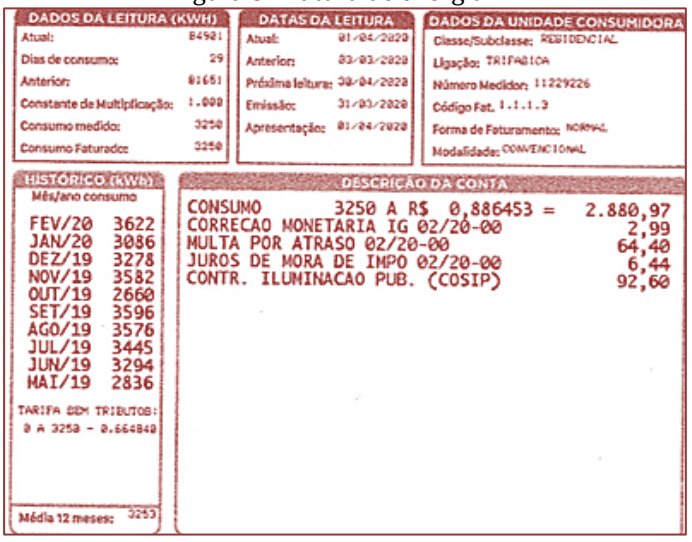
Para a realização do trabalho foi necessário a utilização de algumas ferramentas para auxiliar e alcançar os resultados esperados. Na etapa de projeto, foram utilizados os softwares, AutoCad, para realização de ajustes e diagramas, bem como o Pró-Elétrica para o dimensionado das placas. Para a análise financeira utilizamos o Microsoft Excel, ferramenta do pacote Office.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE CONSUMO ENERGÉTICO

Para iniciar ao projeto, é preciso analizar a conta de energia da unidade consumidora (Figura 5), para que possamos absorver algumas informações de grande relevância para continuidade do projeto, como por exemplo o consumo médio de energia, e a classe em que a empresa se encontra. Partindo dessa análise, podemos iniciar os próximos passos do projeto. Conforme resolução vigente no Brasil, para consumidores residenciais trifásicos, é preciso efetuar o pagamento da taxa minima de 100 kWh/mês, mesmo que a geração seja maior que a necessidade energética da empresa, o que é o propósito do projeto. Para Alves (2018), a conta de energia elétrica de cada concessionária pode trazer informações relevantes e norteiam o projeto fotovoltaico, visto que a partir dela que temos informaçãos para dar andamento ao projeto que supra a necessidade energética do empreendimento estudado. Ele ressalta a importância da leitura desses dados, pois são dados técnicos que requerem um estudo e conhecimento permitindo um dimensionamento eficaz do sistema.

Figura 5 - Fatura de energia



DADOS DA LEITURA (KWH)

Atual:	84981
Dias de consumo:	29
Anterior:	81651
Constante de Multiplicação:	1.000
Consumo medido:	3250
Consumo Faturado:	3250

DATAS DA LEITURA

Atual:	01/04/2020
Anterior:	03/03/2020
Próxima leitura:	30/04/2020
Emissão:	31/03/2020
Apresentação:	01/04/2020

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

Classe/Subclasse:	RESIDENCIAL
Ligação:	TRIFÁSICA
Número Medidor:	11229226
Código Fat.	1.1.1.3
Forma de Faturamento:	NORMAL
Modalidade:	CONVENCIONAL

HISTÓRICO (kWh)

Mês/ano consumo

FEV/20	3622
JAN/20	3086
DEZ/19	3278
NOV/19	3582
OUT/19	2660
SET/19	3596
AGO/19	3576
JUL/19	3445
JUN/19	3294
MAI/19	2836

TARIFA SEM TRIBUTOS:
0 A 3250 - 0,664848

Média 12 meses: 3253

DESCRIÇÃO DA CONTA

CONSUMO	3250 A R$ 0,886453 =	2.880,97
CORRECAO MONETARIA IG 02/20-00		2,99
MULTA POR ATRASO 02/20-00		64,40
JUROS DE MORA DE IMPO 02/20-00		6,44
CONTR. ILUMINACAO PUB. (COSIP)		92,60

Fonte: Próprio autor (2020)

A Tabela 1 mostra os valores de energia consumida durante meses, valores estes retirados da conta de energia da empresa, resaltando que desses valores já descontado o valor da taxa de ultilização trifásica de 100 kWh/mês.

Tabela 1 - Dados de consumo retirado da conta de energia da empresa

PERIODO	CONSUMO MENSAL (kWh/mês)
Jan	2736
fev	3194
Mar	3345
Abr	3476
Mai	3495
Jun	2560
Jul	3482
Ago	3178
Set	2986
Out	3522
Nov	2880
Dez	2980
MEDIA MENSAL ANUAL	3153
MÉDIA DIÁRIA	105

Fonte: Próprio autor (2020)

Com isso, o sitema precisa gerar 3153 kWh/mês, passando em valor para dia, temos a média diária conforme a tabela 02, DE 105,1 kWh/dia.

4.2 DADOS SOLÁRIMÉTRICOS

Para acharmos esse valor de forma simples, vamos utilizar o conceito de HSP (Horas de sol pico). O projeto foi instalado na cidade de Manaus, região norte do pais, este conceito se baseia no gráfico de irradiação solar ao longo do dia, onde percebemos que a partir das primeiras horas do dia a irradiação solar vai aumentando até atingir seu valor máximo, por volta das 12h. A partir daí a tendência é a irradiação diminuir gradativamente até o anoitecer. Os dados mostrados na Tabela 3 apontam a irradiação solar média de E = 4,32 kWh/m^2.dia, são retirados do programa SunData disponibilizado no CRESESB.

Tabela 2 - Dados HSP-CRESESB

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m^2.dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	3,95	4,02	4,04	3,83	3,88	4,39	4,43	4,93	4,89	4,78	4,63	4,12	4,32	1,10
✓	Ângulo igual a latitude	3° N	3,89	3,98	4,04	3,86	3,94	4,49	4,52	5,00	4,90	4,74	4,56	4,05	4,33	1,14
✓	Maior média anual	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16
✓	Maior mínimo mensal	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16

Fonte: Programa SunData – (CRESESB 2020)

Portanto, utilizamos para dimensionamento os dados de irradiação para o plano horizontal, pois este tem a média menor comparada aos dados obtidos para o plano inclinado.

Segundo Goetze (2017), o usuário define a angulação que será locada os painéis para melhor captação dos raios solares, baseando-se sempre no ângulo de orientação azimutal e o coeficiente de reflexão. Ele também afirma que a melhor orientação deve estar voltada para a linha do equador, para que assim os painéis possam ter maior produção onde a luz incide, o mais perpendicular possível ao plano dos módulos fotovoltaicos, o que equivale aproximadamente ao valor da latitude local onde os painéis estão sendo instalados.

4.3 DIMENSIONAMENTO

Para dimensionar e realizar o projeto foi utilizado o software AutoCad e o PróElétrica. Inicialmente foi determinado os painéis que seriam usados no projeto. Optou-se pelo modelo Trinasolar, modelo TSM-DE15MII, com potência de 400 Wp e eficiêcia de 19,7%. A escolha deste painel está vinculada a disponibilidade do kit de geração fotovoltaico adquitido para o desenvolvimento do projeto. Como já mensionado, é de grande relevância para a escolha dos painéis, a eficiência do mesmo de geração, visto que o escolhido tem uma das melhores do mercado. Isso se explica pela matéria prima que compõe o painel, células fotovoltaicas monocristalinas, além de baixos coeficientes térmicos para maior produção de energia em alta temperatura de operação. Algumas informações técnicas, e dados relevantes relacionados ao painel estão mencionados na Tabela 3.

Tabela 3 - Características técnicas dos painéis solares

Potência máxima em watts-P_{MAX} (Wp)*	390	395	400	405	410
Tolerância de saída de energia-P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Potência máxima de tensão-V_{MPP} (V)	40,0	40,1	40,3	40,5	40,7
Corrente máxima de potência-I_{MPP} (A)	9,75	9,86	9,92	10,00	10,07
Voltagem de circuito aberto-V_{OC} (V)	48,5	48,7	49,0	49,2	49,4
Corrente de curto-circuito-I_{SC} (A)	10,30	10,37	10,45	10,52	10,59
Eficiência do módulo n_m (%)	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2

Fonte: Próprio autor (2020)

A equação utilizada para calcular a quantidade de painéis fotovoltaicos para atender a demanda energetica, é:

$$Potência_{Painéis} = \frac{Energia_{geração}}{Tempo\ .\ n_{redimento}} \quad (1)$$

para isso temos:

Energia *geração*= (3253 – 100) kWh/30dias
Energia *geração*= 105,1 kWh/dia

Para este cálculo foi adotada a eficiência de p = 0,80, sendo assim com 20% de perda conforme proposto por Miranda (2016). Foi utilizado no dimensionamento o Consumo mensal de 3253 kWh conforme apurado na unidade consumidora, o valor referente a cobrança minima é de 100, com base na ligação com a rede da concecionária de energia, no caso ligação trifásica. Para encontrar a variável tempo de exposição, que basicamente é o tempo que os painéis solares ficarão expostos a radiação solar diariamente, para encontar esse valor de forma simples, foi utilizado o conceito de HSP (Horas de Sol Pico), esse conceito se baseia no gráfico de irradiação solar por dia que nos mostra que nas primeiras horas do dia a irradiação solar vai aumentando até atingir valor máximo, após isso começa a diminuir até o anoitecer. Portando de acordo com a informação já coletada, que é de E= 4,32 kWh/m^2.dia. Com isso, podemos finalizar a fórmula e definir a quantidade de painéis necessários:

$$Potência_{Painéis} = \frac{105{,}1}{4{,}32\ .\ 0{,}80}$$

$$Potncia_{painéis} = 30{,}7\ KW$$

Portanto, somando a potência individual de cada painel, temos que ter pelo menos 30,37 kW para conseguirmos gerar a energia de geração que precisamos. A partir dessas informações, vamos agora definir a quatidade de painéis, como estamos utilizando painéis de 400W, então temos:

Quantidade *painéis* = 30,37kW/400W
Quantidade *painéis*= 75,925
Quantidade *painéis*= 76

Sendo assim, arredondamos a quatidade para cima para garantir que a energia gerada seja o mínimo, de acordo com os cálculos apresentados para este projeto.

O inversor escolhido para utilização no projeto tem como primícia a potência instalada do sistema. No projeto, foi utilizado o inversor fabricado pela empresa Fronius, modelo Fronius ECO 27.0-3-S e preenche todos os requisitos para aplicação em instalações de grande escala, e estabelece novos padrões com a sua classe de proteção IP 66. A Tabela 4 mostra alguns dados técnicos relevantes para o dimensionamento do inversor.

Tabela 4 - Características técnicas do inversor solar

DADOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Max. corrente de entrada($I_{dc\ max}$)	44.2 A	47.7 A
Max. conjunto corrente curto-circuito	66.3 A	71.6 A
Min. tensão de entrada ($U_{dc\ min}$)	580 V	
Feed-in tensão de entrada ($U_{dc\ start}$)	650 V	
Tensão nominal de entrada ($U_{dc,r}$)	580 V	
Max. tensão de entrada ($U_{dc\ max}$)	1,000 V	
Faixa de tensão MPP ($U_{mpp\ min}$ – $U_{mpp\ max}$)	580 - 850 V	
Numeros de rastreadores MPP	1	
Numero de conexões CC	6	

DADOS DE SAÍDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Tensão nominal de saída ($P_{ac,r}$)	25,000 W	27,000 W
Max.potência de saida	25,000 VA	27,000 VA
Max. corrente de saída ($I_{ac\ nom}$)	36.1 A	39.0 A
Conexão a rede (faixa de tensão)	3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frequencia	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Distorção harmônica total	< 2.0 %	
Fator de potência (cos $\varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.	

Fonte: Fronius (2020)

Neste projeto compondo a proteção do sitema CC (Figura 6) o modelo do inversor já dispõe das proteções acopladas, juntamente com os equipamentos que compõem o inversor.

Figura 6 - Proteção do sistema CC



Fonte: Fronius (2020)

A proteção contra sobretensão, ilustrado na Figura 7, e o pararraios para descargas atmosféricas diretas ou indiretas são particularmente adequados para uso em conjunto com o inversor, podendo ser aplicados

em duas opções, uma com MPPT simples a outra com MMPT multi. A proteção contra sobretensão é fornecida de forma pré instalada e completamente cabeada.

Figura 7 - Dispositivos de proteção do sistema



Fonte: Fronius (2020)

O cabeamento utilizado para realizar todas as ligações e conexões entre os painéis, proteção, tanto do lado CC, quando CA, atendem a norma ABNT NBR 16612, com cobertura para tensão de até 1,8 kV E a norma ABNT NBR NM 280 contendo fios de cobre eletrolítico estanhado, encordoamento flexível classe 5 com seção de 4 mm^2.

Na saída do inversor solar, após a passagem da corrente elétrica CA, foram instalado disjuntor tripolar de 70 A e dois DPS classe II, juntamente com disjuntores térmicos de 70 A.

Conforme analisado por Stankiewicz (2018), o dimensionamento do sistema fotovoltaico parte das especificações técnicas dos principais componentes do sistema, como os painéis fotovoltaicos, os inversores e string Box. Ao calcular o número de módulos que um projeto vai precisar, frisa a relevância da atenção do projetista para as tensões máxima potência de circuito aberto dos módulos, bem como a faixa de operação de tensão de entrada do inversor, portando o número de módulos e o inversor seguem essas características. Stankiewicz (2018) reforça então a importância de comparação dos dados técnicos de cada componente, bem como os cabos a serem utilizados respeitando a impedância de entrada e saída de cada componente do sistema, para ele esses são critérios imprescindíveis para que o sistema gerador tenha eficiência até maior que a prometida pelo fabricante.

4.4 ESTIMATIVA DE CONSUMO MÉDIO ANUAL

Após o dimensionamento do sistema, foi previsto uma geração de energia conforme a quantidade de painéis que irão compor o projeto, visto que, será adquirido um kit com uma quantidade superior de placas, pois futuramente deseja-se ampliar a capacidade da unidade consumidora da empresa (Tabela 5). Como já visto, pode acontecer de alguns meses a geração da energia elétrica ser maior que o consumo da unidade consumidora, e com isso o excesso irá compensar, em créditos junto à concessionária de energia, para compensação em meses futuros, conforme a resolução da ANEEL 687/2019.

Tabela 5 - Estimativa de consumo

Parâmetros	jan/2021	fev/2021	mar/2021	abr/2021	mai/2021	jun/2021	jul/2021	ago/2021	set/2021	out/2021	nov/2021	dez/2021
Consumo de energia/Dimensionado (kWh/mês)	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Irradiação solar (kWh/m².dia)	3,95	4,02	4,04	3,83	3,88	4,39	4,43	4,93	4,89	4,78	4,63	4,12
Estimativa de geração (kWh/mês)	3250	3330	3358	3237	3254	3450	3498	3539	3529	3508	3501	3402

Fonte: Próprio autor (2020)

Conforme estudo realizado por Deotti (2018), para que se tenha uma estimativa de geração adequada para cada sistema, é imprescindível que os componentes do sistema estejam alinhados em funcionamento

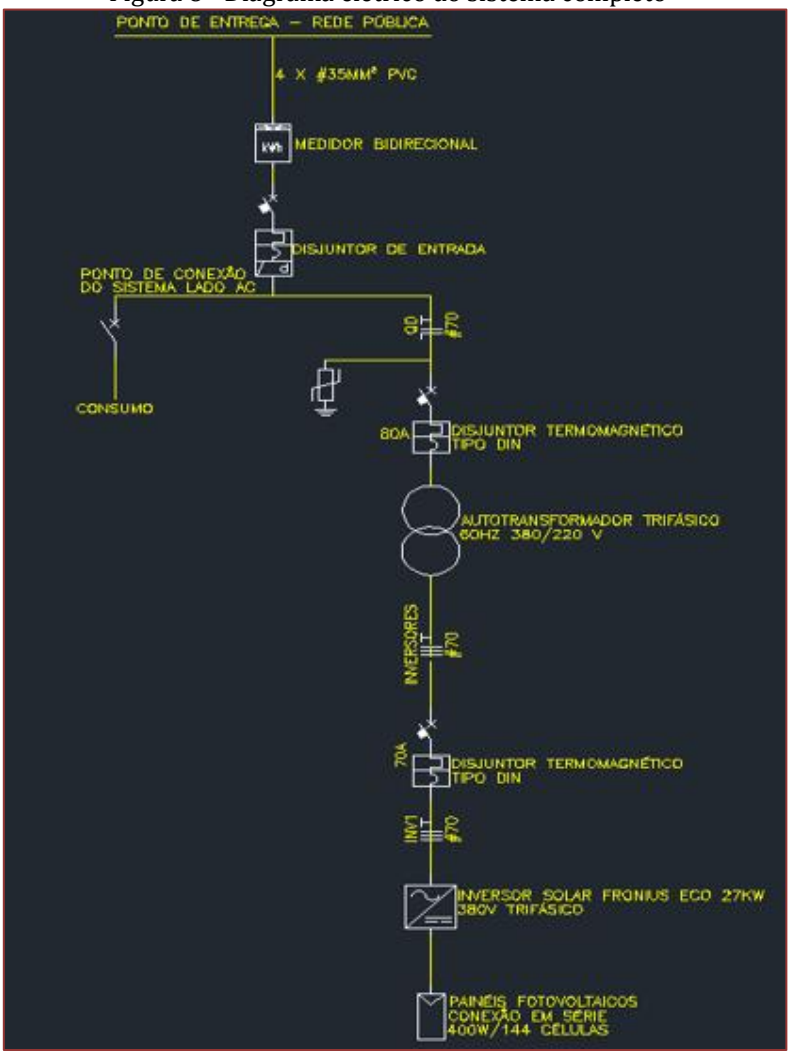
correto, para que assim o sistema possa ter a aficiência esperada, ou quem sabe até superior, afirma ainda a relevância da localidade tem sobre o aspecto geração, pois as influências locais implicam sobre o resultado final do sistema. Mostra outro ponto de análise, que são as curvas de demanda diária, obtidas através da pesquisa de posse e hábitos de uso, feito pela concessionária local, são de grande destaque para a análise de consumo anual.

4.5 DIAGRAMAS ELÉTRICOS DO SISTEMA

Para compor o projeto, foi desenvolvido o diagrama unifilar, para apresentar de forma esquemática, e de fácil visualização, todas as fases do projeto. O diagrama é de grande importância na instaçalção e composição da documentação necessária para legalização do sistema junto a concessionária de energia, pois nele já constam informações de grande relevância para análise do projeto. Pode-se também notar informações do dimensionamento do projeto, como dados dos painiéis fotovoltaicos, inversor e proteções utilizadas no sistema, por isso, o diagrama unifilar se torna irrelevante para a composição do projeto.

Com todos os dados calculados no dimensionamento, as seções dos cabos e as proteções utilizadas, o projeto foi desenvolvido utilizando a proteção, composta por dispositivos contra surtos de corrente que podem vir a acontecer sobre o sistema, conforme Figura 8.

Figura 8 - Diagrama elétrico do sistema completo



Fonte: Próprio autor (2020)

4.6 RETORNO DO INVESTIMENTO FINANCEIRO (PAYBACK)

Para o estudo do financeiro do sistema foram avaliados por um periodo de payback simples de investimento e a taxa de retorno. Com isso, conseideramos o total de energia gerada pelo sistema, o custo do kWh em reais com impostos, que seriam pagos pela concessionária de energia local, caso fosse feito o consumo total pela unidade consumidora.

Como o projeto é de cunho acadêmico, foram feitas pesquisas de mercado com profissionais qualificados para desempanhar tais atividades, sendo assim levaremos como base um valor médio para a mão de obra de instalação do sistema. Dentre as atividades constam, diagramas necessários, memoriais, e a homologação do sistema junto a concessionária (Tabela 6).

Tabela 6: Descrição dos serviços do projeto

Parâmetros	Valor
Kit de fotovoltáico	120.509,00
materiais para acabamento	103,8
Proteção CA	845,65
Aterramento	547,76
Mão de obra	15.000,00
Total	137.006,21

Fonte: Próprio autor (2020)

De acordo com o fabricante do kit de geração fotovoltaico, o sistema se mantém em operação por aproximadamente 25 anos, chegando assim a 0,8 % de depreciação por ano, caso seja considerada para fins de cálculo.

Considerando o preço médio de R$ 0,8864 kWh que se encontra na conta de energia da edificação, e a geração média de 3450 kWh, o valor médio da fatura, que será gerado pelo sistema implementado é:

$$E= 3450kWh * (0,8864/kWh) = 3058,08\ R\$/Mês$$

Lembrando que esse valor é um valor médio aproximado, por sabemso de inúmeros fatores que podem estar influenciando a cada mês de geração do sistema. Portanto, calculando o Payback simples, tempo de retorno do investimento temos:

$$Trs = (137.006,21/3.058,08) = 44\ meses = 3,8\ anos$$

Segundo estudo realizado por ALVES (2018), o retorno financeiro parte da análise econômica baseada na bandeira tarifária utilizada no sistema, para que assim possa fundamentar o calculo mais preciso do retorno investido, além das varáveis básicas mostradas. Considerando a mudança da tarifação, ALVES afirma que os valores gerados de energia são considerados superiores ao rendimento da poupança a partir do sexto ano de investimento.

5. CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados, verifica-se que o sistema terá um rendimento e irá suprir a necessidade energética, além de estar apropriado para um futuro aumento na carga da empresa. O levantamento de todos os dados técnicos auxiliou na elaboração do projeto e nos trouxe uma visão clara de tudo que seria proposto e necessário para executar o projeto da melhor maneira.

Os trabalhos realizados e artigos anteriores serviram de base para fundamentar e ajustar o trabalho de uma forma geral, para assim inferir nos resultados do sistema. Além de tudo, sempre se fundamentando nas normas regulamentadoras de cada base do projeto, para que assim possa ter um resultado apropriado e dentro dos padrões a serem seguidos. A análise econômica baseada no estudo da enconomia voltada a engenharia, mostrou que o projeto terá um retorno financeiro aceitável com uma taxa interna de retorno próximo a 20%, ou seja, superior a investimentos disponivéis de baixo risco.

Portanto, visto que ao finalizar o projeto, os objetivos foram cumpridos e assim a aprendizagem do que o estudo engrandesse o profissional, visando sempre buscar a excelência e qualidade dos projetos, portanto busca-se sempre reconhecer erros e buscar solucioná-los da melhor maneira, para que desta forma seja possível elevar o conhecimento técnico.

REFERÊNCIAS

[1] ALVES, Walter Leandro Dias Olivier *et al*. Projeto de sistema fotovoltaico residencial conectado à rede. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187449. Acesso em: 12 abr. 2020.

[2] ALMEIDA, Marcelo Pinho. Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-28062012-102236/en.php. Acesso em: 05 nov. 2019.

[3] ATLAS Brasileiro de Energia Solar. ed. 2. 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: 05 jan. 2020.

[4] DEOTTI, Lucas Meirelles Pires; GOMES, Flavio Vanderson. Análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de microgeração solar fotovoltaica residencial com autoconsumo remoto. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lucas_Deotti/publication/337717314_Analise_de_Viabilidade_Tecnica_e_Economica_de_um_Sistema_de_Microgeracao_Solar_Fotovoltaica_Residencial_com_Autoconsumo_Remoto/links/5de67d52a6fdcc2837033a30/Analise-de-Viabilidade-Tecnica-e-Economica-de-um-Sistema-de-Microgeracao-Solar-Fotovoltaica-Residencial-com-Autoconsumo-Remoto.pdf. Acesso em: 09 mar. 2020.

[5] ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA. Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão (Edificações Individuais). N°179, Manaus, 2014. Disponível em: http://www.eletrobrasamazonas.com. Acesso em: 09 mar. 2020

[6] ELETROBRÁS AMAZONAS ENERGIA. Conexão de Acessantes a rede de Distribuição em Média Tensão – Minigeradores. N°189, Manaus, 2016. Disponível em: <http://www.eletrobrasamazonas.com> Acesso em: 23 de março. 2020, 20:10:32.

[7] FALCÃO, Vivienne Denise. Fabricação de células solares de CdS / CdTe. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.ime.eb.br/arquivos/teses/se4/cm/dissertacaofinal_viviennedenise.pdf. Acesso em: 05 nov. 2019.

[8] FRONIUS. Inversor transformador Fronius IG Plus. Disponível em: https://www.neosolar.com.br/loja/fileuploader/download/download/?d=0&file=custom/upload/File-1409348924.pdf. Acesso em: 29 nov. 2019.

[9] GOETZE, Felipe. Projeto de microgeração fotovoltaica residencial: estudo de caso. 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/169263> Acesso em: 27 abr. 2020.

[10] MARQUES, J. P. P. T. (2009). Modelação e Controlo de Conversor DC/AC para interligação de painéis fotovoltaicos à Rede. Disponível em: < https://repositorio-aberto.up.pt/> Acesso em: 02 fev. 2020, 21:34:32.

[11] PEREIRA, Enio Bueno, et al. Atlas brasileiro de energia solar. Vol. 1. São José dos Campos: Inpe, 2006. Disponívem em: < http://www.zonaeletrica.com.br> Acesso em: 12 de abril. 2020, 23:34:54

[12] PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. 2014. CEPEL/CRESESB. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 12 ago. 2019.

[13] RÜTHER, Ricardo. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

[14] RODRIGUES, Auro de jesus. Metodologia Científica. 1ed. São Paulo: Avercamp, 2006.

[15] SOUZA, Ronilson. Os sistemas de emergia solar fotovoltaica: Livro digital de introdução aos sistemas solares: BLUE SOL ENERGIA SOLAR. 2006.

[16] Disponível em: http://www.blue-sol.com./Blog. Acesso em: 12 de maio. 2020.

[17] STANKIEWICZ, Diego Francisco. Impacto financeiro da aplicação da tarifa binômia no retorno do investimento em geração distribuída fotovoltaica de clientes residenciais. 2018. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/181810. Acesso em: 12 mar. 2020.

Capítulo 7

Sistema de monitoramento do reservatório de água de um analisador bioquímico em um laboratório de Análises Clínicas utilizando o microcontrolador arduino.

Heliton Ribeiro de Souza
Livia da Silva Oliveira

Resumo: Com o constante avanço tecnológico e um mercado econômico cada vez mais exigente, diversas áreas estão usando a automação em busca de melhorar o seu processo produtivo. Objetivando atender essa necessidade, o presente estudo propõe o desenvolvimento de um sistema de baixo custo e fácil implementação, que seja responsável por fazer o monitoramento do reservatório de água de um analisador bioquímico automático, em um laboratório que fica situado em uma maternidade de referência, localizado na zona leste de Manaus/AM. A automatização deste processo foi realizado utilizando o microcontrolador arduino UNO, que tem um funcionamento simples e é de fácil projeção e manutenção. Foi utilizada a linguagem de programação C++, para o funcionamento da parte lógica dos sistema, pelo fato de a mesma ser de fácil compreensão. E o responsável pela medição do reservatório foram 3 sensores de nível de líquidos. Após a instalação e adequação deste novo sistema, houve a extinção do problema relacionado a falta e ao transbordamento de água no recipiente, comprovando assim a eficiência do sistema implantado.

Palavras Chave: Analisador bioquímico, automação, monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o avanço tecnológico constante, os processos automatizados tem se tornado cada vez mais parte do nosso cotidiano, o uso da automatização em processos deixou de ser utilizado apenas nas grandes indústrias e cada vez mais vem sendo empregado em ambientes de porte menor, como os laboratórios de análises clínicas, porém com a mesma finalidade de prover um melhor desempenho, precisão e segurança nos procedimentos, tendo em vista que a eficiência de um aparelho com funcionamento automatizado é muito superior a de equipamentos processados manualmente.

Segundo Gazaniga (2013), realizando a substituição do esforço manual pelo trabalho automatizado nos laboratórios de análises clínicas, desde que operado e supervisionado por um profissional capacitado, só traz melhorias a todas as partes envolvidas no processo. Entre os principais benefícios obtidos com esta implantação implicam em agilidade nas rotinas laboratoriais, devido a sua alta capacidade de processar várias amostras em um curto período de tempo e uma redução significativa nos erros de resultados em comparação com os feitos de forma manual.

Através dos exames de análises clínicas é possível acompanhar as condições de saúde de um paciente, sendo ela a principal forma que os médicos utilizam para complementar os exames clínicos, assim, os exames de análises clínicas são considerado um dos recursos mais eficientes que o médico e os outros profissionais da área da saúde tem a sua disposição. Na área responsável pela bioquímica os exames realizados neste setor são responsáveis pelos processos metabólicos do organismo, como por exemplo: glicose, triglicerídeos, uréia, creatinina, eletrólitos, etc. (HERMES PARDINI, 2018).

Segundo o laboratório Hermes Pardini (2018), muitos laboratórios estão implementando, em seu rol de equipamentos, os aparelhos automatizados, onde através destes é possível ter uma margem de erro muito menor em relação aos aparelhos não automatizados, é necessário a coleta de um menor volume de amostra, os aparelhos geralmente tem a capacidade de pipetar as amostras e os reagentes automaticamente e por fim, os resultados liberados por estes equipamentos são rápidos e altamente precisos. Um dos pontos positivos em automatizar os procedimentos realizados em laboratório é poder mapear as atividades realizadas no local, outro ponto a ser destacado é que através da automatização é possível integrar os setores, já que assim é possível centralizar todas as informações e os resultados são atualizados em tempo real. (UNILAB, 2019).

De acordo com Campana e Oplustil (2011), cada vez mais o mercado exige que os laboratórios de análises clinicas venham a se modernizar, esperando assim um alto padrão de qualidade, reduzindo os custos e aumentando a sua produtividade, satisfazendo assim a necessidade que os laboratórios clínicos tem que é a redução no valor dos exames laboratoriais. Já na esfera assistencial, a automação tem como principal ponto positivo a segurança dos pacientes, que é preservada devido à minimização de erros e a redução do tempo de espera dos resultados, sendo estes os principais motivos para a procura de automação de processos. Com o processo de automação laboratorial implantado, é possível realizar o gerenciamento dos analisadores de hematologia e bioquímico, a padronização dos protocolos responsáveis pela interface mecânica e eletrônica e uma fácil integração das plataformas existentes.

Sendo assim o presente projeto, tem como finalidade corrigir um problema no reservatório de água do analisador bioquímico e assim otimizar a utilização deste equipamento que é o responsável por realizar os exames bioquímicos, assim dando mais agilidade aos exames processados. O Microcontrolador a ser utilizado no trabalho é o arduino Uno, e com a programação estruturada na linguagem C++. Este estudo foi realizado em um laboratório de análises clínicas, situado em uma maternidade localizado na zona leste de Manaus-Am.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO

De acordo com Marafon e Sevelin (2018), automação pode ser definido como um sistema, com base em computação que tem a capacidade de substituir o trabalho humano, assim otimizando a qualidade e a velocidade da produção, reduzindo custos e aumentando a segurança e ergonomia do pessoal que convive de forma direta e indireta com o equipamento.

A automação se torna um fator mais do que necessário para qualquer tipo de indústria ou outro estabelecimento que tem como o seu principal objetivo o crescimento tanto no aspecto econômico quanto na área de produção produtiva. (PEREIRA, 2015).

Através da automatização dos processos produtivos é possível aumentar a eficiência dos procedimentos, ampliando a produção e reduzindo o número de desperdícios, minimizando assim o esforço humano e lhe proporcionando melhores condições de segurança, isso através da aplicação de técnicas, softwares e equipamentos específicos. (MARAFON E SEVELIN, 2018).

Graças aos grandes avanços que vem ocorrendo na tecnologia, principalmente na parte de automação, atualmente é possível automatizar grande parte dos processos que eram realizados de forma mecânica e manual, assim sistemas de controle que eram inviáveis no passado devido ao seu custo elevado de implantação, hoje já são utilizados nessas operações, fazendo com que os serviços de forma geral consigam alcançar patamares maiores de produção.

Segundo Pinheiro (2019), quando é necessário realizar a monitoração de processos, o dispositivo mais recomendado para realizar esta tarefa é o controlador lógico programável (CLP). Este equipamento é o principal responsável pelo processo de automação industrial, onde o mesmo se trata de um dispositivo eletrônico, digital, por meio do qual é possível realizar o controle de todo o processo de um determinado equipamento, com a possibilidade de se programar ou corrigir a programação de forma rápida.

2.2 ARDUINO

O arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica formada por uma única placa. Este dispositivo é composto por hardware que é a placa sobre a qual são montados os projetos, e por um software que é um programa executado no computador, onde escrevemos os códigos, que é a sequência de comandos responsáveis por coordenar as funções que serão executadas pelo microcontrolador. (NETO, 2019).

Segundo Neto (2019), as placas do microcontrolador arduino, são consideradas de baixo custo se comparado a outros microcontroladores. Sendo ele capaz de armazenar os programas criados em sua biblioteca, assim dispensando a necessidade da utilização de um computador para executar as suas funções.

Ao se desenvolver qualquer sistema utilizando o microcontrolador arduino, é recomendável projetá-lo antes de sua execução. Ou seja, para verificarmos as etapas do projeto, ou verificar o seu funcionamento, devemos primeiramente montar um desenho demonstrando o seu esquema, após finalizada essa etapa o ideal é criar um protótipo em uma placa protoboard. (SOUSA; QUEIROZ, 2018).

O microcontrolador escolhido para ser utilizado neste projeto é o arduino UNO, sendo que o mesmo possui pequenas dimensões cabendo na palma da mão, e suas principais características são o microcontrolador Atmega328, possuindo seis pinos analógicos e quatorze pinos digitais, ambos de entrada/saída, 35 KB de memória, sendo 32 KB de memória flash, 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM, velocidade de clock de 16 MHz, uma entrada de alimentação ICSP, um botão reset e sua tensão de operação é de 5 V. Para alimentar o microcontrolador é necessário que ele esteja conectado a um computador pela porta USB ou que seja implantado uma bateria ou fonte. (BAÚ DA ELETRÔNICA, 2017).

2.3 COMPONENTES ELETRÔNICOS

Para a implantação do sistema de automação para o monitoramento do reservatório de água, é necessário a utilização de alguns componentes eletrônicos, listados a seguir:

- Relé - é um interruptor eletromecânico, cujo sua movimentação física acontece quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, assim, quando uma corrente elétrica circula pela bobina, a mesma cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos abrindo ou fechando os circuitos. (MIRANDA, 2019).

- Protoboard – é uma matriz de contatos, geralmente é utilizada para fazer testes de protótipos de circuitos elétricos, é uma placa com furos de conexões. Suas principais vantagens são a ausência de soldas para implantação dos componentes, assim, permitindo modificações no circuito após a sua montagem e a possibilidade do seu reuso sempre que necessário, bastando apenas retirar os componentes nela inserido. (AURELIANO, 2016).

- Resistor - os resistores são componentes elétricos em que sua principal função oferecer uma oposição à passagem de corrente elétrica, através de seu material que é composto por cerâmica ou carbono, assim, limitando o fluxo de corrente elétrica. A sua resistência é maior do que os cabos e trilhas

que estão presentes no circuito, resultando na redução da corrente, provocando uma queda de tensão. (AMARAL, 2015).

- LED - Os Light Emitting Diodes são componentes eletrônicos que geram luz com baixo consumo de energia, com uma vasta utilização, como em indústrias, iluminação, área médica, eletrônica, setor automotivo, etc. Suas principais vantagens são o consumo reduzido de energia elétrica, resistência física elevada, tem dimensões menores e uma maior vida útil. (SERRÃO, 2019).

- Jumper – São condutores utilizados para interligar dois pontos em um circuito, ele pode ser utilizado como um fio condutor soldado, como no caso dos circuitos impressos, ou só conectados como na protoboard. As conexões dos jumpers são chamadas de macho/fêmea. (PINHEIRO, 2019).

- Sensor de nível de líquidos – a sua principal função é detectar o nível da água de um determinado recipiente evitando assim a falta ou o extravasamento do líquido. Esse dispositivo é geralmente acionado por pressão e o seu uso varia desde tanques industriais até caixas d'água de empresas ou até mesmo em uso residencial. É possível implementar um sensor, utilizando potenciômetro com uma haste metálica ligando os componentes a uma bóia. (SILVA, 2014).

2.4 ANALISADOR BIOQUÍMICO

O Analisador Bioquímico é um aparelho utilizado para realizar a medição das densidades óticas de amostras laboratoriais e fazer o cálculo de seus resultados, para auxílio ao diagnóstico clínico. Podendo ser utilizado em humanos ou uso veterinário, estes equipamentos são geralmente utilizados em clínicas, centros de pesquisas e laboratório de análises clínicas (E-LAB, 2014).

A principal função do analisador automático bioquímico, é mensurar os índices bioquímicos utilizando o sangue ou outros fluídos corporais, assim trabalhando de acordo com informações clínicas, com intenção de obter um melhor diagnóstico (BIOVERA, 2019).

Segundo Gazaniga (2013), ao se utilizar um analisador automatizado de bioquímica, a tendência é a redução de custos dos exames realizados, com uma menor utilização de reagentes obtendo assim uma melhor qualidade nos procedimentos. De acordo com a rotina de cada laboratório de análises clínicas, o uso de um analisador bioquímico é imprescindível devido a sua alta demanda de exames realizados.

O analisador bioquímico utilizado no estudo é o bioclin 2200 – R1185, conforme mostra a Figura 1, o mesmo é um equipamento automático e com acesso randômico e composto por um software próprio. O aparelho é contém também um leitor de código de barras, uma interface bidirecional e com o processo de lavagem automática das cuvetas. O equipamento tem a capacidade de comportar 40 posições de reagentes e 40 posições de amostras, e processa até 200 testes/hora.

Figura 1- Analisador bioquímico 2200 – R1185



Fonte: Os autores (2020).

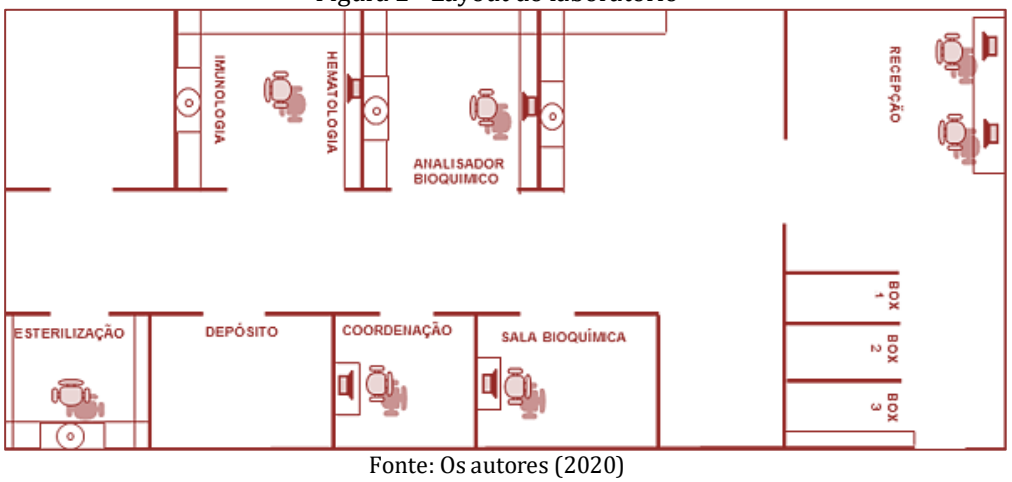
3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução deste projeto, se fez necessário a aquisição de um vasto conhecimento sobre os microcontroladores em especial o arduino e suas especificidades, assim, estudando sobre a linguagem de programação adotada neste sistema que é a C/C++. Posteriormente foi necessário realizar a integração de cada componente eletrônico utilizado no projeto realizando uma parametrização das tensões de entrada e saída em cada dispositivo implantado, realizando assim as suas respectivas associações no circuito.

Esta pesquisa segundo Gil (2019) é um de um estudo de campo, que é caracterizada pelas investigações realizadas por meio da coleta de dados, junto com a pesquisa bibliográfica. As melhorias propostas neste estudo foram implementadas em uma maternidade de referência que funciona 24 horas, localizada na zona leste da cidade Manaus/Am. Esta unidade de saúde possui 138 leitos de alojamento conjunto, 50 leitos em unidades onde se faz necessário os tratamentos médicos intensivos, além de centro cirúrgico, sala de parto e emergência. Sua inauguração ocorreu em maio de 2004.

O laboratório onde o estudo foi realizado é de porte médio, e é dividido em alguns setores específicos (Figura 2), começando pela recepção que é responsável pelo cadastro e impressão dos resultados, logo após tem 3 boxes de coletas de sangue, em seguida tem o setor de análises clínicas composto pela sala de bioquímica e três bancadas, a de hematologia, análises bioquímicas através do analisador bioquímico e a de imunologia, e por fim nos fundos temos a sala de esterilização.

Figura 2 - Layout do laboratório



Fonte: Os autores (2020)

Após se verificar por várias vezes o problema com o transbordamento do reservatório do analisador bioquímico e com o interesse em reduzir esse incomodo, foi iniciado um estudo para a implantação de um sistema automatizado que fosse capaz de solucionar esta problemática. O estudo foi dividido em três fases a primeira aconteceu através da pesquisa de materiais e métodos que poderiam ser utilizados neste processo. Logo após foi pesquisado e desenvolvido um circuito elétrico através do microcontrolador arduino e em seguida foi construída a parte de programação lógica utilizando a linguagem C++. Antes da implantação foram feitos testes em balde de água de uso domiciliar, após ser comprovada a sua eficiência, foi feito a implantação do sistema.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da implantação do projeto, o reservatório de água do analisador de amostras bioquímicas, com capacidade de armazenamento de 20 litros, transbordava em média de duas a três vezes ao dia, conforme mostra a Figura 3, demandando um tempo estimado entre sete a dez minutos para se realizar a secagem do piso. Já houve casos em que o reservatório ficou completamente vazio, assim causando uma paralisação total do analisador bioquímico automático, tendo que ser efetuada a sua manutenção corretiva. Todas as vezes que esse problema ocorreu a unidade teve que enviar as amostras bioquímicas para serem analisadas em outro laboratório da rede que dá apoio em casos excepcionais, onde se gastou mais recursos financeiros com o transporte e armazenamento das amostras e sobrecarregando o laboratório parceiro que já tinha a sua própria demanda de exames a serem realizados.

Figura 3 - Piso do laboratório antes da implantação



Fonte: Os autores (2020)

O transbordamento do reservatório do analisador, além do transtorno da inundação do piso, também produzia danos a estrutura do local (Figura 4). Logo, mostrava-se de extrema necessidade a criação deste projeto, para a solução deste problema específico, visto que a celeridade da realização dos exames se faz necessário para um mais rápido e eficiente diagnóstico clínico. A principal vantagem em se utilizar o arduino neste processo de automação é o baixo custo do microcontrolador e seus componentes e a facilidade na realização dos testes e trocas de materiais quando necessário, assim obtendo um progresso constante no projeto.

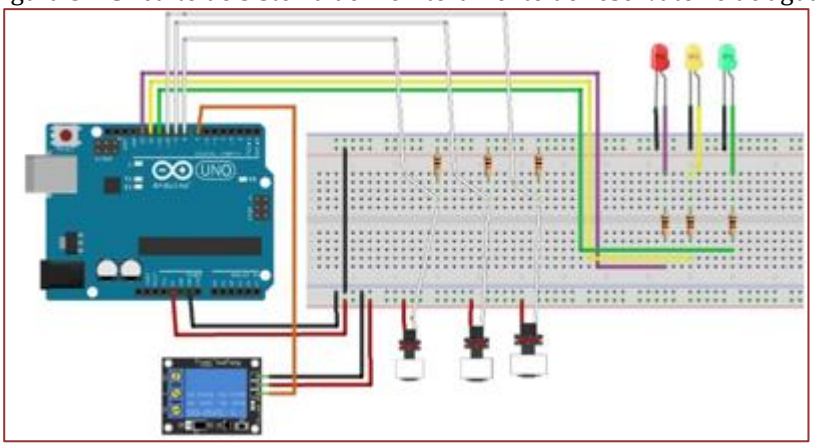
Figura 4: Porta da sala de bioquímica danificada



Fonte: Os autores (2020)

Na Figura 5, é possível observar o esquema do circuito elétrico projetado para a melhoria no analisador bioquímico. Esse sistema faz que quando o reservatório de água responsável pela lavagem das cuvetas do aparelho está em um nível muito alto ou muito baixo do liquido, os sensores enviam uma mensagem ao microcontrolador Arduino Uno, onde em seguida é enviado um aviso ao operador do aparelho através da emissão de luz por meio de um LED, e o mesmo confere a quantidade de água do recipiente e assim realiza o ligamento ou desligamento do registro da água, evitando assim o extravasamento ou a completa falta de água no recipiente responsável pela lavagem. Foi utilizado também no circuito um relé, com a intenção de futuramente usá-lo para ligar a bomba de água, quando for utilizado o relé ele vai permanecer desligado até que o sensor responsável pelo nível baixo seja acionado e, ele vai permanecer fornecendo água para o recipiente até que a água atinja o volume máximo para que o sensor de nível alto seja acionado.

Figura 5 – Circuito do sistema de monitoramento do reservatório de água.

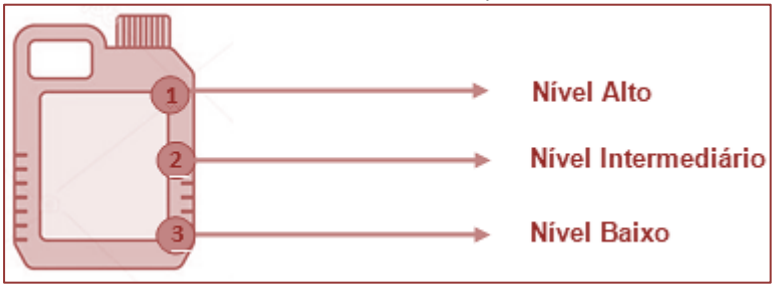


Fonte: Os autores (2020).

Os sensores 1 e 3, foram implantados nos dois extremos do reservatório de água e o sensor 2 foi instalado no meio do recipiente, conforme mostrado na Figura 6, que dará ao operador do aparelho uma real noção da quantidade de líquido que está contido dentro do reservatório.

Com a automatização, tanto o excesso quanto a falta de água no recipiente foram anulados, assim os resultados de exames foram realizados de forma mais rápida e eficiente, tendo em vista que o técnico não tinha mais que parar o processo para que fosse realizado a secagem do piso, assim, não ocorreram mais os problemas no aparelho de bioquímica relacionados a falta ou excesso de água no reservatório.

Figura 6: Nível de sensores 1, 2 e 3, e a descriminação dos níveis no reservatório



Fonte: Os autores (2020)

Santos e Oliveira (2014), realizaram um estudo similar sobre o controle de abastecimento em uma caixa d'água no campus de cajazeiras do IFPB, onde implementaram o seu projeto no mesmo local, tentando assim evitar os desperdícios de água que ocorriam frequentemente e de forma abundante, onde em cada extravasamento eram desperdiçados cerca de 300 litros de água por minuto. Após a implantação do sistema de controle por eles desenvolvido, não foi observado mais nenhum desperdício ou falta de água na localidade, obtendo assim um resultado satisfatório, mostrando que através do sistema de automação é possível realizar o controle da medição de reservatórios de água.

5. CONCLUSÃO

Os exames laboratoriais de análises clínicas são imprescindíveis para que os profissionais de saúde tenham um melhor diagnóstico e um acompanhamento preciso da saúde dos seres humanos em geral. Pensando em uma maior eficiência e produtividade desta atividade que é de essencial importância para o bem estar humano, cada vez mais os processos realizados em laboratórios estão sendo realizados de forma automatizada, visando uma minimização de erros, precisão dos resultados, agilidade na entrega dos laudos clínicos e uma melhor comodidade e segurança para os colaboradores que atuam neste ramo específico da saúde.

A finalidade deste artigo foi demonstrar os benefícios da automação do reservatório de água de um analisador automático bioquímico, que é o responsável por todo o processo de análises bioquímicas deste

laboratório, utilizando o microcontrolador arduino, na qual, com base na pesquisa, verificou-se a viabilidade da implantação deste projeto, podendo assim ter um aproveitamento significativo nos processos laboratoriais como um todo, evitando paradas desnecessárias e acabando com o desgaste dos materiais que ficam ao redor do aparelho.

Após a implantação deste sistema de automação foi diminuir o tempo para a liberação dos resultados dos exames e, evitar o deterioramento das estruturas da unidade, que vinham ocorrendo de forma acelerada.

Diante disto, concluiu-se que a automação utilizando um microcontrolador é uma excelente ferramenta no melhoramento de processos de pequeno porte, aumentando a qualidade dos processos, reduzindo tempo de execução de tarefas, além de contribuir com a eficácia dos processos desenvolvidos. No caso deste projeto foi possível acabar os problemas relacionados ao reservatório de água do equipamento utilizando uma forma simples e de baixo custo.

REFERÊNCIAS

[1] AMARAL, M. P. Desenvolvimento de um sistema para separação de componentes eletrônicos e elaboração de materiais para reciclagem, 2015. Disponível em: http://sites. unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/monique_amaral.pdf. Acesso em: 03 mar. 2020.

[2] AURELIANO, A. Protoboard, 2016. Disponível em: https://fiozera.com.br/protoboard-e51fe4a7f8f4 . Acesso em: 03 mar. 2020.

[3] BAÚ DA ELETRÔNICA. Arduino UNO R3, 2017. Disponível em: https://www.baudaeletronica.com.br/arduino-uno-r3.html. Acesso em: 5 abr. 2020.

[4] BIOVERA. Analisador bioquímico, 2018. Disponível em: https://www.biovera.com.br/produtos/analisadores/analisador-bioquimico/. Acesso em: 11 abr. 2020.

[5] CAMPANA, G. A.; OPLUSTIL, C. P. Conceitos de automação na medicina laboratorial: revisão de literatura, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-24442011000200005&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 03 mai. 2020.

[6] E-LAB. Analisador bioquímico, 2014. Disponível em: https://elabcommerce.com/equipamentos/analisador-bioquimico/. Acesso em: 22 abr. 2020.

[7] GAZANIGA, Francielli. Critérios a serem avaliados para a implantação de um analisador automatizado de bioquímica sob o ponto de vista comercial, 2013. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/49720/FRANCIELLIGAZANIGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 abr. de 2020.

[8] Gil, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7 ed. São Paulos: Atlas, 2019.

[9] HERMES PARDINI. Análises clínicas: tudo o que você precisa saber. 2018. Disponível em: http://hermespardini.com.br/blog/?p=115. Acesso em: 10 mai. 2020.

[10] HERMES PARDINI. Automação laboratorial: o futuro dos laboratórios, 2018. Disponível em: http://hermespardini.com.br/blog/?p=202. Acesso em: 10 mai. 2020.

[11] MARAFON, Carine; SERVELIN, Thaísa. Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo, 2018. Disponível em: https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/200/191. Acesso em: 17 mar. 2020.

[12] MIRANDA, E. A. Desenvolvimento de um sistema de automação para identificar falhas na tampa traseira da moto no processo produtivo de uma empresa do polo industrial de Manaus-AM, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos /artigo_eliel_publicacao_revisado.pdf. Acesso em: 03 mar. 2020.

[13] NETO, J. A. S. Monitoramento de líquido em reservatório por aplicativo via bluetooth, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_joao_publi cacao_0.pdf. Acesso em: 05 mar. 2020.

[14] PEREIRA, D. A. R. Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes, 2015. Disponível em: http://fga.unb.br/articles/0001/0289/TCC2-DanilloArruda.pdf. Acesso em: 05 mar. 2020.

[15] PINHEIRO, J. A. C. Proposta de melhoria no processo produtivo de uma padaria de pequeno porte com base em um processo de automação, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_jose_augusto_publicacao.pdf. Acesso em: 03 mar. 2020.

[16] SANTOS, P. S.; OLIVEIRA, K. C. O. Automação de baixo custo para reservatórios de água, 2014. Disponível em: https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/artic le/viewFile/173/142. Acesso em: 18 mar. 2020.

[17] SERRÃO, F. M. Melhoria na iluminação pública substituindo lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão por lâmpadas de led em um órgão federal na amazônia–SIPAM, 2019. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_franciney _publicacao_0.pdf. Acesso em: 10 mai. 2020.

[18] SILVA, J. T. Controle e monitoramento de nível utilizando o arduinouno, 2014. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao-cientifica/2014/connepi/art

[19] Igo. Acesso em: 8 mai. 2020.

[20] SOUSA, W. Q.; QUEIROZ, W. R. O. A importância da plataforma Arduino no meio acadêmico, 2018. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/meio-academico. Acesso em: 5 mar. 2020.

[21] UNILAB. Automação laboratorial: quais as vantagens de implementar em seu laboratório, 2019. Disponível em: https://www.unilab.com.br/materiais-educativos/artigos/ gestao/automacao-laboratorial-quais-as-vantagens-de-implementar-no-seu-laboratorio/. Acesso: 3 mai. 2020.

Capítulo 8

Estudo da viabilidade técnica da utilização de uma bateria automotiva como fonte geradora de energia em uma residência unifamiliar em situações de falha no fornecimento de energia elétrica fornecida pela Concessionária

Igor Góes Fernandes
Livia da Silva Oliveira
Lucas José Marques de Matos
Rivaldo Ribeiro Marinho

Resumo: Mediante a comum ocorrência de falhas no fornecimento de energia elétrica em algumas residências, seja por falha técnicas das concessionárias de energia ou por outros motivos, objetivou-se realizar um estudo para a verificação da viabilidade técnica de utilização de uma bateria automotiva de 60 Ah como fonte de energia para o funcionamento de luminárias e alguns eletroeletrônicos, considerados essenciais, em uma residência unifamiliar. Após realizar-se o levantamento de carga de uma residência, foi determinado um inversor de tensão para a conversão da corrente contínua da bateria em corrente alternada para alimentação das luminárias e eletroeletrônicos. Criou-se um comando elétrico com o software **CADeSIMU** 3.0, responsável em realizar o acionamento automático em situações de interrupção do fornecimento de energia elétrica da concessionária. A análise da viabilidade técnica do experimento mostrou que a bateria forneceria energia, com todos os dispositivos em funcionamento, por um período de 12 horas. Dessa forma, o sistema proposto mostrou-se viável.

Palavras-chave: Abastecimento de energia, bateria automotiva, residência unifamiliar.

1. INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento populacional e tecnológico, cada vez mais há a necessidade de criar meios alternativos para utilizar a eletricidade como fonte de energia, para suprir a necessidade da demanda energética dos equipamentos que estão presentes no dia a dia de uma sociedade, em que a tecnologia é essencial para realizar uma infinidade de atividades, desde acender uma lâmpada até o funcionamento de máquinas industriais. Dessa forma, a utilização da energia elétrica resulta diretamente na qualidade de vida das pessoas, pois reduz o esforço físico e aumenta o conforto. De acordo com Silva (2016), são os benefícios promovidos pela eletricidade que possibilitam às populações condições confortáveis e, favorece o desenvolvimento de atividade econômica nas regiões.

Para que a sociedade atual possa utilizar a energia elétrica como conhecemos hoje, foram necessários anos de evolução para que o homem compreendesse os processos de conversão de energia. Logo ficou evidente que transformações dos recursos naturais seriam necessárias nesse processo. Nesse contexto, a humanidade obteve resultados nos mais diversos segmentos de geração de energia, através da utilização de combustíveis fósseis, dos raios solares, quedas de água, pela força dos ventos, entre outras formas. Gorayeb, Brannstrom (2016) explicam bem essa intervenção antrópica quando explicam o processo de utilização de energia oriunda dos ventos. O vento é reconhecido como uma fonte de energia e, a utilização dessa forma de energia depende da conversão de energia cinética de translação em energia cinética de rotação, que poderá ser utilizada em turbinas eólicas para geração de energia elétrica ou para realizar trabalhos mecânicos, como bombeamento de água em moinhos e cata-ventos.

Além disso, também houve a necessidade de utilizar eletricidade sem estar conectado a uma fonte de alimentação fixa, logo a sociedade conseguiu desenvolver um dispositivo que produzisse energia através de reações químicas, na qual ficou conhecida como bateria, que segundo Michelini (2017), é dito como um dispositivo que faz a conversão de energia química que está contida nos seus materiais ativos em energia elétrica, esse processo ocorre por meio de uma reação eletroquímica de oxidação e redução. As baterias tornaram-se artigos muito utilizados nos meios de transporte automotivos, fornecendo energia para o acionamento do motor e componentes elétricos utilizados nos veículos.

Tendo em vista a situação nacional de fornecimento de energia, tanto as residências que estão situadas distantes do centro das cidades, em regiões periféricas, quanto as que estão mais próximas, são afetadas por inúmeros problemas quanto ao abastecimento de energia elétrica. As concessionárias responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica registram problemas relativos a oscilações da rede e apagões, impactando de forma negativa no consumidor final, que é prejudicado.

Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo é propor um meio alternativo de fornecimento de energia elétrica em residências, onde a ocorrência de interrupções no fornecimento de energia elétrica é bastante frequente. Buscando amenizar os transtornos decorrentes destes eventos, apresenta-se uma proposta de geração de energia capaz de manter o funcionamento de lâmpadas e, de alguns eletroeletrônicos considerados relativamente necessários, através da utilização de uma bateria automotiva de 60 Ah. A ideia é permitir que as pessoas possam realizar suas atividades mais urgentes, de forma a amenizarem possíveis contratempos que possam surgir em decorrência da interrupção no fornecimento de energia elétrica. Em longo prazo, o consumidor precisa ter conhecimento de informações relevantes sobre seus direitos como: a falta de luz deve ser restabelecida em até três horas em área urbana e em até seis em área rural. Poucas pessoas sabem, no entanto, que se isso não ocorrer, o consumidor tem direito de ser compensado com crédito na conta até dois meses depois do incidente.

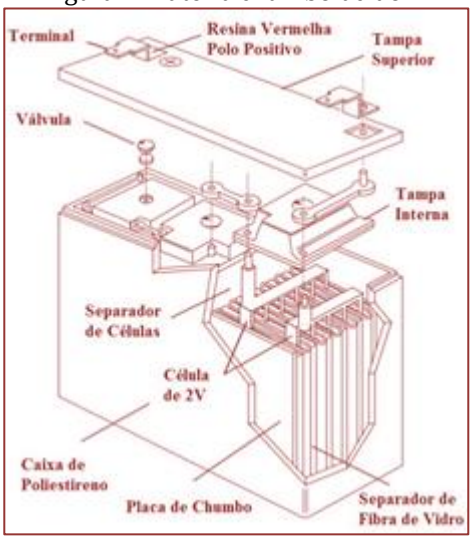
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BATERIA AUTOMOTIVA

De acordo com Lopes, Martins, Miranda (2019) “O crescimento e o desenvolvimento atual da sociedade demandam cada vez mais tecnologias que estão diretamente ligadas às diversas formas de energia, principalmente a elétrica”. Dessa forma, torna-se necessário um fornecimento consistente, para suprir as necessidades energéticas de todos os recursos que promovem conforto ao ser humano. Diante do exposto, visando os veículos automotores, estes são produtos que desempenham papéis importantes na sociedade atual, beneficiando os usuários que usam desses meios de transportes para se locomover, de forma a reduzir o tempo e o esforço físico de maneira notável, para se chegar a algum destino em comparação ao fazer uso de um veículo que tenha como matriz energética a propulsão humana.

Contudo, para que os automóveis funcionem, é essencial que exista uma bateria automotiva como fonte de alimentação (Figura 1). Para esta aplicação, a bateria automotiva é um dispositivo de grande relevância, responsável por armazenar energia sob a forma química e converter na forma elétrica para o uso quando necessário.

Figura 1- Bateria chumbo-ácido



Fonte: STA – Sistemas e tecnologia aplicada (2020)

Hoje em dia, no mercado mundial, existe uma variedade de baterias, que podem ser diferenciadas tanto por suas composições químicas quanto por suas características decorrentes do seu processo de construção, além disso, podem ser caracterizadas em dois tipos: primária e secundária. As baterias primárias não são recarregáveis e são mais conhecidas como pilhas. As baterias secundárias são recarregáveis. Todavia, para os automóveis e maioria dos eletroeletrônicos, é utilizado apenas do segundo tipo anteriormente mencionado, pois este tem caráter viável por poderem ser reutilizáveis através de uma recarga. (MICHELINI, 2017).

Em relação às características químicas das baterias, grande parte da indústria automobilística utiliza aquelas que possuem chumbo em sua composição. Dessa forma, de acordo com Oliveira (2018) "o acumulador de energia mais utilizada nas indústrias e em automóveis é a bateria chumbo-ácido", fabricada e comercializada em todos os continentes, além do mais, é possível fazer a reciclagem de alguns de seus materiais possibilitando gerar economia para a indústria e contribuir para minimizar a poluição ambiental. A vida útil de uma bateria chumbo-ácido é, em média, 3 anos. (NETO, 2016).

2.2 FONTES DE ENERGIA

O mundo atualmente vive uma constante expansão no desenvolvimento de tecnologias, com o objetivo de garantir uma evolução no bem-estar da sociedade em geral. Contudo, para que esse fato seja possível, medidas necessárias devem ser aplicadas a composição das infraestruturas dos países, tanto para os desenvolvidos quanto aos subdesenvolvidos, através de um planejamento com propósito de aumentar suas matrizes energéticas de forma que atenda o crescimento populacional.

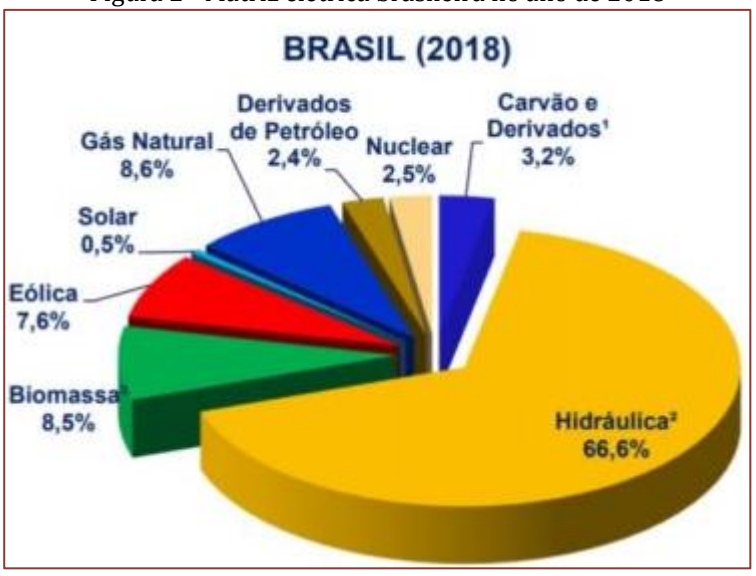
As fontes de energia possuem duas classificações, as renováveis e as não renováveis. As fontes de energia são descritas como renováveis quando possuem como característica principal o seu reabastecimento de forma natural, a energia solar, geotérmica, eólica, hidrelétrica e biomassa estão inclusas nesse enquadramento. As fontes de energias não renováveis recebem essa nomeação quando seus suprimentos são finitos, como por exemplo, o combustível fóssil petróleo, que teve sua formação há milhares de anos atrás, através dos restos das plantas e animais marinhos. (OLIVEIRA et al., 2019).

De acordo com Dupont, Grassi, Romitti (2019) o Brasil possui uma matriz elétrica reconhecida como uma das mais limpas, porém também é dita com uma das mais caras existentes no mundo. A pouca incidência de chuvas e outros fatores climáticos, e também fatores operacionais influenciam diretamente nesse

último aspecto, pois é necessário fazer acionamentos de usinas termelétricas para atender a demanda da população.

E Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016) para produzir a energia elétrica no Brasil são usadas aproximadamente 5 mil usinas, que usam uma variedade de fontes geradoras, como a utilização do vento, sol, água, biomassa, combustíveis fósseis e energia térmica a partir das reações nucleares. E cerca de mais de 800 novos empreendimentos outorgados encontram-se em estágio de implantação na qual irão permitir somar mais de 25 GW de capacidade instalada. Além disso, conforme a Figura 2, a maior parte da energia elétrica é gerada por usinas hidrelétricas, com aproximadamente 66,6 % do total.

Figura 2 - Matriz elétrica brasileira no ano de 2018



Fonte – Canal Energia (2019)

De forma simplificada, o sistema elétrico brasileiro possui três fases fortemente relacionadas entre si. A primeira é chamada de geração, pois é responsável por realizar o processo de transformação de uma energia em outra. No Brasil a produção de energia elétrica industrial é produzida a partir da energia potencial da água (geração hidrelétrica) ou por meio da utilização de combustíveis (geração termelétrica). A segunda fase, a transmissão, tem por objetivo fazer o transporte da energia gerada, através das linhas de transmissão, até aos lugares consumidores. E por último, a distribuição, que é explicada como a parte do sistema que está dentro dos centros de utilização (cidades, bairros e indústrias), onde começa na subestação abaixadora, porque vai fazer com que a o nível de tensão fornecido pelas linhas de transmissão seja reduzido para um valor padronizado utilizado pelas redes de distribuição primárias, onde compreendem valores iguais 13.8 kV e 34,5 kV. Com isso, os transformadores adjacentes as residências diminuem ainda mais o nível de tensão, pois os equipamentos utilizados pelos consumidores normalmente trabalham com 110 V ou 220 V. (CREDER, 2016).

2.3 RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE BAIXO CUSTO

O panorama da diversidade cultural brasileira impacta diretamente nas aglomerações urbanas, devido às múltiplas metodologias empregadas na construção civil em cada região. Dessa forma, há diferentes estilos e características próprias na estruturação tanto das residências unifamiliares quanto multifamiliares para atender as suas necessidades, seja, por exemplo, na utilização de tecnologias para a segurança familiar e patrimonial, ou ainda na implementação de adaptações estruturais para propiciar uma melhor locomoção também para idosos e pessoas com deficiência. É significativo denotar uma definição para residência unifamiliar, que pode ser subentendida através da etimologia da palavra “unifamiliar”, dessa forma pode-se concluir que o imóvel é destinado a ocupação de uma única família.

Para uma realidade em que a construção deve visar um baixo investimento para implementação das residências unifamiliares é descrito por Mota (2018) que a produção referente ao projeto da “habitação unifamiliar” voltada para as pessoas que possuem baixa renda, está baseada numa investigação e seleção

de cenários que necessitam de um novo método para implementação do projeto, tendo em vista ter uma conexão entre seu plano de implantação e sua respectiva habitação, assegurando uma variedade de medidas solucionáveis, dando características e titulações aos edifícios, levando em consideração a segurança do usuário e meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada nesse estudo caracteriza-se como científica aplicada. De acordo com Amoras, Amoras (2016) a pesquisa científica aplicada é obtida tanto por meio de procedimentos práticos quanto metodológicos, na qual são utilizadas em momentos em que há a necessidade de conseguir respostas a cerca de um problema já existente ou aos quais irão surgir. Nesse contexto, a investigação das dificuldades é imprescindível para a compreensão e solução dos problemas presentes na sociedade.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa será definida por avaliar uma proposta de implementação de um sistema de abastecimento alternativo em caso de emergência, em uma residência unifamiliar, onde reside uma única família de 6 pessoas. A residência possui 4 quartos, 2 banheiros, 1 cozinha e 1 sala de estar. Localizada na zona centro-sul de Manaus (Figura 3), através da utilização de uma bateria automotiva de 60 Ah em conjunto com um inversor de tensão coordenado por um sistema de comando elétrico para o acionamento automático procura-se avaliar a viabilidade técnica de abastecimento de energia desse sistema alternativo na residência.

Figura 3 - Localização da residência unifamiliar



Fonte: Google Maps (2019)

3.2 MONTANDO O SISTEMA ALTERNATIVO DE ABASTECIMENTO

Para fazer a estimativa da potência que seria necessária foi realizado um levantamento da à potência unitária de cada eletroeletrônico e luminária que serão utilizadas na situação de emergência, ou seja, quando o fornecimento de energia elétrica for interrompido pela concessionária, esse processo é o levantamento de carga. Em seguida fazer a soma de todos elementos constituintes para chegar ao valor de consumo, esse valor será necessário para dimensionar um inversor de tensão que atenda a demanda. Todavia, deverá ser escolhido um com inversor com maior potência visando um acréscimo de carga posterior.

Para projetar o sistema de comando elétrico que irá fazer o acionamento automático do abastecimento de energia alternativo, será utilizado o software chamado **CADeSIMU** 3.0. Por meio desse programa, será possível fazer tanto o circuito responsável pela alimentação do sistema quanto o circuito de controle. Podemos definir uma sequência de etapas para a construção do sistema de abastecimento alternativo (Figura 4) buscando otimizar o desenvolvimento das atividades.

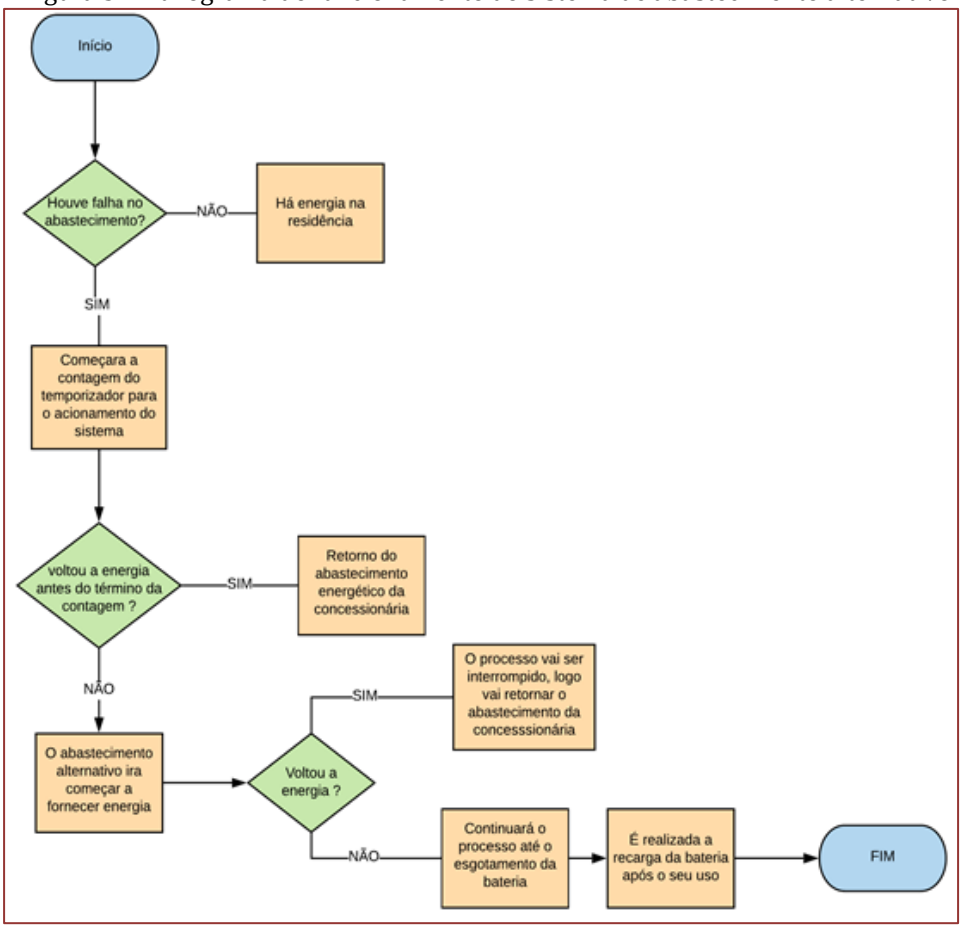
Figura 4 - Processo do desenvolvimento do sistema de abastecimento alternativo



Fonte: Os autores (2020)

O funcionamento sistema de abastecimento de energia alternativo seguirá a sequência apresentada no fluxograma da Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do funcionamento do sistema de abastecimento alternativo



Fonte: Os autores (2020)

Com a finalidade de analisar a viabilidade técnica será usada a equação (1), Pará determinar o tempo que a bateria automotiva conseguirá suprir a demanda energética necessária para o funcionamento das lâmpadas e eletroeletrônicos necessários.

$$\frac{I_B}{I_D} = T \quad (1)$$

Onde I_B e I_D são respectivamente a corrente fornecida pela bateria automotiva e a corrente consumida pelo dispositivo alimentado e, T é o tempo.

Nesse contexto, como a bateria automotiva utiliza unidade de medida de carga elétrica ampère-hora (Ah) e os equipamentos tem unidade de medida em ampère (A), é possível estimar calcular o tempo (T) de funcionamento do dispositivo, em horas (h).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DEFINIÇÃO DO INVERSOR DE TENSÃO A PARTIR DO LEVANTAMENTO DE CARGA

Foram definidos como itens emergências as lâmpadas, o bebedouro de água, o ventilador e televisão. A partir das especificações técnicas de cada produto, fornecida pelo fabricante, foi possível realizar o levantamento de carga necessária para seu funcionamento.

A Tabela 1 apresenta os itens utilizados com suas respectivas potências. O somatório das potências de todos os itens é igual a 456,2 W. Com essa informação pode-se utilizar com tranquilidade um inversor de tensão de 1000 W e, ainda teremos uma diferença de 543,8 W do valor total obtido, ou seja, com uma sobra maior do que 100% do valor encontrado no levantamento de carga. Esse saldo no valor de potência possibilitará que outros equipamentos possam ser ligados ao sistema de abastecimento de energia alternativo sem que o mesmo sofra uma sobrecarga.

Tabela 1- Levantamento de carga

Equipamentos	Quantidade	Potência unitária (watt - W)	Potência total (watt - W)
Bebedouro	1	97 W	97 W
Lâmpada (LED)	8	4,9 W	39,2 W
Televisão	1	180 W	180 W
Ventilador	2	70 W	140 W
			TOTAL: 456,2 W

Fonte: Os autores (2020)

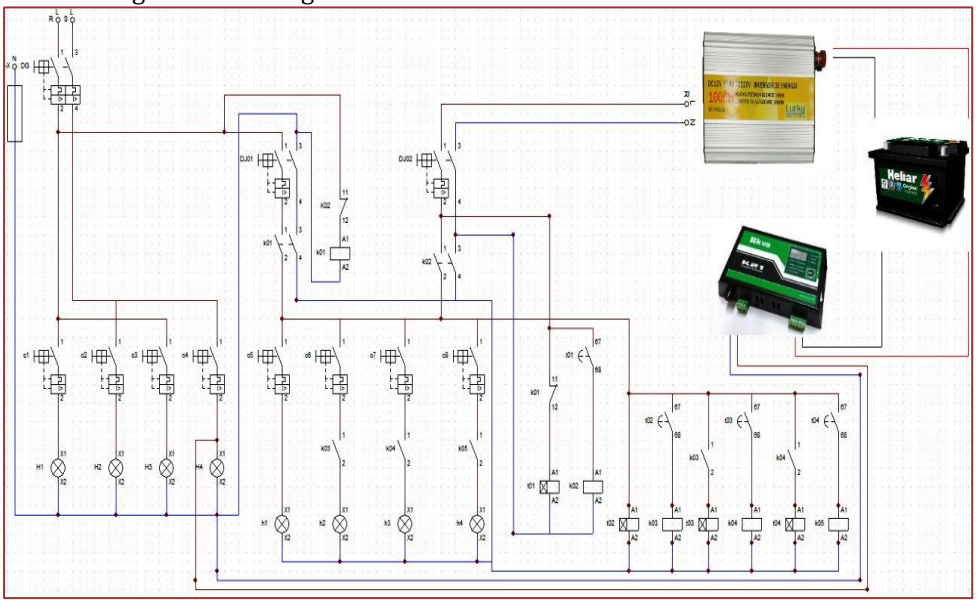
Dessa forma, o valor total de potência consumida pelos itens escolhidos, que é de 456,2 W (Tabela 1) é relativamente baixo, não chegando a utilizar 50 % da capacidade de inversor de tensão, ou seja, outros equipamentos poderão ser utilizados, se necessários, sem esquecer de que o sistema é projeto para uma situação emergencial de interrupção do fornecimento de energia pela concessionária. É preciso ainda evitar o uso de dispositivos de com baixa resistência interna, como chuveiros elétricos, pois os mesmos podem ser percebidos pelo sistema alternativo de abastecimento de energia como um curto-circuito e danificar o sistema.

Em Lima et al. (2020) ao realizar um estudo sobre um sistema de abastecimento de energia com painéis fotovoltaicos também verificou a necessidade de dimensionar o inversor de tensão permitindo uma sobra de potência gerada. O fato foi visto como um fator de segurança para o funcionamento do sistema de geração de energia, bem como uma margem de potência para o funcionamento de um equipamento de uso emergencial e, que não foi considerado no dimensionamento de carga do projeto.

4.2 SISTEMA DE COMANDO ELÉTRICO

Para que ocorra o acionamento automático do sistema de abastecimento de energia alternativo foi projetado um sistema de acionamento através de um comando elétrico. Nesse sistema de acionamento conecta-se a bateria automotiva ao inversor de tensão de onda modificada e a um carregador de bateria. Esse sistema poderá ser colocado ao lado do quadro geral de distribuição de energia da residência. Como se trata de um abastecimento automático de energia em situações emergenciais é necessário que este esteja ligado ao quadro geral da casa. A Figura 6 apresenta o painel geral com o sistema de força e o de comando elétrico responsável por fazer o acionamento. Este sistema possui 8 circuitos de força da esquerda para direita, os quatro primeiros não passam pelo inversor de tensão, pois esses são os que vão atender outros eletrodomésticos como geladeira e chuveiro elétrico. Os quatro próximos circuitos que são, respectivamente, de iluminação, dos ventiladores, do bebedouro e da televisão passam pelo inversor de tensão.

Figura 6 - Painel geral com o sistema de abastecimento alternativo

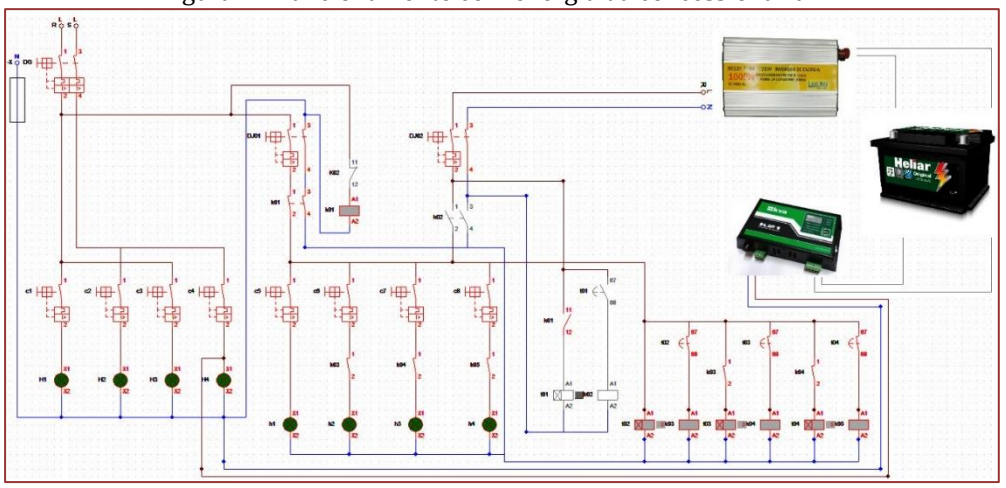


Fonte: Os autores (2020)

Para efeito de simulação foi representado apenas um circuito de iluminação, mas foi utilizado um circuito de iluminação para cada cômodo da residência. Logo após os oito circuitos de força encontra-se o circuito de comando, responsável por ativar o sistema de abastecimento de energia alternativo. Então, quando ocorrer um evento de suspensão do fornecimento de energia elétrica da concessionária , um contator (k1) inicialmente aberto irá fechar energizando um temporizador que acionará o sistema, no entanto haverá uma contagem para fazer o acionamento de cada circuito, ou seja, será ligado um após o outro. Dessa forma, não ocorrerá uma sobrecarga no sistema, pois não irá alimentar todos os eletrodomésticos da casa de uma vez, e, além disso, caso haja um apagão momentâneo o sistema não acionará. Quando o fornecimento de energia da concessionária for restabelecido o sistema de fornecimento de energia alternativo será desativado. Nesse instante o carregador da bateria automotiva será acionado para recarregá-la. É valido ressaltar que a recarga da bateria só vai acontecer quando houver energia fornecida pela concessionária.

A Figura 7 mostra o abastecimento do sistema convencional de energia, onde é possível observar que todos os circuitos da residência estão ativos através da luminosidade dos leds. Neste cenário, o sistema alternativo de energia está desligado, no entanto, quando houver a falha no fornecimento de energia ele ativará.

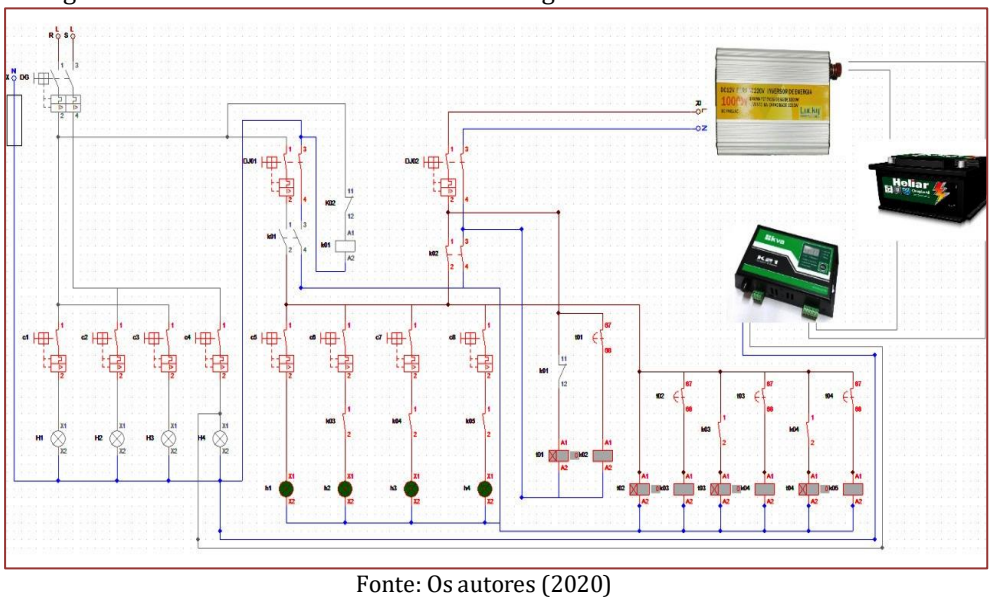
Figura 7 - Funcionamento com energia da concessionária



Fonte: Os autores (2020)

Já o fornecimento de energia através do sistema alternativo é apresentado na Figura 8, é possível observar que apenas quatro circuitos estão ativos, são eles os circuitos de iluminação e os circuitos dos eletroeletrônicos que serão utilizados nas situações de emergência. Nessa situação, o sistema fornecerá energia até o esgotamento da bateria ou até o restabelecimento da energia elétrica da concessionária.

Figura 8 - Sistema de abastecimento de energia alternativo em funcionamento



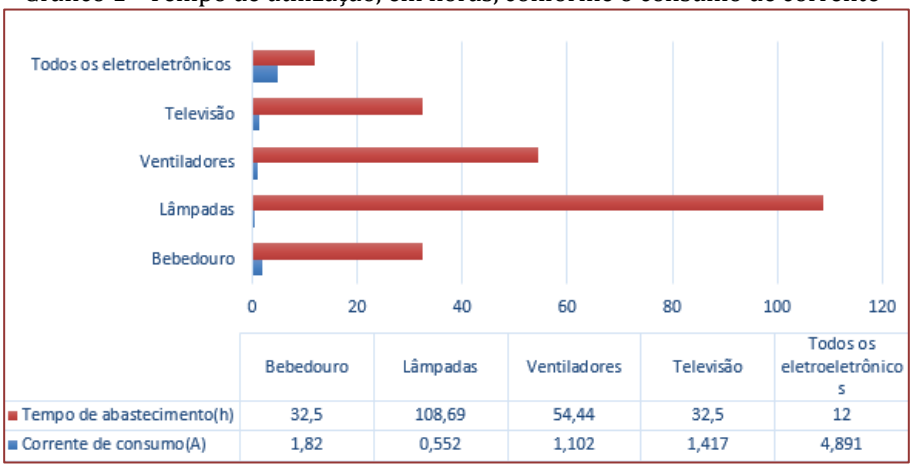
Fonte: Os autores (2020)

O projeto do circuito de comando elétrico para o acionamento se mostrou satisfatório, pois a simulação no software ocorreu de acordo com o previsto, não mostrando nenhuma não conformidade, logo um sistema de comando elétrico é uma opção viável de implementação, uma vez que se pode contar com uma grande variedade de dispositivos no mercado para a construção de um sistema como esse, e, além disso, há softwares que possibilitam fazer simulações confiáveis de funcionamento de um sistema antes de sua aplicação prática. Neste aspecto, comparando-se resultados com Silva et al. (2018) pode-se verificar que na construção do modelo proposto, foi desenvolvido um sistema para abastecimento de energia para instalações de pequeno porte, no entanto apresenta uma diferença no gerenciamento dos dispositivos, esse gerenciamento foi realizada por um microcontrolador na plataforma aberta Arduino. E também, se diferencia em relação ao método de fornecimento de energia quando houvesse uma falha da concessionária, pois no trabalho referido utilizou-se de um gerador a gasolina, enquanto neste utiliza-se de uma bateria automotiva de 60 Ah. São dois métodos distintos projetos para finalidades semelhantes.

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA

Com o objetivo de constatar a viabilidade do projeto, foi realizada uma análise da viabilidade técnica do fornecimento de energia do sistema de abastecimento alternativo. A partir da equação (1) foi possível estimar o tempo de abastecimento de energia elétrica do sistema de fornecimento alternativo, em horas, conforme pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Tempo de utilização, em horas, conforme o consumo de corrente



	Bebedouro	Lâmpadas	Ventiladores	Televisão	Todos os eletroeletrônicos
Tempo de abastecimento(h)	32,5	108,69	54,44	32,5	12
Corrente de consumo(A)	1,82	0,552	1,102	1,417	4,891

Fonte: Os autores (2020)

Observando o Gráfico 1 podemos perceber que apenas para a utilização dos sistemas de iluminação, seria possível utilizar o sistema de abastecimento de energia alternativo por um longo período de tempo. O bebedouro representa o maior consumo de energia, é um fator relevante a ser considerado no que diz respeito à utilização consciente da energia fornecida pelo sistema de abastecimento alternativo. Para a utilização simultânea de todos os itens considerados no levantamento de carga a simulação mostra que o sistema de abastecimento de energia alternativo manterá o funcionamento dos itens por um período de 12 horas contínuas. Para a utilização apenas do bebedouro o tempo de funcionamento seria de 32,5 horas, utilizando somente as lâmpadas, elas ficariam acesas por 108,69 horas, somente os dois ventiladores poderiam ficar em funcionamento por 54,44 horas e a televisão poderia funcionar por 32,5 horas.

Logo, para a construção do sistema de abastecimento de energia alternativo em uma residência é necessário dimensionar corretamente a bateria que alimentará o circuito, isso prolongará o tempo de fornecimento do sistema, e, associada a essa escolha deverá está um dimensionamento adequado do inversor de tensão. No entanto, para este estudo a bateria automotiva de 60 Ah consegue suprir a demanda energética da residência, considerando-se apenas os itens dimensionados no levantamento de carga, por 12 horas. Dessa forma, ainda conforme a proposta de Silva et al. (2018), ambos os sistemas de abastecimento de energia propostos apresentaram resultados positivos. Embora utilizem métodos distintos para a mesma finalidade foi possível observar, através das simulações, a eficiência do projeto. No entanto, é relevante manter definida a aplicação do sistema, viabilizando o dimensionamento adequado do projeto.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs o projeto de um sistema de abastecimento de energia elétrica alternativo para uma residência unifamiliar, através de uma bateria automotiva de 60 Ah, utilizado apenas em situação de interrupção da energia fornecida pela concessionária. As simulações de funcionamento do sistema proposto mostraram a viabilidade do projeto, apresentando eficiência no fornecimento de energia elétrica por um período de 12 horas.

Nesse contexto, os resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho se mostraram relevantes. Evidenciaram os pontos de maior importância para sua viabilidade, como a utilização de uma bateria automotiva como fonte de e energia, a escolha do conversor de tensão e, a utilização de um sistema de comando elétrico

Dessa forma, a utilização desse sistema de abastecimento alternativo de energia, se mostra muito considerável para ser construído. Em localidades onde acontece interrupção frequente do fornecimento de energia da concessionária, seria uma alternativa viável para as residências, uma vez que a falta de energia hoje é um problema que vai além apenas do conforto. Muitas atividades simples dependem de energia elétrica, deixar de executar atividades importantes, perder prazos, não conseguir descansar à noite e ter que ir trabalhar nas primeiras horas do dia são apenas alguns exemplos dos transtornos causados pela falta de energia elétrica. Poder contar com um sistema alternativo de abastecimento de energia elétrica poderá minimizar alguns desses contratempos.

Nesse sentido, esse projeto conduz a sugestão de um trabalho futuro seguindo a mesma metodologia, onde a bateria automotiva seria substituída por uma bateria estacionária que, por possuir uma grande capacidade de corrente quando comparada com a bateria automotiva, esse pode ser um fator relevante para expansão da capacidade de abastecimento do sistema aumentando sua área de aplicação.

REFERÊNCIAS

[1] AMORAS, F. C.; AMORAS, A. V. A pesquisa no ensino superior: um ensaio sobre metodologia científica. Estação Científica (UNIFAP), Macapá, v. 6, n. 3, p. 127-136, set./dez. 2016.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL: Fontes de energia no brasil. dez. 2016. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/infografico. Acesso em: 12 nov. 2019.

[3] CANAL ENERGIA. www.canalenergia.com.br. Disponível em: https://www.canalenergia.com.br/noticias/53118732/ben-oferta-interna-de-energia-eletrica-subiu-17-em-2018. Acesso em 20 abr. 2020.

[4] CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2016.

[5] DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 1, Edição Especial, p. 70-81, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/19195/pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.

[6] GOOGLE MAPS. [Localidade da residência unifamiliar]. [2019]. Disponível em: https://www.google.com/maps/place/Alameda+S%C3%A3o+Francisco+-Chapada,+Manaus+-+AM,+69059-510/@-3.0905988,-60.0263821,19z/data=!4m5!3m4!1s0x926c1009e32e652d:0x9972c872534d8bcc!8m2!3d-3.0906876!4d-60.0263458?hl=pt-BR. Acesso em: 16 nov. 2019.

[7] GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão Participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no Nordeste do Brasil. Mercator (Fortaleza), v. 15, n. 1, p. 101-115, Mar. 2016.

[8] LIMA, Marlon de Morais *et al*. Avaliação do potencial econômico e energético de geração de energia fotovoltaica residencial em Belém – PA. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 1, p.1838-1850, jan. 2020.

[9] LOPES, Kamila.; MARTINS, Eliane M.; MIRANDA, Ronaldo L. A Potencialidade Energética da Biomassa no Brasil. Revista Desenvolvimento Socioeconômico em Debate – RDSD, Criciúma, v.5, n.1, p. 94-106, 2019. Disponível em: http://periodicos.unesc.net/RDSD/article/view/4829/4611. Acesso em: 10 jan. 2020.

[10] MICHELINI, Aldo. Baterias recarregáveis para equipamentos portáteis. São Paulo: S.T.A. – Sistemas e Tecnologia Aplicada Ind. Com. LTDA., 2017.

[11] MOTA, Gina Silva de Oliveira. Avaliação do conforto acústico, lumínico e térmico de uma habitação unifamiliar mista de alvenaria e bambu na br364 rio branco no acre. Orientador: Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

[12] NETO, João Pinto Cabral. Estimativa da geração de sucata de bateria de chumbo-ácido como ferramenta de gestão de resíduos eletroeletrônicos. Orientadora: Dr. Simone Machado Santos. 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

[13] OLIVEIRA, Aglailson Glêdson Cabral de. Avaliação da influência de íons metálicos sobre o potencial de evolução do hidrogênio utilizando soluções recicladas de baterias automotivas. Orientador: Dr. Eudésio Oliveira Vilar. 2018. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

[14] OLIVEIRA, Carolina *et al*. Energia sustentável par a consumo residencial: eólica versus fotovoltaica. Revista Faculdades do Saber, São Paulo, v. 4, n. 7, p. 441-454, dez. 2019. Disponível em: https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/58/45. Acesso em: 20 abr. 2020.

[15] SILVA, Antônio Luís Gouveia Ribeiro. Eletricidade, Crescimento Econômico e Desenvolvimento: uma contribuição para o estudo do caso de Moçambique. Orientadora: Dr. Maria Isabel Rebelo Teixeira Soares. 2016, 65f.

Dissertação de Mestrado – Curso de Economia e Gestão do Ambiente, Faculdade de economia- Universidade do Porto, Porto, 2016.

[16] SILVA, Matheus Leal *et al*. Proposta de quadro de transferência automático de baixo custo para instalações elétricas de pequeno porte. Revista Teccen, Vassouras, v. 11, n. 1, p. 26-38, jan./jun. 2018. Disponível em: http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/issue/view/143. Acesso em: 30 mar. 2020.

[17] STA – Sistemas e tecnologia aplicada. Formatos de Baterias. Disponível em: <http://www.sta-eletronica.com.br/artigos/baterias-recarregaveis/baterias-de-nicd/formatos-de-baterias/>. Acesso em: 09 mai. 2020.

Capítulo 9

Automação de um sistema fotovoltaico isolado da rede de distribuição de uma residência em Manaus-AM

Jari Vieira dos Santos Junior
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O consumo elevado de energia elétrica e o aumento da tarifa de energia somados a preocupação com o meio ambiente, tem incentivado muitas pessoas a buscarem soluções ecologicamente sustentáveis. Nesse contexto, a energia fotovoltaica no Brasil vem ganhando espaço e está em constante crescimento de mercado, mesmo com alto custo de investimento. Desse modo, a presente pesquisa tem como objetivo debater sobre aplicação dos sistemas fotovoltaicos off-grid em uma residência por meio de simulação no software PVsyst. Dessa forma foi relevante caracterizar os sistemas fotovoltaicos isolados; desenvolver um sistema fotovoltaico automatizado de baixo custo para uma residência da cidade de Manaus; avaliar as viabilidades economias do sistema fotovoltaico na residência por meio de simulação no software PVsyst. Os resultados mostrados pela simulação no PVsyst permitiram apresentação do sistema fotovoltaico e seu esquema elétrico, foi possível simular os custos de investimento que foi de R$ 12.474,84 e manutenção gerando um valor por KWh que foi de R$ 0,47, gerando uma economia de 53,5% na conta de energia, mostrando um prazo de retorno é de 11 ano, e o valor presente líquido encontrado é de 26.982,97 reais, que corresponde a uma taxa de retorno do investimento de 7%. Concluindo que mesmo não sendo comum a aplicação do sistema fotovoltaico isolado na área urbana, há uma enorme viabilidade de utilização em empreendimento residencial, e um investimento altamente ecológico do ponto de vista ambiental.

Palavras-Chave: Sistema fotovoltaico, PVsyst, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica dos diferentes sistemas domésticos, aliadas ao crescimento expressivo do uso da internet como meio de comunicação eficiente, tem estimulado a indústria da construção civil a incorporar soluções inovadores de automação predial em seus empreendimentos. (ROSARIO, 2019). Através dela, oferece inúmeras possibilidades de serviços e soluções, em especial para gestão de energia elétrica que tem aumentado seus custos nos últimos anos, tornando-se um problema para as famílias brasileiras.

Uma solução para gestão da energia elétrica residencial é o uso de sistema fotovoltaico *off-grid*, que consiste na transformação a luz solar que incide sobre as células fotovoltaicas que converte em energia elétrica armazenada em uma bateria e distribuída por toda residência. (LOSCHI, 2015).

Segundo Silva (2019) no país, "o consumo de energia elétrica final no setor residencial corresponde há 25,6% do total consumido em 2017, tendo um aumento médio de 7% ao ano até 2019". No entanto, o aumento do consumo de energia e reajuste de preço pesou no orçamento do brasileiro que acumulou um aumento de 14,1% em 2019. (BRASIL, 2019).

O valor da conta de energia na residência estudada corresponde há 40 % do salário mínimo atual. Outro ponto é o alto valor de investimento para obter um sistema fotovoltaico residencial. Desse modo, a pesquisa traz a seguinte problemática: Quais benefícios da automação do sistema fotovoltaico isolado da rede de distribuição em uma residência?

Desta forma, o sistema fotovoltaico tem se constituído em uma ferramenta e um sistema útil na redução dos custos de energia, fundamentalmente em residência.Esta solução utiliza um Controlador Lógico Programável como gerenciador do sistema fotovoltaico funcionando como elemento de cálculo, execução de instruções e controle do fluxo de geração de energia com o objetivo de redução de custos e controle do consumo de energia.

Nesse contexto, o objetivo geral da pesquisa é debater sobre aplicação dos sistemas fotovoltaicos *off-grid* em uma residência por meio de simulação no software PVsyst. Para isso é necessário caracterizar os sistemas fotovoltaicos isolados, desenvolver um sistema fotovoltaico automatizado de baixo custo para uma residência e Avaliar as viabilidades econômicas do sistema fotovoltaico na residência por meio de simulação no software PVsyst.

A motivação principal da realização desta pesquisa ocorreu em função de experiências no cotidiano pessoal com relação ao controle do consumo e dos custos de energia. Nesta, os problemas causados por elevação dos níveis de consumo e em consequência do dispêndio financeiro é constante em função da ausência de um sistema diferente de geração de energia. Assim, a preocupação em encontrar uma forma de propor a adequação da aplicação do sistema fotovoltaico para residências com aplicação por meio de um sistema de automação.

Contudo, esta proposta visa contribuir com uma solução de controle, coordenação e manutenção do sistema fotovoltaico residencial com base nos controles previstos pelas normas de segurança em sistemas de energia solar. Em termos práticos, pretende-se criar um protótipo de um sistema fotovoltaico que diminua o consumo e consequentemente as despesas financeiras e os resultados desse trabalho poderão oferecer elementos substanciais para a resolução da questão proposta pelo estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

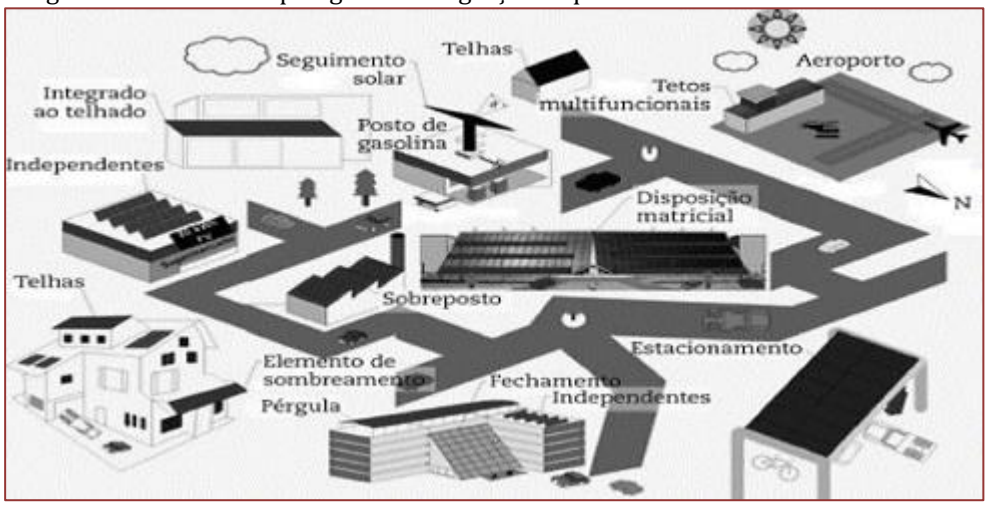
O efeito fotovoltaico, que é a base da geração direta de eletricidade a partir da energia solar, é conhecido desde 1839 através dos estudos realizados por *Edmund Becquerel*. Naquele ano, Becquerel demonstrou a possibilidade de conversão de radiação luminosa em energia elétrica, mediante a incidência de luz em um eletrodo mergulhado em uma energia de eletrólito. Em 1873, *Wiloughby Smith* descobriu a fotocondutividade do selênio. Em 1887, na Inglaterra, *W. G. Adams* e *R. E. Day* observaram que a exposição do selênio à radiação produzia uma corrente elétrica. *Charles Fritz* descreveu, em 1883, a primeira célula produzida a partir de pastilhas de selênio, com eficiência de conversão de energia solar em elétrica. (JUCÁ; CARVALHO, 2015).

As primeiras aplicações terrestres da tecnologia fotovoltaica ocorreram principalmente com sistemas isolados ou autônomos (*off-grid*), capazes de abastecer cargas distantes da rede convencional de distribuição de eletricidade. (ZILLES et al., 2016).

Os módulos fotovoltaicos deixaram de ser simples equipamentos de produção de eletricidade para, ao mesmo tempo, tornarem-se um elemento construtivo da edificação, capaz de substituir componentes tradicionais ou de oferecer usos adicionais, além da produção de formas diversas; podem ser instalados sobre telhados e coberturas ou em sombreador de janelas, de corredores, de estacionamento de carros, de áreas comuns. (JUCÁ; CARVALHO, 2015).

É possível, portanto, desenvolver diversas formas de integração arquitetônica dos módulos fotovoltaicos, conforme mostra Figura 1.

Figura 1 - Diferentes tipologias de integração arquitetônica de módulos fotovoltaicos



Fonte: Zilles et al., 2016.

Sistemas isolados também encontram aplicação na iluminação pública, na sinalização de estradas, na alimentação de sistemas de telecomunicações e no carregamento das baterias de veículos elétricos. Sua aplicação em residências consiste em zonas rurais, na paria, no camping, em ilhas e não muito comum na zona urbana.

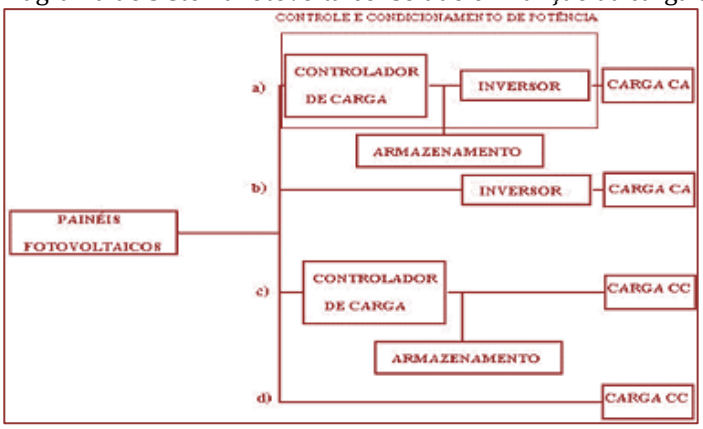
Essa forma de conversão direta da energia solar disponível em eletricidade com o uso de módulos fotovoltaicos está em ampla expansão devido à possibilidade de geração descentralizada, o caráter modular e a facilidade na instalação e manutenção, unidas a característica renovável e não poluidora de energia solar. (VILLALVA, 2019).

Um sistema de fotovoltaico consiste em um ou mais painéis fotovoltaicos, os quais convertem a luz do sol diretamente em eletricidade. A flexibilidade dos painéis fotovoltaicos possibilita seu uso em muitos produtos de edificações, como telhas solares, cortinas de vidro e painéis decorativos, os quais podem substituir diretamente materiais convencionais de acabamento e *design* da edificação. (ROAF; FUENTES; THOMAS-REES, 2015).

A energia solar fotovoltaica tem uma característica que não se encontra em nenhuma outra, ela pode ser usada em qualquer local, podendo ser empregada em praticamente todo território nacional, em áreas rurais e urbanas, gerando eletricidade no próprio ponto de consumo, sem a necessidade de levar energia para outro lugar através de linhas de transmissão ou rede de distribuição. (VILLALVA, 2019).

Apontam Jucá e Carvalho (2015) que os sistemas fotovoltaicos isolados (*off-grid*) pode ser configurado da seguinte maneira: “com carga CA e armazenamento; com carga CA se armazenamento; com carga CC e armazenamento e; com carga CC sem armazenamento”. Conforme Figura 2.

Figura 2 - Diagrama do sistema fotovoltaico isolado em função da carga utilizada



Fonte: Jucá e Carvalho, 2015.

A saída CC das baterias pode ser usada imediatamente para executar certas cargas de baixa tensão CC, como lâmpadas ou refrigeradores, ou pode ser convertida por um inversor em tensão CA para executar cargas CA que constituem a maioria dos aparelhos. O efeito fotovoltaico, primeiramente descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz. Em 1876 foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos da física do estado sólido e, apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área de eletrônica. (PINHO; GALDINO, 2015).

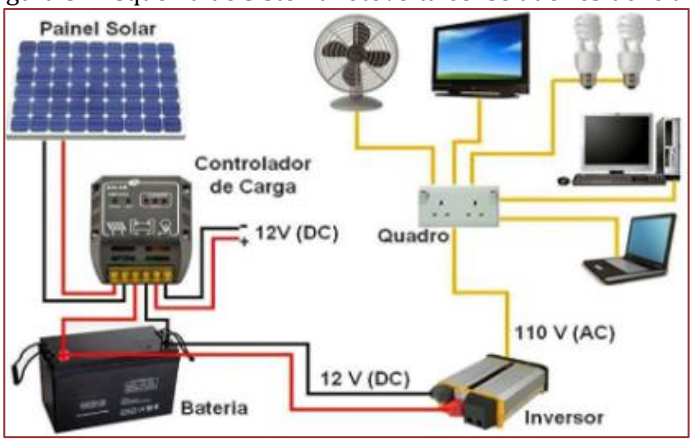
Ao ser alcançada pela luz do sol a célula fotovoltaica produz uma pequena corrente elétrica, reclusa com fios conectados à célula essa corrente é transferida para os demais elementos do sistema, dessa forma, usando uma maior quantidade de células fotovoltaicas conectadas em série ou em paralelo, maior será a corrente e tensão produzida. Nesse tipo de sistema fotovoltaico isolado, existe quatro tipos de configurações diferentes que são: sistema isolado doméstico; sistema isolado não-doméstico; sistema conectado à rede de forma inteligente e sistema conectado à rede de forma centralizada. (ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2019).

O Brasil é um potencial gerador de energia solar fotovoltaica devido aos seus elevados índices de irradiação solar ao longo do território nacional, que varia entre 4,25 kWh/m^2 a 6,30 kWh/m^2 (PINHO; GALDINO, 2015).

2.2 COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS

Um sistema fotovoltaico isolado é geralmente composto de uma placa ou conjunto de placas fotovoltaicas, um controlador de carga, uma bateria e, conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para tensão alternada. (VILLALVA, 2019). O esquema do sistema fotovoltaico isolado residencial está descrito na Figura 3.

Figura 3 - Esquema do sistema fotovoltaico isolado residencial



Fonte: Burattini, 2017.

Segundo Zilles et al. (2016) as células fotovoltaicas, “são dispositivos feitos de materiais semicondutores, construídos de forma aproveitar o efeito fotovoltaico para a produção de eletricidade”. (Figura 4).

Figura 4 - Placas fotovoltaicas

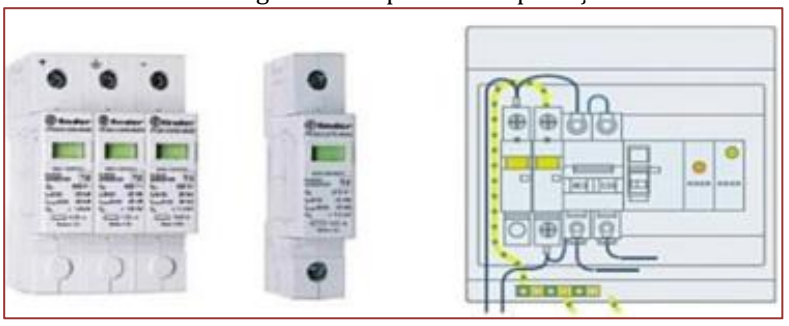


Fonte: Zilles et al., 2016.

Observa-se na figura que a maioria das placas fotovoltaicas disponíveis comercializadas utiliza o silício como material de base para sua fabricação, podendo ser encontradas na forma de silício monocristalino, multicristalino (ou policristalino) e amorfo. (BURATTINI, 2017).

Toda energia captada pelas placas fotovoltaicas passa por um controlador de carga ou um dispositivo de proteção contra surto (Figura 5). A principal função do dispositivo de proteção é proteger a bateria das sobrecargas, também como principal componente do sistema, aumenta a vida útil do sistema completo e principalmente dos bancos de baterias, tornando mais eficiente o seu armazenamento. (JUCÁ; CARVALHO, 2015).

Figura 5 - Dispositivo de proteção



Fonte: Jucá e Carvalho, 2015.

Os dispositivos de proteção são classificados quanto a forma de aplicação no local de instalação. Para os sistemas fotovoltaicos, são utilizados os seguintes modelos: classe 1 – em locais que podem receber incidência direta de raios; classe 2 – em locais que não sofrem incidência direta de raios; e classe 1+2 – em locais que podem ter a incidência de raios direta ou indireta. (PINHO; GALDINO, 2015).

O tipo de bateria mais usado em um sistema isolado é chamado bateria de chumbo-ácido (Figura 6). Por sua vez, são constituídas por células que produzem cerca de 2 V dependendo da voltagem as baterias podem ter de seis a doze células (12 V e 24 V), contidas em um único casco de plástico, como uma bateria de carro, ou podem ser separadas (LOSCHI, 2015).

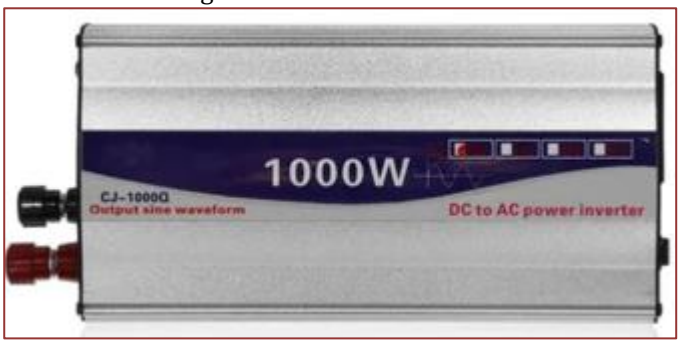
Figura 6 - Bateria do sistema fotovoltaico isolado



Fonte: Loschi, 2015.

Nos sistemas fotovoltaicos, o armazenamento e a disponibilidade da eletricidade ocorrem na forma de corrente contínua (CC). Para utilização de aparelhos que funcionam com corrente alternada (CA), é necessário um conversor que transforme a corrente continua com tensões entre 12V e 48V em corrente alternada contensões de 127 V ou 240 V (Figura 7). (PINHO; GALDINO, 2015).

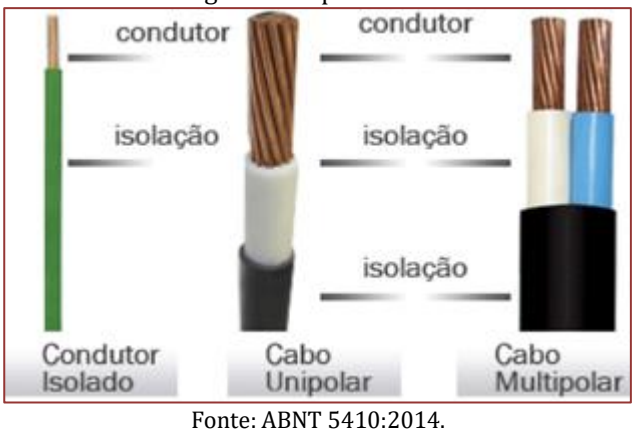
Figura 7 - Inversor de tensão



Fonte: Pinho e Galdino, 2015

Os inversores de frequência são dispositivos do sistema fotovoltaico que transformam a corrente contínua gerada nos módulos para corrente alternada em padrões de tensão e frequência de uma rede elétrica. (SENAI, 2016). Os condutores utilizados em sistemas fotovoltaicos não são os convencionais encontrados no mercado. A classificação dos cabos está ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Tipos de cabo

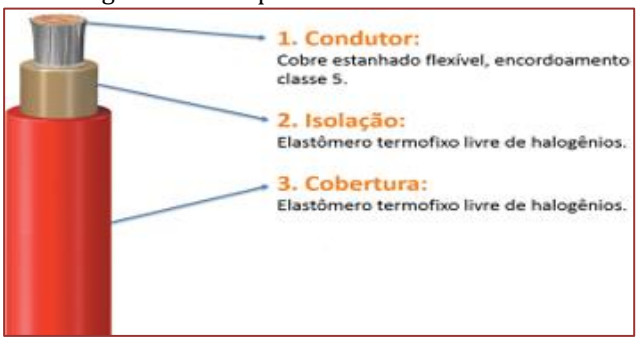


Fonte: ABNT 5410:2014.

Os cabos são classificados em três tipos: Condutor Isolado: é aquele que possui condutor e isolação; Cabo Unipolar: composto por um condutor isolado e uma segunda camada de revestimento chamada cobertura ou capa, com a finalidade de proteção mecânica e Cabo Multipolar: vários condutores isolados com uma cobertura ou capa única. (ABNT, 2014).

Em sistemas fotovoltaicos, deve-se utilizar cabos adequados para aplicações em corrente contínua, com tensão nominal de isolação igual ou superior a tensão máxima do arranjo fotovoltaico (Figura 9). Antes de tudo, estes cabos devem atender a norma ABNT NBR 16612, que trata especificamente de cabos de potência para sistemas fotovoltaicos (ABNT, 2017). Conforme ilustra a figura a seguir.

Figura 9 - Cabo para sistema fotovoltaico



Fonte: ABNT, 2017.

O condutor pode ser composto por cobre ou alumínio, sólidos ou trançado e o isolamento pode ser construído a partir de materiais diferentes dependendo das características do local onde vão ser instalados, devem ser identificados por cor e aplicação, conforme descreve o Quadro 1.

Quadro 1 - Regras de rotulação dos cabos

Corrente alternada (DC)		Corrente contínua (AC)	
Cor	Aplicação	Cor	Aplicação
Preto, castanho ou cinzento	Fases	Preto, ou outra cor	Fase positiva
Azul claro	Neutro	Azul claro	Fase negativa ou neutro
Verde ou amarelo	Terra	Verde ou amarelo	Terra

Fonte: Adaptado SENAI, 2018.

Normalmente a tensão de isolação dos cabos solares é de 0,9/1,8 kV em corrente contínua e possuem uma temperatura de trabalho de 90°C podendo operar em 120°C por determinados períodos. (ABNT, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo em análise, é uma edificação do tipo residencial que está localizado na rua 208, n° 53 – Cidade Nova, na zona norte de Manaus (Figura 10).

Figura 10 - Área de estudo



Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

Para fins de estudo ao uso do sistema fotovoltaico no local pesquisado, foi utilizado o software PVsyst V6.78 que permite ao usuário trabalhar em diferentes níveis de complexidade, desde um estágio inicial de representação até um detalhado sistema de simulação. Apresenta também uma ferramenta adicional, tridimensional, que leva em conta as limitações no horizonte e aqueles objetos que possam projetar sombras (PINHO; GALDINO, 2015).

A utilização do PVsyst V6.78 é fundamental para o auxílio no dimensionamento do sistema fotovoltaico isolado, que beneficiou positivamente nos recursos de simulações, cálculo, emissão de relatório e documentação técnicas de sistemas fotovoltaicos que foram contemplados segundo as características do local de estudo (Figura 10).

3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Antes de inserirmos os dados no software PVSYST devemos colher os dados na conta de energia referente aos últimos doze meses e achar o consumo médio mensal e verificar o tipo de ligação dessa residência pois ele é muito importante e vem atrelado a um custo de disponibilidade mínima que o consumidor deve pagar na sua conta conforme Resolução n°414 de 2010 que possui valores distintos para cada padrão de conexão.

Iniciando-se pelo estudo da radiação solar da região, alimentando as informações da localização da residência, obteve-se os seguintes resultados, latitude -3.043581° S, longitude -59.96527°W, a média de irradiação diária mensal, e utilizando-se do site do CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica encontramos o valor médio da região de 4,32 HSP horas de sol pico conforme é possível observar na Tabela 1.

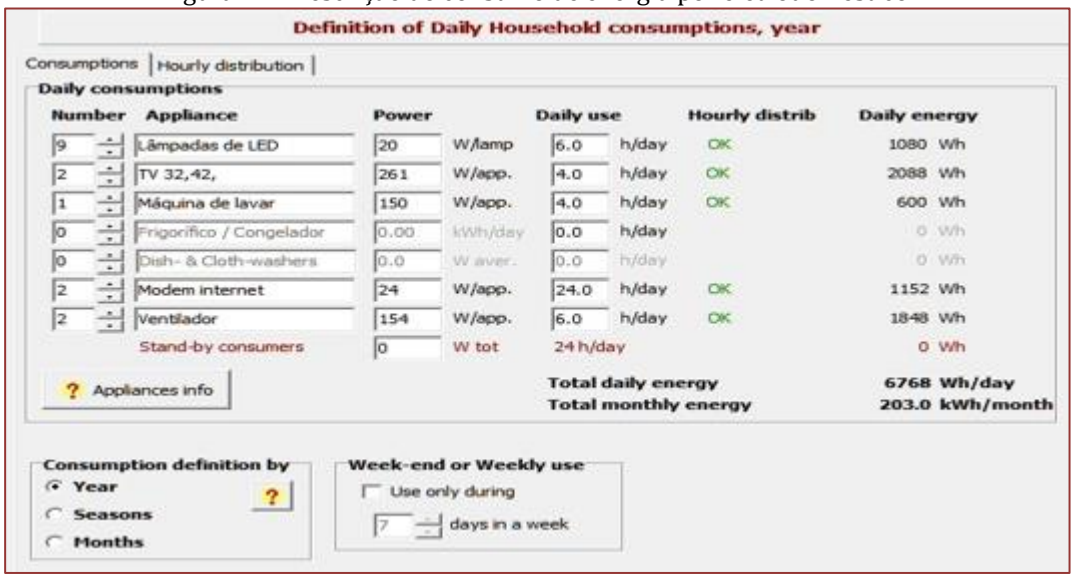
Tabela1 - Irradiação Solar no Plano Inclinado Manaus-AM-BRASIL

Irradiação solar diária média mensal (KWh/m² dia)	Ângulo Inclinação	Plano horizontal 0° N	Ângulo igual a latitude 3° N	Maior média anual 4° N	Maior mínimo mensal 2° N
	jan	3,87	3,87	3,87	3,87
	fev	4,07	4,07	4,07	4,07
	mar	4,02	4,02	4,02	4,02
	abr	3,81	3,81	3,81	3,81
	mai	3,81	3,81	3,81	3,81
	jun	4,30	4,30	4,30	4,30
	jul	4,34	4,34	4,34	4,34
	ago	4,95	4,95	4,95	4,95
	set	4,97	4,97	4,97	4,97
	out	4,82	4,82	4,82	4,82
	nov	4,66	4,66	4,66	4,66
	dez	4,18	4,18	4,18	4,18
	Média	4,32	4,32	4,32	4,32
	Delta	1,16	1,16	1,16	1,16

Fonte: Pvsyst, 2020.

Para o cálculo da demanda de consumo de energia da residência foi feito uma listagem detalhada dos eletrodomésticos e eletrônicos da residência com quantidade de horas e consumo. Em seguida, essas informações foram alimentadas no PVsyst para calcular a necessidade de energia elétrica que o sistema fotovoltaico precisa fornecer (Figura 11).

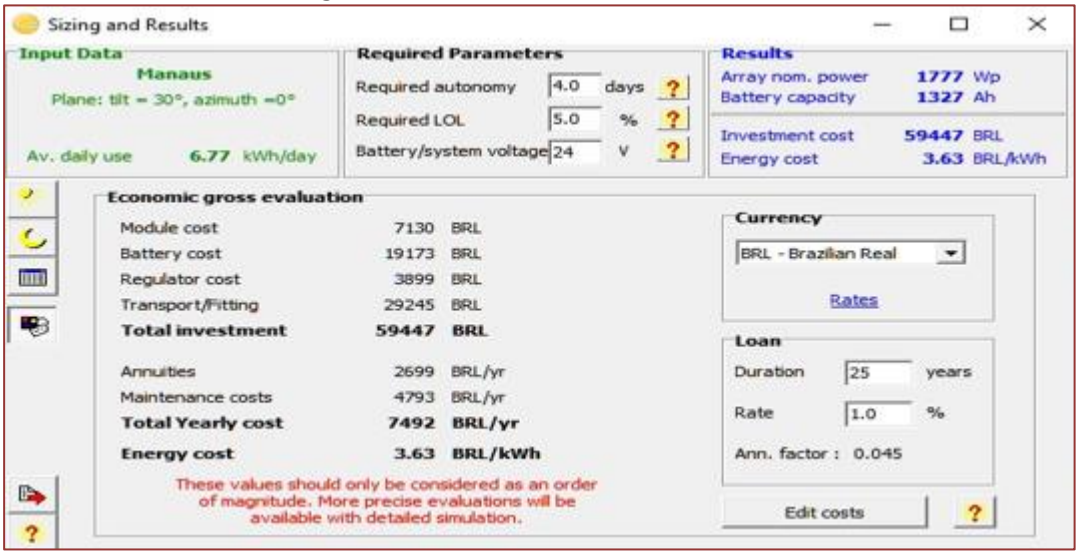
Figura 11 - Descrição do consumo de energia por eletrodoméstico



Fonte: Pvsyst, 2020.

Após todas as informações obtidas, o consumo geral de energia da residência estudada é de 6768 Wh/dia ou 7K Wh/dia que corresponde a 203.0 kWh/mês. Com os dados de consumo de energia podemos observar que o software nos fornece exatamente a quantidade de 1777 Wp (Figura 12).

Figura 12 - Dimensionamento e resultados



Fonte: Pvsyst, 2020.

Com as informações do estudo da radiação solar na região, do consumo de energia e do dimensionamento do sistema é feito o cálculo para quantidade de placas fotovoltaicas necessárias para o funcionamento do sistema residencial a ser desenvolvido. Desse modo, a quantidade de placas é calculada pela potência total do dimensionamento 1777 Wp dividido pela potência do painel escolhido a ser utilizado no projeto, Quadro 2.

Quadro 2 - Cálculo da quantidade de placas fotovoltaicas

Calcular quantidade de placas	
Potência do dimensionamento	1777
Potência da Placa Escolhida	260
Quantidade de Placas	7

Fonte: Pvsyst, 2020.

Desse modo, sabendo a quantidade de placas podemos dimensionar o restante dos equipamentos a serem utilizados no sistema fotovoltaico simulado no PVsyst, e esses equipamentos estão detalhados no quadro a seguir.

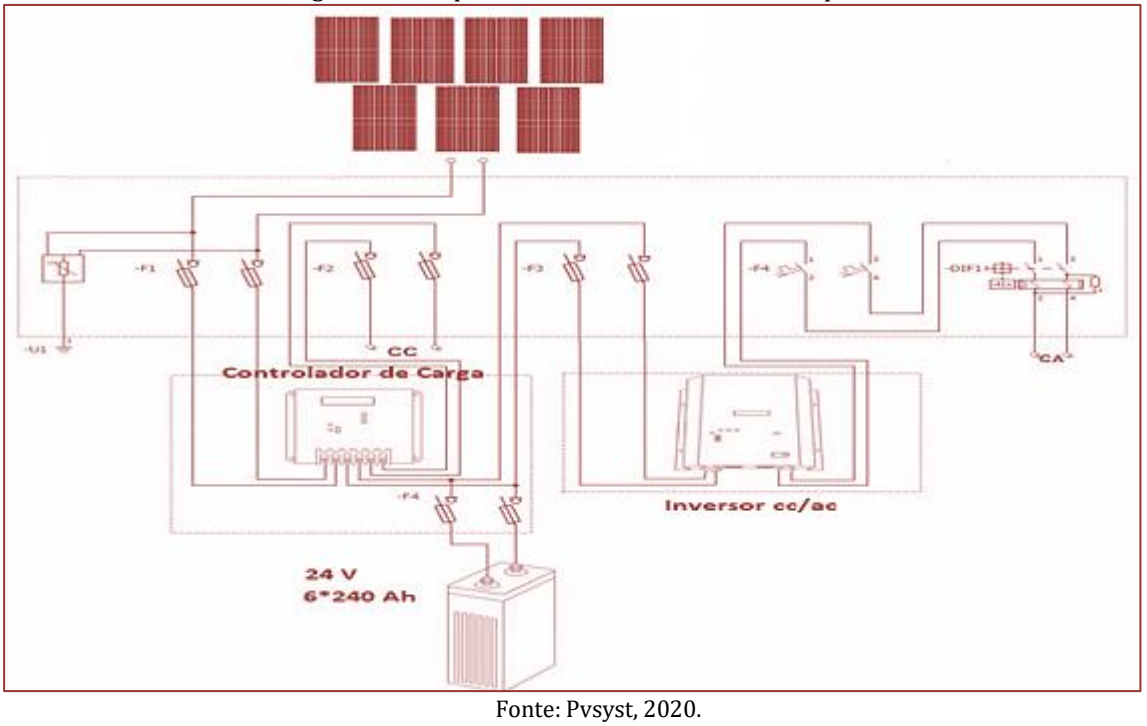
Quadro 3 - Equipamentos do sistema fotovoltaico

Equipamento	Quantidade
Painel solar	7 und
Controlador de carga de 24v/30a	1 und
Inversor de tensão	1 und
Bateria chumbo-ácido 240Ah	6 und
Cabos	30 m

Fonte: Os autores, 2020.

Prosseguindo para próxima etapa, foi elaborada um esquema elétrico do sistema a ser utilizado na residência estudada, conforme Figura 13.

Figura 13 - Esquema elétrico do sistema a ser aplicado



Fonte: Pvsyst, 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema fotovoltaico proposto pela presente pesquisa é do tipo isolado, e sua aplicação é voltada para uma edificação residencial. Geralmente os sistemas fotovoltaicos isolados são ideais para lugares onde exigem pequenas cargas como residências, pequenas comunidades, aldeias indígenas ou lugares onde não há energia elétrica.

Para análise financeira da aplicação do sistema fotovoltaico isolado na residência estudada, foi feita simulação do Pvsyst que gerou o consumo médio mensal da residência e da potência que o sistema precisa gerar para alimentar os eletrodomésticos.

Dessa forma, foi feito orçamento para instalação do sistema fotovoltaico isolado na residência, os equipamentos e seus respectivos preços estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Orçamento para instalação do sistema fotovoltaico isolado

Equipamento	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Painel solar fotovoltaico 260w	7 und	R$ 709,00	R$ 4.963,00
Controlador De Carga 60a 12v 24v 36v 48v	1 und	R$ 219,90	R$ 219,90
Inversor Potência 2000w 24v	1 und	R$ 380,00	R$ 380,00
Bateria chumbo-ácido 240Ah	6 und	R$ 1.059	R$ 6.354
Cabo PV preto 6MM	10 m	R$ 65,99	R$ 65,99
Cabo PV vermelho 6MM	10 m	R$ 65,99	R$ 65,99
Conector MC4	6 pares	R$ 14,50	R$ 87,00
Conector MC4 y 2t	3 pares	R$ 43,99	R$ 131,97
Cabo 25mm 30cm (baterias estacionárias)	3 und	R$ 57,00	R$ 171,00
Cabo 1,5mm 10mm (controlador de carga)	1 und	R$ 35,99	R$ 35,99
TOTAL			R$ 12.474,84

Fonte: Os autores, 2020.

O valor de investimento para aquisição do sistema fotovoltaico isolado é de R$ 12.474, 84 (doze mil, quatrocentos e setenta e quatro reais e oitenta e quatro centavos), orçamento feito pela empresa GMV engenharia e energia solar localizado na av. André Araújo, n° 97 – Adrianópolis.

Para comparação dos resultados da energia elétrica e da energia fotovoltaica, foi adquirido o consumo médio anual da energia elétrica fornecida pela empresa Amazonas Energia que foi de 2430KWh por ano e o seu custo unitário KWh conforme a região estudada, incluindo os impostos é de R$ R$ 0,894539.Já para o sistema fotovoltaico isolado, utilizou-se para cálculo do custo da energia fotovoltaica o total de gastos iniciais e de manutenção divididos pelo total de energia produzida. A fórmula utilizada para o cálculo do custo unitário da energia fotovoltaica é (Eq 1):

$$Custo_{unitário} = \frac{\sum_{i=0}^{N}[(inv_i + CO\&M_i).(1+taxa)^{-i}]}{\sum_{i=0}^{N}[(EneProd\,.(1-\eta i).(1+taxa)^{-i})]} \quad (1)$$

Fonte: Dantas; Pompermayer, 2018.

Segundo Dantas e Pompermayer (2018), “o custo unitário para cada estado brasileiro leva em consideração a irradiação média de cada estado e a quantidade de placas a serem utilizadas no sistema”. Nesse contexto, o estudo mostra que para o estado do Amazonas, o custo unitário da energia fotovoltaica é de R$ 0,53 (6 placas); R$ 0,47 (10 placas) e R$ 0,42 (18 placas). Percebe-se que quanto mais placas, menor é o custo unitário da energia. No entanto, para fins comparativos, o sistema em questão utiliza sete placas, logo será considerado o custo unitário de 10 placas que corresponde a R$ 0,47 A comparação dos custos de energia de ambas as origens, está detalhado na tabela seguir.

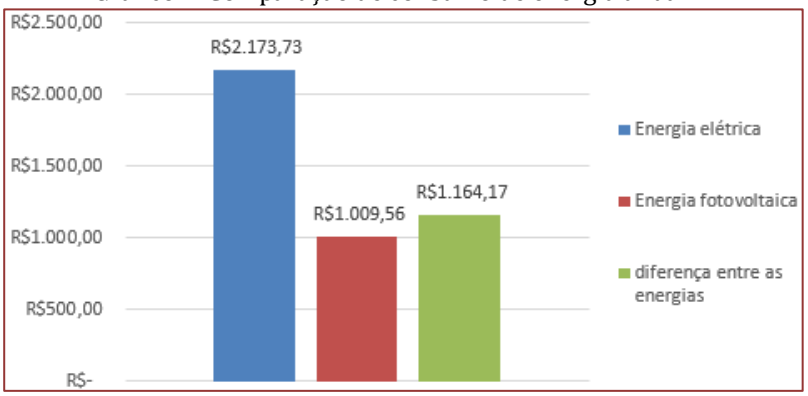
Tabela 3 - Comparação de consumo de energia anual

Energia elétrica			
Ano	Consumo KWh	Valor unitário	Valor total
2019/2020	2430	R$ 0,894539	R$ 2.173,73
Energia solar			
Mês	Consumo KWh	Valor unitário	Valor total
2019/2020	2148	R$ 0,47	R$ 1.009,56

Fonte: Os autores, 2020.

Com a aplicação do sistema fotovoltaico, houve uma redução significativa nos custos de energia elétrica, resultando na diferença de R$ 1.164,17 corresponde em uma redução de 53,5% no valor da conta de energia, conforme é mostrado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Comparação de consumo de energia anual



Fonte: Os autores, 2020.

Desse modo, para análise da rentabilidade do sistema fotovoltaico, será utilizada dois indicadores financeiros: VPL e o TIR, considerando tempo de 20 anos que refere-se a vida útil do sistema, a taxa de 5% ao ano que corresponde aos outros custos referente ao sistema fotovoltaico e um fluxo de caixa no valor de R$ R$ 1.164,17 que é referente a diferença entre os custos de energia elétrica e energia fotovoltaica calculados na Tabela 4.

O valor presente líquido (VPL) é uma função utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento. Ele é definido como o somatório dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação, calculados a partir de uma taxa dada e de seu período de duração. Já a Taxa Interna de Retorno (TIR) é aquela taxa de desconto que utilizada para calcular o VPL irá encontra VPL igual a zero. Em termos práticos podemos interpretar a TIR como sendo a taxa de retorno do projeto, ou seja, quanto estará rendendo percentualmente o investimento.

Tabela 4. Cálculo da rentabilidade do sistema

Investimento	R$ 12.474,84	Taxa	5%
Fluxo de caixa	20 ANOS	VPL	R$ 26.982,97
		TIR	7%
Ano 1	R$ 1.164,17	Ano 11	R$ 1.164,17
Ano 2	R$ 1.164,17	Ano 12	R$ 1.164,17
Ano 3	R$ 1.164,17	Ano 13	R$ 1.164,17
Ano 4	R$ 1.164,17	Ano 14	R$ 1.164,17
Ano 5	R$ 1.164,17	Ano 15	R$ 1.164,17
Ano 6	R$ 1.164,17	Ano 16	R$ 1.164,17
Ano 7	R$ 1.164,17	Ano 17	R$ 1.164,17
Ano 8	R$ 1.164,17	Ano 18	R$ 1.164,17
Ano 9	R$ 1.164,17	Ano 19	R$ 1.164,17
Ano 10	R$ 1.164,17	Ano 20	R$ 1.164,17

Fonte: Os autores, 2020.

Com o calculo da rentabilidade, o VPL encontrado é de 26.982,97 em um período de 20 anos. o TIR encontrado foi 7% que representa um bom percentual de retorno do investimento. Desse modo, o prazo de retorno do investimento é de 11 anos, considerando o período analisado é um excelente prazo, mostrando que o investimento é rentável. Outro ponto importante são os benefícios ambientais que o sistema pode proporcionar. Por ser tratar de uma energia renovável, o sistema fotovoltaico é altamente sustentável e inofensivo ao meio ambiente, reduzindo o consumo residencial de energia elétrica que aumenta a cada ano.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo debater acerca da aplicação dos sistemas fotovoltaicos isolados em uma residência na cidade de Manaus. Nesse contexto, foi utilizado o PVsyst para simulação do

funcionamento do sistema *off-grid* dispensando a necessidade de aquisição dos equipamentos e instalação do sistema na residência estudada.

´Por meio da simulação, pelo software PVsyst, foi possível obter resultados excelentes em relação a sua aplicabilidade residencial na zona urbana. Um dos fatores positivos para esse resultado foi o nível de irradiação da região que é ótimo para geração de energia fotovoltaica.

Outro ponto importante foi que por meio da simulação, apresentou-se um esquema elétrico do sistema a ser utilizado com todos os equipamentos necessários para instalação, onde obteve-se uma cotação de preço da empresa GMV engenharia e energia solar no valor de R$ 12.474,84. Comparando os custos de energia da rede elétrica para a energia fotovoltaica, o estudo apontou uma redução de 53,5 % , que corresponde ao valor de R$ 1.164,17 anuais.

Quanto a viabilidade econômica do investimento, o estudo mostrou um prazo de retorno do investimento é de 11 ano, e o valor presente líquido encontrado é de 26.982,97 que corresponde há uma taxa de retorno do investimento de 7%. Em termos práticos os índices de viabilidade do investimento são excelentes para natureza do investimento.

Os benefícios em relação ao meio ambiente são excelentes devidos ao sistema fotovoltaico ser uma fonte de energia renovável, energia limpa, que não agride o meio ambiente, sendo classificada como investimento altamente sustentável.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, Yolanda Vieira de; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; GUERRA, Sinclair Mallet-Guy. Energia, economia, rotas tecnológicas. Palmas: eumed.net, 2019.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16612: Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, 2017.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5410: estabelece as condições mínimas necessárias para o perfeito funcionamento de uma instalação elétrica de baixa tensão garantindo assim a segurança de pessoas e animais e a preservação dos bens. Rio de Janeiro, 2014.

[4] BURATTINI, Maria Paula T. de Castro. Energia: uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

[5] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Energia: mês de referência junho de 2019. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/ 20182/922b77ec-1afb-d09e-6d80-16dc967f2a17. Acesso em 10 abr 2020.

[6] DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico.Brasília: Ipea, 2018.

[7] JUCA, Sandro César Silveira; CARVALHO. Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: aplicações em dessalinização. Rio de Janeiro: Espaço Científico Livre, 2015.

[8] LOSCHI, Hermes José. Compreendendo um sistema fotovoltaico: uma abordagem didática conceitual. 1ª ed. São Paulo: baraúna, 2015.

[9] PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPEL–CRESESB, 2015.

[10] ROAF, Sue; FUENTES, Manuel; THOMAS-REEES, Stephanie. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

[11] ROSARIO, João Mauricio. Automação industrial. São Paulo: Editora Baraúna, 2019.

[12] SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Instalação de sistema de microgeração solar fotovoltaica. São Paulo: SENAI, 2016.

[13] SILVA, Vinícius Felipe da. Demanda residencial de energia elétrica no Brasil. (2019). Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco: CCSA, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/ 123456789/34162. Acesso em 10 abr. 2020.

[14] VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

[15] ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros; OLIVEIRA, Sérgio Henrique Ferreira de. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. São Paulo: Oficina de textos, 2016.

Capítulo 10

Impactos da implementação de novas tecnologias na indústria 4.0: Um estudo de caso no processo produtivo de uma fábrica do Polo Industrial de Manaus-AM

Jessé Costa dos Santos Alves
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A indústria 4.0 introduz ao ambiente de produção a implantação de novas tecnologias, além de modernizar os processos e as empresas com a utilização de máquinas e periféricos inteligentes. Tais mudanças apresentam impactos significativos na organização estrutural do trabalho, na gerência e gestão de negócios. Além disso, seus impactos atingem o âmbito econômico, devido à flexibilidade dos métodos de produção e otimização do tempo. Neste sentido, este artigo busca demonstrar a evolução da Indústria, as principais características e impactos da Indústria 4.0, com o objetivo de analisar as melhorias dos processos operacionais. Diante disso, foi desenvolvido um estudo de campo onde foram monitorados e coletados dados no modo tradicional de produção, e em seguida, no modo indústria 4.0. Os resultados da comparação dos dois métodos de produção demonstram que as incorporações de tecnologias emergentes proporcionam uma redução na taxa de erros e aumento no índice total de produção.

Palavras-chave: Indústria 4.0, tecnologia, processo produtivo.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias juntamente com o aumento da inserção de mecanismos digitais tem levado as empresas e organizações a se adaptarem, melhorando seus processos, buscando destaque no mercado competitivo. A inclusão desses métodos, no qual as empresas têm como objetivo vantagens significativas para se destacarem diante de outras empresas do mesmo seguimento. Com essa estratégia que o processo da indústria 4.0 vem se destacando. (OLIVEIRA; SIMÕES, 2016).

A Indústria 4.0 é uma abordagem promissora, baseada na integração dos processos de negócios e de fabricação, bem como na integração de todos os representantes da cadeia de valor da empresa (fornecedores e clientes). Os aspectos técnicos desses requisitos são abordados pela aplicação dos conceitos genéricos de sistemas ciber-físicos (CPS) e Internet das Coisas (IoT) aos sistemas de produção industrial.

Stock e Seliger (2016) acreditam que o desenvolvimento da indústria 4.0, ao ser implantado na indústria, apresenta uma tendência a mudanças em sua estrutura organizacional. Isso significa que os métodos desse novo sistema de produção, onde existe a presença de novidades tecnológicas que são utilizadas para otimizar os processos, são beneficiados com resultados precisos em comparação as empresas que não implantaram o modelo da indústria 4.0.

Pode-se destacar na indústria 4.0 o uso máquinas que se comunicam e são gerenciadas por inteligência tecnológica. Essa característica demonstra que esse novo método, comparado aos usados nas outras revoluções industriais, trazem uma modernização dos processos das organizações (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017).

Fraga, Freitas e Souza (2016), afirmam que o crescimento da indústria 4.0 demonstram características em que serão estimulados a criação de novos modelos de negócios que se tornem evidentes diante o mercado mundial, fazendo com que os diversos setores de bens de consumo e economia se adaptem ao curso dos novos modelos.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2017), mesmo sendo uma mudança nos modos de produção implantados nas empresas, é notável várias melhorias em suas adaptações, como o impacto no PIB brasileiro em aproximadamente US$ 39 bilhões até o ano de 2030.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação da indústria 4.0 em uma linha de produção em uma fábrica de TV, Áudio e Eletrodomésticos do polo industrial de Manaus-AM, coletar dados através do monitoramento do processo produtivo, monitorar a linha de produção nas variáveis: - tempo de produção, quantidade e qualidade no método de produção tradicional e também monitorar a linha de produção nas mesmas variáveis no novo processo. E por fim, analisar as informações obtidas em ambos os métodos produtivos a fim de comparar suas vantagens e desvantagens.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

A 1ª Revolução Industrial começou na Europa em 1800 com o processo de macanização. Foi introduzido a transição do trabalho manual para a primeira fabricação processos, principalmente na indústria têxtil. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; SCHWAB, 2016).

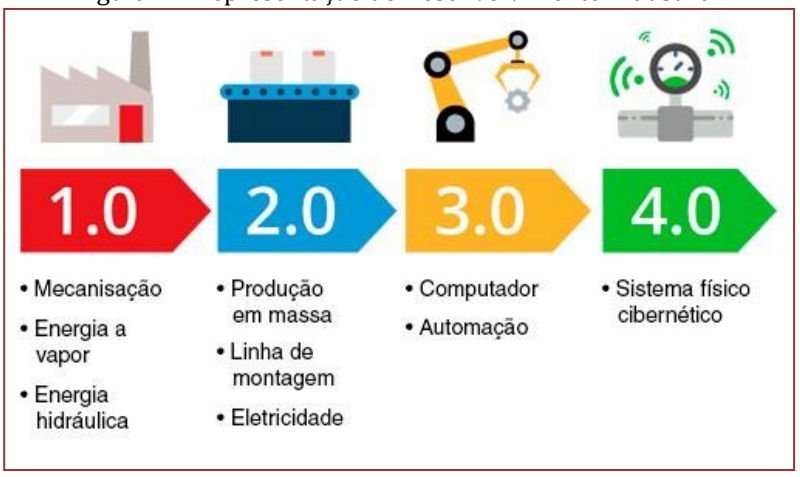
A 2ª Revolução Industrial foi desencadeada pela eletricidade, que permitiu a industrialização e produção em massa. Iniciou-se no ano de 1870, principalmente na Europa, Estados Unidos e no Japão. Essa produção era desenvolvida em vários ramos de bens de consumo, que contribuíram para o desenvolvimento socioeconômico no século XX. (DUARTE, 2017).

A 3ª Revolução Industrial, que iniciou em 1960, é caracterizada pela digitalização com introdução de microeletrônica e automação. Na fabricação, isso facilita a flexibilidade da produção, onde uma variedade de produtos é fabricada em linhas de produção flexíveis com máquinas programáveis. Porém ainda não possuem flexibilidade em relação à quantidade de produção. (DUARTE, LU 2017).

Presencia-se a 4ª Revolução Industrial que tem como base a tecnologia e a automação inteligente de sistemas ciber-físicos com controle descentralizado e avançado conectividade. A característica dessa nova tecnologia para sistemas de produção industrial é a reorganização da automação hierárquica para o sistema de produção física cibernética que se organiza entre si e permite uma produção personalizada e

flexível na quantidade de produção. (BUHR, 2017; DRATH; HORCH, 2015; SCHWAB, 2016). Na Figura 1 pode acompanhar o desenvolvimento industrial ao longo do tempo.

Figura 1 – Representação do Desenvolvimento Industrial



Fonte: C2TI (2019)

2.2 INDÚSTRIA 4.0

A quarta revolução industrial, ou Indústria 4.0 (termo desenvolvido ao longo de um projeto do governo alemão lançou que tinha como objetivo incentivar a adesão de novas tecnologias industriais, gerando um crescimento nos investimentos e nos processos, aumentando a competitividade das fábricas inteligentes) proporciona a combinação entre maquinas e sistemas capazes de se controlaram entre si, fazendo assim, ser diferenciada das demais revoluções industriais devido a integração entre os domínios físicos, digitais e biológicos. (SCHWAB, 2016; AMORIM, 2017). Hermann (2015), afirma que a indústria 4.0 pode ser entendida como um sistema onde um conceito de coletividade de tecnologias são responsáveis pelo monitoramento dos segmentos de fabricação.

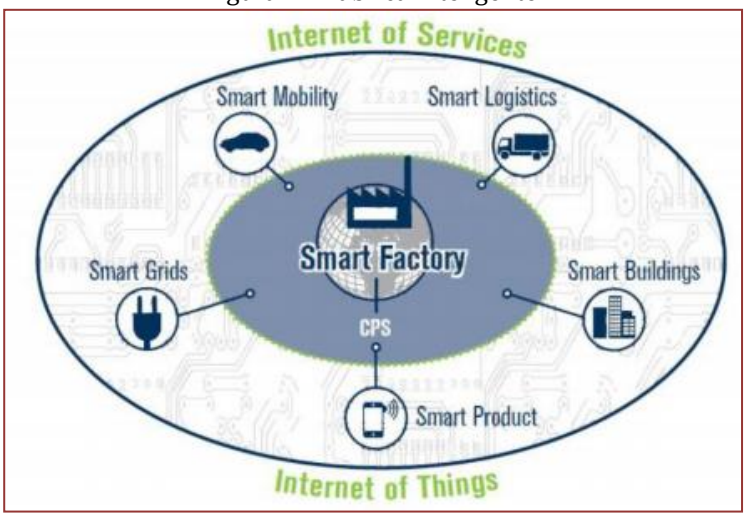
Santos (2015, p. 12), apresenta a indústria 4.0 como:

> [...] um projeto no âmbito da estratégia de alta tecnologia do governo alemão que promove a informatização da Manufatura. O objetivo é chegar à fábrica inteligente (SmartManufacturing) que se caracteriza pela capacidade de adaptação, a eficiência dos recursos e ergonomia, bem como a integração de clientes e parceiros de negócios em processos de negócios e de valor. Sua base tecnológica é composta por sistemas físicos/cibernéticos e a Internet das Coisas. Especialistas acreditam que a Indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial poderia ser realizada dentro de uma década (SANTOS, 2015, p 12).

A Indústria 4.0 resulta na comutação de tecnologias inseridas nos métodos processos de produção, o que Schwab (2016) define de mega tendências. Essas novas tecnologias propiciam alguns novos sistemas operacionais e gerenciadores, como: Cyber-Physical Systems (CPS), a Internet of Things (IoT) e a Internet of Services (IoS), como mostra a Figura 2. (SCHWAB, 2016; CNI, 2016; BCG, 2015).

Os Sistemas Cyber-Físicos, que tem como característica a fusão entre os mundos físico e virtual, juntamente com a Internet das Coisas e a Internet dos Serviços, apresentarão uma alteração e impactos significantes em todos os aspectos da organização das fabricas de manufatura. Coelho (2016), conclui que esta evolução proporcione uma configuração de produção em massa para uma produção ajustável em massa, onde a matéria prima, utilização de recursos e bens de consumo sejam organizados para atender aos pedidos e clientes específicos, até mesmo individuais, promovendo um custo semelhante ao antigo processo. Sendo somente possível devido à flexibilidade da indústria.

Figura 2 – Fábrica Inteligente.



Fonte: Fourschugsunion (2015).

Atuadores e sensores posicionados em pontos estratégicos ao longo dos processos da empresa, podendo ser até mesmo em outra subsidiária da mesma empresa, trocam informações de forma instantânea sobre seus status, permitindo uma otimização logística, estabelecendo maior integração entre os elos de uma cadeia produtiva. A Indústria 4.0, gera uma integração dos processos ligados à produção e distribuição, envolvendo todos os setores da cadeia de valor: NPI, como projeto, testes e até mesmo a simulação das condições de produção e o pós-venda.

2.3 CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0

Igualmente as revoluções passadas, a indústria 4.0 trará alterações significativas no âmbito econômico, social e político. As mudanças nos processos fabris e distribuição dos diversos itens produzidos, o planejamento e desenvolvimento de padrões de consumo e público alvo, assim com o investimento em pesquisas e projetos que desenvolvam as tecnologias da informação e comunicação (TIC) e principalmente no mercado de trabalho.

No setor econômico, as tecnologias emergentes irão desenvolver a gestão, as organizações estruturais das companhias e também na sua direção. Haverá um aumento na expectativa do público em relação à qualidade dos bens produzidos e no aprimoramento do método de fabricação através dos dados do novo modelo digital, formando vínculos entre diferentes ramos de produtos. As empresas buscaram formas de otimizar a agilidade e velocidade nos processos, bem como buscar constantemente pela inovação, visando a crescente concorrência do mercado. (SCHWAB, 2016; TADEU, 2016).

De acordo com Amorim (2017), indústria 4.0 e resultará em uma demanda acentuada de mão de obra qualificada para criar métodos de implementar a tecnologia nos processos industriais e possuam conhecimento para a manutenção das mesmas, gerando vários novos empregos. Percebe-se ainda que determinados autores acreditem que a inserção da tecnologia criará novas demandas de profissionais e que isto acarretará na necessidade de reformulação dos atuais modelos de formação.

Embora a transição total para a indústria 4.0 possa tardar até vinte anos, é possível que avanços no contexto da quarta revolução industrial possam se estabelecer nos próximos cinco a dez anos. (TADEU, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado através de estudo de campo, de natureza descritiva, com o objetivo de realizar o monitoramento e coleta de dados de uma linha de produção, no método tradicional de produção e no sistema de indústria 4.0 e comparar as variáveis obtidas, em uma fábrica do Polo Industrial de Manaus-AM. Para os métodos abordados foi utilizado Dedutivo, Para a coleta de dados, foram usadas a abordagem direta intensiva e documentação indireta e direta, para a análise e interpretação dos dados, a forma quantitativa e qualitativa.

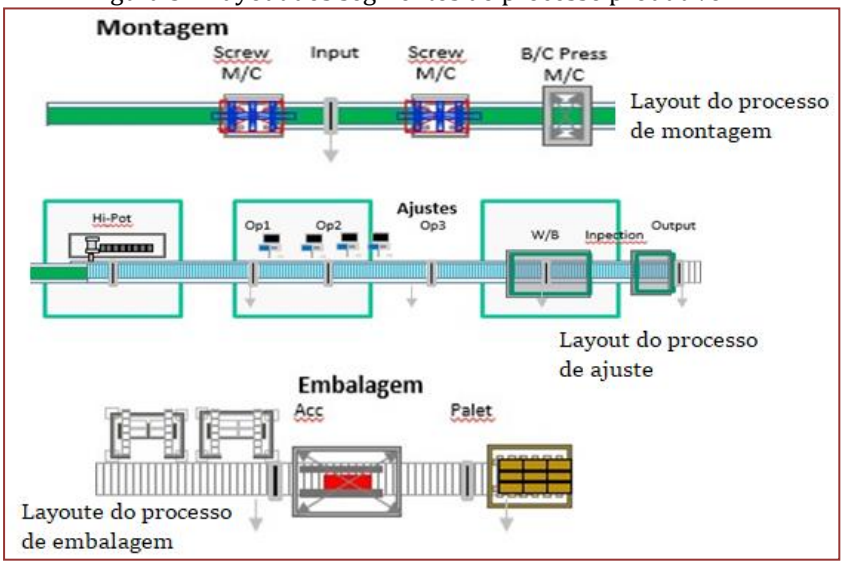
O monitoramento e levantamento de dados da linha de produção foram feito em duas etapas: a primeira, no modo tradicional de produção, onde atuará a mão de obra humana. E a segunda, já com a implementação da indústria 4.0, onde atuará tecnologias que se comunicam entre si e processos automatizados, com auxílio de sensores, scanners, CLP e etc.

3.1 LOCAL DO ESTUDO

A área de estudo está localizada em uma linha de produção de uma fábrica do Polo Industrial, localizado no sul da cidade de Manaus – AM. A fábrica oferece um local propício à implantação da industrial 4.0, principalmente porque predomina, na maior parte dos processos de produção, a mão de obra humana e o trabalho não automatizado.

A mensuração dos dados necessária para o estudo foi concentrada em segmentos da linha de produção de TV's separados em três partes: Montagem, Ajuste e Embalagem (Figura 3).

Figura 3 – Layout dos segmentos do processo produtivo



Fonte: Os autores, 2020

Dentre os critérios e parâmetros para o estudo, foram definidos que a obtenção seria em modelos de aparelhos televisivos chamados de A e B, pelo período de uma semana. Os itens de avaliação foram a quantidade de aparelhos produzidos, erros durante o processo, com o tempo determinado de uma hora. Após os levantamentos dos dados, os mesmos foram analisados, de forma matemática e cientifica. Os gráficos e demais recursos foram utilizados para a comparação dos dois modelos de produção e assim comprovar uma conclusão.

Os aparelhos do modelo A são de 43 polegadas e do modelo B de 45 polegadas. Os modelos A e B possuem características e configurações específicas para sua produção, assim a linha de produção deve obedecer tais normas.

Na primeira parte de estudo, unicamente com mão de obra humana, somando o total de 14 colaboradores ao longo da linha de produção, divididos da seguinte forma: Montagem – 6 colaboradores; Ajuste – 4 colaboradores; Embalagem – 4 colaboradores.

A parte da montagem é responsável pela fixação das placas (Main, Power e Wi-fi), os alto-falantes e parafusar a tampa do módulo dos televisores.

Nos Ajustes são feitos os testes de Hipot (Teste de resistência das placas na presença de altas tensões), o Teste de Option (Teste nas funções das placas do televisor), Sample Test (Valida as funções de áudio e imagem) e White Balance (Ajuste do tom de Branco e balanço de imagem).

Na Embalagem, os televisores são verificados e colocados em suas caixas juntamente com seus acessórios, e as caixas organizadas em paletes, pronta para serem transportadas aos containeres. Os dados coletados

foram atribuídos em uma planilha no programa Excel, que possui ferramentas para elaboração de tabelas e ajuda na análise e interpretação, contribuindo para a obtenção de resultados numéricos, apresentando a possibilidade de criação de gráficos.

No segundo momento do estudo, ao longo de toda a extensão do layout da linha de produção foram adicionados alterações e implementações referentes aos conceitos de indústria 4.0. As máquinas que possuem braços mecânicos e se comunicam entre si, assim como um sistema que gerenciam a comunicação entre sensores e scanners, analisam dados de produção e possíveis erros.

As alterações ocorreram praticamente em todos os segmentos do processo. Na parte da Montagem os colaboradores foram substituídos por braços mecânicos, que posicionavam as placas e as fixavam no módulo dos televisores, sobrando assim somente um colaborador para posicionar a tampa do modulo após a fixação das placas.

O segmento do Ajuste teve o acréscimo de teste de Hipot e Opition Automático, onde os testes eram baseados em dados de sensores que determinavam a posição dos televisores ao longo da linha e scanner's que obtinham o número de série dos respectivos aparelhos. Assim também no White Balance foram adicionados braços mecânicos que possuem câmeras que se movem juntamente com a linha, fazendo assim a medição dos tons de brancos e, se for necessário, fazer os devidos ajustes.

No segmento Embalagem foi adicionada uma máquina projetada chamada de Auto Pallet, que tem como função de posicionar as caixas em cima do paletes, essa máquina foi projetada para substituir o colaborador que teria a função de organizar, caixa por caixa, no palete. Já com a Auto Pallet as caixas eram organizadas em grupo de 3. O palete somava um total de 15 aparelhos.

No final da medição, no modo Indústria 4.0, os dados foram computados mais uma vez no programa Excel, tornando os dados visíveis permitindo a criação de gráficos para a comparação, podendo assim chegar a um resultado comprovado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MONITORAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO NO MÉTODO DE PRODUÇÃO TRADICIONAL.

A etapa de monitoramento gerou dados que foram computados e organizados em forma de tabela. Como o estudo foi baseado na produção de dois modelos de televisores diferente, cada modelo teve tabelas e análises individuais. A Tabela 1 e Tabela 2 mostram os dados mensurados dos modelos A e B, respectivamente.

Tabela 1 - Podução Tradicional (Modelo A)

Modelo de Produção Tradicional.			
Modelo A			
Dias	Tempo	Quantidade	Erros
Segunda	1h	448	39
Terça	1h	462	45
Quarta	1h	450	35
Quinta	1h	455	37
Sexta	1h	452	41

Tabela 2 - Produção Tradicional (Modelo B)

Modelo de Produção Tradicional.			
Modelo B			
Dias	Tempo	Quantidade	Erros
Segunda	1h	352	36
Terça	1h	349	42
Quarta	1h	345	29
Quinta	1h	350	33
Sexta	1h	351	35

Fonte: Os autores, 2020

Nota-se que o Modo de Produção Tradicional o Modelo A apresentou, durante uma semana, uma produção total de 2267, uma média de 453,4 aparelhos por dia e um índice de 7,36% de erros durante todo o processo produtivo.

O modelo B por ser de maior tamanho, apresentou um menor número total de produção com 1747, com média de 349,4 aparelhos por dia e um total de erros equivalente à 10,01 % da produção total. Os valores dos erros, nos parâmetros definidos do estudo, parecem ser pequenos, porém deve-se ressaltar que o tempo estimado foi de apenas em uma hora. E em termos de otimização de tempo e recursos usados na produção, esse valor, em produção em massa pode significar para empresa um desperdício de capital e matéria prima.

Segundo Gabriel e Pessl (2016), esta relação de tempo de produção e recursos gera uma variedade de efeitos colaterais indesejáveis como o consumo dos recursos naturais, o consumo de energia, as emissões, os resíduos, o que pode levar a danos ambientais.

Moreno (2015) afirma que, o planejamento do uso dos recursos de forma inteligente e sem desperdício se torna importantíssimo para que as fábricas aumentem o nível de produtividade. As empresas buscam métodos para gerenciar os recursos eficientemente. Com o mapeamento minucioso sobre cada segmento do processo produtivo, o uso de recursos e energia pode ser otimizado. Isso pode contribuir substancialmente para o desenvolvimento sustentável da empresa.

4.2. MONITORAMENTO DA LINHA DE PRODUÇÃO NO SISTEMA INDÚSTRIA 4.0.

Com a indústria 4.0 implantada, os dados foram imputados para a avaliação dos mesmos, conforme mostram a Tabela 3 e Tabela 4, de acordo com os modelos A e B, com os mesmos parâmetros do item 4.1.

Tabela 3 - Dados do Modelo A

Modelo de Produção Indústria 4.0.			
Modelo A			
Dias	Tempo	Quantidade	Erros
Segunda	1h	575	12
Terça	1h	581	14
Quarta	1h	578	11
Quinta	1h	573	17
Sexta	1h	579	21

Tabela 4 - Dados do Modelo B

Modelo de Produção Indústria 4.0.			
Modelo B			
Dias	Tempo	Quantidade	Erros
Segunda	1h	468	9
Terça	1h	462	11
Quarta	1h	471	8
Quinta	1h	467	15
Sexta	1h	466	13

Fonte: Os autores, 2020

Os resultados mostram que no método de produção automatizado, o Modelo A apresentou uma produção total de 2886 aparelhos televisivos, com uma média de produção de 557,2 aparelhos por dia e possuindo uma taxa de erros presentes no processo de 2,6% da produção total, mostrando assim, uma minimização de erros. Já no modelo B teve um demonstrativo de um total de 2334 televisores, uma média de produção de 467 aparelhos por dia e obtendo uma taxa de erros cerca de 2,4% do total produzido.

De acordo com Branger e Pang (2015), a combinação de tecnologias faz com que a indústria 4.0 se torne essencial para a otimização dos processos fabris na indústria, e que alteram as atividades organizacionais, proporcionando um desenvolvimento significativo. Tem como efeito capacitar as fábricas para que produzam de forma mais eficiente, com a presença de uma comunicação, interação e integração entre pessoas, maquinas e recursos, agregando flexibilidade aos processos, que ocorrem de maneira autônoma e integrada. Que é chamado de Smart Factories. (CNI; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2015).

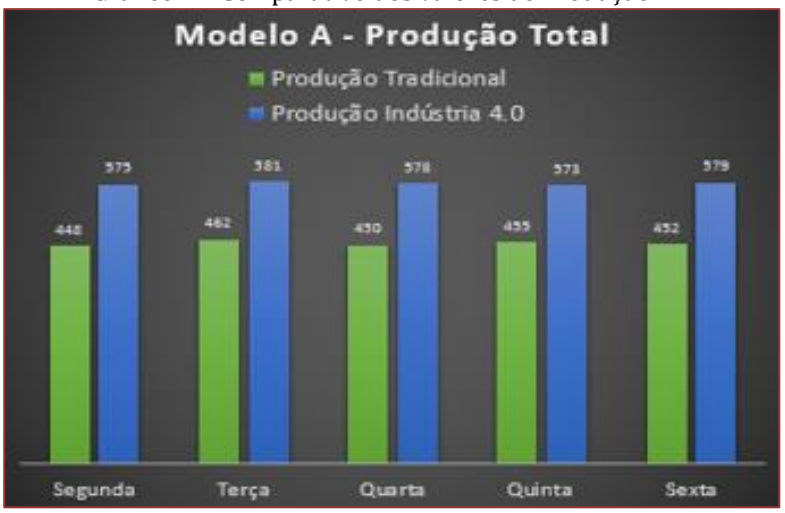
4.3 COMPARAÇÃO MÉTODO DE PRODUÇÃO TRADICIONAL E O SISTEMA INDÚSTRIA 4.0.

4.3.1 MODELO A.

Os resultados do monitoramento dos métodos de produção foram satisfatórios, pois demonstraram uma diferença significante, que em termos econômicos significam uma redução de custos, podendo a empresa investir em outros seguimentos como desenvolvimento de nova tecnologias. No âmbito de gerenciamento de produção redução de erros e também uma melhoria evidente da qualidade e velocidade dos processos fabris.

O Gráfico 1 mostra a diferença entre os valores do primeiro modo de produção e no segundo, do Modelo A. Na produção tradicional teve um total de 2267, já na indústria 4.0 apresentou um total de 2886 televisores. A diferença de 619 aparelhos mostra que houve uma melhoria no processo produtivo de 27,3% no valor total de aparelhos.

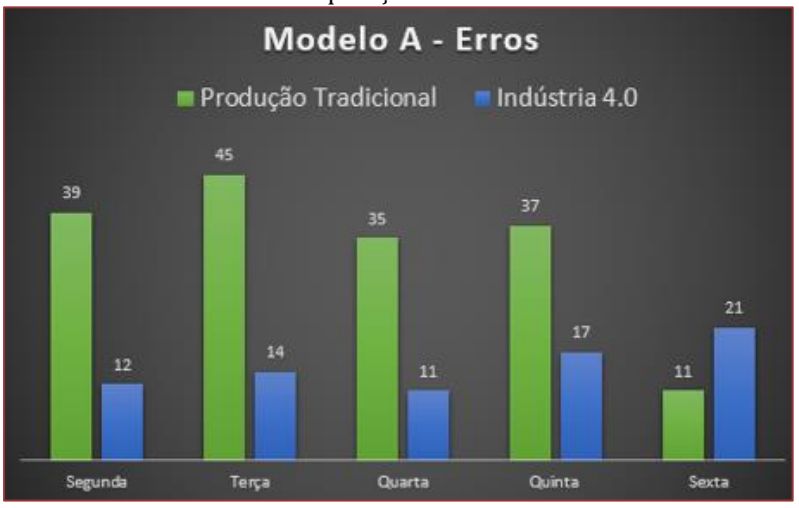
Gráfico 1 – Comparativo dos valores de Produção



Fonte: Os autores, 2020

Vale-se ressaltar que houve também uma diferença no total de erros entre os dois processos produtivos, como é possível observar no Gráfico 2. Nos processos tradicionais foi verificado um total de 167 erros, e no modelo Indústria 4.0 uma somatória de 75 erros. Os valores mostram que houve uma redução de erros que se refere a 45% do valor total, em relação ao processo tradicional de produção.

Gráfico 2 – Comparação do total de Erros.

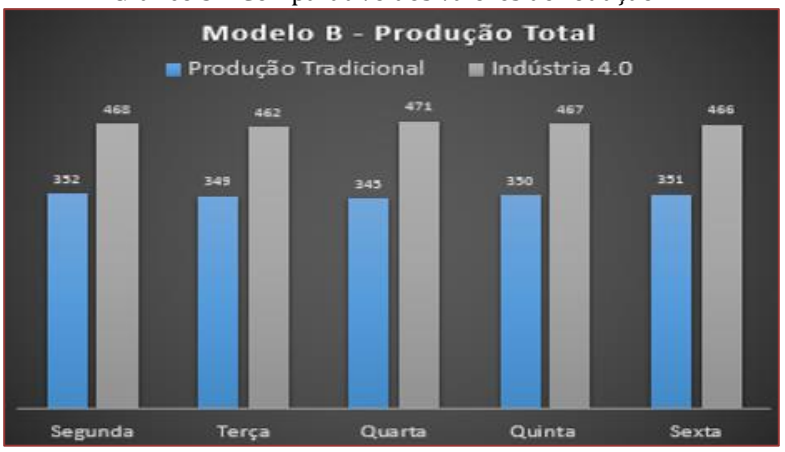


Fonte: Os autores, 2020

4.3.2. MODELO B.

Os resultados do Modelo B foram melhores do que o Modelo A, devido ao fato de que os tamanhos dos aparelhos sejam diferentes. Com modelos maiores, as eficiências de elementos automatizados apresentem um aumento, ligado a característica da velocidade da linha de produção, onde tal velocidade é menor com televisores de 45", em comparação da velocidade com aparelhos de 43". Em relação a produção total, a indústria 4.0 proporcionou uma melhoria de 33,6%, se comparado ao número total produzido pelo processo tradicional. O Gráfico 3 mostra a diferença, em números entre os processos.

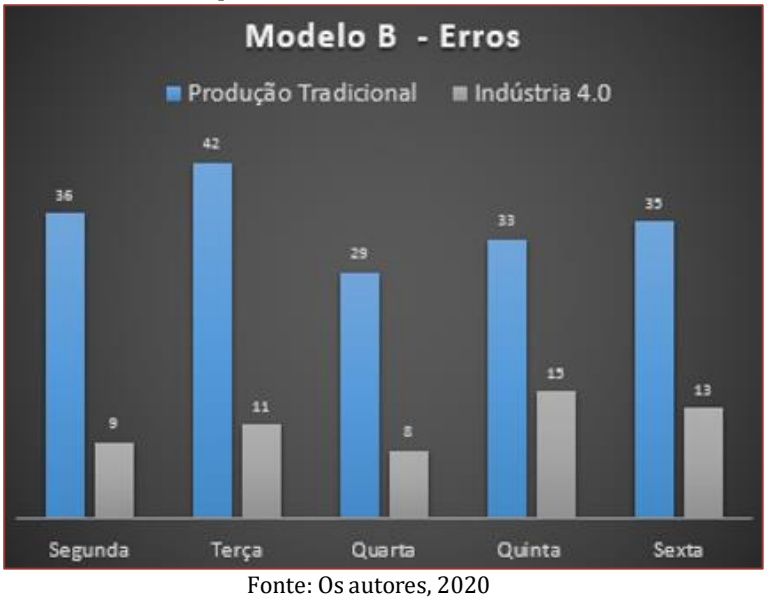
Gráfico 3 – Comparativo dos valores de rodução



Fonte: Os autores, 2020

O Gráfico 4 representa a comparação dos erros nos dois segmentos de produção. Nota-se que na indústria 4.0 a taxa de erros foi reduzida em 45% em relação ao total de erros no modo tradicional.

Gráfico 4 – Comparativo do total de erros na Indústria 4.0.



Fonte: Os autores, 2020

De acordo com Cavalcanti e Nogueira (2017), a Indústria 4.0 proporciona uma melhoria e ganhos em termos de produtividade, trazendo alterações ao ambiente de trabalho, assim como nos métodos de gerenciamento e organização da natureza do trabalho. Acredita-se que a indústria 4.0 apresentará um resultado positivo nos processos e métodos de produção. Com a substituição da mão de obra humana pelas novas tecnologias haverá uma melhoria em características relevantes como: índice de qualidade, velocidade e desempenho na produção. (A FUTURE THAT WORKS, 2017).

Para Schwab (2016) e Tadeu (2016) a indústria 4.0 influenciará em segmentos como gestão, liderança e organização das empresas, assim também como a exigência dos clientes.

5. CONCLUSÃO

Desde o seu surgimento, a Indústria 4.0, tem modificado de forma profunda as relações de trabalho. Tais mudanças alcançam muito além do ambiente da empresa, abrangendo a esfera socioeconômica, acadêmica e até política. Neste sentindo, este artigo buscou avaliar os métodos de produção tradicional e Indústria 4.0 e comparar os pontos positivos e negativos de cada processo produtivo.

Os resultados demonstram que a Indústria 4.0 proporcionou uma melhoria significativa no índice de produção de aparelhos televisivos e uma redução na taxa de erros presentes ao longo de todo o processo produtivo. Em termos econômicos, isso gera para empresa uma redução de gastos com matéria prima e desperdício de energia. Além disso, esse capital pode ser investido para automatizar o máximo de processos possíveis. Em contrapartida o número de pessoas presentes nos processos se tornará escassa devido a substituição dos trabalhadores braçais pela automação.

No âmbito acadêmico, a Indústria 4.0 apresenta uma vasta área de pesquisa para desenvolvimento e criação de novas tecnologias, assim também como o aprimoramento das aplicações computacionais, gerenciadas para solucionar problemas de comunicação e integração entre as diversas modalidades de tecnologias nesse novo modelo de indústria, representam o principal foco de pesquisas futuras.

Os impactos da Indústria 4.0 na organização do trabalho, dependerá da presença de mão de obra qualificada e profissionais que possam criar, combinar e gerir os processos de alto grau de desempenho. Áreas como a de engenharia, matemática e informática serão as principais responsáveis pelas estratégias, análise e criatividade da nova era.

Conclui-se, portanto, que embora ainda esteja no início a Indústria 4.0 oferece às empresas soluções inteligentes e tecnológicas para melhorar e otimizar as organizações e desenvolver os processos fabris. E também não se trata apenas da substituição do homem pela tecnologia, porém proporciona benefícios para a sociedade somente quando suas tecnologias, regulamentos e mudanças revelarem-se melhores para as pessoas, é que se deve reconhecer todo o seu potencial.

REFERÊNCIAS

[1] A FUTURE THAT WORKS: automation, employment, and productivity. [s.l]: Mckinsey Global Institute, jan. 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/GlobalThemes/DigitalDisruption/Harnessing automation for a future that works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx>. Acesso em: 20 agos. 2019.

[2] AMORIM, J. E. B. A "Indústria 4.0" e a sustentabilidade do modelo de financiamento do regime geral da segurança social. Cadernos de Direito Atual, Santiago de Compostela, v. 5, p.243-254, 2017. Disponível em: <http://www.cadernosdedereitoactual.es/ojs/index.php/cadernos/article/view/132/93>. Acesso em: 20 agos. 2019.

[3] BERTO, R. M. V. S; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. Revista Produção, vol. 14, n. 2, 2015.

[4] BOSTON CONSULTING GROUP. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. BCG Perspectives, 2015a. Disponível em: < https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/ > Acesso em: 25 agos. 2019.

[5] BRANGER, J.; PANG, Z. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. Journalof Management Analytics, v. 2, n. 4, p. 314-332, 2015.

[6] BUHR, Daniel. Social innovation policy for Industry 4.0. Friedrich-Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies, 2015. Disponível em: < http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf > Acesso em: 25 agos. 2019

[7] CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades. VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2017.

[8] CNI. Confederação Nacional da Indústria. Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil. Brasília, 2016. Disponível em: < http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/# > Acesso em: 29 agos. 2019.

[9] CNI. Confederação Nacional da Indústria, 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br> Acesso em: 29 agos. 2019.

[10] COELHO, P. M. N. Rumo à indústria 4.0. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/36992>. Acesso em: 02 set. 2019.

[11] DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or hype? IEEE Industrial Electronics Magazine, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2015. https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079

[12] DUARTE, A. Y. S. Gerenciamento da demanda em TI. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) apresentada na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP/SP. 2017.

[13] FORSCHUNGSUNION. www.forschungsunion.de. Disponível em: http://www.forschungsunion.de/. Acesso em: 05 jan. 2020.

[14] FRAGA, A. M.; FREITAS, M. M B. C.; SOUZA, G. P. L. Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade uma pesquisa ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. Caderno PAIC, v. 17, n. 1, p. 111-117, 2016.

[15] GABRIEL, Magdalena; PESSL, Ernst. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara. International Journal of Engineering, 2016.

[16] HEBER, A. Business Insider. São Paulo, 2015.

[17] HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Working paper, 2015. DOI: https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488

[18] KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative. Industrie 4.0: final report of the Industrie 4.0 Working Group. 82p, 2015.

[19] LAKATOS, E.; MARCONI, M.. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo:Atlas, 2015.

[20] LU, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. Journal of Industrial Information Integration, v. 6, p. 1-10, 2017.

[21] MORENO, M. How can we tackle energy efficiency in IOT based smart buildings? Sensors, v. 14, n. 6, p. 9582-9614, 2015.

[22] OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. Computers in Industry, v. 83, p. 121-139, 2016.

[23] OLIVEIRA, T. F.; SIMÕES, W.L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. Simpósio de Engenharia de Produção, 2016.

[24] SANTOS, P. Tecnologia Você está preparado para viver a revolução da indústria 4.0? 2015.

[25] SANTOS, R. P. Indústria 4.0 e logística 4.0: evolução tecnológica. 6a Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu. São Paulo, 2017.

[26] SCHWAB, K. Aplicando a quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2018. 350 p.

[27] SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Genebra: World Economic Forum, 2016.

[28] SIMON, A. T. Quo Vadis Manufatura? Organizações e sociedade, Iturama, v. 5, n. 4, p.1-4, dez. 2016. Disponível em: http://revista.facfama.edu.br/index.php/ROS/article/view/234/191. Acesso em: 07 set. 2019.

[29] STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. Procedia Cirp, v. 40, p. 536-541, 2016.

[30] TADEU, H. F. B. Impactos da indústria 4.0. Fundação Dom Cabral, Nova Lima, p.1-6, mar.2016. Disponível em: https://www.fdc.org.br/professoresepesquisa/nucleos/Documents/inovacao/digitalizacao/boletim_digitalizacao_marco2016.pdf . Acesso em: 09 out. 2019.

Capítulo 11

Análise da eficiência energética utilizando o sistema VVVF em esteiras rolante

Jorge Helben Silva Monteiro
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A percepção sobre da economia de energia pode ser apreciada e implementada, tendo em vista ganhos e à transformação da energia em riqueza, por meio de aperfeiçoamento de equipamentos e processos. Atualmente, o avanço tecnológico cada vez mais ativo vem provocando grandes alterações no cotidiano. Entre essas adequações os transportes de locomoção horizontais como é o caso das esteiras rolantes, presentes em vários estabelecimentos como por exemplo: aeroportos, metrôs, shoppings, supermercados, dado a busca por acessibilidade, comodidade e facilidade para as pessoas que a utilizam, além de trazer um design e valorização aos empreendimentos. Esta pesquisa tem como objetivo geral: Analisar a eficiência do sistema VVVF para economia de energia em esteiras rolantes. E para isso se fez necessário: Indicar a regulagem e ajuste do inversor de frequência e os sensores de presença para encontrar o melhor funcionamento; Analisar o funcionamento do sistema VVVF na esteira rolante; Avaliar a eficiência do sistema para redução do consumo de energia.

Foi realizada uma coleta de dados primeiramente através de uma pesquisa bibliográfica utilizando livros, teses e artigos que abordaram sobre o assunto e estudo de caso em uma organização localizada na zoina leste de Manaus. Durante as reuniões realizadas com profissionais da área foi possível coletar informações preponderantes para o desenvolvimento do projeto. E com o acesso as informações pode-se perceber que o inteligente Sistema VVVF é uma inovação que opera com velocidade mínima e de modo intermitente, ou seja, a escada passa a trabalhar em velocidade nominal quando o usuário cruza a barreira de luz, sinalizando sua prontidão por movimento lento constante.

Palavras-chave: Eficiência energética, esteiras rolantes, sistema VVVF.

1. INTRODUÇÃO

A percepção acerca da economia de energia pode ser apreciada e implementada, tendo em vista ganhos e à transformação da energia em riqueza, por meio de aperfeiçoamento de equipamentos e processos. Diante disto, em tratando de um projeto sustentável, verifica-se que essa temática não se limita somente na estrutura física do projeto e seus baixos investimentos.

A importância da eficiência energética reside no fato de que garante a provisão de mesmo nível de energia usando menos quantidades de combustíveis fósseis. Devido à crescente demanda e à disponibilidade limitada de combustíveis fósseis, a importância do uso eficiente da energia foi realizada em todo o mundo. As medidas de eficiência energética são úteis de múltiplas formas. O uso reduzido de combustíveis fósseis é essencial na redução da emissão de gases de efeito estufa que contribuem para o aquecimento global. As políticas de eficiência energética visam minimizar o uso de combustíveis fósseis, evitando assim a ocorrência de mudanças climáticas adversas resultantes disso. A eficiência energética reduz o consumo de eletricidade e ajuda a economizar dinheiro.

O inversor de frequência é um dispositivo eletrônico que tem como sua principal função a variação da rotação de um motor trifásico, através de mudança da frequência que o mesmo proporciona em seus contatos de saída. Assim pode-se alternar facilmente a velocidade com a qual o motor vai trabalhar.

A frequência fornecida pela rede (frequência de entrada no motor) determina a velocidade sincrônica do campo elétrico pela qual o motor trabalha. O inversor atua mudando esta frequência na entrada do motor, caso a frequência seja maior, consequentemente a velocidade do motor será maior, e vice-versa. O uso de um inversor de frequência ocasiona uma série de vantagens, duas delas por exemplo, é explorar o funcionamento do motor e as condições não descritas nas suas características construtivas.

Na tentativa de atender essas necessidades deve-se buscar também a eficiência energética com intuito de aumentar o desempenho dos equipamentos, diante disso foi desenvolvido uma nova tecnologia chamada de VVVF (Variação de Velocidade pela Voltagem e Frequência), que se utiliza de inversor, sensores, contatoras, resistores que quando ligados no circuito faz com que o equipamento mude da velocidade do motor de stand-by para a velocidade nominal do mesmo, onde este é ajustado de acordo com fluxo de pessoas que utilizam a esteira rolante, fazendo com que a vida útil do equipamento aumente consideravelmente, eliminando a perda de potência nas engrenagens e otimizando áreas no meio ambiente.

Esta pesquisa tem como objetivo geral: Analisar a eficiência do sistema VVVF para economia de energia em esteiras rolantes. E para isso se fez necessário: Indicar a regulagem e ajuste do inversor de frequência e os sensores de presença para encontrar o melhor funcionamento; Analisar o funcionamento do sistema VVVF na esteira rolante; Avaliar a eficiência do sistema para redução do consumo de energia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FORMAS DE ENERGIA

2.1.1 CARVÃO

Inicialmente, o homem utilizava como formas de energia o esforço muscular (humano e animal), a energia eólica (vento) e a energia hidráulica, obtida pelo aproveitamento da correnteza dos rios, destaca. Com a Revolução Industrial, na Segunda metade do século XVIII e no século XIX, surgem as modernas máquinas, inicialmente movidas a vapor e, que hoje funciona principalmente a energia elétrica. O carvão mineral foi importantíssimo neste momento porque a energia elétrica pode ser obtida também pelo carvão além de outras fontes como a água. (PACHECO, 2015)

Os países pioneiros no processo de industrialização, como a Inglaterra, a Alemanha, os Estados Unidos e a França, bem servidos em reservas carboníferas utilizaram maciçamente o carvão até que, com o desenvolvimento da indústria automobilística - que usa derivados do petróleo como combustíveis e também na fabricação dos pneus e plásticos diversos -, pouco a pouco o substituíram pelo petróleo como grande fonte de energia mundial. (ZIMERMANN, 2015).

Apesar de no Brasil o carvão mineral ser usado predominantemente como insumo industrial, principalmente na metalurgia, a nível mundial ele é utilizado na geração de eletricidade através das termelétricas (ANEEL, 2015). Os próximos dois gráficos explicitam este fato, o primeiro apresenta as aplicações do carvão no Brasil enquanto o segundo apresenta a evolução da parcela de carvão usada para geração de eletricidade a nível mundial a partir de 2004. O carvão mineral apresenta elevadas

externalidades negativas associadas ao seu uso e a sua produção. Sua queima tem como consequência à emissão de gases de efeito estufa e sua exploração oferece péssimas condições de trabalho. Este último fato levou a um forte conflito capital trabalho neste setor ao longo da sua história. O forte impacto ambiental causado pelo consumo de carvão tem gerado pressão para a substituição de carvão por gás natural na geração de eletricidade e já se percebe um movimento neste sentido. A China já está construindo ligações com países da África e do Oriente Médio para conseguir acesso ao seu gás natural e usá-lo em suas termelétricas que hoje são preponderantemente a base de carvão. (ROCHA, 2018).

2.1.2 ÁLCOOL COMBUSTÍVEL

É um produto renovável e limpo que contribui para a redução do efeito estufa e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública (SACHS, 2019). No Brasil, o uso intenso do álcool restringe a emissão de poluentes da crescente frota de veículos, principalmente de monóxido de carbono, óxidos de enxofre, compostos orgânicos tóxicos como o benzeno e compostos de chumbo.

O Brasil é o país mais avançado, do ponto de vista tecnológico, na produção e no uso do etanol como combustível, seguido pelos EUA e, em menor escala, pela Argentina, Quênia, Malawi e outros. A produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros, dos quais se presume que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil responde por 15 bilhões de litros deste total. O álcool é utilizado em mistura com gasolina no Brasil, EUA, UE, México, Índia, Argentina, Colômbia e, mais recentemente, no Japão. O uso exclusivo de álcool como combustível está concentrado no Brasil. (SOUZA, 2016).

2.1.3 A ENERGIA DO MAR

Dentro da procura por energias alternativas uma das soluções pode ser a obtenção de energia através dos oceanos. Neste momento, o aproveitamento da energia do mar é apenas experimental e raro. Mas como é que se obtém energia a partir dos mares? Existem três maneiras de produzir energia usando o mar: as ondas, as marés ou deslocamento das águas e as diferenças de temperatura dos oceanos. (FLEMING, 2017).

2.1.4 A ENERGIA DAS ONDAS

A energia cinética do movimento ondulatório pode ser usada para pôr uma turbina a funcionar. A ação dos ventos sobre a superfície do mar é a causa da formação das ondas (COSTA, 2019). Depois de formadas, as ondas viajam pelo alto mar até encontrar as águas comparativamente mais rasas, próximas à terra. Nesse encontro, a onda percebe uma resistência em sua base que faz sua altura aumentar. A crista da onda não está sujeita a essa resistência e à medida que o fundo se torna mais raso, ela tende a prosseguir com maior velocidade fazendo então com que a onda quebre. Se o fundo do mar é rochoso, como no Havaí, as ondas alcançam grande altura; já na areia, a energia é absorvida, do que resultam ondas menores.

2.1.5 ENERGIA DAS MARÉS

O nível do mar não é o mesmo em todos os dias. A energia da deslocação das águas do mar é outra fonte de energia. Esse fenômeno - movimento de subida e descida das águas - recebe o nome de maré. As marés são influenciadas pela força gravitacional do Sol e da Lua. As usinas que aproveitam as variações de nível entre as marés alta e baixa são chamadas de usinas maremotrizes. (COSTA, 2019).

Para se aproveitar energia das marés constrói uma barragem num local mais conveniente, onde seu comprimento seja o menor possível instalando comportas e turbinas apropriadas. Quando a maré está subindo abrem-se as comportas e a água é represada passando através da turbina, e produzindo energia elétrica. Após o recuo da maré até um determinado nível, solta-se a água represada através das turbinas, gerando energia elétrica novamente. (FLEMING, 2017).

2.1.6 ENERGIA DAS CORRENTES MARÍTIMAS

Pode-se usar as diferenças de temperatura para produzir energia, no entanto, são necessárias diferenças de 38º Fahrenheit entre a superfície e o fundo do oceano (COSTA, 2019). As correntes marítimas são provocadas por um aquecimento não homogêneo das camadas superficiais dos oceanos pela radiação solar. (ASSIS, 2016). Essas correntes comportam energias cinéticas consideráveis, mas pouco densas, e são assim difíceis de explorar, sendo os melhores lugares para exploração os Estreitos, por exemplo, o Estreito de Gibraltar. Diante da costa da Flórida, a Corrente do Golfo é particularmente densa e poderia servir para acionar geradores de corrente; a velocidade da corrente aproximadamente 30 Km antes da costa atinge cerca de 10Km/h, calcula-se que com 50 turbinas de 150 metros de diâmetro cada uma, seria possível produzir uma potência de 20.000 MW, ou 20 vezes a potência de uma grande centra convencional.

2.1.7 A ENERGIA DOS VENTOS

Ensina que os ventos são gerados pelo aquecimento diferenciado da superfície terrestre, que pode ter suas causas devido ao movimento Terrestre e à orientação dos raios solares (MIRANDA, 2018). Dessa forma, a radiação solar está intimamente ligada ao processo de obtenção de energia através dos ventos, energia esta conhecida como Energia Eólica. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, ou seja, o vento que se movimenta através das turbinas, cata-ventos ou moinhos eólicos faz os mesmos girarem, produzindo assim energia elétrica ou mecânica. Desde a antiguidade a Energia Eólica é utilizada com diversos objetivos dentre os quais podemos destacar o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. O interesse em se utilizar a energia eólica para gerar eletricidade só despertou mais recentemente, principalmente pelo fato de ter ocorrido na década de 1970 a crise Internacional do petróleo. A partir daí houve investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial sendo que a primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca. (OCÁCIA, 2015).

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos, sendo avaliação rigorosa, com levantamentos específicos. Uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica em alguma região pode ser obtida coletando-se dados em aeroportos ou em estações meteorológicas, por exemplo. Para que possamos aproveitar a energia eólica com bom rendimento é necessário encontrar os locais onde a velocidade média do vento seja em torno de pelo menos 7 a 8 m/s a uma altura de 5 m. Já considerando as restrições socioambientais, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja de aproximadamente 53.000 TWh, o que significa quatro vezes o consumo elétrico do planeta. (OCÁCIA, 2015).

2.1.8 BIODIESEL

Biodiesel é uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo. Pode ser usado em carros e qualquer outro veículo com motor diesel. Fabricado a partir de fontes renováveis (girassol, soja, mamona), é um combustível que emite menos poluentes que o diesel. (TIRADENTES, 2016).

As matérias-primas para a produção de biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos.

Algumas fontes para extração de óleo vegetal que podem ser utilizadas: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, sementes variadas: de girassol, de canola, de maracujá, de linhaça, de tomate e de nabo forrageiro, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, polpa de abacate, caroço de oiticica, entre outras. Embora algumas plantas nativas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. Isso levaria certo tempo, uma vez que a pesquisa agropecuária nacional ainda não desenvolveu pesquisas com foco no domínio dos ciclos botânico e agronômico dessas espécies. (SANTOS, 2019).

2.1.9 ENERGIA ELÉTRICA

A palavra “Energia” vem do grego e significa trabalho. Era usada para referir-se a fenômenos inicialmente explicados pelos termos “força viva” ou “calórico”. Em 1807 a palavra “energia” foi usada pela primeira vez, pelo médico e físico inglês Thomas Young, que escolheu esse termo para expressar a capacidade de um corpo realizar trabalhos mecânico. (SOUZA, 2016).

A energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho. Essa forma de energia pode ser obtida através da energia química ou da energia mecânica. Através de turbinas e geradores que transformam essas formas de energia em energia elétrica. Ela é obtida através da aplicação de uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, gerando uma corrente elétrica entre seus terminais. (TIRADENTES, 2016).

Hoje em dia a energia elétrica é a principal fonte de energia do mundo. A principal função da energia elétrica é a transformação desse tipo de energia em outros tipos, como, por exemplo, a energia mecânica e a energia térmica. (SANTOS, 2019).

2.2 CONSERVAÇÃO AMBIENTAL VS. EFICIÊNCIA

Quando um corredor conservador se encaixa, ele recorta a velocidade. Isso economiza sua energia, então ele tem o suficiente no final da corrida para atravessar a linha de chegada. Um corredor eficiente corre um pouco diferente porque ele se concentra em usar a mecânica de corrida adequada. Porque ele usa uma boa técnica de corrida, ele não desperdiça energia e chega à linha de chegada mais rápido. (SOUZA, 2016).

Assim, entende-se que a conservação de energia e a eficiência energética não são apenas tópicos importantes para os corredores de longa distância, também são importantes ao discutir nossa dependência de combustíveis fósseis à base de carbono. Ao praticar a conservação de energia e a eficiência energética, pode-se reduzir nossa dependência de combustíveis fósseis e ajudar o meio ambiente. (ROCHA, 2018).

2.3 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

A conservação de energia é o ato de economizar energia ao reduzir um serviço. Em outras palavras, para economizar energia, é necessário reduzir seu uso. Exemplos incluem dirigir o carro menos km por semana, transformando o termostato em um grau ou dois no inverno e desconectando seu computador ou eletrodomésticos quando eles não estiverem em uso. (PACHECO, 2015).

Em todos esses exemplos, se está reduzindo a quantidade de energia que se usa, fazendo sem ou fazendo devido com menos combustível ou eletricidade. Embora a conservação de energia possa diminuir o nível de conforto e tornar as coisas um pouco menos convenientes, pode ajudar a reduzir o aquecimento mensal e as contas de energia elétrica e economizar dinheiro na bomba de gás.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A conservação de energia é uma maneira eficaz de reduzir o consumo geral de energia, e o mesmo pode ser dito para melhorar a eficiência energética. No entanto, os termos não significam o mesmo. A eficiência energética é definida como economia de energia, mas mantendo o mesmo nível de serviço. Por exemplo, se você desligar as luzes quando sai de uma sala, você está praticando a conservação de energia. Se você substituir uma lâmpada incandescente ineficiente por uma lâmpada fluorescente compacta mais eficiente, você está praticando eficiência energética. (PACHECO, 2015).

2.5 RAMPAS DE ACELERAÇÃO

O inversor de frequência é muito empregado neste tipo de função, sendo uma das suas maiores vantagens. Quando um motor é energizado, na maioria das vezes, ele parte da inércia para sua capacidade máxima em poucos segundos. Isso é prejudicial aos componentes do motor, pois essa partida brusca pode causar desgaste das correias, engrenagens, entre danos em outras peças. Desta forma o número de manutenção é maior, e a vida útil do motor menor. (OCÁCIA, 2015).

A rampa de aceleração é usada para resolver tal problema. Ao configurar um inversor de frequência para atuar como rampa de aceleração ele consegue determinar o tempo o qual o motor vai sair da inércia e alcançar sua capacidade máxima, sem "trancos". Esse tipo de configuração aumenta a vida útil do motor e de seus componentes, além de diminuir os custos com manutenção e reposição de peças. Da mesma forma que existem rampas de aceleração, existem as rampas de desaceleração, que consistem na parada suave do motor, com o objetivo de evitar frenagens bruscas. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

Configurar as rampas de aceleração em inversores é muito simples. Por padrão, os inversores saem da fábrica com a rampa de aceleração configurada para 5 segundos, mas é possível ajustar este valor de 0,1 segundo até 245 segundos. (PACHECO, 2015).

2.5.1 MODELO DE ESTEIRA

2.5.1.1 ESTEIRA ROLANTE ORINOCO

As esteiras rolantes Orinoco são a solução segura e ideal para conexões rápidas em grandes complexos, como aeroportos ou shopping centers. Dispõem da opção de sistema automático que controla a energia, adaptando continuamente a velocidade de deslocamento ao volume de transporte.

Com um design moderno, a linha Orinoco oferece balaustradas de vidro fino que se encaixam esteticamente em qualquer tipo de arquitetura contemporânea. Características:

- Garantia de não-ruptura das conexões, mesmo com elevado volume de tráfego;
- Capacidade de suportar grandes movimentos;
- Vida útil mais longa, devido ao fato de ser confeccionada com paletes de alumínio fundido;
- Sistema de segurança eletrônico que desliga automaticamente quando a esteira é sobrecarregada;
- Operação silenciosa, com uma engrenagem helicoidal extremamente suave.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A criação e desenvolvimento deste projeto se deu origem pela necessidade de analisar a eficiência do sistema VVVF para economia de energia em esteiras rolantes. Para iniciar este projeto, houve investimento de tempo de qualidade para adquirir conhecimento sobre o sistema e aplicá-los ao projeto, na tentativa de atender essas necessidades deve-se buscar também a eficiência energética com intuito de aumentar o desempenho dos equipamentos.

Foi realizada uma coleta de dados primeiramente através de uma pesquisa bibliográfica utilizando livros, teses e artigos que abordaram sobre o assunto e estudo de caso em uma organização localizada na zoina leste de Manaus. Tal pesquisa colabora com o levantamento de dados para que o tema proposto seja compreendido de acordo com a visão de autores distintos. Afirma Monteiro (2017) que o principal objetivo da pesquisa bibliográfica é guiar as ideias do pesquisador para planejar, montar e realizar a pesquisa. Mas também proporcionará ao pesquisador o traçar de uma linha do tempo sobre o tema, que poderá abordar eventos relevantes ao contexto histórico sobre o tema. E também atualizar o conhecimento do pesquisador sobre o tal tema. Dando embasamento e reforço para o pesquisador para apresentar ao público o resultado final da pesquisa.

Esta pesquisa objetivou gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Buscou-se trabalhar com a pesquisa qualitativa uma vez que não requereu o uso de métodos e técnicas estatísticas para análise dos dados. Enquadrada em uma pesquisa descritiva, uma vez que visou descrever as características de determinada população ou fenômeno ou estabelecimento de relações entre variáveis e pesquisa explicativa visto haver identificado os fatores que determinaram e contribuíram para a ocorrência dos fenômenos e aprofundou o conhecimento da realidade da educação a distância.

Durante as reuniões realizadas com profissionais da área foi possível coletar informações preponderantes para o desenvolvimento do projeto. Através desses dados foi possível:

- Indicar a regulagem e ajuste do inversor de frequência e os sensores de presença para encontrar o melhor funcionamento;
- Analisar o funcionamento do sistema VVVF na esteira rolante;

- Avaliar a eficiência do sistema para redução do consumo de energia;
- Acompanhar o processo de montagem em parte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Projetada para gerenciar fluxos de pedestres em edifícios e tornar os níveis superiores mais atraentes, a Orinoco é uma esteira rolante ideal para quem deseja a convivência de acesso a áreas comercias com a facilidade de retornar ao estacionamento com carrinhos e mercadorias (ANNEL, 2015). Sua tecnologia sofisticada atende requisitos de operacionalidade de baixa e alta, aliada, é claro, à extrema segurança e comodidade. Seu design se harmoniza ao projeto do empreendimento, mantendo, contudo, suas características individuais. (SACHS, 2019).

O usuário da esteira Orinoco tem sua segurança garantida por contar com itens que protegem o passageiro durante o deslocamento, por exemplo, quando a guia de entrada do corrimão se abre por força externa – seja qual for a razão – o disjuntor duplo se abre e a esteira para de funcionar. (SOUZA, 2016).

O modo de operação com economia de energia é opcional e ajusta automaticamente a operação do motor ao trânsito de passageiros. Com isso, pode ocorrer redução de até 30% no consumo de energia. A iluminação opcional em LED – na faixa do rodapé a lateral da esteira – além de contribuir com diminuição de cerca de 1/3 do consumo, elimina pontos escuros e confere a luminosidade ideal ao equipamento. (SANTOS, 2019).

De maneira genérica, inversor de frequência é um dispositivo eletrônico capaz de variar a velocidade de giro de um motor de indução trifásico. É um dispositivo que transforma corrente elétrica alternada fixa (corrente e tensão) em corrente elétrica CA variável controlando a potência consumida pela carga através da variação da frequência entregue pela rede. Este dispositivo possui este nome pela maneira que ele faz esta variação de giro do motor trifásico. (PACHECO, 2015).

Motores de indução trifásicos são altamente empregados por terem alta eficiência, baixo custo, robustez e também pela configuração de nosso sistema distribuição de energia, que é feita em corrente alternada (CA). Seu princípio de funcionamento é baseado no campo magnético girante, que surge quando um sistema de alimentação de corrente alternada é aplicado em polos defasados entre si 120º. Desta forma surge o campo magnético, através deste defasamento. (COSTA, 2019).

A velocidade de rotação do motor trifásico está ligada a velocidade proporcionada pelo campo magnético girante, está velocidade é chamada de velocidade síncrona, em função do número de polos do motor (característica construtiva) e em função da frequência da rede a qual está ligado. Portanto concluímos que a velocidade do motor elétrico trifásico é diretamente proporcional à frequência da rede. Matematicamente: Velocidade síncrona (Ns) em RPM é o produto de 120 vezes a frequência em Hz (f), dividido pelo número de polos do motor (p). (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

A utilização do inversor de frequência proporciona flexibilidade de velocidade com segurança e precisão. É possível, por exemplo, controlar a velocidade do motor sem grandes perdas de torque, aceleração suave através de programação, frenagem direta no motor, sem necessidade de freios mecânicos, além de diversas formas de programação de velocidade de acordo com a necessidade da ocasião. Outras vantagens da utilização do inversor de frequência são (MIRANDA, 2018):

- Substituição de variadores mecânicos e eletromagnéticos;
- Automatização, segurança e flexibilidade em processos industriais;
- Instalação simples;
- Diminuição de choques mecânicos na partida do motor;
- Precisão e processos;
- Menos intervenção humana.
- Além destas vantagens, o inversor de frequência possui ótimo custo-benefício, pois proporcionam economia de energia elétrica, maior durabilidade de engrenagens, polias e outros componentes mecânicos.

5. CONCLUSÃO

Não é novidade dizer que o maior consumidor de energia elétrica do Brasil é o setor industrial, tanto que a busca pela eficiência energética já é uma realidade comum, inclusive nas indústrias do plástico que utilizam a eletricidade ou qualquer outra fonte de energia para fazer rodar a sua produção. Afinal, o uso planejado desse recurso traz para o empresário do setor diversos benefícios, relacionados, principalmente, à redução de custos e ao aumento da produtividade. O trabalho de gestão em energia envolve várias competências. Um dos serviços é eficiência energética que consiste num amplo estudo para verificar equipamentos e questões técnicas relacionadas ao fornecimento de energia em indústrias e empresas de todos os segmentos.

O inteligente Sistema VVVF é uma inovação que opera com velocidade mínima e de modo intermitente, ou seja, a escada passa a trabalhar em velocidade nominal quando o usuário cruza a barreira de luz, sinalizando sua prontidão por movimento lento constante.

Outro benefício oferecido está em mecanismos como as colunas de baixa fricção e a estação de tensionamento da corrente com rodas das guias, que otimizam o funcionamento do equipamento e conferem soluções inovadoras para seu empreendimento.

Elementos eletrônicos monitoram a correta operação da escada rolante, entre eles destaca-se o protetor de movimento dos degraus, que possui dois sensores independentes em cada degrau e em toda faixa de degraus. Ainda, os sensores de placa de pente ativam uma parada de emergência caso haja algo preso nas ranhuras.

A escada rolante conta com um sistema de freio de sapata dupla, e para independentemente da velocidade de deslocamento e carga, mesmo quando ativada pela guia de entrada do corrimão.

O modo de operação com economia de energia é opcional e ajusta automaticamente a operação do motor ao trânsito de passageiros. Com isso, pode ocorrer redução de até 30% no consumo de energia. A iluminação opcional em LED - na faixa do rodapé a lateral da escada - além de contribuir com diminuição de cerca de 1/3 do consumo, elimina pontos escuros e confere luminosidade ideal ao equipamento.

REFERÊNCIAS

[1] ANEEL. Relatório ANEEL 10 anos/agência nacional de energia elétrica – Agência Nacional de Energia Elétrica - Brasília: ANEEL, 2015.

[2] ASSIS, L.E., Avaliação e aproveitamento da energia de ondas oceânicas no litoral do rio grande do Sul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, 2016.

[3] COSTA, P.R., Energia das ondas do mar para geração de energia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2019.

[4] FLEMING, F. P., Avaliação do potencial de energias oceânicas no Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2017.

[5] MIRANDA, A.P.R. Geração eólica como alternativa para alimentar redes de distribuição de eletricidade. Eletricidade Moderna. São Paulo: Aranda Editora, nº373, 2018.

[6] MONTEIRO, Fernanda. Bibliografia Geral: pesquisa bibliográfica. Brasília: 2017.

[7] MUNDO DA ELÉTRICA. Como funciona o inversor de frequência. Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-o-inversor-de-frequencia/. 2019.

[8] OCÁCIA, G. C. Energia Eólica – Estado da Arte e Algumas Projeções. Revista do Centro de Tecnologia da Ulbra. Rio Grande do Sul: ULBRA, vol. 3, nº2, 2015.

[9] PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: Breves Conceitos. Salvador: Conjuntura Econômica n. 149, 2015.

[10] ROCHA, W. D. Carvão aditivado a partir de resíduos agrícolas e suas aplicações na adsorção de íons metálicos. Dissertação de mestrado. p. 106. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas. Graduação em Engenharia mineral. Ouro Preto, 2018.

[11] SACHS, Ignacy. A terceira margem: em busca do eco desenvolvimento. São Paulo: Companhia das Letras. 2019.

[12] SANTOS, Pedro Alberto Brasil. Uso da energia solar para alimentação de estações rádio base. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2019.

[13] SOUZA, Ronilda Aparecida. Energia solar: vantagens do investimento desta fonte de energia alternativa na região do nordeste. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2016.

[14] TIRADENTES, Átalo Antônio Rodrigues. Uso da energia solar para geração de eletricidade e para aquecimento de água. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2016.

[15] ZIMERMANN, Márcio Pereira. Energia: O desafio de suprir a demanda elétrica. Brasília: MME, 2015.

Capítulo 12

Análise metodológica de transformação de um motor de indução elétrico monofásico em motor de indução elétrico trifásico

José de Amorim Felix Junior
Livia da Silva Oliveira

Resumo: Neste trabalho aborda-se a conversão de um motor de indução monofásico para motor de indução trifásico através do rebobinamento de seu estator. Apresenta-se uma metodologia para o cálculo de passo polar e de fase do novo campo magnético que será construído, levando em consideração os parâmetros construtivos do motor, como números de ranhuras e polos, por exemplo. Ressaltam-se os princípios de funcionamento dos motores de indução elétricos monofásicos e trifásicos para diferenciá-los sobre possíveis falhas. O processo de rebobinagem é amplamente utilizado para reconstrução de motores elétricos industriais e residenciais que sofreram algum tipo de dano com o uso. Portanto, muitos motores de indução monofásicos que são descartados ou inutilizados poderiam ser reaproveitados utilizando o método descrito neste projeto, para contribuir com a eficiência energética ou meramente economizando recursos e reduzindo impactos ambientais em uma nova versão trifásica.

Palavras-chave: Motores elétricos, rebobinamento, manutenção.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o motor elétrico é fundamental para processos presentes no dia a dia, otimizando serviços feitos com mão de obra humana por meio da automação em aplicações de serviços instalados em máquinas elétricas, e realizando trabalhos impossíveis, acarretando em menores índices de acidente e maior produtividade das indústrias.

Os motores de indução monofásicos e trifásicos estão presentes em larga escala nas atividades domésticas e industriais por suas vantagens em termos de custo, manutenção e vida útil comparado a outras tecnologias. (SOUZA, 2018).

O motor de indução trifásico assíncrono com rotor gaiola de esquilo é, de longe, o motor predominante nas instalações e na indústria em geral. Esses motores demandam manutenções corretivas e preventivas por meio do rebobinamento, um processo que reconstrói motores elétricos como forma de reduzir danos, investir no negócio e contribuir com a eficiência energética. (MELO, 2017).

Justifica-se com essa alternativa um modo mais simples de resolver um problema com motores não compatíveis com a rede elétrica já instalada em indústrias, micro empresas ou residências. Uma forma de trocar a tensão de um motor de indução monofásico para trifásico utilizando apenas métodos de rebobinamento no estator, tornando-o mais potente e eficiente, mantendo a rotação (RPM do motor) necessária, estabelecida ou desejada pela máquina onde será utilizado novamente, reduzindo custos com a manutenção e o transformando em um novo motor mais eficaz para os consumidores em geral.

Busca-se analisar a conversão de um motor de indução monofásico de 1 CV em um motor de indução trifásico para 3 CV através do processo de rebobinamento apenas do seu estator. Apresenta-se uma metodologia para o cálculo deste rebobinamento considerando os parâmetros construtivos do mesmo, números de pólos, passo e quantidades de ranhuras. Transformar um motor de indução monofásico em um motor de indução trifásico através de rebobinamento e, dimensionamento adequado de passo de ranhura e fase. Com isso, o produto final será um novo motor de indução trifásico que apresente funcionamento adequado com desempenho satisfatório.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MOTOR DE INDUÇÃO ELÉTRICO

Motores de indução elétricos transformam energia elétrica em mecânica, operando por meio de interações entre forças magnéticas oriundas de correntes elétricas ou materiais de elevado magnetismo remanente, sendo esses classificados por cv, que corresponde a cavalos de potência, força máxima. Os geradores elétricos realizam o inverso, transformando energia mecânica em elétrica. (souza, 2018).

Motores CA são utilizados em maior escala devido ao baixo custo e distribuição de energia em corrente alternada, divididos entre síncronos e assíncronos. Nos motores síncronos as correntes do enrolamento do rotor são fornecidas diretamente na parte estacionária do motor, mantendo sua velocidade constante enquanto os assíncronos possuem velocidade dependente da variação de carga a ela submetida. (MOHAN, 2015)

Os motores de indução são motores de corrente alternada assíncronos, classificados como motores polifásicos, monofásicos, motores com rotor gaiola de esquilo e motores de rotor bobinado, de acordo com sua construção, pois o estator é construído de forma semelhante aos motores síncronos. (MOHAN, 2015).

2.1.1 MOTOR DE INDUÇÃO ELÉTRICO MONOFÁSICO

A principal utilização de motores de indução monofásicos é residencial, usado em ventiladores, máquinas de lavar, bombas hidráulicas, entre outros. Os motores de indução trifásicos tem maior aplicação industrial como esteiras, prensas e outros, agindo em locais com situações severas de trabalho. (MAZUCA, 2015). Na Figura 1 podemos ver a ilustração de um motor monofásico da empresa WEG.

Figura 1 - Motor elétrico 1 CV monofásico alta rotação 2 pólos WEG



Fonte: AGROMAP, 2020

Na construção de um motor de indução monofásica, são necessários dois enrolamentos para a criação de um campo magnético girante; um enrolamento auxiliar (partida) e um principal (trabalho). O tipo de acionamento na partida pode ser: motor com ou sem capacitor (permanente ou eletrolítico)que se eletrolítico terá uma espécie de relé - centrifugo para desarmá-lo após ser acionado ou permanente interligado direto na bobina auxiliar (WEG, 2020).

No caso dos motores sem capacitor e os que utilizam capacitor eletrolítico, o bobinamento auxiliar tem o objetivo de dá apenas o impulso no momento da partida do motor, e não suporta a tensão nominal por tempo prolongado, desligando-se logo em seguida através de um interruptor centrífugo acoplado ao eixo do rotor da máquina, ou também com uma espécie de chave de partida eletrônica que faz o mesmo tipo de desligamento. (MARTINEWSKI, 2017).

2.1.2 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Os motores de indução trifásicos, devido à simplicidade, robustez e baixo custo são mais utilizados nos setores da indústria, principalmente nas refinarias de petróleo, onde é proibido a faísca devido a presença de gases e combustíveis. Temos a representação de um motor trifásico na Figura 2.

Figura 2: Motor elétrico WEG Trifásico 3CV alta rotação 2 pólos



Fonte: VIEWTECH, 2020

Esses motores são mais simples, constituídos por estator (parte fixa do motor, construído por chapas de aço-silício formando as ranhuras, em que é colocado o enrolamento) e rotor (parte girante, eixo do motor). O rotor é acoplado a rolamentos sem nenhum tipo de contato elétrico entre as duas peças, por meio de indução magnetomotriz.

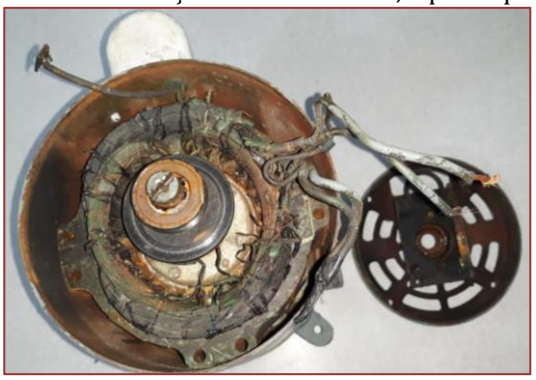
As bobinas desse tipo de motor são defasadas de 120° entre si, sendo três enrolamentos, ligados em série ou paralelo, com fechamento em triângulo ou estrela, alimentado por uma tensão trifásica 220 V ou 380 V, corrente alternada, necessitando apenas do seu campo magnético. (WEG, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 PROCESSOS PARA O REBOBINAMENTO

A maior parte dos serviços em relação a motores de indução trata-se da rebobinagem de um motor quando com danos no enrolamento. Com um motor de 1CV monofásico queimado (Figura 3), mas em perfeito estado de conservação é possível rebobiná-lo para trifásico com a mesma quantidade de pólos conforme a quantidade de ranhuras do seu estator.

Figura 3: Motor de indução monofásico1CV, 2 pólos queimado



Fonte:Próprio autor, 2020

O processo de rebobinagem envolve técnicas para remover as bobinas antigas, limpar o núcleo, dimensionar corretamente os condutores para cada ranhura, isolar devidamente todos os condutores, bobinas e ranhuras e realizar o fechamento do circuito elétrico dos enrolamentos. Após essa limpeza, é necessário fazer a coleta de informações e dados:

- Pacote (PC): tamanho em comprimento das laminas do estator em milímetros (mm);
- Diâmetro (D): espaço onde entra o rotor, ou largura do rotor em milímetros (mm);
- Ranhuras (nº R): local onde são inseridos ou encaixados os fios condutores.

Com esses dados, e consultando biblioteca de bobinamentos anteriores, arquivados por um profissional da área, podemos indicar que esse motor será um motor de indução 3 CV.

3.2 PASSO POLAR

Os pólos em um motor trifásico devem estar distribuídos em ângulos de 180°, o passo polar pode ser calculado com o número de ranhuras de um polo a outro de uma fase no motor, do fim de um ao início da outra (SIMONE; CREPPE, 2015). Então, esse motor possui 24 ranhuras, o passo polar (P_p) é:

$$P_P = \frac{número\ de\ ranhuras}{número\ de\ polos} \quad (1)$$

Número de ranhuras por lado de bobina (R_B) pode ser estimado pela equação 2:

$$R_B = \frac{número\ de\ reanhuras}{número\ de\ fases \times número\ de\ polo} \quad (2)$$

Cada lado da bobina ocupa 2 ranhuras, então uma única bobina ocupa 4 ranhuras, sendo assim, esse motor terá 6 grupos de 2 bobinas. Essa não é uma equação exata para todos os tipos de motores, depende do tipo de enrolamento.

3.3 PASSO DA FASE

Passo de fase (P_f) é o número de ranhuras de uma fase para outra, da entrada da 1 para a 2, da 2 para a 3 e da 3 voltando para a 1, consequentemente, iniciando sempre o começo da bobina pro mesmo lado. (SIMONE; CREPPE, 2015). Pode ser calculado pela equação 3:

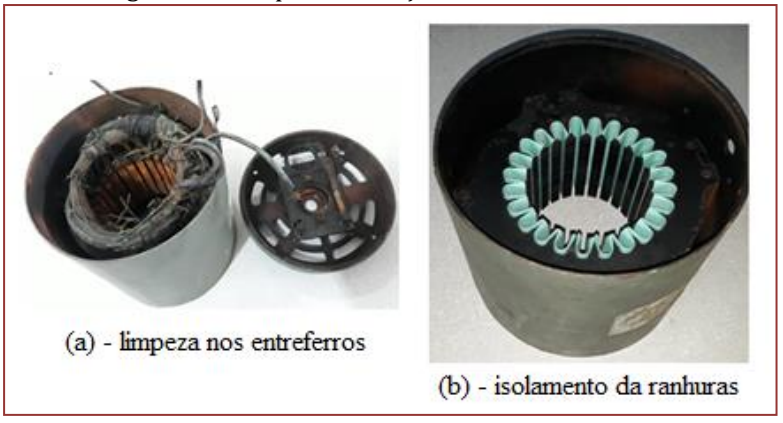
$$P_f = \frac{número\ de\ ranhuras}{número\ de\ fases} \quad (3)$$

A partir desses dados confirmados, é possível fazer o bobinamento do motor de indução, agora de 3 CV, 2 pólos, trifásico.

3.4 CONSTRUÇÃO DO BOBINAMENTO

Para a construção do bobinamento é feita a limpeza nos entreferros (Figura 4-a) internos do motor (Ranhuras), em seguida é feito o isolamento das ranhuras, com papel isolante resistente a temperatura e umidade (Figuras 4-b). O fio de cobre é especificado conforme o tamanho das laminas do motor (Pacote e Diâmetro).

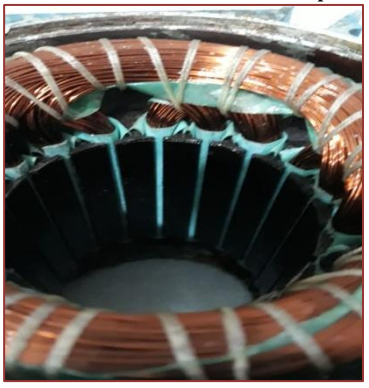
Figuras 4 - Limpeza e isolação das ranhuras



Fonte: Os autores, 2020

As bobinas são feitas em uma espécie de máquina elétrica própria pra enrolar em medidas a se encaixar perfeitamente em passos polar. Colocadas manualmente nas ranhuras, isoladas entre si para evitar curtos circuitos e organizadas com um amarrado de linhas (Figura 5).

Figura 5 - Bobinamento trifásico pronto



Fonte: Os autores, 2020

É feito o fechamento em série ou paralelo dependendo do tipo de bobinamento, saindo seis cabos, dois de cada fase, numerados conforme os pólos de norte a sul do motor, formando o campo magnético. Após isso é colocado um verniz isolante e levado à estufa para prosseguir com a secagem e fixação das bobinas. Esse tipo de serviço é feito por um profissional qualificado, realizado em empresas qualificadas para esse tipo de manutenção, conhecidas nacionalmente como rebobinadora de motores elétricos. (MARTINEWSKI, 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados apresentados foi possível entender sobre motores de indução elétricos e seus tipos de funcionamentos, apresentando uma proposta de mudança na tensão do motor, visto que não é compatível a tensão do motor com a rede instalada na empresa ou outra aplicação, de acordo com a necessidade do cliente.

O campo magnético de um motor de indução monofásico é constituído por bobinamento principal e o auxiliar, no caso dos que utilizam capacitor eletrolítico depende muito do relé-centrífugo para o seu desarmamento após seu acionamento, sendo esse que muitas das vezes apresenta falhas no seu funcionamento, um dos motivos significativos para a queima desses tipos de motores, veja Quadro 1:

Quadro 1 - Falhas frequentes no motor monofásico com capacitor eletrolítico

Defeitos	Sintomas	Causas
Alta amperagem	▪ Temperatura alta na carcaça ▪ Cheiro de queimado ▪ Atuação das proteções	▪ Capacitor alterado ▪ Relé-centrífugo ▪ Platinado colado ▪ Curto entre bobinas
Motor sem impulso na partida	▪ Temperatura alta mesmo sem funcionar ▪ Cheiro de queimado ▪ Atuação das proteções	▪ Capacitor queimado ▪ Relé-centrífugo ▪ Platinado colado ▪ Curto na bobina
Motor com bobinamento auxiliar queimado	▪ Sem direção e sentido de rotação ▪ Ruídos ▪ Sem partida	▪ Relé-centrífugo ▪ Não retirou o capacitor ▪ Platinado colado
Motor com eixo queimado	▪ Cheiro de queimado ▪ Temperatura alta ▪ Atuação das proteções	▪ Relé-centrífugo quebrado ▪ Rolamentos travados

Fonte: Adaptada de WEG, 2015.

Quando transformado seu bobinamento para 3 CV (trifásico CA) pelo método de rebobinamento do estator (Figura 6), teremos mais eficiência, pois teremos um novo motor com mais força no seu campo magnético e eixo girante, logo,diminuição de defeitos por falhas mecânicas, visto que os motores de indução elétricos trifásicos são mais simples, seu bobinamento é constituído de fases independentes de quaisquer tipos de acionamentos, precisando apenas da rede elétrica adequada para o seu perfeito funcionamento, tornando esse um motor adequado para trabalhos pesados. (KRUGER, 2017).

Figura 6: Motor convertido de monofásico para trifásico



Fonte: Os autores, 2020

Assim teremos um motor com mais simplicidade e robustez, trata-se de um motor com vantagens como por exemplo:

- Baixo custo de manutenção;
- Montagem fácil;
- Instalação simples;
- Velocidade constante;
- Limpeza e simplicidade de comando, entre outros.

Com essa conversão de tensão para esse devido motor de indução monofásico para motor de indução trifásico, não será necessária a compra de um novo motor, vamos reutilizá-lo, pois o processo é mais simples e adequado para o caso, evitando o descarte desse material na natureza, contribuindo com a eficiência energética e reduzindo custos para a empresa onde será reinstalado.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um procedimento para o cálculo de rebobinamento de um determinado motor de indução monofásico convertendo-o em motor de indução trifásico, utilizando o mesmo motor com o estator já produzido para uma versão monofásica com 2 polos e 24 ranhuras para uma nova versão trifásica 2 polos e 24 ranhuras, trocando a potência de força desse motor, de 1 CV monofásico para 3 CV trifásico. Lembrando que não é uma abordagem para todo tipo de motor, apenas para esse caso especifico.

O processo descrito foi fundamental para um entendimento sobre motores de indução elétricos e seus respectivos funcionamentos. A base é algo importante e serve para aprendizagem para trabalhos futuros.

Utilizando a proposta descrita nesse trabalho, é possível a partir da carcaça de um motor que seria substituído, desenvolver um novo enrolamento no estator que possibilite a criação de um novo campo magnético girante em seu eixo rotor, rebobiná-lo em uma nova versão, para reaproveitar esta carcaça com um novo motor de indução trifásico, evitando assim de descarte desse motor.

REFERÊNCIAS

[1] AGROMAP. Disponível em: <https://agromap.com.br/produto/23921/motor-eletrico-1cv-monofasico-baixa-rotacao-iv-polos-weg->. Acesso em: 02 abr. 2020

[2] KRUGER, T. P. Aula 9 – Máquinas Elétricas. Instituto Federal de Santa Catarina, Itajaí – SC, 2017

[3] MARTINEWSKI, A. Máquinas elétricas: motores, geradores e partidas. 1° Ed., Ed. Érica, São Paulo – SP, 2017

[4] MAZUCA, V. C. Proposta de uma metodologia de rebobinamento para converter motor de indução trifásico em monofásico. Unesp Guaratinguetá – SP, 2015.

[5] MELO, H. C. Plano de manutenção preditiva para motores elétricos - Definição e implementação numa indústria de pasta de papel, 2017.

[6] MOHAN, N. Máquinas Elétricas e Acionamentos: Curso introdutório. Ed. LTC. Rio de Janeiro – RJ, 2015.

[7] Mundo da Elétrica. Motor trifásico. Como funciona e qual sua aplicação?Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-trifasico-como-funciona-e-qual-sua-aplicacao/>. Acesso em 30 abr. 2020

[8] Mundo da Elétrica. Tipos de motores elétricos, quais são?Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-motores-eletricos-quais-sao/>. Acesso em 14 mai. 2020.

[9] SIMONE, G.; CREPPE, R. Conversão Eletromecânica de Energia: Uma Introdução ao Estudo. 1° Ed., Ed. Saraiva, São Paulo – SP, 2015.

[10] SOUZA, D.F. UMA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS COMERCIALIZADOS NO BRASIL ENTRE 1945 – 2016 E O IMPACTO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA. USP, São Paulo – SP, 2018

[11] VIEWTECH. Disponível em: <https://www.viewtech.ind.br/motor-eletrico-weg-trifasico-3cv-alta-rotacao-2-polos>. Acesso em: 02 abr. 2020.

[12] WEG. Catálogo de motores. Ano 2020. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/search/downloadcenter?q=&mediaContainerName=MKT_DOWNLOAD_TECHNICAL_BROCHURES_CONTAINER&languageIsoCode=*>. Acesso em: 30 abr. 2020.

[13] WEG. DT– 6 –Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão – especificação, características e manutenção. São Bernardo do Campo – SP, 2015.

Capítulo 13

Procedimento de manutenção em uma subestação consumidora com ênfase em parâmetros específicos de avaliação

José Marcelo Gois Arruda
Livia da Silva Oliveira
Aristeu Souza da Fonseca

Resumo: Devido à ausência de manutenção preditiva em uma subestação, ocorrem sérios problemas em relação à estabilidade do fornecimento energético, podendo ocasionar problemas como curtos circuitos, fuga de corrente e picos de tensão causados por descargas atmosféricas, danos aos transformadores e instrumentos de medição. O presente artigo tem por objetivo demonstrar o processo de execução de manutenção preditiva de uma subestação consumidora de energia, em uma escola municipal da cidade de Manaus. Além de inspecionar visualmente os equipamentos das subestações; coletar dados através de instrumentação adequada; e propor a implementação de procedimentos que devam ser adotados. A metodologia utilizada consistiu através da pesquisa de campo e descritiva. Um procedimento de manutenção é fundamental para o funcionamento adequado, não só de uma subestação elétrica consumidora que é o caso analisado, mas também para outros tipos de instalações elétricas, visto que a relação custo benefício é muito menor, e na maioria dos casos evita transtornos e paradas prolongadas do sistema.

Palavras-chave: Subestação, instalações elétricas, manutenção preditiva.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa busca mostrar que à ausência de manutenção preditiva em uma subestação acarreta sérios problemas em relação a estabilidade do fornecimento energético, podendo ocorrer descargas atmosféricas danos aos transformadores e instrumentos de medição. A finalidade e os tipos de manutenções periódicas visam garantir o bom funcionamento de uma subestação e aumentar a vida útil de seus equipamentos, evitando prejuízos financeiros e transtornos advindos por uma eventual queda de energia e riscos a população usuária da instalação alimentada por uma subestação. (MAMEDE FILHO, 2017).

De maneira geral, uma subestação consumidora que será o modelo de análise, por mais trivial que seja, é formada por três componentes mínimos, são eles: chave elo fusível, transformador, disjuntor e para raios. A execução de serviços em subestações deve atender sempre a critérios relacionados a modificações do sistema, a finalidade básica do procedimento de manutenção adequado é garantir a segurança dos equipamentos e pessoal envolvidos nos procedimentos elétricos, sendo necessária a realização de manutenção periódica adequada, prolongando assim a vida útil dos mesmos. (NBR 5410).

A manutenção deve sempre obedecer a parâmetros pré-determinados pelo fabricante e o setor de engenharia da empresa. A escolha do tipo adequado de manutenção também é de suma importância em relação aos custos gerados com a interrupção do funcionamento do maquinário alimentado pela subestação, usualmente o procedimento de manutenção pode ser de natureza preventiva, corretiva ou preditiva porém, cada subestação geralmente apresenta um procedimento de manutenção específico, sempre tentando alinhar os mesmos com verificações e sequências básicas, que de forma geral podem ser empregadas em todas as subestações. Pensando nessa perspectiva pode-se formular a seguinte pergunta-problema: Qual a vantagem da realização da manutenção preditiva em subestações consumidoras?

A presente pesquisa tem por objetivo demonstrar o processo de execução de manutenção preditiva em uma subestação consumidora de energia localizada em uma escola municipal de nível fundamental. O intuito é poder efetuar um comparativo com um padrão ideal de manutenção, buscando otimizar e garantir confiabilidade no processo de fornecimento energético.

A pesquisa proposta justificasse por procurar entender como acontece o processo de avaliação em uma vistoria para identificar os eventuais problemas que possam comprometer o fornecimento de energia feito pela subestação, bem como possíveis danos a instalação na qual é feita a entrega de carga elétrica. Por se tratar de equipamentos com uma alta carga elétrica sendo transmitida, a manutenção em uma subestação de energia é de fundamental necessidade, pois garante a qualidade do fator operacional da planta, evitando assim possíveis acidentes que podem acarretar custos altíssimos, esse estudo é relevante por buscar demonstrar essa importância contribuindo para estudos mais aprofundados.

Para a realização desta pesquisa, a metodologia caracteriza-se por ser de pesquisa de campo e descritiva. A pesquisa de campo foi realizada na Escola Municipal Santo Agostinho, localizada na Rua Tiradentes n° 439 CEP 69076780, no município de Manaus-AM, que foi inspecionada inspeção de forma geral e abrangente com o intuito de ter o primeiro contato com a subestação e familiaridade com o local de execução do serviço, definindo quais possíveis ensaios de manutenção seriam realizados e quais pontos necessitavam de maior prioridade. Após a análise, caso fosse encontrado alguma discrepância na situação real de funcionamento dos componentes foi executado o reparo, especificamente de acordo com problemas apontados.

2. REFERENCIAL TÉORICO

2.1 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

Infere-se que, uma subestação é composta por instalações elétricas em uma estrutura de alvenaria, construída com a finalidade de proteger e resguardar equipamentos de medição, proteção e transformação de energia. O objetivo de uma subestação é tornar usual às cargas de corrente e de tensão. O local de escolha da instalação de uma subestação também deve ser levado em consideração no período de elaboração do projeto, assim como as contingências em relação a equipamentos que não se enquadram no projeto, além de profissionais habilitados que podem executar a manutenção em subestações (NBR14039).

> Subestação de energia elétrica é uma instalação responsável majoritariamente por receber energia das usinas geradoras, em níveis de tensão de transmissão, logo ainda inapropriados para distribuição, e transformar essa energia para padrões adequados visando o consumidor final. Para manter a subestação

> operando plena e ininterruptamente, são aplicadas rotinas de manutenção preventiva em todos os equipamentos, isto é, um conjunto de ações para reduzir ou evitar a queda no desempenho de determinado componente, obedecendo a um plano de manutenção previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (MARIANO, 2019, p.8)

Na concepção de Mamede Filho (2017), uma subestação é composta por um local onde são agrupados equipamentos e componentes que funcionam de forma sincronizada com a finalidade de manobra e operação de determinado montante de carga em um circuito elétrico, possibilitando a elevação ou o rebaixamento de tensão ou corrente. Este sistema que permite elevar ou baixar a tensão da mesma.

Pode-se utilizar como exemplo de subestações, as que ficam posicionadas próximas de usinas geradoras (estações elevadoras de tensão), as quais são responsáveis pela economia gerada na transmissão em relação ao diâmetro dos condutores, e reduz o impacto ambiental devido à redução na exploração de minérios para a confecção de cabos elétricos. Existem ainda as estações transformadoras de transmissão que fazem o rebaixamento da carga recebida pelas linhas de transmissão antes de fazer o repasse para as concessionárias, que são responsáveis pela distribuição ao consumidor final (MAMEDE FILHO, 2017)

2.2 ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO CONSUMIDORA BÁSICA

- Elo fusível: Trata-se de um dispositivo que pode ser trocado, constituído por um componente fundente, no geral é manufaturado com liga de estanho, ou algum tipo de elemento, que quando submetido a um pico elevado de corrente, assume uma forma pastosa, e consequentemente se rompe interrompendo o fluxo de energia e impedindo que, correntes elevadas danifiquem o sistema subsequente;

- Transformador: São equipamentos constituídos basicamente de bobinas de cobre que funcionam através de indução eletromagnética e têm como finalidade fazer a conversão de tensão ou corrente em um circuito sem, contudo, alterar a potência de alimentação do sistema;

- Aterramento: É a parte integrante de um projeto de edificação de uma subestação, que é responsável pela proteção contra picos de tensão e de correntes ocasionados geralmente por descargas atmosféricas causadas por chuvas e tempestades.

Em um projeto de manutenção em uma subestação são analisados os seguintes componentes: pára-raios, chave seccionadora, resistência dielétrica e de contato, disjuntor, transformador, termômetro, nível de óleo, relé de proteção, relação de transformação, ensaios com óleo, cubículos, transformadores de instrumentação e cabos de alimentação (NBR 14039).

No contexto citado acima é possível inferir que períodos de indisponibilidade de algum dos equipamentos componentes de uma subestação afetam de maneira nociva o seu funcionamento, logo um plano de manutenção bem elaborado e eficiente, é crucial para o bom funcionamento da subestação.

2.3 MANUTENÇÃO EM SUBESTAÇÃO CONSUMIDORA

De acordo com Sousa (2018), manutenção é, “toda ação necessária para que um item seja conservado ou restaurado de modo a permanecer em conformidade com uma condição específica”. A relevância na citação aponta para a elevação no nível de confiança aos serviços ou produtos, bem como o aumento na qualidade e redução de custos cujo propósito essencial seria o aumento ou a otimização da capacidade operacional relacionado a sistemas ou instalações elétricas.

Manutenção preditiva é o tipo de manutenção que consiste em realizar inspeções instrumentadas de tempos em tempos nos equipamentos visando predizer alguma falha, de acordo com a NBR 5462 a “manutenção preditiva encontra a falha ainda em estágio inicial e quantifica o grau de severidade da falha”, logo, essa técnica é utilizada para predizer qual a possível falha ainda em estágio inicial do equipamento.

Para Souza (2018), a manutenção do sistema elétrico configura um processo técnico de extrema importância para a subestação que o alimenta, seja esse sistema industrial ou de concessionárias de energia ou de consumo particular. Entender a condição operacional dos equipamentos e se antever a prováveis lapsos ou defeitos é extremamente importante na diminuição de gastos, além de acrescentar maior confiança na prestação de serviços.

O dimensionamento da manutenção a ser efetuada no geral se inicia com uma vistoria ao local de execução do projeto, com coleta de dados através de inspeção visual, conforme mostrado na Figura 1, e apontamento de valores extraídos das medições dos equipamentos, os valores obtidos dos equipamentos só devem ser levados em consideração se os instrumentos estiverem calibrados e certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO). A inspeção visual somente pode ser levada em consideração se a mesma for executada por um profissional habilitado na norma regulamentadora 10 (segurança em instalações e serviços em eletricidade.

Figura 1 – Inspeção Visual de uma subestação



Fonte: Os autores (2020)

Segundo a (NR10) é obrigatório que as empresas mantenham esquemas de diagramas unifilares atualizados das instalações elétricas que estejam sob sua responsabilidade com especificações do sistema de aterramento e instrumentos de medição e proteção.

De acordo com Roca (2015), entende que com o objetivo de enquadramento de uma subestação, mantêm-se parâmetros base alicerçados, em consequência da ampla funcionalidade das subestações, e a maioria dos procedimentos de uma subestação são prescritos por regulamentos brasileiros que ajustam normas procedimentais que devem ser respeitadas.

Um projeto de manutenção adequadamente executado reflete diretamente no rendimento financeiro de uma corporação, isso ocorre mediante a diminuição de interrupções do processo de fabricação, sempre procurando melhorar o desempenho e o compromisso com o resguardo da saúde do corpo laboral, respeitando o meio ambiente. (RIBEIRO, 2016).

Um pré-projeto de manutenção não deve ser encarado como um possível gasto desnecessário, mas sim como um importante investimento. De acordo com o que julga Creder (2016), a manutenção da edificação de abrigo da subestação deve ser regida por norma específica. Atentando-se para a ocorrência de intempéries, ações de vândalos e condições atmosféricas que possam ocasionar infiltrações, oxidação dos equipamentos, corrosão nas partes metálicas e deterioração ao edículo onde ficam abrigados os equipamentos de medição. A estrutura também deve possuir um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

Na concepção de Ferreira (2018), em relação à esquemática de uma planta industrial, recomenda-se dar enfoque na diminuição de gastos e elevação da conservação dos equipamentos, sempre considerando a forma de como o projeto será desenvolvido, buscando constantemente o emprego racional de recursos, fazendo sempre uso de equipamentos adequados. Aumentando assim o grau de durabilidade do projeto. Logo se infere que uma subestação é o agrupamento de vários outros sistemas menores, porém não menos importantes e todos correlacionados entre si e trabalhando em conjunto, em prol do mesmo objetivo operacional. No caso em questão uma subestação pode apresentar panes somente em uma parte dos seus equipamentos, logo o ajuste pode ser direcionado, agilizando assim o procedimento de conserto ou manutenção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se por ser aplicada, buscando colocar em prática conhecimentos já adquiridos. Quanto aos procedimentos a pesquisa é experimental, utilizando a pesquisa de campo, que de acordo com Prodanov e Freitas (2013) "tem o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema para o qual procuramos uma resposta, ou de uma hipótese, que queiramos comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos". Quanto a abordagem, está será qualitativa e quantitativa, ambas serão usadas para que possam se complementar, dando maior suporte aos resultados encontrados.

O universo que se compõe essa pesquisa refere-se a Escola Municipal Santo Agostinho, conforme a Figura 2, localizada na Rua Tiradentes n° 439 CEP 69076780, no município de Manaus, no estado do Amazonas.

Figura 2 – Localização da Escola Municipal Santo Agostinho



Fonte: Semed (2014); Google Maps (2020)

A escola é composta por quinze salas de aula, um laboratório de informática, cozinha e banheiros com adequação para alunos com deficiência ou mobilidade reduzida, um refeitório, pátio coberto, sala da diretoria, sala de recursos multifuncionais para atendimento educacional especializado, biblioteca, sala da secretária, despensa, pátio descoberto, um poço artesiano, quadra de esportes coberta, banheiros com chuveiro e almoxarifado. O corpo docente e discente da escola é formado por setecentos e cinquenta e cinco alunos e trinta e três colaboradores.

O serviço foi executado no dia vinte e dois de janeiro de dois mil e vinte, a partir das oito e meia da manhã. Foram feitas inspeções visuais, análise de equipamentos, aferição da temperatura nos quadros de distribuição, verificação da potência de trabalho do transformador, análise visual dos condutores, medição de tensões e corrente, aferição do sistema de aterramento, coleta de amostra do óleo isolante do transformador, reparos na estrutura de alvenaria (mureta) que aloca os equipamentos de medição (Figura 3).

Figura 3 – Inspeções: Etapas antes, durante e depois



Fonte: Os autores (2020)

Qualquer equipamento com o passar do tempo, pode apresentar algum tipo de falha operacional. A inspeção visual consiste inicialmente de uma análise executada por uma equipe composta por profissionais habilitados, é feito a observação da pintura conservação dos cubículos que alocam

transformadores de corrente, medidores e caixa de disjuntores, anteriormente a isso é executado um processo de desenergização de todo o sistema que é executado desligando-se inicialmente as cargas secundárias e posteriormente as cargas primárias da instalação.

Quadro elétrico é um conjunto de equipamentos convenientemente agrupados, incluindo as suas ligações estruturas de suporte e invólucros, destinado a proteger, comandar ou controlar uma instalação elétrica. Uma das variáveis mais importantes na implantação do programa de manutenção nos painéis elétricos está relacionado a temperatura de seus componentes, ou seja, qual a máxima temperatura sob qual se permite que o componente opere, dentro de um quadro de distribuição.

Os valores podem ser obtidos a partir das especificações técnicas dos componentes ou junto aos fabricantes. Não sendo possível obter esses valores recomenda-se a fixação de 90 °C como valor de referência para conexões e componentes metálicos e de 70 °C para cabos isolados. No início e feita uma avaliação visual referente à organização dos dispositivos do quadro de distribuição e também uma análise da identificação dos componentes do quadro.

Verifica-se a existência do diagrama elétrico, bem como se a temperatura dos componentes está normal, ou seja, se a mesma está dentro dos parâmetros aceitáveis. Acontece que a frequência eletromagnética que atua sobre o sistema, com o tempo acaba gerando um afrouxamento das conexões, e esse é o fator primordial que acaba gerando um aquecimento nos condutores e componentes do sistema. É feito uma análise de temperatura dos equipamentos, nessa análise é feito um apontamento se os equipamentos ultrapassam ou não a temperatura máxima aceitável. Também caso seja necessário é feito uma reorganização e identificação dos componentes do quadro. É importante salientar que a inspeção visual deve ser executada com o sistema em operação antes de efetuar-se a desenergização do sistema, para que sejam identificados os pontos quentes e as correntes de trabalho.

A segunda fase da execução da manutenção consiste na aferição de alguma eventual corrente de fuga (Figura 4), inicialmente solicita-se por meio de comunicação verbal ao gestor da escola que desligue todos os equipamentos elétricos dentro das dependências. Após isso foi feita uma medição com o alicate amperímetro, não foi detectado nenhuma corrente de fuga, caso fosse detectado algum valor de corrente seria necessário averiguar cada região de acordo com a distribuição dos disjuntores secundários, pois a fuga de corrente representa um eminente risco de eletrocussão e em se tratando de um estabelecimento de ensino é fundamental que isso seja corrigido o quanto antes, para que seja resguardado a integridade física das crianças e dos colaboradores da escola.

Figura 4 – Aferição de corrente de fuga



Fonte: Os a utores (2020)

Para a manutenção do transformador o procedimento adotado consistiu primeiramente na desconexão das buchas secundárias que fazem a alimentação do quadro geral de baixa tensão, antes disso foi feito a desenergização da subestação por meio da abertura das chaves elo fusíveis e dos conectores grampos de linha viva, aguardou-se cerca de cinco minutos antes da realização do teste de ausência de tensão.

Posteriormente é feito um aterramento temporário da rede, na qual foi executado o reaperto das conexões, buchas e parafusos de sustentação do quadro de distribuição, sempre atentando para o uso de equipamentos de proteção individual e dispositivos antiquedas, depois de efetuada toda a manutenção secundária na subestação, devemos preparar a subestação para reenergização. Primeiro retira-se o

aterramento temporário, fecha-se os conectores tipo grampo de linha viva e então fecha-se as chaves elo fusíveis com vara telescópica, manobrada por um operador do solo.

Enquanto a subestação estava desenergizada também foi executado uma pintura na mureta de sustentação dos equipamentos pois a mesma já estava bastante desgastada, para a execução da pintura foi utilizado esmalte sintético, solvente pincel e estopa para limpeza; com o transformador enquanto estava desligado teve seu óleo coletado por uma seringa e uma garrafa de vidro de quinhentos mililitros, o óleo apresentava tonalidade amarelo clara o que significa que ainda está em condições de uso, mesmo assim foi enviado para o laboratório de análises cromatográficas para uma verificação mais apurada.

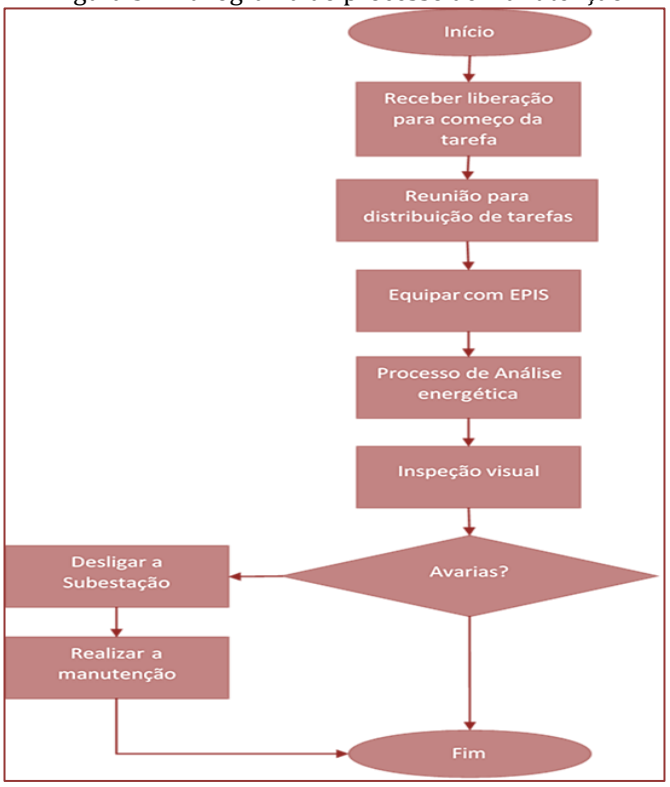
Como as conexões do circuito elétrico dos quadros de distribuição apresentavam muitos pontos quentes isso estava representando um risco, pois os mesmos poderiam acabar gerando curto circuito, queda de tensão e queima de equipamentos como condicionadores de ar e bombas d´água, as mesmas foram limpas com álcool isopropílico e reapertadas, com chaves fixas de dez e treze milímetros os cartuchos das três chaves elos fusíveis foram analisados e não apresentavam trincas nem sinais de deterioração o sistema de cabeamento estava aceitável, não apresentava ressecamento, dois disjuntores apresentavam afrouxamento e para sanar o problema foram encaixados nos trilhos de afixação de aço inox e reapertados com chave de fenda.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa realizada na Escola Municipal Santo Agostinho, buscou realizar a manutenção preditiva na subestação consumidora. A estrutura da escola que era alimentada pela subestação não apresentou muitas alterações durante o processo de análise energética.

Com base nos procedimentos de manutenção, apresenta-se na Figura 5 a seguir as etapas do processo realizado, com intuito de evitar os riscos oriundo das atividades desempenhadas pela equipe.

Figura 5 - Fluxograma do processo de Manutenção



Fonte: Os autores (2020)

O funcionamento adequado de uma subestação depende das técnicas adequadas de manutenção dos equipamentos elétricos sejam empregados com a finalidade de assegurar tanto o funcionamento correto do sistema elétrico quanto a segurança das pessoas. Com intuito de mitigar os acidentes de trabalho se torna imprencidivel a padronização das tarefas a serem realizadas as empresas prestatoras de serviços

realizam um padrão para a execução de cada etapa do trabalho.

4.1 DEFEITOS IDENTIFICADOS E SUBSTITUIÇÕES

Com base no procedimento adotado de manutenção, foi possível identificar as principais falhas no sistema elétrico, no ambiente escolar apresentadas no Quadro 1, através da análise visual.

Quadro 1. Falhas no Sistema Elétrico

Fenômenos Ocorridos em Sala de Aula	
Lâmpadas	Oscilações constantes: acendiam e apagavam sem serem acionadas.
Disjuntor Secundário	Alargamento nos terminais conectores
Interrupitor de Iluminação	Apresentou umidade
Caixa de Interrupitor	Constatou-se uma infiltração

Fonte: Os autores (2020)

Ambas as falhas encontradas estavam relacionadas ao sistema de iluminação. No disjuntor secundário de alimentação foram reapertados os parafusos de afixação dos conectores, a respeito da infiltração essa falha foi resolvida pela equipe de manutenção escolar, pelo fato de não estar relacionada a manutenção da subestação. Conforme realizada a manutenção de infiltração foi possível realizar a troca de tomadas.

Os condutores de policloreto de vinila (PVC), que saiam do quadro para a instalação marcavam na termografia a temperatura 45 °C e o disjuntor estava a 58 °C o que indicava a necessidade de substituição. Foi identificado também no circuito secundário do quadro de distribuição localizado na saída da subestação apresentava emendas inapropriadas e isso estava provocando uma queda de tensão na bomba periférica. Outro defeito identificado encontra-se localizado no quadro geral de baixa tensão onde foi encontrado em seus barramentos pequenos detritos.

Foram substituídos os equipamentos elétricos que apresentavam mal funcionamento, como:

- condutores de PVC;
- disjuntormonofásico de corrente nominal de 16 A;
- limpeza dos barramentos no quadro de baixa tensão;
- emendas na saída da subestação.

Por se tratar de um modelo de subestação trivial, porém não menos importante, esta apresentava um transformador de potência 125 KVA, o sistema de medição é feito na parte de baixa tensão e a proteção é feita na alta tensão por fusíveis.

Para a retirada da poeira e sujeira no barramento do quadro geral de baixa tensão, foi aplicada a solução desengripante nos contatos dos disjuntores secundários e no disjuntor geral de caixa moldada, bem como a remoção do zinabre que é uma crosta criada pela oxidação de componentes de cobre, que pode ser responsável pelo aumento da resistência elétrica e consequentemente o da temperatura também, melhorando o aspecto da condutividade do circuito alimentado pela subestação.

A mureta que alocava os equipamentos de medição foi pintada com esmalte sintético de látex, uma tinta que forma uma camada impermeabilizante que auxilia na prevenção de infiltrações causadas por umidade, bem como melhorou a parte estética do construto que alocava os equipamentos de medições. Conforme instrução da concessionária durante o processo de comunicação de desligamento da rede, o sistema de medição não deveria sofre qualquer intervenção por parte da equipe de manutenção, pois isto era atribuição exclusiva de operadores da concessionária.

4.2 CUSTO DE MANUTENÇÃO

Para realização da manutenção nos equipamentos identificados com avaria foram utilizados os materias listados no Quadro 2.

Quadro 2 - Preço dos materiais utilizados na manutenção

Material	Marca	Quantidade	Preço Unitário	PreçoTotal
Terminal de compressão	Intelli	25 uni dades	R$ 2,00	R$ 25,00
Cabo flex. de cobre 16 mm	Megatron	20 metros	R$ 8,00	R$ 160,00
Fita isolante de alta fusão	Tigre	2 unidades	R$ 10,00	R$ 20,00
Chave elo fusível	Maurizio	1 unidade	R$ 300,00	R$ 300,00
Ácool isopropilico	Quimidrol	1 unidade	R$ 30,00	R$ 30,00
Cartucho de involucro	Maurizio	1 unidade	R$ 70,00	R$ 70,00
Total	R$ 605,00			

Fonte: Os autores (2020).

A equipe utilizada na manutenção conforme as NR10 e NR16 foi listada no Quadro 3 com especificação da função, horas trabalhadas e o valor total pago em mão de obra.

Quadro 3 - Preço de mão de obra

Função	Horas Trabalhadas	Valor/Hora	Adicional de Periculosidade	Valor Total
Engenheiro	16	R$ 37,50	R$ 11,25	R$ 611,25
Eletrotécnico	16	R$ 10,40	R$ 3,12	R$ 169,52
Ajudante Eletricista	16	R$ 7,00	R$ 9,10	R$ 121,10
Termografista	2	R$ 250,00	R$ 0,00	R$ 500,00
Total	R$ 1.401,87			

Fonte: Os autores, 2020.

O custo total para realização da manutenção preditiva foi orçada em R$ 2.106,87. O Quadro 4 detalha os custos da manutenção.

Quadro 4 – Orçamento

Tipo	Valor Total
Materiais	R$ 605,00
Mão de obra	R$ 1.401,87
Gastos extras (gasolina e almoço)	R$ 100,00
Total	R$ 2.106,87

Fonte: Os autores, 2020.

A manutenção preditiva gastou um total de R$ 2.106,87 com substituição e mão de obra, caso não fosse realizada o custo da manutenção em média estaria orçada em R$ 8.000,00. A manutenção preditiva é de vital importância para evitar acidentes e interrupção do funcionamento do estabelecemos. No presente estudo encontrou-se uma chave do tipo elo fusível com rachaduras, que futuramente poderia acarretar em um dano maior a subestação podendo gerar um aumento de temperatura ocasionando um alto risco de incêndio outro grave problema encontrado as conexões frouxas encontradas nos quadros elétricos.

5. CONCLUSÃO

Quando iniciou-se o trabalho foi necessário fazer uma avaliação do sistema elétrico da subestação, foi observado que o fator tempo era primordial para a execução do serviço, pois depreendia-se que quanto mais tempo a subestação ficasse inoperante maior poderia ser o prejuízo no calendário da escola, visto que de acordo com a direção da escola o serviço só poderia ser efetuado em dias úteis. No entanto o programa de manutenção deve ser seguido, até porque uma parada programada para a execução de uma manutenção preventiva é infinitamente menor prejudicial do que uma eventual parada devido a falha de determinado equipamento que em alguns casos pode demorar semanas para ser trocado devido a compra ser feita em outros estados.

Diante de tais circunstâncias, o estudo de campo objetivou de maneira geral expor de forma sucinta e prática, a execução de um trabalho de manutenção preventiva em uma subestação consumidora, buscando garantir uma melhoria, mesmo em decorrência de um espaço de tempo limitado, o serviço foi executado e obtiveram-se melhorias.

A verificação visual foi efetuada e no tocante aos aspectos identificados por meio de procedimentos relativos a identificação de não conformidades intentou-se resolver as mesmas, os eventuais problemas encontrados de caráter mais específicos ou técnicos também foram solucionados, bem como discrepâncias de natureza mais profunda e que demandavam mais tempo foram notificadas a direção da escola para execução de procedimentos futuros.

Durante o trabalho foi possível atestar que um procedimento de manutenção é fundamental para o funcionamento adequado, não só de uma subestação elétrica consumidora que é o caso analisado, mas também para outros tipos de instalações elétricas, visto ainda que a relação custo benefício é muito menor e na maioria dos casos evita transtornos e paradas mais prolongadas do sistema alimentado.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14039. Instalações elétricas de média tensão. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:h ttps://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10731/abnt-nbr14039-instalacoes-eletricas-de-media-tensao-de-10-kv-a-362-kv. Acesso em: 28 de abr. 2020.

[2] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410. Eletricidade. São Paulo, 2018. Disponível em: www.abntcatalogos.com.br. Acesso em: 28 de abr. 2020.

[3] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462. Confiabilidade e Manutenção. São Paulo, 2018. Disponível em: www.abntcatalogos.com.br. Acesso em: 28 de abr. 2020.

[4] BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Norma regulamentadoras de segurança em instalações e serviços em eletricidade. NR 10. Estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores. Disponível em: http://www.mte.gov.br. Acesso em: 14 mai. 2020

[5] CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 16 ed. Rio de Janeiro: Itc 2016.

[6] FERREIRA, Judite. Desenvolvimento do ARS Simulator. Seleção de Inmetro. Avaliação de Conformidade. Disponível em:<www.inmetro.gov.br> Acesso em: 28 de abr.2019.

[7] GOOGLE MAPS. Localização: escola municipal Santo Agostinho. 2020. Disponível em: https://www.google.com/maps/place/E.M.+Santo+Agostinho/@-3.0912195,-60.0651094,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x926c10375ae11553:0xdd34d08b10714cb5!8m2!3d-3.0912195!4d-60.0629207?hl=pt-BR. Acesso em: 26 mai. 2020.

[8] MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. 9 ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2017.

[9] MARIANO, Jeronimo Fernando Pinheiro. Avaliação do sistema elétrico do hospital universitário clementino fraga filho- hucff para ações de manutenção e reforma. 2019. 131 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de janeiro, 2019.

[10] PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013

[11] RIBEIRO, J.B. Manutenção preditiva em motores de combustão interna por análise do óleo lubrificante. 2016, 76f. Monografia (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campos do goytacazes/RJ, 2016.

[12] ROCA, W.B. Dimensionamento de um Parque Eólico e sua Subestação, Comparando Ferramentas de CDF e Atlas Eólicos. 2015, 53f. Monografia (engenharia de energia) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.

[13] SEMED. Secretaria Municipal de Educação. Feira de ciências reúne alunos e comunidade na Escola Municipal Santo Agostinho. 2014. Disponível em: http://semed.manaus.am.gov.br/feira-de-ciencias-reune-alunos-e-comunidade-na-escola-municipal-santo-agostinho/. Acesso em: 26 mai. 2020.

[14] SOUSA, Jorge Nemésio. Manutenção de equipamentos e instalações elétricas. Material Didático da Disciplina Manutenção e Operação de Equipamentos Elétricos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

[15] SOUZA, Lucas Arruda de. Técnicas preditivas de manutenção elétrica em transformadores de potência. 2018. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de janeiro, 2018.

Capítulo 14

Automatização do sistema de compactação de materiais plásticos destinados à reciclagem de uma empresa do Polo Industrial de Manaus – AM

Josenias de Jesus Maquiné
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A indústria, que é um dos mais importantes motores do crescimento econômico e destacada fonte de novos produtos, novas tecnologias e novas formas de produzir, encontra-se no centro das reflexões tecnológicas atuais, sempre buscando melhorias nos processos produtivos. O presente trabalho visa implantar a automatização de um sistema de compactação de materiais plásticos, destinados à reciclagem, em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM). A pesquisa foi desenvolvida em três fases, na primeira fase contactou-se com responsáveis pelo sistema de compactação e discutiram-se as diretrizes para a automatização do sistema. Construiu-se o circuito elétrico, com CLP e sensores de segurança, procurando sempre obedecer a NR12. Por fim, avaliou-se o desempenho do novo sistema compactador e, conclui-se que o novo sistema implicou em fatores positivos em diversos aspectos.

Palavras-Chave: Reciclagem, compactador, automatização.

1. INTRODUÇÃO

A indústria, que é um dos mais importantes motores do crescimento econômico e destacada fonte de novos produtos, novas tecnologias e novas formas de produzir, encontra-se no centro das reflexões tecnológicas atuais. Salienta-se que o aporte das atividades industriais para a construção do futuro do Brasil será maximizado se for seguida, a exemplo do que fazem muitos outros países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma estratégia industrial visando, em última análise, elevar a produtividade e a competitividade do setor através, especialmente, de novas tecnologias (SCHUH, 2017; SCHWAB, 2019).

Para Roggia e Fuentes (2016) o estímulo à inovação, que possui em um de seus pilares a automação, é a ferramenta fundamental para agregar valor e fazer a indústria brasileira tornar-se mais competitiva. Além disso, para esses autores, a automação industrial é uma das áreas que mais avançou nas últimas décadas e continua avançando atualmente em grande escala.

Portanto, como a automação está presente em processos residenciais, comerciais e industriais, ela é uma das chaves mestras do avanço tecnológico; sendo este último o foco desta pesquisa. Por ser uma área muito vasta, a automação agrega diversos conhecimentos de diferentes áreas, como a elétrica, a eletrônica, a mecânica, a gestão, entre outras. Sobretudo, enfatiza-se que ela se tornou uma das ferramentas mais eficazes em termos de competitividade industrial (SEBRAE, 2017).

Dentro desse contexto, o presente trabalho visa desenvolver e implantar um sistema de automatização para a compactação de materiais plásticos, destinados à reciclagem, de uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM). Busca-se mostrar que o projeto trará melhorias para o processo produtivo da empresa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO E CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS

Segundo Roggia e Fuentes (2016), a evolução da automação industrial remete há longos períodos na história. Desde a pré-história o homem vem desenvolvendo mecanismos e invenções com o intuito de reduzir o esforço físico e auxiliar na realização de atividades. Como exemplo, é possível citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal. Entretanto, a automação industrial começou a conquistar destaque na sociedade no século XVIII, com o início da Revolução Industrial, originada na Inglaterra. Assim, devido a uma evolução no modo de produção, o homem passou a produzir mercadorias em maior escala. Com o objetivo de aumentar a produtividade, diversas inovações tecnológicas foram desenvolvidas no período, como por exemplo: máquinas modernas, capazes de produzir com maior precisão e rapidez quando comparadas ao trabalho manual.

No século XX, computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da automação. Para se chegar aos computadores usados atualmente, diversos avanços foram sendo praticados ao longo do tempo, desde o uso de ábacos pelos babilônios, passando pela régua de cálculo (século XVII), e, até mesmo pelos cartões perfurados (século XIX). Durante este período, George Boole desenvolveu a álgebra booleana a qual apresenta os princípios binários, cujas aplicações nas operações internas de computadores são predominantes. Sabe-se que os computadores constituem a base de toda a tecnologia da automação contemporânea e exemplos de sua aplicação estão presentes em praticamente todas as áreas do conhecimento. (GEORGINE, 2018; SCHWAB, 2019).

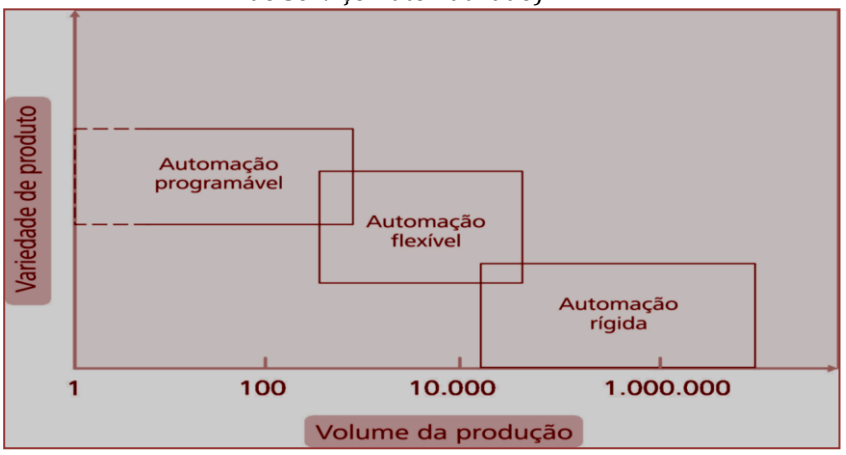
De acordo com Azevedo (2018) e Fonseca e Pinto (2019), uma tecnologia muito utilizada na automação de sistemas, para o controle de funções, é o Controlador Programável (CP), também chamado de Controlador Lógico Programável (CLP) e, pela sigla em inglês PLC (Programmable Logic Controller), que segundo, surgiu em função das necessidades da indústria automobilística. Isso porque os painéis eletromecânicos, para controle lógico, utilizados anteriormente dificultavam as alterações e ajustes de sua lógica de funcionamento, fazendo as montadoras gastar mais tempo e dinheiro a cada alteração na linha de produção. Desta forma, em 1968, a General Motors desenvolveu o primeiro CLP, com grande versatilidade de programação e fácil utilização, o qual vem sendo aperfeiçoado constantemente, a fim de atender suas diversas aplicações atuais em automação de processos, incluso as especificações dos diferentes sistemas de automação. (ROGGIA e FUENTES, 2016; SCHUH, 2017; FONSECA e PINTO, 2019).

2.2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

Para Fonseca e Pinto (2019), o uso da automação está aumentando em nossas vidas diariamente, especialmente no ambiente industrial o qual tem se expandido na melhoria dos vários processos.

Uma das classificações mais aceitas para os sistemas automatizados para a produção de bens e serviços está relacionada ao grau de flexibilidade, sendo, deste modo, definidos três tipos básicos: automação rígida, programável e flexível. A posição relativa dos três tipos de sistemas de automação para os diferentes volumes e variedades dos produtos é mostrada na Figura 1. (ROGGIA e FUENTES, 2016).

Figura 1 - Tipos de Sistemas de Automação Relativos ao Volume de Produção e Variedade do Produto (ou do Serviço Automatizado)



Fonte: CTISM (UFSM), 2016

Adicionalmente, os autores supracitados conceituam esses sistemas de automação para fornecer uma melhor interpretação deles, como segue abaixo:

- **Automação rígida –** está baseada em uma linha de produção projetada para a fabricação de um produto ou serviço específico. Apresenta altas taxas de produção e inflexibilidade do equipamento na acomodação da variedade de produção ou serviço.

- **Automação programável –** equipamento de produção é projetado com a capacidade de modificar a sequência de operações de modo a acomodar diferentes configurações de produtos (ou serviços), sendo controlado por um programa que é interpretado pelo sistema. Diferentes programas podem ser utilizados para fabricar novos produtos (ou serviços). Esse tipo de automação é utilizado quando o volume de produção de cada item (ou serviços) é baixo.

- **Automação flexível –** reúne algumas das características da automação rígida e outras da automação programável. O equipamento deve ser programado para produzir uma variedade de produtos (ou serviços) com algumas características ou configurações diferentes; mas, a variedade dessas características é normalmente mais limitada que aquela permitida pela automação programável.

2.3 MATERIAIS PLÁSTICOS - RECICLAGEM

As possibilidades da vasta aplicação dos plásticos, alinhadas ao crescimento da população mundial nas últimas décadas e à necessidade de as pessoas obterem melhores condições de vida, têm propiciado um aumento do consumo de materiais poliméricos: os plásticos; gerando maior acúmulo de resíduos sólidos no meio ambiente. (ALMEIDA, BILYK e SIEBEN, 2018).

Entende-se por resíduos sólidos os materiais no estado sólido ou semi sólido que resultam de uma atividade humana e que, por terem valor econômico, podem sofrer processos de reciclagem ou reaproveitamento, ao contrário dos rejeitos, que não podem ser reciclados nem reutilizados. De todos os resíduos urbanos gerados, 31,9% podem ser reciclados - destes, 2,4% referem-se ao vidro, 13,5% ao plástico; 13,1% a papel e papelão e 2,9% a metais. (SEBRAE, 2017).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/10, trata de instrumentos importantes para o desenvolvimento sustentável do país, orientando todos os responsáveis (fabricantes, comerciantes, distribuidores, industriários, consumidor, entre outros) sobre as melhores práticas relacionadas ao assunto. Para entender melhor a atuação dessa atividade, é necessário também compreender algumas características do mercado. (SOUZA, 2016; SEBRAE, 2017).

Pesquisas realizadas pelo SEBRAE da Bahia em 2017 mostram que o mercado de reciclagem no país é amplo e envolve atividades relacionadas a diferentes tipos de materiais. Algumas áreas estão mais maduras, enquanto outras ainda precisam de melhor desenvolvimento. Em geral, o Brasil ainda tem muito a evoluir nesse quesito. Alguns dados do mercado de reciclagem relatam que: o Brasil é o 3º país que mais gera lixo; o país recicla somente 3% de tudo que produz de resíduos, e isso é o suficiente para movimentar R$ 12 bilhões na economia; somente 18% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva. (SOUZA, 2016).

Portanto, de acordo com o SEBRAE da Bahia, o mercado de reciclagem se mostra promissor ao país e pode se tornar uma excelente oportunidade para diferentes perfis de empresas, desde aquelas que geram os resíduos e podem lucrar com a venda, passando por aquelas que desenvolvem equipamentos e maquinários para esse fim até as que fazem disto um negócio, e reciclam os materiais, efetivamente. A própria lei de resíduos estimula a criação de novos negócios nessa área. (SEBRAE, 2017).

Nesse sentido, a reciclagem implica em fazer retornar ao ciclo de produção os materiais, como, papel, plástico, vidro, metal e matéria orgânica que foram usados e descartados. A lei 12.305/2010 em seu art. 3º, inciso XIV, define reciclagem como (BRASIL, 2018):

> "Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem alterações de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber do SNVS e do SUASA". (BRASIL, 2018).

Dentro da vasta gama de materiais recicláveis com potencial de ganho não apenas ambiental como também econômico, especialmente no setor industrial, estão os plásticos que têm como matéria-prima resinas sintéticas derivadas do petróleo. (SANJAD, 2018).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente,a reciclagem de materiais plásticos é um conjunto de técnicas de reaproveitamento desses materiais, descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo, transformando objetos e materiais usados em novos produtos para o consumo cujas formas podem variar de processos de mecânicos a químicos, ou ambas. (MMA, 2017).

A compactação se constitui em um dos mais usados processos mecânicos dentro dos sistemas de reciclagem de materiais plásticos. Entretanto, para que a viabilidade de seu uso, especialmente no setor industrial, seja economicamente visível, faz-se necessário que sejam incrementadas tecnologias durante o processo de reciclagem, como por exemplo, a automação dos sistemas de compactação; diminuindo, assim, os custos da mesma. (SANJAD, 2018).

3. METODOLOGIA

Este trabalho é de natureza científica aplicada, pois trata-se de uma ação para resolver um problema específico; tendo caráter quantitativo no que tange à busca pela quantificação e avaliação dos resultados alcançados (PEREIRA, 2016).

As melhorias propostas na pesquisa foram implementadas em uma Indústria Química situada à Avenida dos Oitis, Distrito Industrial, em Manaus-AM. Nessa indústria, a reciclagem de materiais plásticos é um dos ramos mais fortes de atividade econômica. Portanto, os dados levantados estão relacionados à compactação de materiais plásticos do tipo polietileno, derivados de fontes recicláveis, e que usava um compactador mecânico (Figura 2).

Este projeto foi realizado em três fases. A primeira fase uma pesquisa realizada com técnicos e engenheiros responsáveis pela atividade de coleta e compactação de materiais plásticos para um mapeamento das principais necessidades do processo.

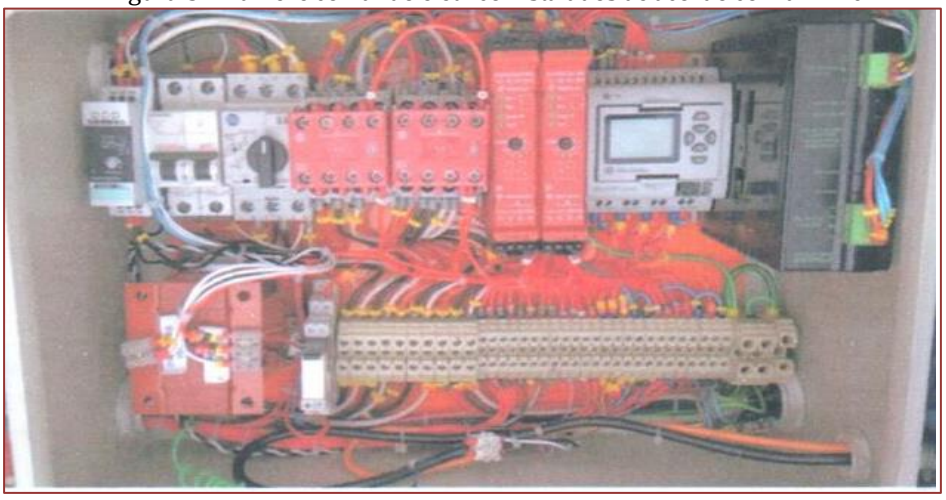
Figura 2 - Equipamento de compactação de materiais plásticos com a tampa docompartimento de carga aberta



Fonte: Os autores (2020)

Na segunda fase projetou-se o circuito elétrico, em conformidade com a NR10, inserido em um painel e comando elétrico (Figura3). Esse circuito elétrico foi projetado para atender a instalação do sistema de automatização, considerando todos os seus componentes elétricos, tais como: CLP, fontes, disjuntores, contactadoras e chaves de segurança para o atendimento do equipamento à NR12; além dos dispositivos de interface de operação. (GEORGINE, 2018; FONSECA e PINTO, 2019).

Figura 3 – Painel e comando elétrico instalados de acordo com a NR10



Fonte: Os autores (2020)

Adicionalmente, desenvolveu-se também uma estrutura que condicionou e justificou a instalação de sensores de fechamento da porta do compactador. Esses sensores foram instalados visando manter a segurança do operador, como previsto na NR12. Esta estrutura foi composta de dispositivos de entrada, lógica e dispositivo de saída: com agendamento de categoria IV. Por fim, nessa segunda fase, trabalhou-sena elaboração do CLP (Controlador Lógico Programável), cuja utilização se presta para operações de avanços e recuos, entre outras. Isto porque, segundo Azevedo (2018), o CLP substitui os temporizadores, cujo número de falhas no processo pode ser grande, incluindo riscos para o operador. Sabe também que o CLP, por sua especificidade, assimila-se a um computador, facilitando a automatização do sistema.

Finalmente, na terceira fase da pesquisa, os dados obtidos foram analisados. Sobretudo, para a melhor compreensão das informações a serem obtidas, durante todo o trabalho, foram realizados levantamentos bibliográficos minuciosos referentes a sistemas de automatização cujo CLP esteja incluso. A revisão bibliográfica de assuntos pertinentes à reciclagem de materiais plásticos também foi constante nessa pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR12) e seus anexos, que definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças de trabalho, foram realizadas as alterações no compactador de plásticos da empresa. Este resultou da automatização do sistema de abertura de portas traseiras, ou de saída do material, como pode ser visto na Figura 4.

Adicionalmente, ficou estabelecido que responsabilidades como: implementação de instruções administrativas, de segurança, de procedimentos para emergências, orientação, treinamento e reciclagem dos trabalhadores, elaboradores de projetos e manutenção e do ferramental e organização do prontuário concernente ao ajustamento do compactador no modelo automatizado, estão aos cuidados da empresa, considerando a equipe de construção e manutenção do equipamento.

Figura 4 – Porta de saída do material, com sensores de segurança



Fonte: Os autores (2020)

Segundo Fonseca e Pinto (2018), a maioria das indústrias responde pela maior parte da porcentagem do PIB movimento nos países industrializados. Numa época quando as empresas buscam maximizar seus processos em um mercado cada vez mais competitivo, é sempre necessário adaptar todo e qualquer procedimento para o avanço tecnológico.Tornar mais limpo um processo industrial específico, o que é de grande importância para manter o mercado consumidor.

Sobretudo porque a automação é cada vezmais usada em nossas vidas diárias, especialmenteno ambiente industrial, no qual vemexpandindo seuuso para melhorar vários processos. E, no distrito industrial do Amazonas tem-se vislumbrado essas possibilidades e, há um incentivo por parte dos gerentes industriários para que seus parceiros, associados e trabalhadores se envolvam e assumam as responsabilidades juntos na busca de soluções nesse sentido.

Como foi dito anteriormente, na segunda fase dessa pesquisa, trabalhou-se na elaboração da CPL que foi acoplada ao circuito elétrico, responsável pela abertura automática da porta traseira. Azevedo (2018) orienta a utilização do CLP para substituir os temporizadores, cujo número de falhas no processo pode ser grande, incluindo riscos para o operador. Sabe também que o CLP, por sua especificidade, assimila-se a um computador, facilitando a automatização do sistema, de forma tecnológica e, de fácil acesso para uma geração altamente tecnológica, como a dos últimos trinta anos.

Somando-se a isso, Georgine (2018) imprime que o CLP é um microprocessador feito para a indústriacom recursos versáteis em seu ambiente de programação. Além da combinação de números lógicos, matemáticos, inteiros e binários,ponto flutuante, trigonométrico, aritmético,transporte, dadosarmazenamento, comparação, temporizador, contagem e sequência.

Assim, segundo o mesmo autor, a base daprogramação do PLC é a analogia da eletricidadecontatos, onde o idioma principal do CLP é ladder,conhecido como o idioma dos contatos. O PLC não é diferentede outro sistema digital, que funciona com o recebimentopalavras digitais.Portanto, nasce um dos mais versáteis e fáceis de usarequipamentos no ambiente industrial, que estáconstantemente melhorando e buscando eficiência,diversificando sua aplicação no setor industriale suasaplicações, atingindo ummercado mundial estimado de oitomilhões de dólares. (GEORGINE, 2018).

O CPL não trabalha isolado, mas em conjunto com outros equipamentos e sistemas, sendo os sensores (de segurança) e atuadores alguns destes acompanhantes. Embora o CLP seja o principal componente de controle de um processo de automação que, funcionando acoplado a outros componentes de campo, que visam informar as circunstâncias das variáveis contidas no processo. Portanto, uma ação acionadora pode serexecutada ou desligada através de suas saídas, diminuindo os riscos para os operadores do sistema.

Especificamente, para Thomazini (2017), os sensores são dispositivos que visam informar a CLP quando ocorre uma mudança de estado, seja permanente ouvariação temporária, desde que seja uma mudança de estado. Há uma enorme variedade de tipos e modelos de sensores, os mais comuns e mais comumente usados no ambiente industrial são: sensor de nível, sensor de pressão, presença e posição. Na Figura 5 são mostrados os sensores de segurança usados como parte desse projeto porque um dos itens de extrema relevância foi a segurança dos operadores do sistema de compactação.

Figura 5 – Sensores de segurança, em detalhe



Fonte: Os autores (2020).

A máquina possui sinalização de seguranca para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estao expostos, as intruções de operações e manutenção e outras informações necessárias para grarantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores, como pode ser observado na Figura 6.

O compactador, tem três portas, sendo duas portas na frente da máquina (uma porta da caixa de alimentação e uma porta do sistema de compactaçao), e uma porta na traseira da máquina (porta de retirada do material prensado, Figura 4). Todas elas são monitoradas por sensores magnéticos de segurança, garantindo que ao serem abertas, durante o movimento de prensagem, a máquina pare. Alem de serem todas bem sinalizadas.

Figura 6 – Exemplo de um dos sinalizadores de perigo que constam no compactador



Fonte: Os autores (2020)

Conforme demonstrado, o equipamento automatizado, ou seja, o compactador de plásticos, apresenta condições de segurança para operação, uma vez que atende os requisitos das Normas Técnicas exigidas e das Normas técnicas complementares utilizadas em sua avaliação. O equipamento está adequado e em conformidade com as exigências solicitadas pela NR12.

5. CONCLUSÃO

Em termos técnicos, percebeu-se um ganho tanto de especialização de mão de obra como de economia de recursos. Entretanto, ainda não há valores numéricos exatos para incluir nesse trabalho porque o compactador está num ciclo de testes que terminará no final de 2020. Enquanto isso, regras de segurança, durante a execução das atividades propostas para o compactador automatizado, são sistematicamente acompanhadas por relatórios técnicos disponíveis na empresa.

Entretanto, sabe-se que esse pequeno progresso na atividade de compactação pode ser ampliado com novas pesquisas e investimentos para os quais a empresa está aberta por conta dos ganhos obtidos nesta primeira arrancada; ganhos reais, mas ainda não divulgados. Sobretudo, avanços em tecnologia têm se tornado o carro chefe dos investimentos em indústrias brasileiras, entre outros.

É importante salientar que, em termos industriais, os avanços tecnológicos devem ser seguidos de normas de segurança no trabalho as quais são previstas pela lei e, acompanhados também de treinamentos e capacitações profissionais, incentivo e inclusão social para os envolvidos.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, F. D. B. de; BILYK, C.; SIEBEN, P. G. Gestão de resíduos sólidos urbanos: impactos ambientais e o processo de inclusão social dos catadores de lixo. Gestão, Tecnologia e Inovação, vol. 2, n. 1, 2018 2. 14 pág.

[2] AZEVEDO, Hugo César Diniz. Controlador lógico programável aplicado à indústria 4.0. 2018.

[3] BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. São Paulo: Saraiva. 2018.

[4] FONSECA, R. E. H. da; PINTO, F. R. The Importance of the Programmable Logic Controller "PLC" in the Industry in the Automation Process. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056. v. 6 Issue: 11 | Nov 2019. Disponível em: www.irjet.net p-ISSN: 2395-0072.5 pg. 2018. Acesso em: 10 mar. 2020.

[5] GEORGINE, Marcelo. Descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLC's. 9. ed. Saraiva, 2018.

[6] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Planos de Gestão de Resíduos Sólidos: Manual de Orientação. Brasília: MMA, 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos_28_03_182.pdf. Acesso em: 2 mai. 2020.

[7] MONACO, Rafael. Investimentos em Automação Potencializam Competitividade da Indústria. Disponível em: http://www.portaldaindustria.com.br. Acesso em: 10 mar. 2020.

OS RESERVADOS

[1] PEREIRA, José Matias. Metodologia Científica. 4ª. ed. São Paulo, SP. Atlas, 2016.

[2] ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo. Automação Industrial. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e – Tec. Brasil, 2016. 102 p.: il.; 28 cm. ISBN: 978-85-9450-001-4. 2016.

[3] SANJAD, Heitor, C. Reciclagem como Alternativa para a Eficiência e Sustentabilidade Econômica no Setor de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Belém - PA. UFPA - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Belém, PA. 2018.

[4] SCHUH, G. et al. Industries 4.0 maturity index. Managing the digital transformation of companies (acatech study). 2017.

[5] SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial/ KlausSchwab – EDIPRO, 2019.

[6] SEBRAE, Bahia. Estudo de Mercado – Comércio e Serviços: Reciclagem de Resíduos. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Bahia- SEBRAE, 2017. 49 pp.

[7] SOUSA, Paulo C. B. de. Como Montar uma Empresa de Reciclagem. [Brasília, DF]: SEBRAE, [20-?]. 40 p. (Ideias de negócios). Disponível em: http://www.sebrae.com.br/sites/Portal SEBRAE /ideias/ como montar umaempresa0f287a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD#nave CapítuloTopo. Acesso em: 02 dez. 2019.

[8] THOMAZINI, Daniel. Sensores Industriais, 2017. ALBUQUERQUE, Pedro U Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Érica, 2017.

Capítulo 15

Análise do potencial de geração de energia elétrica a partir da incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Manaus-AM

Josifran Aldenor de Almeida Sousa
Lucas Almeida Diniz
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O objetivo deste trabalho é quantificar o potencial de geração de energia elétrica através de resíduos sólidos produzidos pela população da cidade de Manaus-AM, através um levantamento da média diária de resíduo sólido recolhido na cidade. Fazer o levantamento da quantidade de energia elétrica que uma usina incineradora de RSU pode produzir, e com isto determinar o número de residências que podem ser abastecidas com a energia produzida pela usina. Podendo, desta maneira, ajudar a diversificar a matriz energética da cidade. Além disso, a utilização de uma usina incineradora apresenta muitos benefícios e vantagens preservando o meio ambiente, tais como redução no volume de RSU evitando que novos aterros sanitários sejam construídos, previne o aumento de animais e insetos transmissores de doenças. Uma Usina Incineradora para destinação de RSU tem grandes vantagens sobre um Aterro Sanitário, podendo ter um maior potencial de geração de energia elétrica, capacidade de reduzir a emissão de biogás evitando que seja lançado diretamente na atmosfera, pois tem alto grau de metano, esse gás tem alto grau de calefação global de 21 vezes maior que ao dióxido de carbono e, com isto pode-se reduzir os impactos no meio ambiente e possibilitam um aumento no desenvolvimento da cidade de Manaus.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos, aterros sanitários, incineração, geração de biogás.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento populacional brasileiro nas últimas décadas trouxe grandes consequências para o país, como o grande aumento nas atividades humanas, que acarretou de forma acelerada, o aumento de resíduos sólidos, tornado o trabalho das administrações públicas mais difícil. Este crescimento populacional, fez com que grandes áreas urbanas se expandissem de forma inadequada, sem nem um tipo de planejamento, dificultando a coleta dos resíduos, os quais, nem sempre eram depositados em áreas adequadas para seu armazenamento, como aterros sanitários onde a o processo é adequado, e ao ser descartado em locais inadequados podem provocar grandes problemas socioambientais. (COSTA E ABREU, 2018).

O mais usado para a destinação dos resíduos sólidos são os aterros sanitários. Em Manaus, o seu principal complexo está localizado no km 19 da rodovia AM-010, o complexo possui licença ambiental concedido pelo IPAAM- Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas, e vem funcionando aproximadamente há 30 anos a previsão é que o aterro seja desativado em 2021, pois está próxima de sua capacidade máxima. Todo resíduo gerado de forma irregular, e despejado em áreas inadequadas entrará em estado de decomposição, gerando os gases dióxido de carbono e o metano na atmosfera, ambos causados pela dissecação de resíduos orgânicos ali colocados, onde o grau de poluição do metano é de aproximadamente 21 vezes maior que do dióxido de carbono, o que torna o metano um dos principais responsáveis do efeito estufa. (PIÑAS et al., 2016).

Os resíduos sólidos não podem ser armazenados em locais não controlados, para evitar a entrada de pessoas não autorizadas e o aumento de roedores, e desta maneira evitar a contaminação do solo, ar e dos próprios lençóis freáticos, e assim não prejudicar o consumo da água tanto para beber como para outras atividades, evitando doenças transmissíveis para seres humanos e para os próprios animais. (PEREIRA, 2016).

A maior parte da geração de energia elétrica do Brasil é proveniente de hidrelétricas, mas as usinas incineradoras pode se tornar uma alternativa viável para ajudar a diversificar a matriz energética do país. Desta maneira para se produzir energia elétrica a partir da incineração de RSU é necessário que a cidade produza, em média, cerca de 1.500 toneladas/dia de RSU. Hoje Manaus é a 7º cidade, mas populosa do Brasil, com cerca de 2.145.444 habitantes, que chega a produzir cerca 1,191 (kg/hab de lixo ao dia), um total de 932.927 toneladas ao ano de lixo, deste total somente 920.525 toneladas são de resíduos sólidos urbanos (RSU). Por tanto o aproveitamento de energia elétrica proveniente da incineração de resíduos sólidos urbanos cidade de Manaus pode se tornar viável devido à grande quantidade de RSU produzidos pela população diária mente.

Portanto com base nos dados é possível realizar o levantamento da média cotidiana de lixo recolhido na cidade, buscando efetuar um levantamento da quantidade de energia elétrica que uma usina incineradora de RSU pode produzir. Desta maneira pode se calcular o potencial de geração de energia elétrica através do RSU coletado diariamente na cidade e assim demonstrar que a viabilidade do projeto que pode trazer grandes benefícios para desenvolvimento da cidade de Manaus.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ATERRO SANITARIO DE MANAUS

O Aterro Sanitário de Manaus era um lixão a céu aberto, onde trabalhavam diversos catadores de lixo. Em meados de 2005, por meio de ação conjunta entre as secretarias municipais, foram retirados em torno de 300 catadores. Os que aceitaram continuar na atividade foram trabalhar em galpões cedidos pela prefeitura.

O aterro pode ser visto de longe, pois foi formado ao longo dos últimos 30 anos, mas ele está com os dias contados. O último levantamento topográfico sobre o avanço do corpo do aterro indicou que, em funções das projeções de coletas futuras, a estimativa de vida útil do mesmo é de aproximadamente cinco anos, ou seja, se a previsão se realizar, ele será desativado em 2021. Antes do término desse prazo, a prefeitura precisa iniciar os procedimentos de contratação do novo aterro, mas isso ainda não está em discussão. O aterro funciona 24 horas por dia, de domingo a domingo. Manaus é uma das únicas cidades do País, onde a coleta de resíduos sólidos é feita diariamente. O aterro é operado pelas empresas Tumpex, Marquise e CRA. As duas primeiras fazem a operação rotineira de tratamento de resíduos e a última realiza a capacitação e a queima do biogás resultante da decomposição desse resíduo sólido.

A partir de 2006, quando foi assinando um Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (Taca), toda obra de revitalização foi feita com aplicação de manta pead, construção de dreno vertical e horizontal para captação de chorume e queima de biogás, hoje tudo é monitorado. O aterro é composto de várias células, tem conformação em forma de trapézio. Cada célula possui altura de 5,5 a 6 metros com angulação média de 45 ºC. Os resíduos chegam, passam pela balança (figura 1) e são encaminhados para frente operacional. Eles são descarregados na rampa e tratores fazem o trabalho de compactação e conformação. A cobertura diária dos resíduos é feita com camada de terra e/ou resíduos mecanizados (construção civil, mutirões e podas).

Figura 1 - Balança do aterro.



Fonte: Balança do Aterro de Manaus (D'Castro- Semulsp), 2019.

De acordo com dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SEMULSP) através do relatório de atividades que foram realizadas no ano de 2018, o aterro recebeu cerca de 932.927 toneladas de resíduos coletados no período de um ano, esse total é referente a coleta domiciliar, remoção mecânica, remoção manual, coleta de poda e coleta seletiva, na Tabela 1 a uma demonstração da origem, modalidade e tipos de resíduos que foram coletados pelo Sistema de Limpeza Urbana de Manaus (SLUM), sob a responsabilidade da Semulsp.

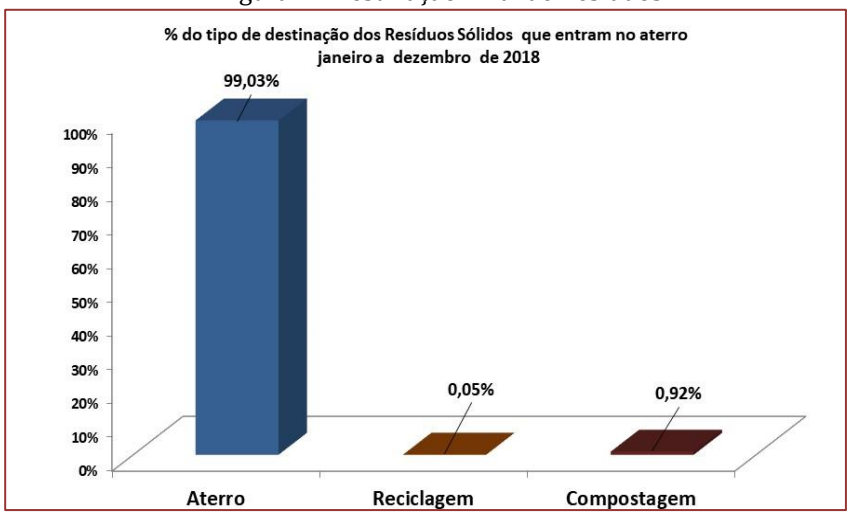
Tabela 1 - Quantidade coletada de resíduos sólidos pelo SLUM, em toneladas, 2018.

Origem/Modalidade/Tipo de resíduos	Quantidade coletada (toneladas)	Participação Relativa (%)	Média diária (ton./dia)	Coleta por capita (kg/hab.dia)
1. Total	932.927	100	2.556,00	1,191
1.1 Concessionárias	920.410	98,7	2.521,70	1,175
1.1.2 Remoção Mecânica	579.385	62,1	1.587,40	0,74
1.1.3 Remoção Manual	166.952	17,8	533,6	0,212
1.1.4 Coleta de Poda	8.570	0,9	23,6	0,011
1.1.5 Coleta Seletiva	500	0,1	1,7	0,001
1.2 Terceiros	12.517	1,3	42,1	0,016
2. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	920.410	98,7	1.588,70	0,741
3. Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO)	579.885	62,2	1588,7	0,741
4. Resíduos Sólidos Públicos (RPU)	340.525	36,5	932,9	0,435

Fonte: Semulsp, 2019.

Como já mencionado, de janeiro a dezembro de 2018, o aterro de Manaus recebeu 932.927 toneladas de resíduos sólidos urbanos, uma média de 2.537,2 toneladas de resíduos dispostas por dia no aterro, sendo destinadas para o aterramento de lixo, reciclagem e compostagem, conforme distribuição percentual da (Figura 2).

Figura 2 - Destinação Final de Resíduos.



Fonte: Semulsp, 2019.

2.2 RESÍDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU)

A identificação de resíduos sólidos no Brasil é instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que foi elaborada pala Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que busca gerenciamento de resíduos sólidos de tal maneira que se reduza os lixões e venha a ser implantada a coleta seletiva, nos estados e municípios. (VASCONCELOS, 2017).

Os resíduos podem ser distribuídos em três estados: liquido, solido e atmosférico (os gases). Os resíduos sólidos são matérias descartados pelos seres humanos como lixo, mas que necessitam de tratamento e um destino adequado, para que não cause nem um tipo de problema para o meio ambiente e seres vivos.

Conforme a Norma Brasileira – NBR 10004 (2004) da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, resíduos sólidos são aqueles que se encontram nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Ainda segundo a NBR 10004, os resíduos sólidos também recebem uma classificação de acordo com a sua periculosidade:

- **Resíduos Classe I –** Perigosos: que apresentam periculosidade por serem produtos inflamados, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos.
- **Resíduos Classe II –** Não Perigosos: estão subdivididos nas seguintes classes:
- **Classe A –** Não inertes: não se enquadram nas classes I e II B, pois podem ser biodegradáveis, possuir compostos de combustível ou serem solúveis em água, como restos de alimentos e o papel;
- **Classe B –** Inertes: quando apresentados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor da água, ou seja, não são decompostos facilmente, como plástico se borrachas. Encaixam-se nessa classificação alguns resíduos sólidos de provenientes da construção civil como entulhos, concretos e tijolos.

No Brasil, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) apontam como principal destino de armazenamento final cerca de 27,7%, para aterros sanitários, 22,5% para aterros controlados e 50,8% para vazadouros a céu aberto. Desta forma o, mas adequado para o armazenamento dos RSU são os aterros sanitários, pois obedecem às normas técnicas de engenharia e legislação que buscam priorizar a redução dos impactos ao meio ambiente. (LINARD e AQUINO, 2016).

2.3 GERAÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITARIOS

O biogás produzido em aterros sanitários não pode ser lançado diretamente na atmosfera, pois possui um elevado nível de metano, esse gás tem alto grau de calefação global de 21 vezes maior que ao dióxido de carbono. Com isto devem ser efetuadosestudos para verificar se uma proposta de implantação de um sistema energético em aterros sanitários e que seja viável economicamente. (PIÑAS et al., 2016).

É constituído de matéria prima orgânica, tendo sua fonte infinita, podendo reduzir o consumo de combustíveis fósseis e não renováveis, o mesmo pode ser utilizado para geração de energia elétrica. O biogás é extraído a partir da decomposição de elementos orgânicos, sendo uma mistura gasosa resultante da deterioração de matéria orgânica processo realizado por bactérias anaeróbicas. (COSTA, BARROS e FALCÃO, 2015) (SILVA, 2018).

Em aterros sanitários o biogás é formado por um conjunto de gases, onde o gás carbônico (CO2) e metano (CH4) tem maior porcentagem, pois são grandes geradores do efeito estufa. No Brasil, desde os anos 70 tem sido realizada uma estimativa de geração de gases, através do modelo United States Environmental ProtectionAgency (EPA) e pelo Painel Intergovernamental Sobre a Mudanças no Clima (IPCC). (PIÑAS et al., 2016).

Com isto no Brasil a geração de biogás em aterros sanitários, utiliza um único modelo padrão de extração e queima de biogás: reservatórios de coletas, sistemas de transporte e tratamento, para garantir um melhor aproveitamento energético de biogás, convertendo em energia útil. (VIEIRA et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende diretamente as instalações do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus, Amazonas (Figura 3), que está localizado no km 19 da rodovia AM-010, posicionado especialmente através das coordenadas geográficas S02°57’23.86″ e W60°00’47.62. O complexo possui licença ambiental de operação fornecida pelo Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas-IPAAM.

Figura 3 - Vista aérea do Aterro de Resíduos Sólidos de Manaus-AM.



Fonte: Concessionária Tumpex, 2019.

3.2 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

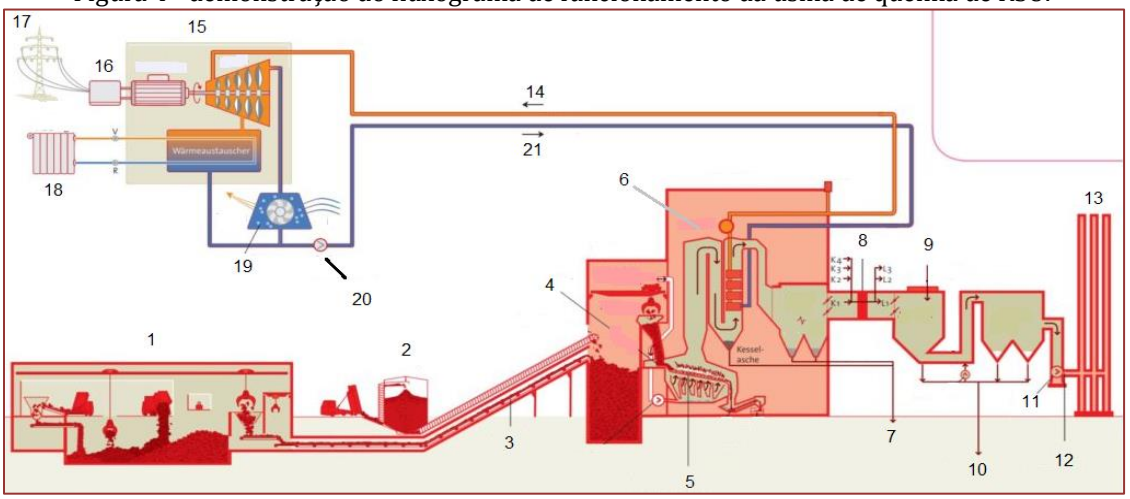
3.2.1 COLETA DE DADOS

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de visitas técnicas realizadas no aterro sanitário de Manaus, buscando coletar dados referentes a entrada total de resíduos por mês e a média diária de RSU produzidos pela população de Manaus, no período de seis meses, iniciando em setembro 2019 até fevereiro de 2020, com esses dados é possível realizar um levantamento da quantidade de energia elétrica que pode ser gerada a partir de usinas incineradoras de RSU.

3.2.2 SISTEMA DE INCINERAÇÃO

O sistema a ser utilizado para geração de energia elétrica é uma usina incineradora com capacidade de queima de até 1.500 toneladas por dia, um modelo Alemão, conforme (Figura 4), onde é demonstrado todo o processo desde a queima do RSU até a geração de energia elétrica e o tratamento dos gases tóxicos, e assim não permite que tais gases poluentes não sejam liberados no meio ambiente.

Figura 4 - demonstração do fluxograma de funcionamento da usina de queima de RSU.



Fonte:Portal Resíduos Sólidos, 2020.

Para o desenvolvimento do projeto com objetivo de adquirir valores em

relação a geração de energia elétrica, considerou-se a estrutura de energia, em kWh obtida por toneladas de RSU. A semelhança, mas popularmente identificada em uma tonelada de resíduos e geração de energia foi a de valores entre 500 a 600 kWh/t de RSU, para obtenção total de energia obtida da incineração de RSU é efetuada uma equação de multiplicação entre a quantidade total de resíduos sólidos por 500 ou 600 kWh/t RSU. (MARTINS; LEÃO, 2018).

Para a evolução do projeto de incineração de resíduos sólidos, com objetivo de determinar a quantidade de residências populares que podem ser abastecidas com energia elétrica gerada pelo sistema, para determinar o número de casas foi utilizado o valor referente a 500 kWh/t RSU, este valor é utilizado para multiplicar pela quantidade de resíduos sólidos que é produzido pela população de Manaus.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados coletados durante a realização das visitas (Tabela 2), é possível observar que a quantidade de RSU produzido pela população de Manaus é uma quantidade bastante satisfatória para o desenvolvimento do projeto de geração de energia elétrica a partir da incineração de RSU. Durante todo o período de observação/coleta de dados foi coletado uma média diária RSU no total de 2.610,42 t/dia, com um total de 475.045 toneladas no período de seis meses. Este total poderia gerar, cerca de 39.587,25 MWh/mês, de energia elétrica no período dos seis meses, podendo abastecer em média de cerca de 221.168 residências por mês. Esse sistema de incineração além de mais eficiente ele reduz os aterros sanitários, a contaminação do solo, lençóis freáticos e a aglomeração de roedores e aves.

Na região de Bauru – SP foi realizado um levantamento de dados referente a coleta de RSU envolvendo 39 cidades da região com um total de 1.314.082 habitantes, onde os dados coletados apresentam um volume total de 1.038,63 t/dia, no qual 20% do montante são resíduos recicláveis um total de 207,72 t/d, os outros 80% que equivalem a um volume de 830,91 toneladas diárias será destinado para a geração de energia em usina de incineração, junto a este valor é acrescentado mas 16,51 toneladas de resíduos verdes, totalizando 847,42 toneladas por dia. (MARTINS; LEÃO, 2018). Se levarmos em conta que os dados são referentes a 39 cidades de São Paulo, e os dados coletados para desenvolvimento do projeto se referem apenas a uma única cidade, Manaus, é possível a percepção de que a implantação de uma usina incineradora na cidade de Manaus se torna viável, pois com uma população de 2.182.763 habitantes é

produzido em média 2.610.42 toneladas de resíduos sólidos, quantidade bem acima das 39 cidades de São Paulo.

Tabela 2 - indicadores de RSU coletados em Manaus no período de seis meses, baseados em uma população de 2.182.763 habitantes de acordo com o *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.*

Mês	Quantidade de Dias	RSU coletado (ton./mês)	Média RSU (ton./dia)	Coleta por hab. (kg/dia)
Set	30	76.943	2.564,75	1,175
Out	31	80.049	2.582,20	1,183
Nov	30	77.991	2.599,70	1,191
Dez	31	81.031	2.613,90	1,198
Jan	31	81.741	2.636,80	1,208
Fev	29	77.290	2.665,15	1,221

Fonte: Os autores, 2020.

Na Tabela 3, os dados referem-se ao período de seis meses, onde o objetivo é realizar uma estimativa de quanto de energia elétrica pode ser produzido a partir da incineração de resíduos sólidos urbanos produzidos pela cidade de Manaus, para realização dos cálculos utilizamos cerca 500 kWh/t RSU. A partir dos dados obtidos durante todo processo de desenvolvimento do projeto, foi realizado a estimativa de geração de energia elétrica em Megawatts (MW), que deverá ser produzido a partir RSU coletado durante os seis meses.

Tabela 3 - demonstra a estimativa da quantidade de energia elétrica que pode serproduzida a partir da incineração de RSU.

Mês/Ano	RSU coletado (ton./mês)	Energia elétrica por tonelada (kWh/ton. RSU)	Total de energia elétrica mensal (MW/mês)
Set/2019	76.945	500 kWh/t	38.472,5
Out/2019	80.049	500kWh/t	40.024,5
Nov/2019	77.991	500kWh/t	38.995,5
Dez/2019	81.031	500 kWh/t	40.515,5
Jan/2020	81.741	500 kWh/t	40.870,5
Fev/2020	77.290	500 kWh/t	38.645.0

Fonte: Os autores, 2020.

Na cidade de São Paulo com uma população de cerca de 12 milhões de habitantes produz em média 19.000 toneladas diárias de RSU. Sendo que 98,08% é material orgânico, podendo se instalar até 13 usinas de incineração, que em média podem queimar por usina 1500 toneladas diárias de RSU, totalizando uma geração de energia elétrica equivalente a 967.659 MW por dia, um total de 29.029,77 GW/mês na cidade de São Paulo. (OLIVEIRA et al., 2018). Se levarmos em conta que São Paulo é a cidade mas populosa do pais e Manaus é sétima, produzindo em torno de 14% de Resíduos Sólidos Urbanos que São Paulo produz diária mente, isso deixa claro que em números de habitantes pode se ter um número muito maior de produção de RSU, mesmo produzindo apenas 14% podemos abastecer duas usinas de incineração que pode gerar em média 1.305,21 MWh/dia de energia elétrica.

O consumo em média de energia elétrica em moradias populares é cerca de 179 kwh/mês, com isso verificar-se que a utilização de um sistema de incineração de RSU pode gerar cerca de 500 kWh/t, no decorrerdas visitas que foram efetuadas no aterro sanitário de Manaus, foi executado um levantamento para verificar se projeto é viável, onde observa-se que durante seis meses o aterro recebeu aproximadamente cerca de 2,8 mil toneladas de resíduos por dia, quantidade suficiente para gerar cerca de 1.4 MWh/dia de energia elétrica, além de reduzir o aumento de aterros sanitários, evita a contaminação do solo, lençóis freáticos e proliferação de roedores.

Na Tabela 4 foi demonstrado todos dados obtidos no período de seis meses, toneladas de RSU coletados mensalmente, quantidade de energia elétrica gerado em KW a partir da incineração e número de residências populares que podem ser abastecidas a partir dos resultados obtidos.

Tabela 4 - indicadores da coleta de RSU em Manaus no período dos seis meses, total energia elétrica produzida e número de residências, utilizando 179 kWh/mês como base.

Mês/Ano	Quantidade de RSU coletado em Manaus (ton./mês)	Energia elétrica em gerado pela incineração (MW/mês)	Número de residências abastecidas com a energia produzida.
Set/2019	76.945	38.472,5	214.931
Out/2019	80.049	40.024,5	223.661
Nov/2019	77.991	38.995,5	217.852
Dez/2019	81.031	40.515,5	226.343
Jan/2020	81.741	40.870,5	228.327
Fev/2020	77.290	38.645.0	215.894

Fonte: os autores, 2020.

No sistema de incineração Bauru – SP que deverá ser abastecido por 39 cidades, recebe em média 25.780,65 t RSU/ mês, que será incinerado para geração de energia elétrica, gerando cerca de 12.890.33 MWh/mês de produção de energia, desta forma, podendo fornecer energia elétrica para 72.013 residência com consumo médio de 179 kWh por mês, ao contrário do que acontece no sistema de aterro sanitário que so pode se inicia o seu abastecimento de energia a partir do segundo ano. (MARTINS e LEÃO, 2018).

Na cidade Manaus a implantação de uma usina de incineração de RSU poderia receber em média cerca 79.174,5 t RSU/mês, teria um potencial de geração de energia elétrica de 39.587,25 MWh/mês. Desta forma podendo abastece cerca de 221.168 residências, quase o triplo de residências da região de São Paulo. O porquê deste número tão alto, a resposta é muito simples, a cidade de Manaus tem quase um milhão de habitantes a mais que as 39 cidades do estado de São Paulo, com consequência a produção de RSU é muito maior, podendo gerar, mas energia e abastecer muito mais residências.

5. CONCLUSÃO

Portanto com base nos estudos realizados durante o desenvolvimento do projeto foi possível realizar o levantamento da média diária de lixo coletado na cidade de Manaus, que possibilitando determinar a quantidade de energia elétrica gerada através da incineração de RSU. As informações permitem analisar viabilidade do projeto, que pode trazer grandes benefícios para o meio ambiente e desenvolvimento da cidade de.

Desta forma, é possível destacar que a utilização de uma usina incineradora de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, apresenta benefícios e vantagens para o meio ambiente, tais como redução no volume de resíduos e redução na emissão de gases de efeito estufa realizados pelos aterros sanitários, podendo ocupar uma área mínima comparando-se aos aterros, impede o desmatamento em áreas de mata nativa, dificulta a degradação do meio ambiente e a contaminação de lençóis freáticos pelo derramamento de chorume e metais pesados, evitando a proliferação de animais e insetos transmissores de doenças e através da incineração é possível destruir os microrganismos que estão contidos principalmente no lixo hospitalar e industrial e que causam doenças.

Os benefícios para desenvolvimento da cidade de Manaus podem ser de grande importância quando se fala na utilização de uma usina incineradora, pois os resíduos produzidos pela população da cidade tem um potencial de geração de energia elétrica de 39.587,25 MWh/mês, podendo abastecer, cerca de 221.168 residências, além disso as cinzas geradas pela incineração do RSU podem ser utilizadas para a produção de adubo, para recuperação de solos, na produção de cerâmicas. Com isto pode se ter um aumento na economia da cidade, gerando, mas empregos e benefícios para os cidadãos. Conclui-se que a utilização de uma Usina Incineradora para destinação de RSU tem grandes vantagens sobre um Aterro Sanitário, podendo ter um maior potencial de geração de energia elétrica, emite menos gases poluente, reduzindo os impactos no meio ambiente e possibilita um aumento no desenvolvimento da cidade de Manaus.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT NBR 10004:2014. Classificação dos resíduos sólidos. Rio de janeiro, 2004.

[2] COSTA; ABREU; Ingrid Parente Costa; Yolanda Vieira de Abreu. Estudo sobre a possibilidade de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto). Palmas, 2018.

[3] COSTA; BARROS; FALCÃO. Stephanie Costa; Silvia Leticia Porto Barros; Viviane Falcão. A utilização energética do biogás produzido em aterros sanitários. Goiânia, 2015.

[4] LINARD; AQUINO. André de Freitas Gomes Linard; Marisete Dantas de Aquino. Biogás de aterro sanitário: análise de duas medidas mitigadoras das mudanças climáticas sob a perspectiva do mecanismo de desenvolvimento limpo. Itaperi, 2016.

[5] MARTINS; LEÃO. Benedito Luiz Martins; Alcides Lopes leão. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ATERRO SANITÁRIO E INCINERAÇÃO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA EM PROJETO REGIONAL FORMADO POR UM CONSÓRCIO DE MUNICÍPIOS. Botucatu- SP, 2018.

[6] OLIVEIRA, *et al*. ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA POR LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO. São Paulo- SP, 2018.

[7] PEREIRA. Cezar Augusto Bergoli Pereira. Resíduos sólidos: O biogás como fonte energética. Rio grande do sul, 2016.

[8] PIÑAS, Jean *et al*. Aterros sanitários para geração de enrgia elétrica a partir da produção de biogás no Brasil: comparação dos modelos landgem (EPA) e biogás (Cetesb). Rio de janeiro, 2016.

[9] PRS. Portal Resíduos Sólidos. Disponível em: http: https://portalresiduossolidos.com/. Acesso em: 2 jan. 2020.

[10] SILVA. Josiane Amara leite da Silva. Aproveitamento energético de biogás no aterro sanitário de Goiânia, goiás. Fortaleza, 2018.

[11] VASCONCELOS, Marta *et al*. Política nacional de resíduos sólidos e resíduos sólidos urbanos: uma revisão sistemática da produção acadêmica nacional. Paraná, 2017.

[12] VIEIRA; CAMPOS; TEIXEIRA; COLEN. Glaucia Eliza Gama Vieira; Carlos Eduardo Abranches Campos; Luana Fagundes Teixeira; Aymara Gracielly Nogueira Colen. Produção de biogás em áreas de aterros sanitários uma revisão. Palmas- To, 2015.

Capítulo 16

Automação de uma central de condicionadores de ar utilizando um painel de comandos elétricos em uma indústria do Polo Industrial de Manaus-AM

Lucas José Marques de Matos
Livia da Silva Oliveira

Resumo: Um problema de desperdício de energia na forma de utilização dos aparelhos condicionadores de ar (AC) de 20 e 30 TRs (Toneladas de Refrigeração) foi detectado em uma indústria no Polo Industrial de Manaus, Amazonas. Este problema, afeta diretamente no consumo de energia e na diminuição do tempo da vida útil dos equipamentos. O trabalho tem como objetivo, propor a implementação de um sistema automático de acionamento dos equipamentos AC para reduzir o consumo de energia elétrica. Utilizando um painel de comandos elétricos simples e de alguns componentes eletrônicos, o controle de operação para ligar os equipamentos será realizado a cada início de jornada de trabalho e se desligará ao seu término. Essa rotina era realizada de forma manual por um operador em tempos não controlados, prejudicando tanto no consumo quanto a performance da climatização dos ambientes da fábrica. Com a aplicação da automação, através da utilização do painel de comandos elétricos, o processo passou a ser realizado de forma automática e controlada, contribuindo para a redução do consumo de energia e redução da utilização da mão-de-obra técnica. Coletou-se as horas de funcionamento dos splits com e sem o painel no período de 2 meses, considerando-se apenas os dias úteis, onde foi calculado o consumo diário dos AC pelas horas em que permaneceram ligados. Os resultados apresentaram uma economia mais de 423,00 kWh.

Palavras-chave: Automação, painel de comando, MIT APP inventor.

1. INTRODUÇÃO

Diversos tipos de empresa aplicam o painel de automação para o aperfeiçoamento dos processos industriais, executando suas atividades em menos tempo e gastando menos energia elétrica, aumentando assim, a sua produtividade, seus lucros e a contribuição para o meio ambiente. Se não construído com qualidade irá acarretar paradas elétricas que contribuirão para o não atendimento da produção e a geração de prejuízos para o negócio. O painel de automação é aplicado em vários empreendimentos comerciais e industriais com o propósito de distribuição energética, quadros de iluminação, sistemas de controle de processos industriais, entre outros.

Com o avanço das tecnologias de automação nas indústrias brasileiras, outros processos têm demonstrado oportunidades a serem desenvolvidas. Em um país onde as temperaturas têm ficado cada vez mais altas, o sistema de refrigeração deixou de ser artigo de luxo, como antigamente, para se tornar um dos itens necessário nas empresas e nas residências com o propósito de melhorar o bem-estar de seus usuários.

Na automação industrial, há diversos mecanismos elétricos de acionamentos e movimentação que podem ser aplicados, tais com: motores, válvula solenóide, eletroválvulas, cilindros, este são alguns exemplos em um processo de automação. Basicamente, a automação industrial pode ser dividida em duas modalidades, manufatura e contínuos. Na indústria, ainda existe empresas que dependem da mão de obra de ''chão de fábrica'', ou seja, os processos são rudimentares e demandam trabalho humano em praticamente todos os pontos, portanto a automação surge como alternativa para auxiliar a empresa a buscar por eficiência operacional. (ROGGIA e FUENTES, 2016).

O problema do consumo de energia da fábrica é o desperdício, ocasionado pelo uso desnecessário dos condensadores de ar de 20 e 30 TRs, que ficam ligados. Este fato ocasiona o aumento do consumo energia elétrica e na diminuição da vida útil dos condensadores de ar, onde, esses problemas foram minimizados através da instalação de um painel de comandos elétricos.

Este trabalho tem como objetivo a aplicação da automação em um sistema de climatização de uma fábrica no Polo Industrial de Manaus-AM para realizar o controle dos condicionadores de ar, modelo split de 20 e 30 TRs (Toneladas de Refrigeração). O controle de operação para ligar os equipamentos a cada início de jornada de trabalho e desligar ao final, era realizado de forma manual por um operador, prejudicando tanto no consumo quanto no desempenho da climatização dos ambientes da fábrica. Com a aplicação da automação através da utilização de um painel de comandos elétricos, o processo será realizado de forma automática, contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica, com isso, aumentando a vida útil dos equipamentos e na redução da utilização da mão-de-obra técnica. Com o objetivo de ligar remotamente os equipamentos, criou-se um aplicativo na plataforma (APP) *Inventor*, utilizando os mesmos parâmetros do painel, irá liga e desligar, através da conectividade via Bluetooth, que utiliza uma placa Arduino e do módulo (relé) de 8 canais instalados diretamente nos contatores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO

A automação é o uso de lógicas programáveis, para comandos de equipamentos mecanizados, com o intuito de substituir as atividades manuais, que envolvem a participação de seres humanos. Reduzindo o envolvimento do homem nas atividades com pouca segurança. A automação não só estar substituindo o homem pelas máquinas, mas também é responsável pela otimização dos processos nas produções, evitando perdas que são causadas pela atividade humana. O termo automação foi criado na década de 1940 por um engenheiro de *Ford Motor Company*, que descreveu vários sistemas nos quais ações e controles automáticos substituíam o esforço e a inteligência humana. (LAMB, 2015).

2.2 PAINEL DE COMANDOS ELÉTRICOS E SEUS COMPONENTES

O painel de comando elétrico é caracterizado como uma caixa de metal ou plástico dependendo do seu nível de proteção que permite ser instalado vários componentes elétricos, como disjuntores, relés, contator, fusíveis entre outros, que podem variar de acordo com cada projeto ou equipamentos a serem ligados na sua saída. É responsável por controlar um sistema de comandos elétricos ou distribuir a energia de potência. Um dos itens principais dentro de uma indústria ou até mesmo em um prédio, já que controlam quase todas as máquinas. Bastante utilizado na automação industrial, o painel de comandos elétricos é ideal para levar a tecnologia para a linha de montagem e produção.

Os painéis de comando elétrico são utilizados e projetados com equipamentos de controle, mecânicos e elétricos, conforme seu projeto, sendo que cada tipo especificamente para seu uso, no que lhe concerne podendo incluir dispositivos específicos, que permitem que operador faça seu próprio comando para cada equipamento. Painéis elétricos são controlados através dos componentes instalados, que controlam cada equipamento instalado ligado ao painel de comando, assim é difícil descrever as combinações possíveis de comandos, o número de setores nos processos de uma indústria é diferente, assim cada painel possui um projeto único. (SILVEIRA, 2019).

2.3 INTERRUPTOR HORÁRIO DIGITAL PROGRAMÁVEL

Pode ser definido como um dispositivo que permiti determinar a rotina de um sistema em função do tempo. Podendo definir em qual momento deseja ligar ou desligar os equipamentos, como motores elétricos, iluminação, e etc. O sistema, pode se repetir ao longo dos dias da semana, cada dia terá a sua própria sequência de acionamento por operação. Um instrumento de fácil programação, o relé para comandos de saída de acionamentos dos equipamentos, possui diversos modelos e de diferentes formas de programação, definida conforme cada fabricante, O instrumento pode ser montado em trilho DIN, para painéis elétricos, onde,o mesmo pode ser instalado nas portas.

2.4 DISJUNTOR

O disjuntor é um dispositivo eletrônico com a função de proteção, com a finalidade de proteger as instalações elétricas, residenciais, comerciais, como também industriais, ou seja, se a corrente nominal ultrapassa o seu valor, ele interrompe a passagem de corrente para o circuito, impedindo o fornecimento de energia para as cargas, evitando assim, danificar os circuitos. Para exemplificar e explicar de uma maneira bem simples e direta, é como se fosse um interruptor automático. O disjuntor atuará quando houver um pico de corrente, uma sobrecarga e o, mas importante um curto-circuito, para o funcionamento correto os disjuntores devem ser dimensionados conforme os circuitos dos equipamentos ou componentes. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

2.5 CONTATOR

São componentes com um conjunto de contatos, acionados através de um eletroímã. Os contatos são (NA), ou seja, normalmente aberto, ou (NF), normalmente fechado, variando do fabricante ou modelo, também podem ter os contatos comutadores que comutam entre um aberto e um fechado. Os contatores não existem os contatos que comutam de múltiplas posições, só apenas contatos comutadores em duas posições NA, ativo ou NF, repouso. Sendo o componente importante na área de comandos elétricos e eletrônicos, muito utilizados em acionamentos e proteções. Atuando junto com outros componentes. Com a comutação dos seus contatos que permitam uma elevada passagem de corrente elétrica, e muito utilizado em partidas de motores elétricos, através de botões e controles remotos. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

2.6 RELÉ TEMPORIZADOR

Desenvolvido com boa qualidade e de baixo custo, e de *design* inovador, o relé foi projetado e montado com tecnologia SMD, (*Surface mount technology*), (Tecnologia de montagem superficial), que utiliza material plástico ABS altamente funcional, auto-extinguível, resistente a impactos e a resistência térmica. Os temporizadores de retardo na energização com dois relés de saída reversíveis que atuam simultaneamente com indicação por LED. Os relés são muito utilizados em partidas de motores, com uma liberação de tempo dependendo do fabricante e que varia entre tempo de acionamentos. (MUNDO DA ELÉTRICA, 2019).

2.7 BOTOEIRAS E SINALIZAÇÃO

Botão com Contato NA - Normalmente Aberto, é um botão que, conforme sua aplicação pode possuir 1 ou 2 contatos NA, com a cor específica verde, liga o sistema e a amarela o reset. Botão com Contato NF -

Normalmente Fechado,assim como o botão de contato normalmente aberto, com a cor específica vermelha desliga o sistema.

Chave Seletora - É uma chave que faz a seleção de aplicação ou comando, podendo ser de 2 momentos,ligado e desligado.

Sinaleiro ou LED - É utilizado para sinalizar alguma aplicação no circuito, com o sinaleiro verde aceso, significa que o sistema está operando de forma normal, com o sinaleiro vermelho, indica que o sistema está em estado de emergência, sinaleiro amarelo, indica situações anormais, sinaleiro azul, ação obrigatória e sinaleiro branco, em monitoramento.

Botão de Emergência - É do tipo cogumelo, de cor vermelha que possui 2 contatos NFs, e sempre é utilizado em momentos em que o sistema precisa ser desligado emergencialmente.(SALA DA ELÉTRICA, 2020)

2.8 COMPONENTES ELETRÔNICOS

Para a automatização do sistema através de um smartphone, é necessário a utilização de alguns componentes eletrônicos, conforme descrição a seguir:

- Arduino - É uma plataforma eletrônica que utiliza código aberto, com base em *hardware* e um *software* que são fáceis de usar. A plataforma proporciona o desenvolvimento rápido de soluções que podem ser facialmente aplicadas ou embarcadas. Essa placa permite o que cada usuário irá fazer, enviando um conjunto de instruções ao microcontrolador, utilizando a linguagem de programação Arduino com base na fiação e o *software* Arduino IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), na base do processamento. As placas do Arduino com o seu código aberto, fazendo com que os usuários os construam de forma independente e eventualmente as adaptem as necessidades de seus projetos. (ARDUINO, 2019).

- Módulo Bluetooth HC-05 - O Arduino possibilita transmitir e receber dados, pode ser utilizado na criação de projetos remotos e robóticos, como carrinhos e robôs, para troca de informações entre os dispositivos, atuando em 3 modos, master sendo o principal mestre, slave sendo o escracho para receber e o*loopback* para teste. (FILIPPO, 2019).

- Módulo Relé 5 V de 8 canais - É um componente eletrônico para controlar circuito, com uma finalidade de interruptor, quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando um campo eletromagnético, que por sua vez atrai a alavanca, responsável pela mudança do estado dos contatos, ou seja, acionando o relé com uma bateria, podemos controlar equipamentos elétricos ligados em tensões maiores como 127 ou 220 volts por exemplo. O circuito integrado ótico acoplado tem a finalidade de isolar a parte AC da parte DC do módulo, possuindo uma segurança em caso de descargas elétricas. (FILIPPO, 2019).

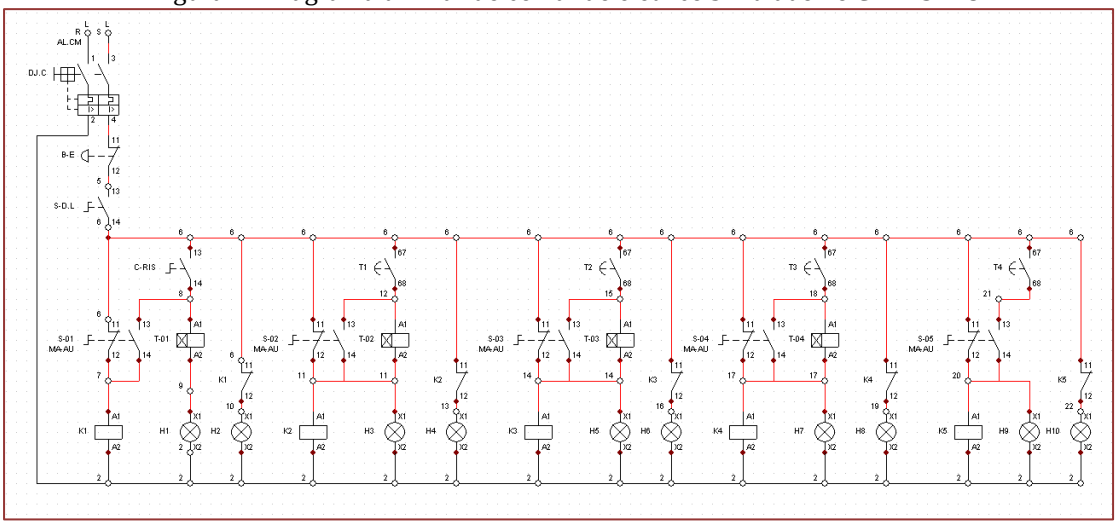
2.9 MIT APP INVENTOR

É uma plataforma que permite a programação de aplicativos altamente funcionais. Para smartphones e tablets. Possui uma abordagem de fácil compreensão, organizado em blocos, sendo este o seu diferencial para as demais plataformas existentes. Busca popularizar os desenvolvimentos de software, qualificando todas as pessoas que procuram criar novas tecnologias. A plataforma APP inventor com ferramentas simples permite a seus usuários possam criar aplicativos em tempo Record e com mais facilidade. (FILIPPO, 2019).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto, foi realizada uma pesquisa com base nas normas técnicas que fazem referências a elaboração de projetos elétricos, que tratam das simbologias aplicadas aos esquemas e catálogos de armários que abrigam os sistemas de comandos, como também a descrição detalhada das características do painel, suas dimensões, características elétricas e funcionalidades, e etc. A partir dessas definições foi elaborado um diagrama unifilar para analisar seu funcionamento na plataforma CADESIMU (Figura 1), em seguida, realizada uma busca para aquisição de componentes compatíveis com o comando projetado.

Figura 1 - Diagrama unifilar do comando elétrico simulado no CADESIMU

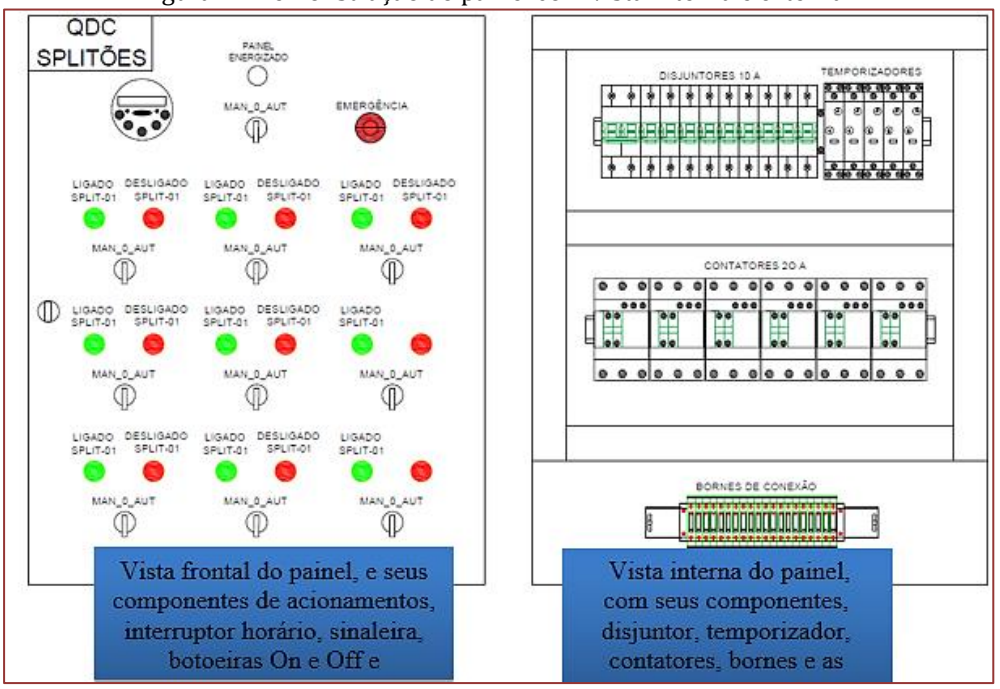


Fonte: Os autores (2020)

A Figura 1, mostra o funcionamento dos componentes elétricos do painel, disjuntor geral do comando (DJ.C), seletoras, bobinas dos contatores, seus contatos auxiliares e o contato do interruptor horário, programado para funcionar durante a jornada de trabalho semanal de segunda a sexta-feira, no período de 10 horas por dia. Quando está em modo automático o interruptor horário libera a corrente para o primeiro contator energizando a sua bobina, assim, fecha seus contatos, ao mesmo tempo libera a tensão elétrica para o temporizador 01 e passando a contar o tempo para energizar o contato aberto que irá fechar no período de tempo programado,ligando ao próximo contator 02 e ao temporizador 02 sucessivamente até ao quinto contator.

Para o dimensionamento do painel elétrico, foi necessário determinar algumas condições com o objetivo de atender a configuração inicial, tais como: os componentes do circuito, sua estrutura física, e o dimensionamento da estrutura do painel. Foi criado um diagrama multifilar do painel, Figura 2, e depois realizado a montagem dos componentes no circuito.

Figura 2 - Demonstração do painel com vista interna e externa



Fonte: Os autores, (2020)

A Figura 2 mostra os componentes do painel na vista frontal, onde foram instaladas as lâmpadas de sinalização, que indicam o modo de operação do painel quando os splits estão ligados ou desligados, como também as seletoras que mudam seus estados de funcionamento do painel para o modo manual ou automático. A vista interna do painel mostra os equipamentos como: disjuntores, temporizadores, contatores, canaleta para os cabos e os bornes.

Para o circuito que alimenta o painel elétrico, foi instalada uma chave seccionadora de seccionamentos, com manopla na parte lateral do painel para o desligamento de emergência com a tampa fechada, onde, deverá estar conectada a alimentação geral. A instalação dos disjuntores tem como objetivo proteger os circuitos elétricos de sobrecarga ou curto circuitos ocorridos nos equipamentos.

No painel foi realizada a instalação de nove circuitos que alimentam os controladores de cada split. Na porta do painel, foram instaladas chaves seletoras para a realização da manobra manual quando necessária, como também no modo automático, que serão monitorados através das lâmpadas de sinalização que indicam se os equipamentos estão em funcionamento e ou desligados. A seletora geral é um item importante no painel, ela irá determinar o estado de funcionamento manual e ou automático.

No modo automático, libera a passagem da corrente elétrica para o controlador programado que irá realizar a rotina no período semanal. A instalação do componente temporizador tem como objetivo evitar um pico de corrente nos equipamentos, os temporizadores estarão programados para liberar os acionamentos dos outros equipamentos em um período de tempo determinado, obedecendo à configuração do sistema.

Para ligar e desligar o sistema remotamente através de um smartfone via Bluetooth, foi construído o aplicativo *ControlSplits*. Para o desenvolvimento do aplicativo foram utilizadas duas seções do App *Inventor*, *Designer* (Figura 3), onde foi criado a interface, com seleção de componentes e ajustes de suas propriedades. A Figura 3 apresenta uma tela de acesso com todas as opções disponíveis e suas funções.

Figura 3 - Designer, tela inicial com informações



Fonte: Os autores (2019)

O *ControlSplits*, foi desenvolvido com a utilização de funções básicas (tela inicial, menu, janelas de controle manual e automático), que podem ser facilmente acessadas através das funções disponíveis no aplicativo. A janela Blocks editor (Figura 4) é a área da ferramenta na qual foram associadas ações para cada componente do aplicativo, que permite com facilidade vários blocos, possuindo algumas funções básicas que facilitaram a programação desejada.

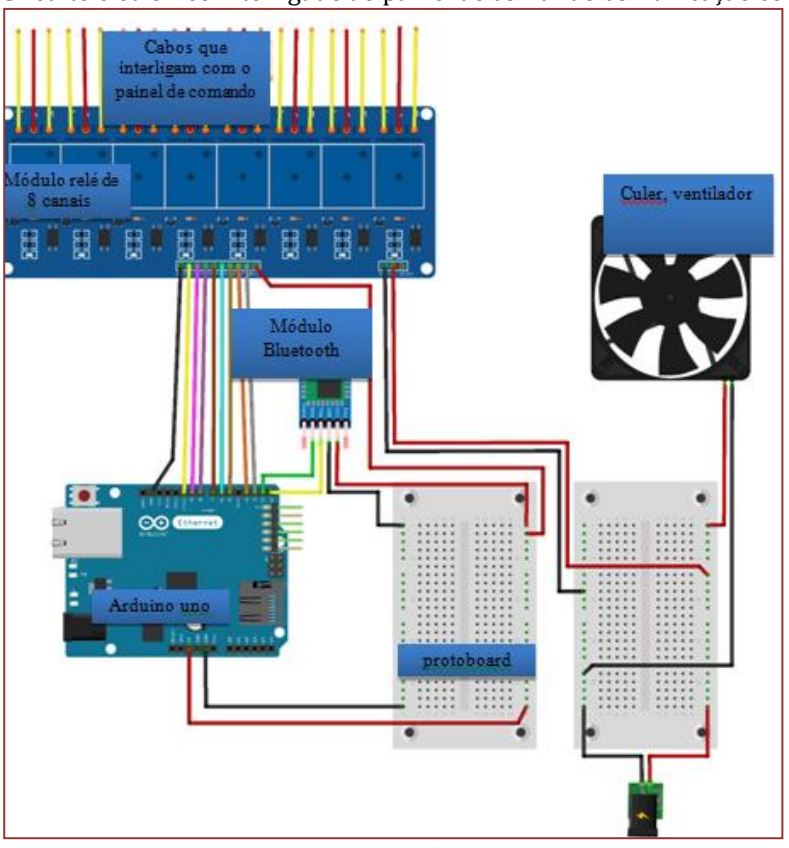
Figura 4 - Janela Blocks editor AI2 com informações



Fonte: Os autores (2020)

Para a comunicação do aplicativo com o painel de comando, foi criado um circuito eletrônico utilizando a placa Arduino, módulo Bluetooth e o módulo relé de 8 canais. A Figura 5 ilustra a ligação entre os componentes eletrônicos necessários, onde, os relés são responsáveis por ligar e desligar o sistema, que está conectado em paralelo com os terminais A1 e A2 dos contatores do painel de comando, além do circuito multifilar das interligações dos componentes entre o Arduino, módulo relé e Bluetooth, fonte de alimentação e os cabos que interligam os circuitos do painel de comando.

Figura 5 - Circuito eletrônico interligado ao painel de comando comunicação com App



Fonte: Os autores (2020)

A ligação em paralelo permite o acionamento dos splits quando estiverem desligados e o desligamento quando estiverem em funcionamento normal. Com a programação em C, o Arduino recebe as informações do aplicativo, acionando os relés, que estão interligados com as bobinas dos contatores conforme foi dito anteriormente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 REDUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E MÃO DE OBRA

O painel com a programação implementada, tem objetivo de ligar e desligar os equipamentos de forma programada obedecendo ao horário definido, com isso reduziu-se o consumo de energia elétrica, onde os equipamentos só funcionam nos períodos de plena necessidade do processo de produção. Com isso a economia foi de 90 % no consumo de energia elétrica, que seriam desperdiçadas devido ao seu uso inadequado. Com ambos os dados coletados de consumo de energia, em kWh, para dias do mês de janeiro e fevereiro de 2020 (Tabela 1 e Tabela 2), em 40 dias úteis com e sem a instalação do painel de comandos elétricos.

Tabela 1 – Consumo de energia, em KWh, em 20 dias úteis no mês de janeiro

Dia	Tempo de Funcionamento	Consumo (kWh)
1	11h05min	276
2	11h10min	278
3	10h50min	288
4	11h18min	280
5	10h20min	255
6	11h	275
7	11h	279
8	10h48min	264
9	11h01min	275
10	10h27min	257
11	11h01min	275
12	10h50min	288
13	11h20min	280
14	11h04min	276
15	10h30min	258
16	11h16min	279
17	11h16min	279
18	11h25min	281
19	11h10min	278
20	10h16min	254
Consumo de energia total		5.473

Fonte: Os autores (2020).

Observando os dados da Tabela 1é possível perceber que os equipamentos ficavam de dez a onze horas ligados diariamente, muitas vezes estava ligado desnecessariamente, gerando um custo a mais de energia elétrica.

Com a implementação da melhoria, o sistema foi monitorado em um intervalo de tempo de vinte dias (vinte dias úteis no mês de fevereiro) (Tabela 2). O consumo de energia nesse período, em quilowatt-hora, foi de 5.050, uma vez que no houve variação nos horários de acionamento e desligamento dos equipamentos, que funcionavam por dez horas e 30 min diariamente.

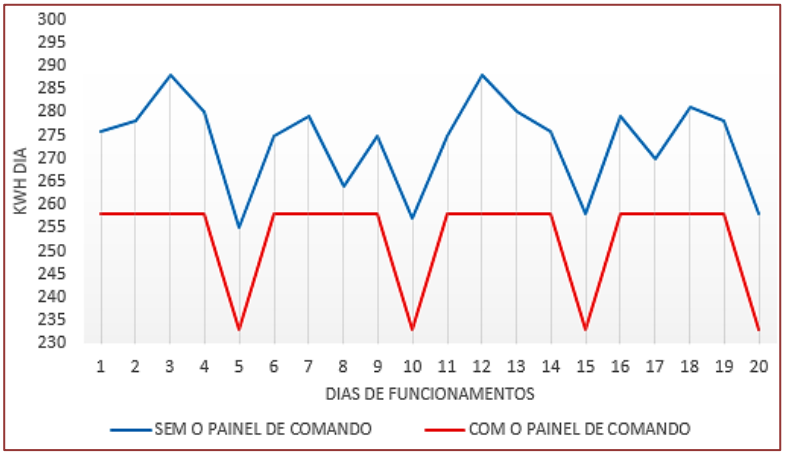
Tabela 2 - coleta de dados no período de 20 dias úteis do mês de janeiro

Dia	Tempo de funcionamento	Consumo (kWh)
1	10h30min	258
2	10h30min	258
3	10h30min	258
4	10h30min	258
5	10h30min	233
6	10h30min	258
7	10h30min	258
8	10h30min	258
9	10h30min	258
10	10h30min	233
11	10h30min	258
12	10h30min	258
13	10h30min	258
14	10h30min	258
15	10h30min	233
16	10h30min	258
17	10h30min	258
18	10h30min	258
19	10h30min	258
20	10h30min	233
Consumo de energia total		5.050

Fonte: Os autores (2020)

O gráfico 1, representa a diferença entre as horas totais de funcionamento do sistema de refrigeração, com e sem o painel de comando, onde observa-se uma economia significativa entre o consumo de energia em janeiro e fevereiro. Na linha azul a média de funcionamento dos equipamentos, permaneceu instável, oscilando no decorrer dos dias, já na linha vermelha foi possível observar que o funcionamento dos equipamentos se manteve constante, possibilitando uma economia de 423 kWh.

Gráfico 1 – funcionamento dos equipamentos no período de 20 dias úteis nos meses de janeiro e fevereiro de 2020.



Fonte: Os autores (2020)

Com a instalação do painel de comando, o processo passou a ser automático, não sendo mais necessária a utilização da mão de obra dos técnicos da manutenção que faziam o procedimento de ligar e desligar os aparelhos condicionadores de ar, assim, as horas extras dos técnicos foram reduzidas uma hora por dia, a instalação do painel de controle produziu uma economia de 100% do valor pago em horas extras de trabalho, representando uma economia de R$ 90,40 no mês de hora extra.

4.2 AUMENTAR A DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DOS CONDENSADORES DE AR

Com a instalação do painel de comandos elétricos (Figura 6), programados para ligar e desligar adequadamente os equipamentos condicionadores de ar, permitirá um aumento da vida útil dos equipamentos.

Figura 6 – Painel de comando elétrico instalado.



Fonte: Os autores (2020)

Assim os técnicos estarão monitorando os equipamentos no período do processo em funcionamento, com a preventiva mensal nos equipamentos, com ajuste das conexões das instalações elétricas, os monitoramentos dos seguintes parâmetros que podem se destacar como: vibração, temperatura, rotação e, etc.

4.3 APLICATIVO PARA LIGAR REMOTAMENTE

Para ligar remotamente os equipamentos, criou-se um aplicativo - Controle splits –(Figura 7) que tem o mesmo desempenho do comando do próprio painel, com as botoeiras de emergência para ligar e desligar, e o próprio interruptor semanal para fazer o procedimento através de um smartfone através Bluetooth, ligando e desligando os equipamentos para ser realizada a manutenção e os testes de operação e, para facilitar as atividades dos técnicos de suporte.

Figura 7 - Tela inicial, menu, comando manual e automático do aplicativo



Fonte: Os autores (2020)

A Figura 6 mostra a tela inicial do aplicativo, seu nome e o botão de acesso, a segunda tela mostra o menu iniciar com seus parâmetros para abrir as demais telas, com o fundo branco e com as letras verdes proporcionam uma melhor visualização dos nomes dos comandos, a terceira tela é a de conectividade com o Bluetooth, com as opções de procurar os dispositivos que estão próximos. A quarta e a quinta tela apresentam os comandos que irão se comunicar diretamente com o painel de comando e, que obedecem aos padrões de cores conforme as normas, através do botão verde o sistema é ligado e do botão vermelho o sistema é desligado, assim dessa forma facilita o entendimento dos parâmetros no aplicativo.

Com o intuito de construir um controle de automação em uma sala de aula, para controlar a refrigeração (ar-condicionado), o acesso a sala e até mesmo a iluminação, para facilitar o serviço realizado pelo funcionário da escola, criou um aplicativo na plataforma iOS, que controla e cadastra os usuários em um banco de dados, com o nome Roomcontrolle, suas funções são, destrancar porta, ligar ar condicionado, desligar ar-condicionado, histórico de acesso, adicionar novo cartão,essas funções foram definidas para controlar de forma manual os sistemas da sala de aula, proporcionando a cada usuário ter acesso via internet no caso da ausência do cartão RFID. (BRITO, 2019).

5. CONCLUSÃO

Este projeto apresentou a implementação de um painel de comandos elétricos em um sistema de refrigeração em splits de 20 e 30 TRs, em processo automático, e teve como objetivo principal demonstrar a redução de custos, seus benefícios e resultados comparativos. Transformando-se em um sistema automático, o processo se torna mais confiável e eficiente, representando assim um custo benefício importante para a fábrica, levando em consideração que o valor investido na implementação do sistema é menor e recuperado rapidamente.

Com a aplicação do painel de comando para o controle do sistema de refrigeração, teve como premissa fazer o controle diário do funcionamento dos equipamentos, como também a redução no consumo de energia elétrica e de mão de obra extra na realização da atividade. Com os resultados discutidos na sessão anterior levaram ao consumo de energia, mais ou menos de R$ 300,00 em 20 dias e R$90,40 de mão de obra da manutenção em hora extra.

Uma importante contribuição desse trabalho foi, diante dos dados levantados sob o consumo e gasto no sistema de refrigeração. A redução da energia, uma das maneiras de se conseguir aumentar o lucro, contribuir com o meio ambiente, torna-se competitivo no mercado e fazer o uso adequado das instalações e equipamentos disponíveis.

O sistema do painel de comando, pode ser utilizado para outros sistemas da fábrica como iluminação interna e externas, exaustores entre outros. Para trabalhos futuros sugere-se um estudo, mas detalhado sobre aplicação desta técnica visando o monitoramento dos equipamentos através dos componentes eletrônicos que podem ser instalados juntamente com o uso do Arduino.

REFERÊNCIAS

[1] ANEEL. Relatório ANEEL 10 anos/agência nacional de energia elétrica – Agência Nacional de Energia Elétrica - Brasília: ANEEL, 2015.

[2] ALMEIDA, Marlon José de; FERREIRA NETO João Ernesto. Automação de uma prensa para porta celular de painel automotivo. 2018. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018

[3] AQUILA, Paulo S.. OLIVEIRA, Livia da Silva. Mouzinho EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REFRIGERAÇÃO DE AR PARA APLICAÇÃO RESIDENCIAL OU INDUSTRIAL UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR ARDUÍNO. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº.000167, 24/05/2019.Disponível em: https://semanaacademica.org.br/artigo/eficiencia-energetica-em-refrigeracao-de-ar-para-aplicacao-residencial-ou-industrial. Acessado em: 14 mai. 2020.

[4] ARDUINO. Arduino products. Disponível em: https://www.arduino.cc/en/Main/Products. Acesso em: 20 de set. 2019.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira nº 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

[6] BRITO, Diorge Ramon Andrade. "Controle do acesso, automatização da climatização e da Iluminação de uma sala de aula, utilizando o Microcomputador de baixo custo RASPBERRY PI." (2019).

[7] COEL. Rele Temporizador. Disponível em < https://www.coel.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Manual-de-Instrucoes-RTST20_r8.pdf >. Acesso em 30 de Outubro de 2019.

[8] FILIPEFLOP. Módulo Relé 5V 8 Canais. Disponível em: https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-5v-8-canais. Acesso em: 27 out. de 2019.

[9] FILIPPO FILHO, Guilherme; DIAS, Rubens Alves. Comandos Elétricos–Componentes Discretos, Elementos de Manobra e Aplicações. São Paula: Saraiva Educação SA. 2014.

[10] JONFRA. O que são painéis de comandos elétricos. Disponível em: https://www.jonfra.com.br/o-que-sao-paineis-de-comandos-eletricos. Acesso em: 10 de set. 2010.

[11] LAMB, Frank. Automação Industrial na pratica. Porto Alegre-RS: AMGH Editora Ltda. 2015.

[12] MCROBERTS, Michael. Arduíno básico. São Paulo: Novatec Editora Ltda. 2011.

[13] MUNDO DA ELÉTRICA. O que é disjuntor e qual a função do disjuntor? Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-disjuntor-e-qual-sua-aplicacao//. Acesso em 26 out. de 2019.

[14] MUNDO DA ELÉTRICA. Contatores, o que são? Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/os-contatores-o-que-sao/. Acesso em: 28 out. de 2019.

[15] MUNDO DA ELÉTRICA. O que é relé? Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-um-rele-o-que-e-um-rele/. Acesso em: 28 out. de 2019.

[16] NAVARRO, Dorizon Alberto. Estudo dos fatores para avaliação de projetos na gestão de portfólio em uma empresa de bens de consumo. *Revista de Gestão e Projetos*, v.3, n.3, pp. 291-307, set-dez, 2012.

[17] PEREIRA, Danillo Arruda R. Projeto de um sistema de automação industrial para uma indústria de produtos saneantes. 2015. 85 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Automotiva). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

[18] RIBEIRO, Aline Alves. Protocolo para a elaboração de sistemas de comandos elétricos. 2017. 100f. Dissertação (Mestrado em Inovação Tecnológica) - Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba.

[19] ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. Automação industrial. Santa Maria-Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede é-te Brasil, 2016.

[20] SANTOS, Alexandre dos; KURTZ, André. Readequação de painéis elétricos as normas de segurança. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.

[21] SILVEIRA, Cristiano. O que é Painel de Comando Elétrico. Blog Citisystems Automação Industrial. Sorocaba. Disponível em: www.citisystems.com.br/painel-de-comando/. Acesso em: 10 nov. 2019.

[22] SALA DA ELÉTRICA. Quais são os componentes de comandos elétricos. Disponível em: https://www.saladaeletrica.com.br/componentes-comandos-eletricos/. Acesso em: 29 abr. 2020.

[23] SANTOS, Alexandre dos; KURTZ, André. Readequação de painéis elétricos as normas de segurança. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016.

Capítulo 17

Proposta de um sistema de geração de energia propulsor inversor para uma embarcação fluvial em substituição ao sistema de grupo geradores

Marcos Vinícius Macedo de Oliveira
Jéssica Amanda Nascimento Oliveira
Livia da Silva Oliveira

Resumo: O trabalho apresenta o projeto de geração de energia propulsor inversor, propondo o uso dos propulsores de uma embarcação para a geração de energia elétrica com o auxílio de um banco de baterias que, deverá reduzir o uso dos grupos geradores a diesel, para isso serão necessárias mudanças nas instalações elétricas e na estrutura física da embarcação. Além de diminuir o custo com a manutenção, a proposta do sistema tem como principal objetivo a redução no consumo de óleo diesel e seus gases. Para a execução do projeto serão implantadas modificações na iluminação, no sistema de refrigeração e nos quadros elétricos, também será necessária a construção de um banco de baterias. Alguns equipamentos terão que ser substituídos por outros mais eficientes. A implantação de inversores de frequência acoplados a um banco de baterias para o fornecimento de energia pode propiciar uma significativa redução no consumo de óleo diesel. Com tudo, alguns cuidados devem ser tomados de forma a garantir a segurança na operação para que não produza prejuízos à navegação, neste trabalho, foram estimados os ganhos ou perdas decorrentes das modificações realizadas no sistema de geração de energia em um rebocador.

Palavras-chave: Propulsor inversor, navegação, conversão de energia.

1. INTRODUÇÃO

O motor propulsor é responsável pelo deslocamento de uma embarcação na sua grande maioria é alimentado por óleo diesel ou óleo pesado, sendo um dos sistemas mais utilizados no transporte naval. Durante uma viagem o navio se utiliza de uma determinada rotação nos seus propulsores, denominada de marcha de cruzeiro, comvalores predefinidos para aperfeiçoar o tempo e aproveitar a máxima eficiência de suas máquinas térmicas. Logo surge a possibilidade de se aproveitar esse sistema de trabalho para a geração de energia elétrica através dos seus propulsores.

O sistema de geração de energia propulsor inversor propõe o aproveitamento dos motores térmicos de propulsão para o fornecimento de energia elétrica para uma embarcação, diminuindo o uso dos grupos geradores de energia. A relevância desse projeto é de suma importância para a atividade econômica e meio ambiente. A implantação do sistema deverá suprir a demanda de energia elétrica de uma embarcação, que atualmente tem sua demanda de energia elétrica fornecida por grupos geradores de motores a combustão, consumindo uma quantidade considerável de combustível.

Com a implementação do sistema de geração de energia propulsor inversor, a utilização do grupo gerador será diminuída reduzindo o consumo de óleo diesel.Um ponto relevante é o dimensionamento e instalação de um banco de baterias para armazenar a energia gerada proporcionando um sistema confiável que possibilite uma navegação, segura pelo sistema propulsor inversor, o transporte aquaviário utiliza sistemas de geração de energia muito oneroso e poluente, este mercado não está evoluindo de maneira significativa. Buscando reduzir a utilização de combustível fóssil nesse processo, o sistema gerador propulsor apresenta-se como uma possível alternativa.

Com a instalação do novo sistema espera-se reduzir a quantidade de resíduos oleosos além de gases liberados pela queima do óleo diesel. Bem como se espera melhorar a segurança do operador relacionada a fatores ergonômicos, como a diminuição de ruídos e esforço físico. Por se tratar de um novo sistema de geração de energia a importância desse projeto vem agregar valores para a comunidade acadêmica tornando a discussão mais expressiva e motivando novos projetos. A eficácia do sistema de geração propulsor inversor está diretamente relacionada à instalação de um banco de baterias adequado, juntamente com a implantação de um sistema de eficiência energética para a embarcação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O gerenciamento que envolve a segurança em trabalhos com geração de energia é de suma importância para diminuir possíveis acidentes com operadores e profissionais que trabalham dentro de uma organização, (WEICH, 2016). O transporte naval é quatro vezes mais eficiente que o transporte rodoviário, logo deveria ter uma maior notoriedade no seu desenvolvimento, no entanto, por se tratar de uma atividade econômica com potencial de poluição muito elevado deveria ter uma maior fiscalização para se evitar impactos ambientais. (FERREIRA, 2018).

2.1 MOTOR DIESEL

Segundo Bastos (2019) o funcionamento dos motores diesel (Figura 1) transforma energia química em energia mecânica. O sistema de propulsão diesel éacoplado por uma transmissão mecânica que pode ser acoplado a um ou mais motores. São os mais utilizados nas embarcações onde a velocidade média é predefinida, o propulsor térmico é responsável pela produção da força e movimento, são máquinas que transformam energia calorífica do combustível em energia mecânica utilizável. Essa energia calorífica prove de diversas fontes primárias, os motores endotérmicos a energia é obtida através da queima de combustíveis líquidos ou gasosos transformando uma energia química em mecânica, em si, tratando de uma embarcação esses motores são alternativos e rotativos sua forma de ignição é a compressão. O exemplo do sistema de propulsão diesel elétrico, a energia é gerada por geradores que movimentam as hélices e transmitem essa energia para os eixos, ou diretamente para os propulsores a maioria das embarcações fluviais utiliza o sistema de propulsão a diesel que é totalmente independente da geração de energia.

De acordo com Carvalho (2018) entende-se que a propulsão de navios, em sua maioria, utiliza motor diesel que fornece energia mecânica através do eixo de hélice, no qual a rotação transmite à embarcação potência para o seu deslocamento.

Figura 1- Propulsor diesel KTA 19 Cummins.



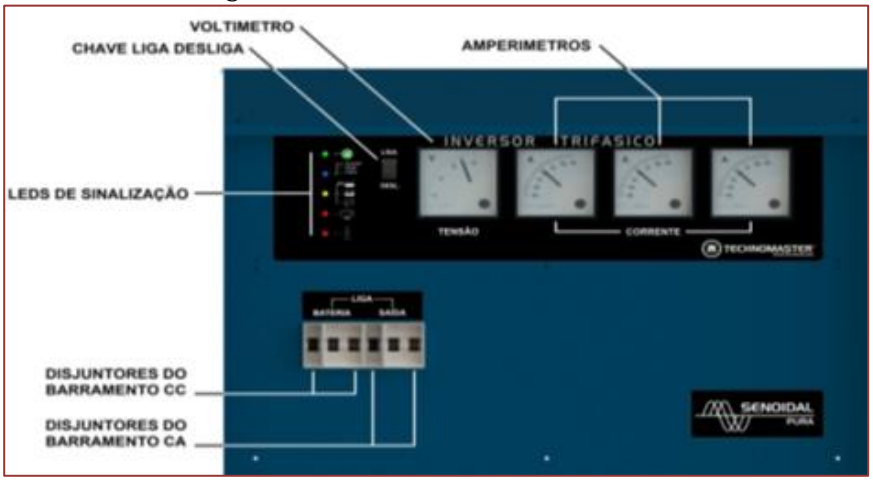
Fonte: Os autores (2020)

2.2 CONVERSORES DE ENERGIA

Segundo Vieira (2018) pode-se compreender que o retificador é o responsável pelo processo de conversão de tensão e corrente alternada em tensão e corrente continua. Além de carregar as baterias, os bancos de baterias fornecem energia em corrente contínua e ficam alimentadas por uma tensão de flutuação mesmo quando não estão sendo usadas, com isso as baterias permanecem sempre carregadas. A bateria é um equipamento que converte energia química armazenada em energia elétrica, a ligação de baterias em série resulta numa capacidade constante, porém a tensão no terminal aumenta já a ligação de baterias em paralelo resulta no aumento da capacidade do sistema, porém a tensão no terminal continua a mesma. No caso da ligação em série-paralelo, ocorre tanto o aumento da tensão terminal quanto da capacidade, nosso banco de baterias estará sendo realimentados por quatro alternadores de 150 A, a corrente elétrica continua das baterias serão transformadas em alternadas por um inversor de 4,5 kVA que alimentara cada um dos circuitos da embarcação, dessa forma teremos um sistema intertravado impossibilitando o conflito de cargas, esse bloqueio é realizado por dispositivos elétricos conhecidos por contator.

O inversor trifásico (Figura 2) foi projetado para atender o uso de energia elétrica trifásica. Proporcionando o acionamento de cargas trifásicas como motores, aparelhos de ar condicionado, entre outros.

Figura 2- Inversor trifásico 4,5 kVA.



Fonte: Manual Technomaster, (2018)

2.3 GERADORES DE ENERGIA

Segundo Dumlop (2015) compreende-se que as embarcações dotadas de várias fontes de geração de energia têm maior controle na operação dos seus equipamentos, reduzindo os gastos com manutenção e paradas não planejadas. Os geradores a diesel conseguem suprir uma demanda de energia constante, mas para isso, são acoplados a motores que dependem do combustível. O sistema de grupo gerador apresenta inúmeras características relacionadas ao tipo de gerador aplicado na embarcação que em sua grande maioria são geradores escovados, que dependem das escovas ligadas a um coletor para gerar energia nesse modelo à aceleração do motor e o conjunto de polias é quem vai determinar os ajustes dos parâmetros de tensão e frequência a serem fornecidas.

Os grupos geradores a diesel (Figura 3) fornecem a energia demandada pelo da embarcação se o sistema propulsor inversor estiver ausente ou para situações de emergência, logo podemos dizer que o grupo gerador a diesel tem a função de entrar em operação em modo emergencial caso haja falta de energia. (WEICH, 2016).

Figura 3- Grupo gerador 20 kVA



Fonte: Os autores (2020)

Para Panesi (2018) a substituição de lâmpadas eletrônicas por LED também contribuirá para a redução do consumo energético. Os painéis e os quadros elétricos possuem como finalidade receber a energia elétrica proveniente dos geradores ou de outras fontes, baterias, etc. para que sejam responsáveis em distribuir a energia elétrica para as diversas cargas presentes na embarcação. O quadro elétrico principal (QEP) alimenta cargas de potência elevada, com destaque maior para as bombas mais pesadas de carga e descarga da embarcação. É deste painel que parte todo o suprimento de energia para o quadro elétrico de distribuição (QED), que transmite a energia para as cargas e painéis auxiliares a 220 Vac. Além de distribuir a energia para os painéis secundários. (NAVARRO, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Em primeiro momento foi realizado o levantamento de carga da embarcação, para dimensionar o inversor e o alternador que atenderá a demanda de energia necessária para o funcionamento dos equipamentos instalados na embarcação, foram coletadas informações de potência, tensão, corrente elétrica, rendimento e fator de potência dos motores, assim como todas as lâmpadas, equipamentos de refrigeração e de comunicação (Quadro 1).

Quadro 1 - Levantamento de cargas da embarcação

AMBIENTE	ILUMINAÇÃO	TOMADAS	DESCRIÇÃO	POTENCIA TOTAL (W)
WC 1	9	100		109
WC 2	9	100		109
WC 3	15	100		115
COZINHA	42	4300		4342
ACOMODAÇÃO 1	24	1100		1124
ACOMODAÇÃO 2	24	1100		1124
ACOMODAÇÃO 3	24	1100		1124
ACOMODAÇÃO 4	24	1100		1124
COMANDO	24	1200		1224
PÇA DE MAQUINAS	150	600		750
		736	BOMBA (1 CV)	736
		1104	BOMBA (1,5 CV)	1104
		1472	BOMBA (2 CV)	1472
		2208	BOMBA (3 CV)	2208
PAIOL DO MESTRE	30			30
AREAS EXTERNAS	390	100		490
	400		REFLETORES	400
	600		HOLOFOTES	600
DISPENSA	15			15
PROA	30	100		130
POPA	30	100		130
TOTAL	1840	16620		18460

Fonte: Os autores (2020)

Para se efetuar a redução da demanda de carga alguns equipamentos foram substituídos por outros mais eficientes, foram substituídas 60 lâmpadas incandescentes de 100 W de potência e 4 refletores que utilizavam lâmpadas halógenas de 500 W. Os cabos elétricos das instalações antigas são de dupla proteção e não propagam chamas, o cabeamento é protegido por eletro calhas de aço perfuradas.

Foram substituídos os aparelhos condicionadores de ar de janela, que consumiam 5,320 W de potência para o modelo inverter que, em geral, proporcionam uma economia de até 60%.

Os quadros elétricos antigos não ofereciam um sistema de proteção adequado para o novo sistema de geração de energia, além de estarem muito depreciados também estavam mal localizados, por esse motivo foi Construído um novo quadro elétrico principal (QEP) para garantir que o novo sistema de geração não entre em conflito com os demais sistemas, o QEP é responsável em comutar quaisquer fontes de geração de energia tanto de forma manual como em automático, uma vez executado o procedimento, as cargas serão distribuídas para os quadros específicos, o local de fixação dos quadros elétricos seguem as normas de construção naval que orienta que sua instalação não pode estar próxima à fonte de calor e tanques de combustível além de estarem protegidos contra umidade.

Para reduzir ainda mais a demanda, foi construído um quadro elétrico de bombas com sistema de intertravamento entre contatoras, que impossibilita o acionamento de duas ou mais bombas ao mesmo tempo, no entanto, a bomba de incêndio por se tratar de norma terá sempre prioridade e uma vez acionada nenhuma outra entrará em funcionamento, com esse ajuste reduzimos mais a nossa demanda.

Foi construída Uma caixa de aço medindo 120 cm de comprimento, 150 cm de altura, 120 cm de largura e uma tubulação com 10 cm de diâmetro para eliminação dos gases provenientes das baterias, a mesma foi projetada para armazenar 16 baterias de 150 A amperes e deverá ficar a 40 cm de altura no convés inferior, além de ser totalmente forrada com borracha evitando qualquer descarga elétrica para o casco da embarcação, na parte frontal da caixa foi instalado um voltímetro, um termômetro, além de pequenos exaustores instalados na tubulação para forçar uma circulação do ar.

Os inversores foram instalados próximo do banco de baterias em ambiente seco e bem ventilado, pois sua temperatura de operação se dará entre -40 ºC a 65 ºC, os cabos de alimentação que irão conectar os alternadores ao banco de baterias, têm a seção transversal de 120 mm para alcançar um melhor desempenho. Os parâmetros para o dimensionamento do inversor são as tensões de entrada, saída e a potência nominal de uso contínuo. Os inversores deverão suprir a tensão e a corrente elétrica demandada pela embarcação, A tensão de entrada deve ser igual à tensão das baterias 24 V e a de saída igual à tensão das cargas de corrente alternada 220 V trifásico.

Foi instalado dois alternadores em cada propulsor, esses alimentarão de forma individual quatro baterias que fornecerá uma tensão e corrente continua para cada inversor, e que por sua vez transformará em alternada alimentando os quadros elétricos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ADEQUAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA EMBARCAÇÃO

A adequação foi executada obedecendo às normas NR-10 Segurança em instalações e serviços em eletricidade e NR-12 Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, e para atender as exigências da Capitania dos Portos também foram aplicadas a NORMAM-02/DPC Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação interior. Com tudo um item 10.3.4 citado na NR-10 para a configuração do sistema de aterramento, evidencia um problema quando a embarcação está navegando, pois, não existe sistema de aterramento na água que possa ser comprovada a sua eficiência.

Outro ponto relevante se refere à NR-12 no item 12.15. Devem ser aterrados, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as instalações, carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão. Se aterrarmos todas as máquinas, conforme a norma correrá o risco de dissipar uma corrente elétrica para toda a embarcação. Ainda no item 12.16, as instalações elétricas das máquinas e equipamentos que estejam ou possam estar em contato direto, ou indireto com água, ou agentes corrosivos devem ser projetadas com meios e dispositivos que garantam sua blindagem, estanqueidade, isolamento e aterramento, de modo a prevenir a ocorrência de acidentes, ou seja, um novo ponto relevante a ser considerado já que, em sua grande maioria, as embarcações são projetadas em aço.

4.2. A SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS INCANDESCENTES POR LÂMPADAS LED

A substituição das lâmpadas incandescentes por Led reduziu a potência instalada consideravelmente, no entanto, provocou um aumento do custo da instalação (Quadro 2). Segundo Panesi (2019) a demanda de energia, está relacionada com o tipo de lâmpada instalada, tanto a LED quanto a fluorescente reduzem a temperatura do ambiente por se tratar de lâmpadas frias, já a incandescente provoca um aumento na temperatura que incidi no consumo de energia.

Quadro 2- Levantamento de carga da iluminação

AMBIENTE	AREA (m2)	PERIMETRO (m)	ILUMINAÇÃO (9W)	ILUMINAÇÃO (15W)	POTENCIA TOTAL(W)
WC 1	4	8	1		9
WC 2	4	8	1		9
WC 3	5	9		1	15
COZINHA	20	18	3	1	42
ACOMODAÇÃO 1	7,5	11	1	1	24
ACOMODAÇÃO 2	7,5	11	1	1	24
ACOMODAÇÃO 3	7,5	11	1	1	24
ACOMODAÇÃO 4	9	12	1	1	24
COMANDO	10	14	1	1	24
PÇA MAQUINAS	60	22		10	150
PAIOL MESTRE	24	20		2	30
AREAS EXTERNAS				26	390
			REFLETORES	4	400
			HOLOFOTE	1	600
DISPENSA	4	8		1	15
PROA	4	8		2	30
POPA	4	8		2	30
TOTAL	170,5	168	10	55	1840

Fonte: Os autores (2020)

De acordo com Baptista (2016) a constante busca pela redução do uso da energia elétrica é uma meta que deve ser perseguida por todos, e com a troca da iluminação convencional pela iluminação LED está cada vez mais claro o conceito de eficiência energética. Em comparação com as lâmpadas incandescentes e as lâmpadas de LED o consumo de energia tem uma redução de 85%. Foi realizada uma medição de temperatura dentro de um dormitório da embarcação e constatou-se que com a substituição da iluminação houve uma queda na temperatura ambiente de 3 graus. O que, de certa forma, contribuiu para o sistema de refrigeração.

4.3 CONDICIONADORES DE AR

Foram substituídos os condicionadores de ar de janela para o modelo inverter que, em geral, proporcionam uma economia de até 40% no consumo o que reduziu o gasto de energia com os aparelhos. Segundo Lima (2017) o sistema de iluminação provoca um aumento de temperatura do ambiente que pode vir a diminuir a eficiência dos condicionadores de ar. O grande problema da substituição dos aparelhos está relacionado ao custo, uma vez que o modelo inverter é muito mais caro, além de precisar de uma manutenção mais qualificada. Essa tecnologia é aplicada em condicionadores de ar split, onde um inversor de frequência trabalha a velocidade de rotação do motor, quando se alcança a temperatura selecionada o motor reduz sua velocidade, porém não desliga, evitando os picos de corrente elétrica, uma vez que não possui mais inercia.

4.4 A CONSTRUÇÃO DO BANCO DE BATERIAS

Foi construída uma caixa de aço para o armazenamento das baterias que irão fornecer energia a embarcação, esta estrutura foi instalada no centro da praça de máquinas para proporcionar maior estabilidade à embarcação que acomodará 16 baterias de 150 A, o banco de baterias obteve um excelente resultado quanto à eficiência energética, pois seus condutores ficaram próximos à fonte geradora e aos inversores, diminuindo o aquecimento dos condutores por efeito joule e, reduzindo o comprimento dos cabos. O dimensionamento dos condutores resulta em menores perdas de energia, pois a seção do condutor é inversamente proporcional à sua resistência elétrica. Se Aumentarmos a seção transversal do cabo, diminuiremos a resistência do mesmo e, por consequência as perdas.

O espaço no interior da caixa (Figura 4) ficou muito bem distribuído o que proporcionou maior segurança na substituição das baterias, quanto ao sistema de segurança mostrou-se bastante eficaz para a retirada dos gases com o auxílio dos exaustores.

Figura 4 - Caixa para o banco de baterias



Fonte: Os autores (2020)

A bateria marine escolhida foi à bateria Moura Boat modelo 12MB105, sua escolha foi fundamentada no valor e na capacidade de suportar descargas e recargas profundas, além de muita disponibilidade no comércio. A descarga da bateria se dá no momento em que exista o fornecimento de energia, já a carga é o quanto de armazenamento de energia a bateria suporta. (BASTOS, 2019).

As baterias utilizadas para o sistema propulsor inversor são de chumbo-ácido. Durante a descarga a eficiência é determinada pela corrente máxima fornecida pela bateria, sua vida útil depende da porcentagem de seu descarregamento quanto menos houver o descarregamento aumenta sua durabilidade.

4.5 OS QUADROS ELÉTRICOS

O quadro elétrico principal localizado à direita da figura foi desenvolvido para gerenciar as fontes geradoras de energia, o quadro ficou bem localizado próximo à porta da praça de maquinas, o que possibilitou uma ótima ventilação visto que a temperatura dentro da sala de máquinas pode chegar a 56ºC, mas no quadro obtivemos uma diminuição de 16ºC o que aumenta consideravelmente a vida útil dos dispositivos eletrônicos.

Os quadros elétricos também ficaram muito bem-dispostos (Figura 5) obtendo o máximo aproveitamento dos espaços, mesmo porque como se trata de uma embarcação a área é limitada. A corrente máxima de toda a embarcação com as modificações que foram implantadas chegou a 65 amperes no período mais crítico que seria a noite, durante o dia com a potência reduzida devida há não necessidade de luzes durante o dia a corrente elétrica reduziu cerca de 8 A amperes por consequência o aumentou a autonomia do banco de baterias.

Figura 5 - Painéis elétricos



Fonte: Os autores (2020)

Poucas iniciativas são tomadas para a redução do uso dos cabos elétricos, mas algumas medidas podem ser tomadas para a redução do seu custo e uma delas seria a alocação dos quadros de forma inteligente, levando o potencial de redução no custo com cabos elétricos de até 40% além de trazer como efeitos positivos a redução das perdas por aquecimento e a emissão de gases.

5. CONCLUSÃO

O sistema de geração de energia propulsor inversor mostrou-se eficiente através de ensaios realizados no que se refere à redução no consumo de óleo diesel, no entanto, ainda pode ser melhorado, visto que durante um período de 24 horas, onde o consumo estava sendo monitorado, notou-se que o sistema obteve resultados satisfatórios em curtos períodos do dia, que somados alcançaram uma média de economia significativa na redução de combustível, isso se deve a diminuição do uso de cargas resistivas, provocada pelo acionamento dos motores elétricos, logo se forem substituídos por motores de alto rendimento o sistema poderá alcançar um resultado ainda mais positivo em relação ao consumo de óleo diesel.

A adequação das instalações elétricas para o sistema propulsor inversor foi onde foi obtida a maior quantidade de trabalho, mostrando-se muito eficiente, apesar da quantidade de equipamentos adicionados na embarcação para execução do projeto. As instalações ficaram muito bem distribuídas tornando o sistema muito seguro quanto à operação e estabilidade energética. Os painéis elétricos assim como os inversores foram instalados na praça de máquinas próximos aos dutos de ventilação proporcionando um melhor rendimento aos equipamentos visto que esses possuem uma temperatura de

trabalho, os cabos elétricos foram acondicionados em eletrocalhas permitindo a circulação do ar entre os mesmos evitando o aquecimento dos condutores.

A manutenção por sua vez foi onde os resultados tiveram maior relevância, reduziram-se drasticamente danos aos equipamentos eletrônicos provocados por queda de tensão, além de diminuir a quantidade de ruídos com o desligamento dos geradores de energia tornando a navegação mais segura. Outro ponto que deve ser citado está relacionado ao descarte de materiais ao meio ambiente que teve uma significativa redução no consumo de lubrificantes, correias e filtros de óleo utilizados nos geradores de energia.

O banco de baterias foi instalado no centro da praça de máquinas para proporcionar a estabilidade da embarcação e não comprometer a sua navegabilidade, o banco conseguiu manter todas as cargas da embarcação sem a necessidade do uso dos geradores durante 18 horas por dia. O (QEP) quadro elétrico principal funcionou muito bem e atendeu as expectativas quanto ao monitoramento e seleção das fontes de energia disponíveis na embarcação, precisando somente aumentar o tempo de parada do gerador principal para 15 segundos aumentando a margem de segurança na operação.

REFERÊNCIAS

[1] BAPTISTA, Thuanne Figueiredo. IMPACTO NO SISTEMA DE ENERGIA PELA TROCA DAS LÂMPADAS TRADICIONAIS POR LÃMPADAS LED. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016335.pdf. Acesso em: 07 mar. 2020.

[2] BASTOS, Ricardo Fagundes. POTENCIAL DO SISTEMA DIESEL ELÉTRICO PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL FÓSSIL EM EMBARCAÇÕES DE PESCA: UM ESTUDO DE CASO DO CONSUMO DE ENERGIA DA FROTA DE ESPINHEL DE FUNDO DO RIO DE JANEIRO. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Tese_Final_Ricardo_PPE_2019.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

[3] CARVALHO, Vitor Silveira. ANÁLISE DE VIABILIDADE DE OPERAÇÃO DE MOTORES NAVAIS A GÁS NATURAL ATRAVÉS DE ESTUDOS DE CASO APLICADOS A NAVIOS MERCANTES. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025666.pdf. Acesso em: 28 fev. 2020.

[4] DUNLOP, Alex Pernasetti. EQUIPAMENTOS MODERNOS DE PRAÇA DE MÁQUINAS E IMPACTOS NO CONSUMO TÉRMICO E ELÉTRICO DO NAVIO. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013066.pdf. Acesso em: 03 mar. 2020.

[5] FERREIRA, Larissa Sarmento *et al*. IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NA PERSPECTIVA DO SETOR DE TRANSPORTE DE PETRÓLEO POR NAVIOS NO BRASIL. 2019. Disponível em: http://200.129.163.19:8080/handle/prefix/5520. Acesso em: 019 mar. 2020.

[6] FILHO, João Mamede. Instalações Elétricas Industriais: 9ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2017

[7] LIMA, L. ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM APARELHOS CONDICIONADORES DE AR E TÉCNICAS PARA REDUÇÃO DA CARGA TÉRMICA NAS EDIFICAÇÕES. 2017 Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptPT&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2016&as_yhi=2020&q=eficiencia+condicionador+de+ar+inverter&btnG. Acesso em: 05 mar. 2020.

[8] NAVARRO, Leonardo Cordiviola. SISTEMA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA EMBARCAÇÃO DE SUPORTE AS PLATAFORMAS DE PERFURAÇÃO. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014375.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

[9] NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. (1978) Disponível em: http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf. Acesso em: 17 mar. 2020.

[10] NR 10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. (2004). Disponível em: http://www.ccb.usp.br/arquivos/arqpessoal/1360237189_nr10atualizada.pdf. Acesso em: 20 mar. 2020.

[11] PANESI, André Ricardo. IMPACTO DO USO DE LAMPADAS LED, FLUORESCENTE E INCANDESCENTE NO CONSUMO DE ELETRICIDADE EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO. *InterSciencePlace*, 2019, 13.3. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=lampada+incandecente+e+led&hl=pt-PT&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2016&as_yhi=2020. Acesso em: 03 mar. 2020.

[12] VIEIRA, THIAGO PERIN. AUTONOMIA DE BANCOS DE BATERIAS E MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS RETIFICADORES–UNIDADE DE COGERAÇÃO LAGES. REPOSITÓRIO DE RELATÓRIOS - Engenharia Elétrica, n. 2, 2019. Disponível em: http://revista.uniplac.net/ojs/index.php/engeletrica/article/view/3869. Acesso em: 07 mar. 2020.

[13] WEICH, Fábio Luís. GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA PARA INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE GERADORES A DIESEL. 2016. Disponível em: http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/3926. Acesso em: 04 mar. 2020.

Capítulo 18

Monitoramento remoto de um grupo gerador a partir de um sistema automatizado em uma empresa do seguimento de injeção plastica no Polo Industrial de Manaus-AM

Raimundo Elvis de Moura Queiroz
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A geração de energia elétrica produzida por grupo motor gerador (GMG), como fonte de energia elétrica utilizada nas indústrias, para suprir o funcionamento de máquinas e equipamentos em caso de queda do fornecimento do setor elétrico, tem sido uma alternativa largamente utilizada. Este projeto teve como objetivo implementar o monitoramento remoto de um grupo gerador, instalado em uma empresa do polo industrial de Manaus-Am com a finalidade de melhorar a confiabilidade na operação do grupo gerador (GMG). A utilização de hardware e software Embarcados favoreceu a elaboração e execução do projeto. A tecnologia alcançada e a confiabilidade dos dados adquiridos favoreceram a prospecção de recursos e estabilidade do sistema elétrico alternativo.

Palavras-chave: Grupo gerador, acesso remoto, monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica tornou-se um serviço de utilidade pública que todos tem o direito de ter acesso e que possibilita ao ser humano um melhor conforto no desenvolvimento de suas atividades. O setor de energia elétrica, cada vez mais, vem se consolidando como uma das áreas estratégicas para o desenvolvimento da sociedade industrialização e comércio, devido à crescente demanda de tecnologias, que geralmente funcionam à base deste insumo, e são indispensáveis para elevar o padrão de vida ou bem-estar, bem como, o padrão econômico da sociedade como todo. É fácil constatar que a energia elétrica é responsável pelo funcionamento de vários serviços e equipamentos que tornam a vida mais prática e confortável.

As recentes crises energéticas brasileiras de 2013 e 2014, envolvendo o Sistema de Geração e o Sistema de Transmissão Nacional (STN) geraram questões em discussão quanto à disponibilidade de recursos energéticos e a oferta de energia. Várias propostas foram debatidas e o governo adotou medidas emergenciais de investimento no setor elétrico para conter a falta de oferta em algumas regiões do Brasil. Um dos nichos da indústria que se destacou foi à produção de grupos geradores, GMG. Pois para atingir as metas de racionamento sem prejudicar a sua produção, as indústrias recorreram aos grupos geradores.

Para evitar os altos custos com energia elétrica uma alternativa que tem sido apresentada e tem tido boa atratividade técnica e financeira é a implantação de grupos geradores a óleo diesel nas unidades consumidoras de elevado consumo elétrico, visando substituir, totalmente ou parcialmente, o consumo de energia no horário de ponta. Essa ação foi incentivada pelas distribuidoras que, apesar de não faturarem no período em que os consumidores são supridos por seus geradores, o mesmo gera um alivio ao sistema, diminuindo as chances de ocorrer qualquer tipo de interrupção no fornecimento de energia, o que influencia diretamente nos indicadores de qualidade de serviço das concessionárias. (ANEEL, 2019).

O mercado de monitoramento de grupos geradores é disseminado de soluções com diversas limitações: algumas são caras e compatíveis somente com GMGs de uma marca específica. Outras têm custo mais acessível, mas configuram solução de simples comando de execução, pouca memória e sem inteligência local que não atendem as necessidades dos clientes de maneira completa e efetiva. Em outros casos existem produtos que, embora pareçam adequados configuram uma integração ou adaptação de componentes importados e projetados para outros fins, com domínio da tecnologia em múltiplas empresas, uma domina o hardware, outra o software e uma terceira a infraestrutura de processamento de dados, por exemplo. Estes produtos compõem soluções ineficazes para o monitoramento remoto de ativos de geração.

O cenário energético local favorece o e desenvolvimento do presente trabalho, que possibilita com viabilidade técnica e econômica o monitoramento automático de grupo gerador bem como as condições básicas para seu funcionamento. Através de um módulo de controle automático microprocessador (K30) e software de monitoramento remoto instalado em um computador. O gerador movido a diesel quando utilizado com uma boa supervisão e monitoramento, se torna um grande aliado dos grandes consumidores de energia elétrica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O termo “Energia” é muito utilizado na explicação e descrição de fatos que ocorrem diariamente, desta maneira, é um tema de grande importância para a sociedade atual. O consumo de energia é bastante elevado, tornando relevantes os problemas ambientais, sociais, econômicos e geopolíticos envolvidos na geração, distribuição e consumo da energia. Assim, o cotidiano revela que a energia, além de indispensável ao atual modo de vida da sociedade moderna, precisa ser tratada de modo sustentável desde sua produção, até seu armazenamento, transmissão e consumo.

Um grupo motor gerador (GMG) é uma mescla que agrega um motor diesel com um gerador síncrono, também conhecido como alternador, que gera corrente e tensões alternadas. Sua finalidade é fornecer energia elétrica para operar de forma autônoma ou em ligação paralela com a rede convencional de energia elétrica da concessionária, dotado dos componentes de supervisão e controle necessários ao seu funcionamento. (PEREIRA, 2006).

2.1 GRUPO GERADORES

Os geradores são dispositivos capazes de converter energia mecânica em energia elétrica, eles são compostos basicamente por um rotor (imã), que gira no interior de um estator(bobina), causando o

aparecimento de uma corrente elétrica. Quando é produzido nas espiras um movimento de rotação, através, por exemplo, do movimento de uma turbina nas hidrelétricas, há uma variação no fluxo magnético através da espira, fazendo surgir uma corrente elétrica no circuito devido à força eletromotriz induzida que aparece neste. Este fenômeno conhecido como indução eletromagnética obedece às leis de Faraday e de Lenz. (ROSIQUE, 2018).

Geradores a diesel são considerados a primeira opção mundialmente utilizada para geração alternativa em indústrias e comércios, sendo utilizados em sistemas de emergência, períodos contínuos e geração na ponta conforme a necessidade. Os GMG OD apresentam vantagens como: São mais rápidos, conseguem assumir a carga em menos de 10 segundos da partida; Os GMG's podem assumir a carga nominal rapidamente, com tempo de aumento gradativo de carga reduzido; São mais seguros, não há centelhamento ao contrário de motores a gás, diesel, pois não tem velas de ignição ou carburadores que precisam de revisão e ajuste; O diesel não é explosivo, como gasolina, propano e GLP, se tornando mais seguro para armazenar; Mais econômico, o GMG a OD geralmente queima a metade do combustível usado por um gerador a gás para realizar o mesmo trabalho; O óleo diesel é mais barato que gasolina ou propano devido ao processo mais curto de refinamento; O custo de combustível por quilowatt (kW) produzido é de 30-50% menor do que os motores que queimam gás; O GMG deve manter a tensão e frequência dentro das faixas especificadas, mesmo que haja desequilíbrio de carga máxima de até 15% entre fases. (NBR 8528).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste projeto foi implementado um módulo de comunicação e controle de GMG em substituição a uma unidade de controle danificada. As principais informações das grandezas mecânicas e elétricas geradas pelos sensores internos do gerador, como, tensão da bateria, nível de combustível, temperatura da água, tensão e corrente geradas em cada fase, além de outros dados descritos como importantes e necessários para o perfeito funcionamento do equipamento, quando em funcionamento, serão enviadas para o controlador fixado junto ao painel de comando do gerador, possibilitando o acesso das informações através de um software supervisório instalado em um computador.

Seja qual for a instalação elétrica que possui o GMG como fonte principal ou complementar este deve assegurar a entrega garantida da energia necessária. A supervisão remota se faz elemento essencial para os usuários terem disponíveis as informações imediatas da máquina monitorada. Tendo em vista que a mão de obra qualificada para o setor de monitoramento e manutenção de GMG está cada vez mais escassa e isso acarreta o aumento do valor cobrado por esses profissionais. A supervisão acaba por suprir a demanda de mais técnicos nesta área, pois com apenas um número mínimo de profissionais, muitas vezes apenas um capacitado, estando a frente do sistema de supervisão, poderá tomar as decisões corretamente por meio dos dados visualizados na tela de supervisão e desse modo informar ao usuário qual medida a ser tomada. É do conhecimento de todos os usuários de grupos geradores que cada fabricante possui um sistema similar ao proposto neste trabalho, porém o custo deles é muito elevado e podendo apenas ser utilizado com os GMG do mesmo desenvolvedor. Como existem diferentes marcas e modelos no mercado, algumas empresas acabam adquirindo geradores de diversas empresas o que impossibilita ter um sistema de cada fabricante.

Neste projeto o módulo de controle automático k30 que foi desenvolvido pela KVA Indústria e Comércio, tornou-se a melhor opção para aquisição por atender às principais especificações industriais em modo automático, monitora continuamente a tensão da rede elétrica, estando pronto para acionar o grupo-gerador e alimentar a carga se houver alguma anormalidade na rede. Neste projeto, o módulo de controle automático k30 será descrito apenas como unidade de controle, ou módulo de controle.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MICROCONTROLADOR

O microcontrolador é um pequeno circuito integrado encapsulado em uma pastilha de silício que possui internamente memória de programa, memória de dados, portas de entrada, saída paralela, timer's, contadores, comunicação serial, PWM (Modulação de Largura de Pulso), conversores analógicos digitais e dependendo da necessidade do projeto, pode haver outras configurações internas. Independentemente de sua arquitetura interna, pode ser programado sendo normalmente utilizado para controlar processos lógicos. (Pereira, 2019).

Os componentes eletrônicos estão presentes no controle e acionamento de sistemas mecânicos há muito tempo, mas com o surgimento dos circuitos integrados de tamanho reduzido, abriu as portas para a criação em larga escala possibilitando o baixo custo. Os microcontroladores estão presentes em unidades de controle de Grupo Geradores estando presentes em módulos de controle o qual recebem nomes comerciais de seus respectivos fabricantes.

O hardware da unidade de controle é formado por conversores analógico/digital: responsável por receber sinais analógicos de sensores coletados pela supervisão da rede elétrica, do gerador e do motor e transformá-los em sinais digital.O Módulo de Controle possibilita acompanhar e alterar, simultaneamente, todas as informações e parâmetros que são abertos para acesso do operador. A interface com o usuário é bastante interativa tanto a manual como a do PC as teclas de comando tem a mesma função, com uma diferença que no software se tem uma interface mais atrativa com voltímetros, amperímetros e frequencímetro.

4.2 PROTOCOLOS

Toda a rede de computador tem sua comunicação dependente de um protocolo, ou até mesmo dependente de vários. Protocolo é um acordo que especifica o formato e significado das mensagens a serem trocados em uma rede, ou seja, para que os dados trafeguem de uma origem até um destino é necessário que usem a mesma linguagem. Em vez de definir um protocolo único que lide com todos os detalhes de todas as formas de comunicação possível, os problemas são decompostos e organizados em módulos independentes, e ao invés de desenvolver estes vários protocolos isoladamente, o desenvolvimento é integrado originando uma família de protocolos. Estruturar em camadas é uma forma de dividir o problema em partes e um entre família de protocolos pode ser desenhada de forma que cada protocolo corresponda a uma camada especifica da rede. (PEREIRA, 2019).

4.3 PROTOCOLO TCP/IP

Conhecido como Protocolos Internet TCP/IP ou simplesmente TCP/IP é um dos mais importantes protocolos desenvolvidos, atualmente só é possível uma internet global graças à tecnologia do TCP/IP. A necessidade de conectar redes de maneira uniforme foi o que forçou a criação de uma nova arquitetura de referência e, com a criação de redes de rádio e satélite começaram a surgir problemas com os protocolos existentes. Dessa forma, o principal objetivo desde o início do projeto foi à conexão de várias redes de forma uniforme, mais tarde, essa arquitetura ficou conhecida como modelo de referência TCP/IP, graças a seus dois principais protocolos. (ROSIQUE, 2019).

4.4 GERENCIAMENTO REMOTO DE GRUPO GERADOR GMG.

Redes Privadas Virtuais (VPN) é um componente importante dentro de um ambiente cooperativo, e têm como objetivo utilizar uma infraestrutura de rede pública para a comunicação, em substituição às conexões privadas e às estruturas de acesso remoto, que possuem custos bastante elevados. A VPN permite que uma rede pública, como por exemplo, a Internet, seja utilizada como backbone para a comunicação entre pontos distintos.(QUINTAS, 2004).

Todo o acesso remoto das informações disponibilizadas pelo servidor do GMG será disponibilizado na rede interna da empresa. (Virtual Private Network). Limitando o acesso ao corpo técnico qualificado. Utilizando a internet como ligação local a algum provedor de acesso, é possível criar uma rede virtual privada entre o usuário remoto e o servidor VPN. Eliminando assim a necessidade de links dedicados para longas distâncias. Através do VPN e o software UltraVNC. (Disponivel gratuitamente) e instalado em um computador que terá a função de servidor; será possível ao usuário remoto acessar o GMG conectando-se a rede da empresa somente com o endereço IP de um computador e uma senha pré-definida.

Para comunicação entre o módulo de controle e o computador foi necessário definir a comunicação e o protocolo a ser utilizado. Devido o GMG está instalado em uma área externa da empresa e distante cerca de 30 metros de um ponto de rede necessário para ter acesso a VPN. Após um levantamento sobre os tipos de comunicação, e matérias necessários para a infraestrutura elétrica e lógica a ser utilizada, optou-se por uma comunicação ethernet utilizando cabo de par trançado (UTP).

4.5 GERADOR

O gerador utilizado foi um Stemac automático (Figura 1). Com unidade de controle danificada e sem nenhum dispositivo para acesso remoto, impossibilitando o acesso aos parâmetros para o perfeito funcionamento do GMG. Fornece para uma empresa do seguimento de injeção plástica, tenção trifásica de 220v. Opera quando ocorre falha ou falta de energia pela distribuidora. Com potência de 500 kilovoltampere (kVA), mas com operação regular de 80 a 120 kVA dependendo da carga instalada no momento.

Figura 1 – Gerador Stemac



Fonte: Os autores (2020)

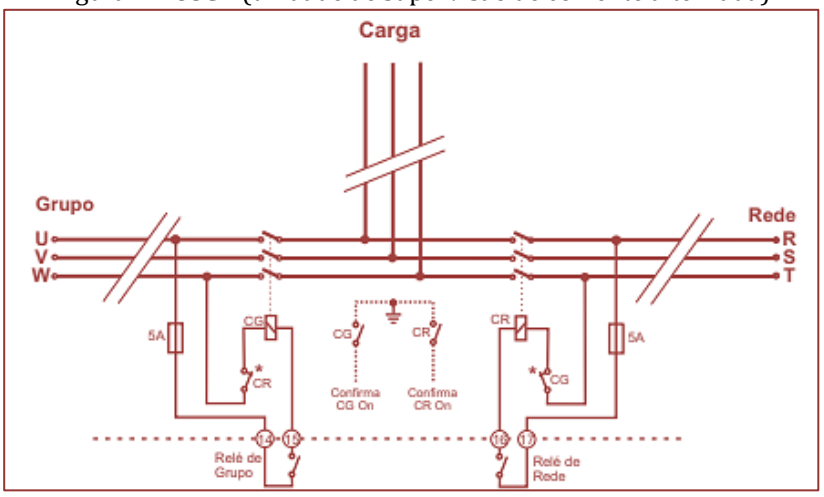
O GMG possui motor a diesel com Injeção direta, refrigerado a água, 4 tempos, motor de partida, com alternador para carga de bateria e com regulador de velocidade. Conta ainda com gerador síncrono, trifásico, ligação estrela com neutro acessível, sistema brushless, passo encurtado, 4 polos, regulador de tensão eletrônico, isolamento classe H1, retificador eletrônico automático utilizado na bateria de partida. Possui modos de operação automática ou manual, caso ocorra falha ou falta de energia da concessionária a partida é feita de forma automática, e graças à inclusão de resistências de pré-aquecimento com bombas, a água presente no motor é mantida a uma temperatura de no mínimo 40 graus Celsius (ºC), permitindo o início do grupo gerador dentro de 10 segundos após uma falta de energia na rede, com o motor operando em 100% de sua capacidade.

4.6 SUPERVISÃO

O software de supervisão, alocado em nível de controle do processo nas redes de comunicação, tem a função de aquisição dos dados, que após adquiridos precisam ser manipulados e convertidos, posteriormente alocados em um banco de dados. A importância dos softwares de supervisão em qualquer processo automatizado é amplamente conhecida. Normalmente os softwares de supervisão são aplicados para monitorar variáveis de processo, gerir alarmes e arquivos de dados. Tendo a interface automatizada de um sistema com operadores é a função principal da supervisão. (REGAZZI; PEREIRA; SILVA JR, 2016).

A energia elétrica controlada pela USCA (unidade de supervisão de corrente alternada) ver Figura 2. É formada por duas fontes distintas: uma fonte principal, fornecida pela concessionária local, denominada de energia comercial, e outra fonte chamada de emergência, fornecida por um grupo gerador. Estando a energia comercial em condições normais, e tendo prioridade, alimentará a carga. Ocorrendo alguma anormalidade na referida fonte, após um tempo pré-determinado, será comandada a partida do grupo gerador, que passará a alimentar a carga. Voltando a energia comercial às condições normais, após o tempo determinado para confirmação da normalidade, a carga será transferida automaticamente para a rede comercial e o grupo gerador funcionará em vazio por um tempo pré-fixado para resfriamento, voltando a posição de repouso. A Unidade de Supervisão de Corrente Alternada, tem também a função de proteger o sistema contra possível sobrecarga e evitar que o grupo opere com defeito. O sistema de emergência de fornecimento de energia elétrica é basicamente formado por um motor diesel, acoplado a um gerador.

Figura 2 – USCA (unidade de supervisão de corrente alternada)



Fonte: Os autores, (2020)

4.7 QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (QTA)

Sistemas que operam com transferência automática utilizam equipamentos de controle, gerador a diesel e bancos de baterias, na maioria dos casos. A transferência automática é acionada principalmente por falha do fornecimento de energia da concessionária, mas também pode ser programada para compensar o horário de ponta ou para manutenção do sistema. O processo de transferência de cargas deve ser controlado de forma que haja uma transição dentro dos limites de operação dos elementos do sistema. Esta transferência é realizada através do QTA.

Em modo de operação automático o circuito de controle monitora falha no fornecimento de energia da concessionária. Uma vez detectada a falha o controle iniciará a sequência de partida predeterminada. Quando o fornecimento da concessionária é restabelecido o circuito de controle inicia a transferência e a sequência de parada do grupo gerador. O modo de operação manual é utilizado para dar partida no gerador, porém seu início não é automático. É necessária a intervenção humana para a comutação entre as fontes de energia.

4.8 LÓGICA DE CONTROLE DO GMG

A lógica de controle do GMG é processada pelo módulo microprocessado k30 e tem a função de supervisionar alarmes e todas as funções do GMG, comandar partida e parada, e liberar o fechamento do contator/disjuntor do GMG no QTA. De acordo com o manual do fabricante, algumas das funções lógicas de controle são:

- **Tentativa de partida do GMG:**A partida do GMG em modo de operação manual é executada pela tecla “PARTIDA”. Em modo de operação automática, o sinal de partida automática é enviado pelo sensor de tensão de REDE quando estiver fora dos parâmetros programados.

- **Falha na partida do GMG:**Esta situação ocorre quando o GMG, não atinge as condições de operação (rotação ou pressão mínima) depois de ocorrer à última tentativa de partida, que pode ser ajustado de um a três ciclos (partida e descanso), tanto para manual quanto para automático.

- **GMG em operação:** Esta situação ocorre quando o GMG atinge condições de operação, depois de ocorrer à tentativa de partida, e a inibição de partida. Com a ocorrência deste evento, o módulo do GMG inicia a contagem do tempo de estabilização, ajustável de 3s a 30s. A partir do momento em que o GMG entra em operação e se finda o tempo de estabilização é liberada as proteções do GMG, e logo em seguida caso não exista nenhum defeito é liberado o comando para fechamento do contator/disjuntor do GMG, tanto em manual como em automático.

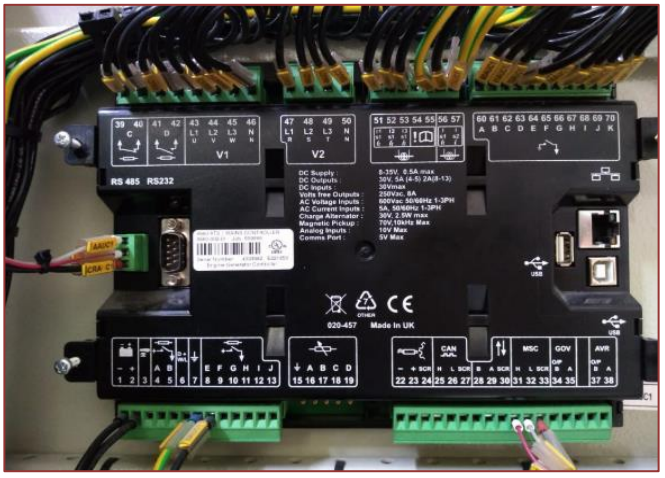
4.9 MÓDULO DE CONTROLE

A comunicação entre o supervisório e o módulo de controle é feita através de uma interface, padrão RS485 disponibilizado no próprio equipamento. O supervisório utiliza um protocolo próprio para interpretá-los.

Esses dados contêm o estado do grupo gerador e, caso seja verificado alguma anomalia um alerta em forma de alarme é visualizado na tela de supervisão do grupo gerador. Podendo assim atuar em alguns comandos disponibilizados pelo módulo de controle do Grupo Gerador na resolução de algumas falhas e através destes comandos é possível atuar na resolução de alguns defeitos que ocorrem na operação do GMG de forma remota.

O módulo de controle automático conectado ao GMG (Figura 3), ele faz a coleta dos dados dos sensores, atuadores, pressostato e transformadores de tensão. conta com um microcontrolador, um módulo RS232, um módulo RS485, um conversor de tensão e um micro USB para programação do microcontrolador. O hardware possui múltiplos tipos de conexão com o barramento externo, o que permite a coleta dos dados por meio do padrão serial da unidade de supervisão do gerador, e posteriormente a conversão para o padrão Modbus TCP/IP, que será utilizada para comunicação entre computadores.

Figura 3 – Módulo de controle automático.



Fonte: Os autores (2020)

4.10 SOFTWARE SUPERVISÓRIO

Os dados do GMG serão enviados para um computador com IP fixo, que faz o papel de servidor de dados para a rede local, Virtual Private Network (VPN). Este, por sua vez, disponibiliza os dados via Ethernet para os usuários conectados e com acesso a ele. No supervisório está à parte visual do sistema, por meio dele o usuário tem acesso aos dados disponibilizados pelo gerador, como pode ser visto na Figura 05. O software de comunicação pode ser baixado, gratuitamente pelo site da KVA. O usuário também pode cadastrar geradores e adicionar documentos, como mostra a Figura 4.

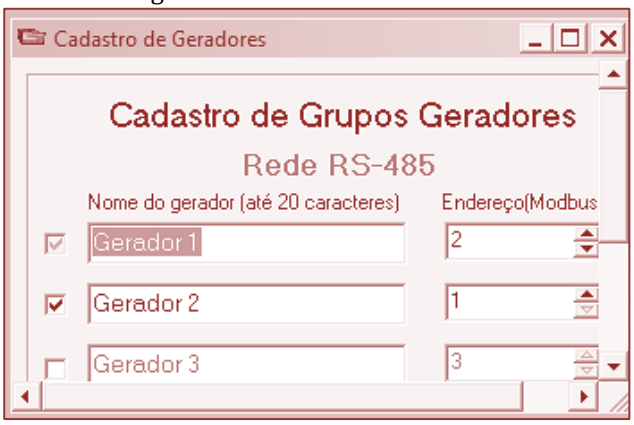
Figura 4 – Tela do Software Supervisório



Fonte: Os autores (2020)

Os protocolos e aplicações de acesso remoto permitem com que a maquina de um cliente tenha controle sobre a máquina servidora, o cliente pode manipular o servidor como se fosse sua máquina, portanto ele acessa aplicações, dados e os recursos que forem necessários (Figura 5). A imagem da máquina servidora é exportada para a máquina do cliente e este trabalha remotamente no ambiente do servidor. (PERREIRA, 2016).

Figura 5 – Cadastro de Geradores



Fonte: Os autores (2020)

Foram realizados testes de funcionamento, tanto em modo manual quanto em modo automático, sendo possível registrar dados que comprovem a adoção desta ferramenta como solução para o monitoramento do módulo de controle do grupo motor gerador.

O sistema de supervisão remota mostrou-se capaz de monitorar variáveis e registrar dados que podem ser utilizados para formar uma estratégia preditiva; informações sobre o consumo de combustível, necessidade de abastecimento, capacidade de fornecimento de energia para as cargas instaladas agora podem ser monitoradas, evitando falhas e consequentemente transtornos para empresa. As informações fornecidas pelo sistema de monitoramento possibilitaram a programação de manutenção preventiva para a análise de desempenho e consumo do GMG.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma metodologia para a implementação do monitoramento para um Grupo Motor Gerador (GMG), restabelecendo a operação e funcionamento, sendo possível entender a necessidade de se monitorar de forma remota este equipamento tão importe para o funcionamento da indústria. Demonstrando como implementar uma solução em supervisão remota do modulo de controle de um GMG com recursos disponíveis na própria empresa. Com o conhecimento adquirido em grupo gerador e em módulos de controle, pode-se dimensionar e especificar um sistema de supervisão funcional e que atendesse a necessidade. Todos os recursos de comunicação de dados utilizados no trabalho não relacionaram custo algum visto que, todas as estruturas de comunicação já estavam disponíveis na empresa para outros fins.

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, foram encontradas algumas dificuldades no que diz respeito ao conhecimento sobre rede de computadores e protocolos de comunicação. O que levaram a busca por novos conhecimentos, uma vez que os estudos referentes a GMG englobam basicamente o processo de geração de energia elétrica.

Para a comunicação entre o módulo de controle do GMG e o software de supervisão, seria necessário estabelecer um meio físico que possibilitasse o acesso remoto às informações provenientes do Gerador. A princípio, optou-se por um acesso Wi-Fi (Wireless Fidelity), porém a instalação de roteadores Wi-Fi foi inviabilizada pelo TI da empresa. Outra dificuldade foi definir se usaríamos um computador ou outro equipamento como RaspBerry ou Arduino,para o software de supervisão. Optou-se por um computador pela facilidade que teríamos em somente configurá-lo e conectá-lo na rede privada da empresa.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT NBR ISO 8528-5:2014. Grupos geradores de corrente alternada acionados por motores alternativos de combustão interna. 2015

[2] ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. 1ª. ed. Brasília: CEDOC, v. I, 2002. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf. Acesso em: 19 set. 2019.

[3] ANEEL. Capacidade de Geração do Brasil. ANEEL, 2019. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm. Acesso em: 8 Set. 2019.

[4] KVA artigos técnicos: http://kva.com.br/kva2.0/index.php/produtos/controladores-para-geradores/item/controlador-automatico-para-grupo-gerador-k30pdf Acesso 21 out 2019

[5] MOTA FILHO, João Eriberto. Análise de Tráfego em Redes TCP/IP. Novatec, 2013.NBR 5410 – 2014. Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

[6] NETO, J. P. AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO A TECNOLOGIA GPRS. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. CURITIBA, p. 29. 2013.

[7] OLIVEIRA, R. R. USO DO MICROCONTROLADOR ESP8266 PARA AUTOMAÇÃO. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 42. 2017.

[8] ONS. Operador Nacional do Sistema. Sobre ONS - RESERVATÓRIOS, 2019. Disponível em: http://www.ons.org.br/pt/paginas/energiaagora/reservatorios. Acesso em: 01 dez. 2019.

[9] PEREIRA, Jose Claudio. Grupos Geradores. Brasil, Eng. José Claudio Pereira, 2006. Disponível em: http://www.joseclaudio.eng.br/grupos_geradores_5.html. Acesso em: 17 set. 2019.

[10] PEREIRA, Jose Claudio. Grupos Geradores-Sistemas de Controle. Brasil, Eng. José Claudio Pereira, 2006. Disponível em: http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/controles.pdf. Acesso em: 18 out. 2019.

[11] PEREIRA, F. Microcontroladores PIC - Programação em C. 7ª. ed. São Paulo: Érica, 2009. 306 p.

[12] PROCEL. Ministério de Minas e Energia (MME): Conceitos de Energia Elétrica, 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ_Elet_Conceitos_Q ualid_Tarif_Eletr_Procel-04.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

[13] QUINTAS, Antônio Rocha. Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados SCADA. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/aiwww_apel/files/Movicon_TUTORIAL_guiao_fev2006. pdf. Acesso em 14 out. 2019.

[14] REGAZZI, R. D.; PEREIRA, P. S.; SILVA JR, M. F. SOLUÇOES PRATICAS DE INSTR. E AUTOMAÇAO - LABVIEW. 1ª. ed. Rio de Janeiro: KWG, 2015. 456 p.

[15] ROSIQUE, Martín. Grupos Geradores Energia sem Fronteiras. África, Mosa Infraestrutura, 2018. Disponível em: http://www.mosa.pt/media/File/noticiasprensa/articulo-MOSA-Infraestruturas-Africa-n01-Outubro09.pdf. Acesso em: 03 dez. 2019.

[16] SILVA, Ana Paula Gonçalves da; SALVADOR, Marcelo. O que são sistemas supervisórios? Porto Alegre: Elipse Software S/A, 2005. v.2 . Disponível em:http://www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf Acesso em 14 de Out. 2019.

[17] STEMAC, Artigos Técnicos. O que são Grupos Geradores. Brasil, Stemac Grupo Geradores, 2011. Disponível em: http://www.blogstemac.com.br/artigos-tecnicos/o-que-sao-grupos-geradores. Acesso em 14 de jan. 2020.

Capítulo 19

Modelagem de séries temporais aplicadas na previsão de demanda consumida de energia elétrica em uma empresa de Manaus-AM

Rivaldo Ribeiro Marinho
Livia da Silva Oliveira
Cláudia de Melo Sampaio
Igor Góes Fernandes

Resumo**:** Com o crescente aumento no consumo de demanda de energia, as previsões de consumo se tornam cada vez mais necessárias para planejamentos estratégicos dentro das organizações. Nesse intuito este estudo teve como propósito desenvolver a aplicação de séries temporais para previsão de demanda consumida de energia de uma empresa X, onde foi analisada a série histórica de consumo mensal referente aos anos de 2015 a 2019, validando a eficácia da aplicação de séries temporais quando utilizadas na previsão de demanda de energia. Dois métodos de análise de previsão em séries temporais foram aplicados para realizar uma comparação entre os mesmos. A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento da aplicação dos métodos da série temporal em estudo foi a linguagem R, por ser uma linguagem de rápida compreensão e com grande eficácia na análise de dados. Após a comparação dos resultados dos dois métodos de análise utilizados identifica-se a superioridade de um dos métodos, por seus resultados aproximarem-se de forma significativa da realidade.

Palavras-Chave: Previsão de consumo, modelos de previsão, série temporal,

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade com o passar dos anos tem desempenhado um papel de suma importância para o desenvolvimento da vida humana, ao acender uma lâmpada, conectar um notebook na tomada, entrar em um elevador, e para realizar a maioria das atividades do nosso dia a dia a eletricidade se faz presente. É difícil imaginar os dias atuais sem a presença dela, tanto por parte do cidadão comum quanto no caso das empresas, seja ela de qualquer ramo, pois para se manter em plena atividade, dependem da energia para a produção de bens e serviços. (GROSS et al., 2017).

É notório que a energia elétrica é um elemento fundamental quando se fala de produção e desenvolvimento econômico nacional, podendo ser obtida a partir do gás natural, óleo diesel, da força dos ventos, do sol, do movimento das ondas do mar e pela força hidráulica da água armazenada em reservatórios. Além de ser um forte indicador de crescimento, de acordo com a proporção em que as indústrias e residências tendem a demandar por mais energia elétrica, mostrando indícios de que o país está apresentando crescimento econômico. (TABOSA et al., 2017).

Logo, com o crescimento da população, e o grande progresso tecnológico, a economia emergente tem impulsionado o aumento da demanda por energia elétrica em todo o mundo. Onde para lidar com esse crescimento constante, as previsões de carga são frequentemente revisadas, com o propósito de utilizar o planejamento da expansão de médio e longo prazo. (CASSIANO et al., 2015).

No Brasil a demanda de consumo de energia elétrica tem crescido de forma considerável. Dados de 2015 mostram que a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) alcançou 615,9 TWh de geração de energia. De acordo com projeções feitas para o ano de 2016, espera-se um crescimento de 0,5% no consumo total de energia no sistema interligado nacional (SIN) em relação ao ano de 2015. No qual esse aumento pode ser explicado pela variação das taxas das classes residenciais (2,4%) industriais (-2,4%), comerciais (2,4%) e outras (1,7%). (SOCCOL et al.,2016).

Dessa forma com o grande crescimento da demanda de consumo de energia elétrica no Brasil e no mundo, se torna necessário realizar estudos que sejam capazes de estimar quais serão as tendências de consumo energético no futuro, para que possa servir como guia para as organizações em seus planejamentos estratégicos. Logo as previsões estatísticas se tornam uma possível ferramenta para realizar previsões em longo prazo.

A partir da evidente necessidade que se tem em conhecer a futura demanda de energia elétrica nas organizações consumidoras, o presente trabalho buscará propor a aplicação de séries temporais como uma alternativa para a previsão de futuras demandas de energia elétrica em empresas que possuem demanda contratada de energia, visando demonstrar a viabilidade técnica da aplicação de séries temporais, para a previsão de demanda de energia elétrica.

Partindo desse preceito foram realizadas a análises da série mensal de demanda de consumo de energia elétrica de uma empresa, buscando prevê a demandas futuras de consumo, a partir da aplicação de dois modelos de séries temporais distintos, para que se possa comparar os modelos e selecionar aquele que apresentar o melhor desempenho. E por fim demonstrar a relevância da realização de previsões de demanda de energia elétrica quando gerados a através da aplicação de modelos de séries temporais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SETOR ELÉTRICO

O setor elétrico brasileiro possui sua grande importância reconhecida como uma indústria de base, responsável por impulsionar grande parte das atividades econômicas do país, além de estar ligada diretamente a melhoria da qualidade de vida das várias populações que são beneficiadas. Possuindo como os principais setores consumidores de energia elétrica no Brasil, a indústria com 32,5%, o transporte com 32,2%, consumidores residenciais com 9,6%, energético com 19,7%, agropecuário com 4,4% e serviços com 4,8%. Assim chegando a cerca de 81 milhões de consumidores.

O Brasil possui como sua principal fonte de geração de energia a hidrelétrica (água corrente dos rios), que corresponde por 62% de toda capacidade instalada em operação, seguida pelas termelétricas (gás natural, carvão mineral, combustíveis fosseis, biomassa e nuclear), representando 28%. O restante possui origem de usinas eólicas (energia dos ventos) e importação da energia de outros países. As unidades geradoras são responsáveis pela produção de energia, logo em seguida as transmissoras possuem a tarefa de realizar

o transporte da geração até os centros consumidores, de onde as distribuidoras levam até o destino final, a casa dos cidadãos. (ANEEL, 2019).

2.2 SISTEMA TARIFÁRIO BRASILEIRO

A tarifa hoje a tarifa cobrada no Brasil é composta basicamente pelo preço da energia produzida nos grandes centros de produção, e pelo transporte da eletricidade, onde estão incluídos os custos de transmissão e distribuição, e os encargos setoriais. Onde ademais incide sobre a tarifa tributos como a contribuição de Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e contribuição para iluminação pública das cidades, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) tem desenvolvido metodologias de cálculo tarifário para o segmento do setor elétrico, no qual envolvem (geração, transmissão, distribuição e comercialização), no entanto tem considerado fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos a mocidade tarifaria e sinalização ao mercado. (ANEEL, 2017).

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES

A classificação dos consumidores de energia elétrica é feita em dois grandes grupos: livres e cativos. Os consumidores cativos podem ser residenciais, comerciais ou industriais, esses compram a energia elétrica unicamente da distribuidora local, mediante tarifa regulada. Já os consumidores livres são os grandes consumidores industriais ou comerciais, esse tipo de consumidor pode escolher por continuar a ser atendido pela distribuidora local ou comprar a energia elétrica diretamente de um produtor independente ou autoprodutores. (THOMAZ, 2017).

Os consumidores que recebem o fornecimento de energia elétrica da concessionária em baixa tensão, geralmente em 127 V ou 220 V (Volts), são classificados no grupo B. Este grupo abrange residências, instalações rurais, iluminação pública e outros demais consumidores. Há também os consumidores que são atendidos em alta tensão, geralmente acima de 2,3 KV (quilovolts), ou ainda, consumidores atendidos com nível de tensão inferior a 2,3 KV a partir de sistemas subterrâneo de distribuição, estes são classificados no grupo A. Esse grupo abrange industrias, shopping centers, assim como também, edifícios comerciais. Conforme a classificação dos consumidores, a empresa em estudo faz parte do grupo A (DONADELLO, 2017).

2.4 DEMANDA CONTRATADA

Conforme a resolução 414 da ANEEL, a demanda de energia elétrica nada mais é do que a média das potências elétricas ativas ou reativas, que são solicitadas ao sistema elétrico de potência brasileiro, pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora em questão, durante um intervalo de tempo especificado, a demanda é expressa em quilowatts (kW). (DAVID et al.,2016).

A demanda contratada é a potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme o valor e período de vigência pré-estabelecidos em contrato, e deve ser paga integralmente, independente se foi utilizada ou não em sua totalidade. Sendo um dos mais importantes itens do contrato de fornecimento. Se dimensionado acima da necessidade da unidade consumidora, onerará desnecessariamente a conta de energia da unidade, e se dimensionada abaixo, o consumidor receberá a aplicação da tarifa de ultrapassagem, caso a ultrapassagem exceda a tolerância permitida pela legislação. (SCHUTZE, 2015).

2.5 SÉRIES TEMPORAIS

Séries temporais podem ser definidas como um conjunto de dados numéricos obtidos com uma determinada frequência de tempo. No qual são o meio mais utilizado para a previsão de valores pois, implicitamente fornecem um meio de ponderação dos dados para o cálculo de valores futuros, além de proporcionarem a identificação de padrões estruturais com componentes sazonais ou tendências nos valores analisados. (SANTOS, 2015).

As séries temporais podem ser decompostas em quatro componentes: tendência (tem como propósito analisar o deslocamento da série ao longo dos anos), ciclo (verifica o movimento ondulatório que tende a ser periódico ao longo do tempo), sazonalidade (é o estudo do movimento ondulatório no curto prazo, geralmente inferior a um ano) e a aleatoriedade (fatos ocorridos aleatoriamente durante a série, picos e vales fora da média) (LIMA; CASTRO; CARTOXO, 2018). Podem ser classificadas como: estacionarias ou não estacionarias, as series estacionarias são aquelas que se desenvolvem em um espaço de tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante no qual reflete alguma forma de equilíbrio estável na série em questão. Já a série não estacionaria é aquela que possui uma tendência horizontal, e não possui variações cíclicas ou sazonais. (MORETTIN; TOLOI, 2018).

Segundo Bortoletto et al. (2016), analisar e testar a base de dados estudada antes de seguir com a previsão é de suma importância para que se tenha sucesso na aplicação dos modelos preditivos. Partindo deste pressuposto deve-se utilizar testes estatísticos para estudar as características da série em análise. O Quadro 1 apresenta um resumo geral dos testes estatísticos populares.

Quadro 1 – Testes estatísticos usados no estudo de comportamento de séries temporais

Aspecto	Testes Estatísticos	Detalhes	Referências
Normalidade	Anderson - Darling; Shapiro Wilk; Kolmogorov– Smirnov.	Estes testes tem por objetivo comparar as características das distribuições; como simetria e curtose, de dados amostrais com distribuições teóricas.	Royston (1982); Conover(1999); Farrel& Stewart (2006); Razali(2011).
Sazonalidade	Kruskal– Wallis.	Estuda a hipótese de que várias amostras são da mesma população através do "Ranqueamento" das observações analisadas.	Atman(1991); Conover(1999); Morettin(2018).
tendência	Cuzick; Mann-kendall	Aplicado para comparar se as medianas de duas amostras são iguais em situações em que as amostras são independentes e igualmente distribuídas.	Nelson(1982); Cuzik(1985); kendall(1990); Atman(1991); Morettin(2018).
Estacionariedade	Dickey - Fuller; Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS).	Estes testes, tem como objetivo analisar se a variável em estudo possui raiz- unitária. Logo se a variável possuir raiz-unitária, tem -se que a mesma foi gerada por um processo estacionário. O teste também supõe que o termo de erro é não correlacionado.	Dickey(1979); Nelson(1982); Hamilton(1984); Gujarati(2011); Carvalho (2019).
Correlação	Correlação de Pearson;Correlação de Spearmam; Durbin-Watson; Box-Pierce.	Mensura o quanto a variável dependente é explicada pela independente. E determina o grau de variância comum entre as variáveis.	Davidson(1993); Conover(1999); Gujarati(2011); Box(1970).

Fonte: Bortoleto et al. (2016)

2.6 MODELOS PREDITIVOS EM SÉRIES TEMPORAIS

Os modelos de previsão se fundamentam, na maioria das vezes, na ideia de que as observações passadas possuem informações com o padrão de comportamento da série analisada, o Quadro 2 mostra os dois principais métodos de previsão de séries temporais.

Quadro 2– Modelos para análise em predição de séries temporais

Modelos de Previsão	Descrição	Referências
Suavização Exponencial; Métodos de Holt-Winters	O modelo de suavização exponencial se trata de uma técnica na qual é realizada atribuição pesos iguais para dados passados, os pesos atribuídos para os dados históricos são decrescentes exponencialmente à medida que os dados vão se tornando cada vez mais antigos. Logo, os dados mais recentes possuem uma influência maior nos resultados das previsões que os mais velhos. O modelo de Holt- Winters leva em consideração a sazonalidade e/ou a tendência da série em estudo. A componente sazonal pode ser aditiva ou multiplicativa. Para o método aditivo, a sazonalidade é somada à tendência da série em estudo, já no método multiplicativo, a sazonalidade é multiplicada pela tendência.	Martin*et al*.(2015).
Modelo Arima (p, d,q): Autoregressivos Integrados médias moveis.	Os modelos arima são comumente utilizados para ajuste de dados temporais, também conhecidos como modelos de Box & Jenkins ou modelos autoregressivos integrados de medias moveis, possuem o pressuposto de que o processo a ser modelado é estacionário de segunda ordem, ou seja, a média e a variância são constantes ao longo do tempo, e a correlação possui dependência somente da defasagem entre as observações. Logo estes modelos se baseiam na estrutura da função de Autocorrelação (FAC) e da Função de Autocorrelação Parcial (FACP) da Série em estudo, nas quais são identificados os parâmetros q (referente à média-móvel) e p (referente à parte auto regressiva) do modelo respectivamente. Em situações em que a série não seja estacionaria, o ajuste é possível realizando transformações através de diferenças sucessivas para tornar a série estacionaria. O número de diferenças necessárias para tornar a série de dados estacionários representa o valor do parâmetro de integração *d*.	Freitas (2016).

Fonte: Os autores (2020)

No Quadro 3 é possível visualizar suas respectivas equações características que buscam descrever cada modelo. No entanto é importante evidenciar que existem outros métodos de previsão. O intuito dos métodos de análise são distinguir o padrão de qualquer ruído que possa estar contido nas observações e, a partir desse padrão usar o mesmo para se prever valores futuros da série (KASMIN et al., 2014).

Quadro 3 – Equações características dos modelos de séries temporais

Modelos	Equações
Suavização Exponencial; Método de Holt-Winters (HW)	$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$ $S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-1}$ $HW = F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$
Autoregressivos Integrados de Médias Móveis (ARIMA)	$AR = C + \emptyset_1 Y_{t-1} + \cdots + \emptyset_p Y_{t-p}$ $MA = C + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$ $I_1 = Y'_t = Y_t - Y_{t-1}$ $I_2 = Y''_t = Y'_t = Y'_{t-1} = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$ $ARIMA = F_t = AR + 1 + MA$

Fonte: Bortoletto et al. (2016)

Onde, Y_t se trata do valor observado no período t; F_t são os valores previstos para o período t; α, β e γ são os pesos e/ou coeficiente das expressões; L_t é a componentedo cálculo relativo ao nível da série; b_t é a componente do cálculo relativo a tendência da série; S_t é a componente do cálculo relativo a sazonalidade da série; s refere-se ao tamanho do ciclo sazonal; m é o período a frente a ser previsto; c é a constante ou ponto de intercepto; $\emptyset_p$ é o coeficiente do fator autoregressivo; θ_q é o coeficiente do fator de média-móvel; Y'_t são componentes das diferenças tomadas da série; ε_t são erros aleatórios e b é o coeficiente angular que minimiza os quadrados dos erros.

2.7 METRICAS DE DESEMPENHO

As medidas de desempenho são usadas para verificar os erros da previsão do modelo, e têm como base o cálculo de erro de previsão de um período a frente no tempo *t,* é demonstrado pela diferença entre o valor de sequência de entrada no tempo (Yi) assim como a previsão no mesmo instante ($\hat{Y}i$) no qual "n" é o número de previsões em análise. (PONTES, 2018).

MAE – Erro Absoluto Médio (Mean Absolute Erro)

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\mathrm{Yi} - \hat{\mathrm{Y}}\mathrm{i}\right| \quad (1)$$

RMSE - Raiz do Erro Quadrático Médio (Root Mean Squared Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\mathrm{Yi} - \hat{\mathrm{Y}}\mathrm{i}\right)^2} \quad (2)$$

MAPE – Erro Percentual Absoluto Médio (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{\mathrm{Yi} - \hat{\mathrm{Y}}\mathrm{i}}{\mathrm{Yi}}\right| \times 100 \quad (3)$$

É importante ressaltar que existem outras métricas de desempenho, no entanto neste estudo foram utilizadas as MAE (Erro absoluto Médio), RMSE (Raiz do erro médio) e MAPE (erro percentual absoluto médio).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo elegeu a pesquisa científica aplicada, de natureza descritiva como ferramenta de abordagem metodológica quantitativa e hipotética dedutiva, pois foi realizada a análise da série mensal e a previsão de demanda de energia futura em uma empresa X, onde os dados coletados referem-se a série mensal do consumo de energia elétrica no período de 2015 a 2019, totalizando 60 observações. As previsões foram realizadas utilizando os modelos de séries temporais Arima e Suavização exponencial de Holt Winters.

3.1 ANÁLISE DOS DADOS

Para o desenvolvimento deste estudo a linguagem de programação utilizada foi a linguagem R, juntamente com o software R (R Development Core Team, 2019) cuja competência para projetos que envolvem conhecimentos matemáticos e estatísticos é reconhecida amplamente na comunidade de desenvolvedores. A Figura 1 apresenta as bibliotecas utilizadas, dando destaque para a biblioteca forecast responsável por conter a maioria das funções para a análise de dados.

Figura 1- Bibliotecas utilizadas no estudo

```
2  BIBLIOTECAS
3  library(forecast)
4  library(ggplot2)
5  library(tseries)
6  library(stats)
```

Fonte: Os autores (2020)

Foram realizados testes estatísticos, para se conhecer o perfil dos dados em estudo, buscando analisar a tendência, onde foi usada a função decompose oriunda da biblioteca *stats* para verificar a tendência da série,para verificar sazonalidade foi usada a função ggseasonplot oriunda da biblioteca *forecast*, para verificar a estacionariedade utilizou-se a função adf.test (teste de Dickey-fuller) oriunda da biblioteca *tseries*, a correlação foi analisada com aplicação da função tsdisplay oriunda da biblioteca *forecast* e para verificar a normalidade dos dados utilizou-se a função shapiro.test, oriunda da biblioteca *stats*. A Figura 2 mostra parte do código utilizado na aplicação dos testes descritos.

Figura 2 – Linhas de Código testes estatísticos

```
#tendencia
dec = decompose(stdemanda)
autoplot(dec)
autoplot(dec$trend)


#sazonalidade
ggseasonplot(stdemanda, main= "Sazonalidade da série temporal", xlab = "Meses")
#filtrando a serie para que se possa vê a sazonalidade somente nos anos de 2018 e 2019
ggseasonplot(window(stdemanda, start = c(2018)))

#estacionariedade
adf.test(stdemanda, c("stationary", "explosive"),
         k = trunc((length(stdemanda)-1)^(1/3)))


#Autocorrelação dos dados- diagrama de correlação e auto correlação parcial.
tsdisplay(stdemanda, main = "Demanda")
tsdisplay

#Normalidade
shapiro.test(stdemanda)
```

Fonte: Os autores (2020)

3.2 MODELOS DE PREVISÃO

Após feita a análise estatística foram desenvolvidos dois programas utilizando a linguagem R, onde esses programas foram criados com o auxílio do software R. O primeiro programa conforme é apresentado na Figura 3, usou o modelo arima usando a função auto.arima oriunda da biblioteca *forecast* para criar um modelo preditivo a partir dos dados em estudo.A previsão de consumo de demanda de energia da empresa x foi realizada através da função forecast oriunda da biblioteca *forecast,* para os próximos dois anos (2020 e 2021), a partir dos dados de demanda coletados nos anos anteriores de 2015 a 2019.

Figura 3– Linhas de Código modelo Arima

```
modelo = auto.arima(stdemanda, trace = T, stepwise = F, approximation = F)
print(modelo)
#Resultado Best:ARIMA(0,0,0)(1,1,1)[12]

#Coefficients:
#  sar1     sma1
#-0.1187  -0.7759
#s.e.   0.3831   0.8911

#sigma^2 estimated as 5352:  log likelihood=-279.25
#AIC=564.49   AICc=565.04   BIC=570.11

#Inciando a Previsão para os priximos 2 anos
previsaodemanda =forecast(modelo, h=24)
print(previsaodemanda)
autoplot(previsaodemanda, main = "Previsão Arima (0,0,0)(1,1,1)[12]", xlab = "Anos"
```

Fonte: Os autores (2020)

O segundo programa conforme é mostrado na Figura 4, utilizou-se o modelo de suavização exponencial de Holt Winters, onde foi utilizada a função holtwinters, oriunda da biblioteca *forecast* para se encontrar os

parâmetros de α (alfa), β (beta) e γ (gama). E para realizar a previsão de demanda de consumo de energia da empresa para os anos (2020 e 2021), foi usada a função forecast oriunda da biblioteca f*orecast.*

Figura 4 – Linhas de código de suavização exponencial.

```
77  #Previsão Suavização exponencia Holt Winters
78  modelosuavização = HoltWinters(modelosuavização, seasonal ="multiplicative")
79  plot(modelosuavização)
80  print(modelosuavização)
81  prev1 = forecast(modelosuavização, h=24, levels = c(85, 90))
82  autoplot(prev1, main= "Previsão Holt Winters", xlab= "Anos", ylab = "Demanda")
83  print(prev1)
```

Fonte: Os autores (2020)

3.3 MÉTRICAS DE DESEMPENHO E PREVISÃO DE DEMANDA

A partir dos dois modelos utilizados para a previsão de demanda de energia da empresa X, foi feita a comparação dos resultados obtidos, a partir das métricas de desempenho de cada modelo aplicado, de forma que foram separados os dados de 2015 a 2017 para treino, e 2018 a 2019 para teste, onde a função acccuracy oriunda da biblioteca *forecast* foi utilizada para calcular os erros de previsão MAE, RMSE e MAPE, para que fosse possível comparar os valores reais e os valores previstos a fim de selecionar o melhor modelo que mais se aproxime da realidade. A Figura 5, mostra parte do código utilizado para se verificar o desempenho de cada modelo.

Figura 5 – Código de verificação de desempenho de cada modelo

```
87  #treino/teste
88  BASEDADOS = ts(BASEDADOS, start = c(2015, 1), end = c(2019,12), frequency = 12)
89  stdemanda = BASEDADOS[,3]
90  demandatreino = window(stdemanda, start = c(2015,1), end = c(2017,12))
91  demandateste  = window(stdemanda, start = c(2018,1), end = c(2019,12))
92
93  #comparando o modelo arrima e suavização exponencial
94  plot(preverarima, main = "Previsão entre os modelos Arima e Holtwinters")
95  lines(preveretsimean, col="red")
96
97  #comparando a precisão dos modelos
98  accuracy(preverarima,demandateste)
99  accuracy(preverets,demandateste)
100 plot(stdemanda)
101 lines(preverarimaimean, col="blue")
102 lines(preveretsimean, col="green")
103
```

Fonte: Os autores (2020)

A partir do melhor modelo foi usado a função *print* para imprimir os dados gerados da previsão do modelo selecionado (Figura 6). A função *forecast* realiza a previsão dos valores, logo em seguida a função *print* faz a impressão dos dados na tela. E a função *autoplot* foi usada para visualizar o gráfico de previsão do modelo, gerados usando os dados previstos.

Figura 6 – Código para a impressão dos valores previstos

```
73  previsaodemanda =forecast(modelo, h=24)
74  print(previsaodemanda)
75  autoplot(previsaodemanda, main = "Previsão Arima (0,0,0)(1,1,1)[12]", xlab = "Anos"
76
```

Fonte: Os autores (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados da empresa X, conforme é mostrado na Tabela 1, onde são apresentados os dados de consumo de demanda de energia mensal da empresa nos anos de 2015 a 2019, possibilitou- se o reconhecimento das características de comportamento da utilização de energia elétrica na empresa X.

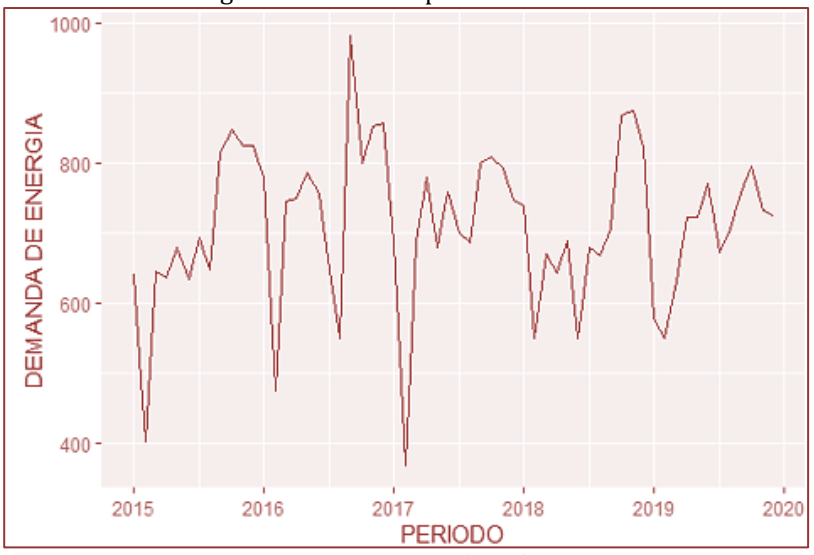
Tabela 1 - Demanda de energia consumida por mês pela empresa X

DATA LEITURA	DEMANDA EM KW	DATA LEITURA	DEMANDA EM KW	DATA LEITURA	DEMANDA EM KW
01/01/2015	640	01/09/2016	982	01/05/2018	688
01/02/2015	403	01/10/2016	800	01/06/2018	550
01/03/2015	645	01/11/2016	851	01/07/2018	679
01/04/2015	636	01/12/2016	857	01/08/2018	668
01/05/2015	678	01/01/2017	685	01/09/2018	706
01/06/2015	634	01/02/2017	367	01/10/2018	867
01/07/2015	692	01/03/2017	689	01/11/2018	875
01/08/2015	648	01/04/2017	779	01/12/2018	823
01/09/2015	816	01/05/2017	680	01/01/2019	577
01/10/2015	847	01/06/2017	759	01/02/2019	550
01/11/2015	825	01/07/2017	700	01/03/2019	631
01/12/2015	824	01/08/2017	685	01/04/2019	723
01/01/2016	779	01/09/2017	800	01/05/2019	723
01/02/2016	474	01/10/2017	808	01/06/2019	769
01/03/2016	746	01/11/2017	792	01/07/2019	672
01/04/2016	750	01/12/2017	748	01/08/2019	706
01/05/2016	787	01/01/2018	738	01/09/2019	756
01/06/2016	757	01/02/2018	550	01/10/2019	796
01/07/2016	648	01/03/2018	669	01/11/2019	731
01/08/2016	550	01/04/2018	643	01/12/2019	725

Fonte: Os autores (2020)

Com os dados coletados foi possível plotar a série temporal em estudo conforme é apresentado na Figura 7, onde observa-se indícios de tendência e sazonalidade, as quais são componentes fundamentais para a análise de séries temporais. Estas mesmas propriedades também foram identificadas por Gontijo et al. (2017) em seu estudo sobre o consumo industrial de energia elétrica: Um estudo de caso comparativo entre métodos preditivos.

Figura 7 – Série temporal em estudo

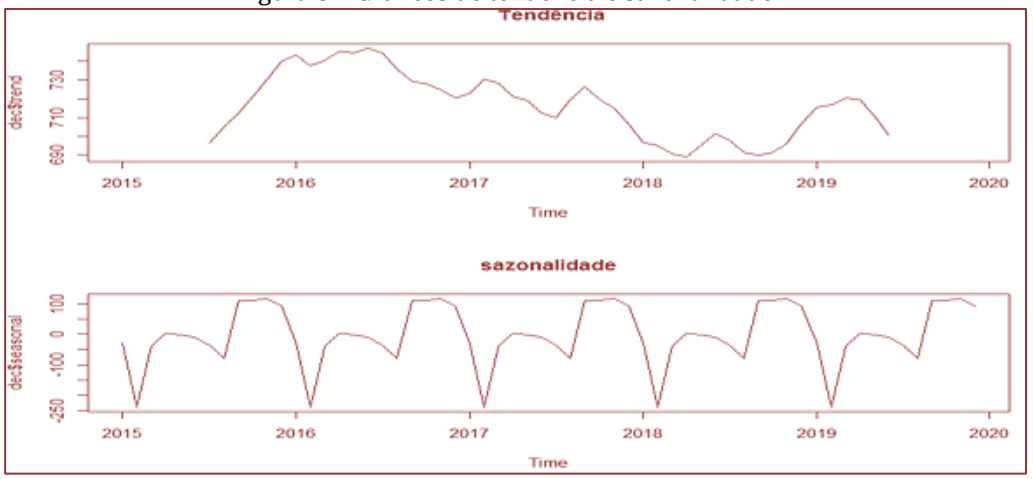


Fonte: Os autores (2020)

Realizando- se a decomposição da série em estudo pode-se observar claramente a tendência existente na série com um padrão de crescimento e decrescimento conforme é apresentado no gráfico “tendência” na Figura 8, que, por volta do ano de 2015, quando a empresa X, iniciou suas atividades, obteve um grande aumento no seu consumo de energia, resultado que se manteve em alta até julho de 2016. No entanto pode-se observar também que a partir de setembro do mesmo ano, quando a empresa adotou estratégias de eficiência energética para reduzir os gastos de eletricidade na empresa, nota-se que o consumo de energia diminuiu bastante. No gráfico “sazonalidade” da (Figura 8), é possível notar com clareza o alto índice de sazonalidade onde os padrões de comportamento da séries e repetem em épocas específicas do

ano, como pode-se observar que em fevereiro de cada ano, o consumo de demanda de energia da empresa X, tende a diminuir drasticamente, se repetindo a cada ano, consolidando um padrão sazonal.

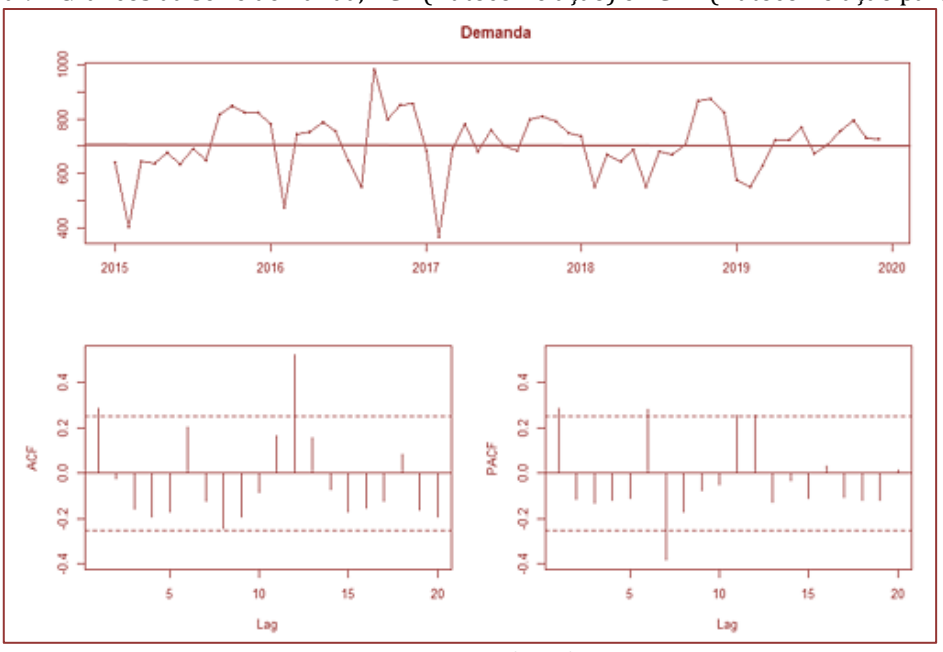
Figura 8 – Gráficos de tendência e sazonalidade



Fonte: Os autores (2020)

A partir de testes estatísticos apropriados utilizados, foi possível analisar a estacionariedade da série em estudo, com aplicação do teste *de Dickey- Fuller*. Obteve-se um p-value = 0.01, onde *Ho* = A série é não estacionaria e *H1* = A série é estacionaria. Para o nível significância de 5% adotado rejeita-se a hipótese nula (*Ho*), portando a série é estacionaria. O resultado pode ser observado também no gráfico "demanda" da Figura 9, onde a série se desenvolve no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante de 714.5, conforme é demarcado pela linha vermelha, refletindo uma forma de equilíbrio estável, no qual caracteriza a estacionariedade da série em estudo.

Figura 9 - Gráficos da série demanda, ACF (Autocorrelação) e PCAF (Autocorrelação parcial)



Fonte: Os autores (2020)

Os gráficos de ACF (Função de Autocorrelação) e PCAF (Função de Autocorrelação parcial) da Figura 9, apresentam a correlação dos dados em estudo, onde nograficico ACF pode-se notar um padrão cíclico de dispersão com sazonalidade. Já o gráfico de autocorrelação parcial apresenta vários pontos de correlação entre os valores da mesma variável. Atraves da plicação do teste shapiro-Wilk verificou-se a normalidade

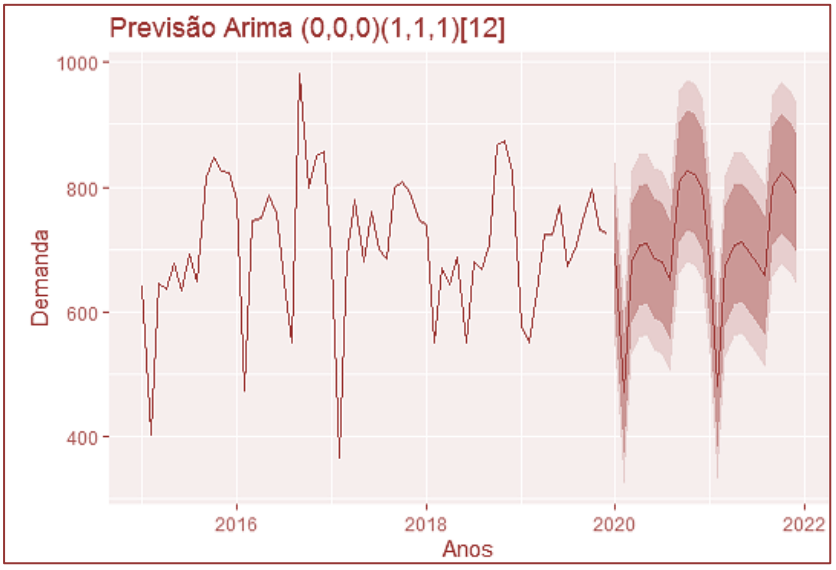
da série em estudo, no qual obteve-se um w= 0.961 e um p- valor = 0.06.Onde *Ho* = os dados estão normalmente distribuídos e *H1*= os dados não estão normalmente distribuídos. Logo, a hipotese nula não foi rejeitada, com 95% de confiança que os dados estão normalmente distribuidos.

4.1 MODELOS

O primeiro programa desenvolvido utilizando o método arima, determinou o melhor modelo de previsão a partir da aplicação da função *auto.arima*, oriunda da biblioteca *forecast*. Onde o mesmo determinou o melhor modelo como sendo: Arima (0,0,0) para parte não sazonal, e (1,1,1) para a parte sazonal,onde a seleção do melhor modelo é feita através dos índices de AIC (Akaike Information Criterion) e BIC (Bayesian Information Criterion) que são valores de ajuste de modelos baseados na verossimilhança sendo o modelo escolhido é aquele que apresentar os menores índices (ALBUQUERQUE et al., 2020). Abreu; Souza; Oliveira (2018), em seu estudo estipulou o modelo ótimo para cada conjunto de dados amostral, através do índice de AIC, na qual possibilitou a escolha do melhor modelo para a aplicação do seu estudo.

Na Figura 10 é apresentado o gráfico com as previsões (na cor azul) para os anos de 2020 e 2021, gerados a partir do modelo arima usando a função *forecast* oriunda da biblioteca*forecast*. Analisando o gráfico, pode-se observar que a previsão fez a captura de forma correta da tendência e sazonalidade da série, para os próximos 2 anos.

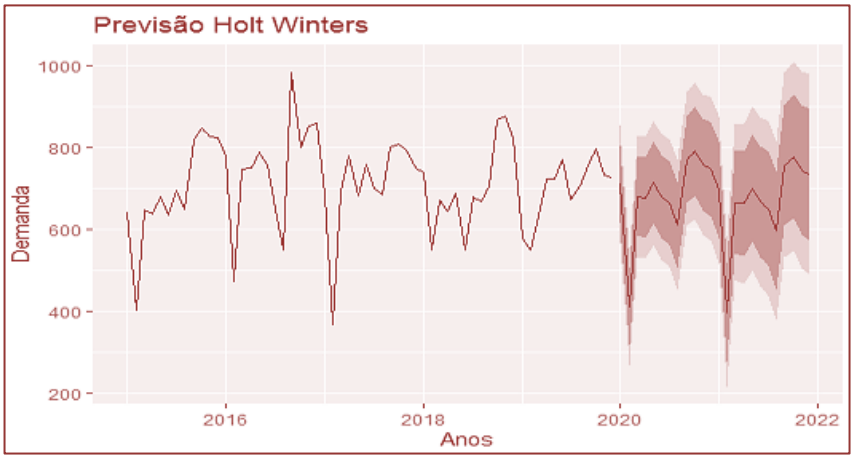
Figura 10 – Previsão Arima do consumo de energia da empresa x para os anos de 2020 e 2021



Fonte: Os autores (2020)

O segundo programa desenvolvido a partir do método de suavização exponencial de Holt Winters determinou os parâmetros de alfa, beta e gama utilizando a função *HoltWinters*, oriunda do pacote *stats.* Onde optou-se pelo modelo multiplicativo e teve-se como resultados os parâmetros α (alfa) = 0.13 no qual valor próximo de 1 indica que os valores passados estão com um peso maior no cálculo dos valores futuros. O parâmetro β (beta) = 0.08 indica que as tendências observadas nos dados mais antigos estão sendo consideradas nos valores futuros do modelo. O parâmetro γ (gama) = 0, demonstra que a sazonalidade identificada nos dados mais recentes não está sendo considerada nos valores futuros. Na Figura 11, é apresentado o gráfico com as previsões (na cor azul) para os anos de 2020 e 2021, gerados a partir do modelo de suavização exponencial Holt Winters, usando a função *forecast* oriunda do pacote *forecast*.

Figura 11 - Previsão suavização exponencial do consumo de energia da empresa x para os anos de 2020 e 2021



Fonte: Os autores (2020)

Analisando o gráfico, pode-se observar que a previsão fez a captura de forma correta da tendência e estacionariedade da série, para os próximos 2 anos. Martin et al. (2015) em seu estudo sobre a análise de séries temporais para previsão da evolução do número de automóveis no município de Joinville, usou a aplicação do modelo de Holt Winters onde após realizar os testes de normalidade e correlação optaram pelo modelo multiplicativo, após constatarem a presença da sazonalidade e tendência na série em estudo.

4.2 DESEMPENHO E DEMANDA PREVISTA

A partir dos resultados obtidos na previsão de consumo de demanda de energia, feita com o auxílio de dois modelos utilizados nas previsões, a Tabela 2 apresenta os resultados encontrados dos erros de cada modelo usando as medidas de erro MAE, RMSE e MAPE, no qual, quanto menor o valor encontrando, melhor é o desempenho do modelo. Logo pode- se observar que o modelo que apresentou o melhor desempenho em suas previsões é o modelo arima, demonstrando menores erros em suas previsões.

Tabela 2 – Métricas de desempenho

MODELO	MAE	RMSE	MAPE
ARIMA	7036	9065	10.7%
HOLT WINTERS	8068	9505	11.8%

Fonte: Os autores, (2020)

O modelo de suavização exponencial de Holt Winters apresentou um índice de erros um pouco mais elevados em suas previsões em relação ao modelo arima, o que o torna inadequado. Melo (2018) ao aplicar o modelo de Holt Winters em seu estudo sobre: aplicação de técnicas de previsão na produção cafeeira de pequenos agricultores da região de Manhuaçu – MG constatou que o modelo se apresentou instável entre os valores reais e os valores previstos, não obtendo um resultado satisfatório, e ainda ressalta que o modelo foi uma das técnicas que mais se afastou dos valores previstos.

Tabela 3 – Valores de demanda previstos

DATA	DEMANDA EM KW	DATA	DEMANDA EM KW
01/01/2020	693	01/01/2021	679.2
01/02/2020	469.9	01/02/2021	479.4
01/03/2020	678.7	01/03/2021	673
01/04/2020	705.4	01/04/2021	707.5
01/05/2020	709.5	01/05/2021	711.1
01/06/2020	685.1	01/06/2021	695
01/07/2020	678.6	01/07/2021	677.8
01/08/2020	650.9	01/08/2021	657.5
01/09/2020	807.4	01/09/2021	801.3
01/10/2020	826.3	01/10/2021	822.7
01/11/2020	821.2	01/11/2021	810.5
01/12/2020	798.1	01/12/2021	789.4

Fonte: Os autores (2020)

Na Tabela 3, pode ser observado os valores de demandas prevista a partir do modelo arima, o qual apresentou os menores índices de erro em relação ao modelo de holtwinters. No entanto mesmo ainda apresentando erros nas previsões, pode se notar a partir dos dados expostos que os valores são próximos dos valores apresentados em anos anteriores.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como propósito propor a aplicação de séries temporais, visando prever a demanda de consumo de energia elétrica em empresas que possuem demanda contratada de energia, onde foram analisados a série mensal de demanda consumida de energia a partir de dados coletados de faturas de energia mensais referentes aos anos de 2015 a 2019 de uma empresa X, utilizando dois modelos distintos de séries temporais, visando comparar os resultados obtidos pelos dois modelos, e por fim demonstrar a relevância de previsões de demanda consumida de energia através de modelos de séries temporais.

A partir dos dados coletados da empresa foi possível criar uma série temporal mensal totalizando 60 observações, onde a partir da análise gráfica pôde-se concluir que a série possui um alto índice de sazonalidade, tendência e estacionariedade que puderam ser confirmados a partir da decomposição e de testes estatísticos apropriados.

Ao analisar a série mensal de demanda de energia elétrica da empresa X, onde foram utilizados os modelos preditivos arima e suavização exponencial de holtwinters, verificou-se que o modelo ARIMA (0,0,0) (1,1,1) foi capaz de capturar a sazonalidade e a tendência assim como também a estacionariedade de forma correta, então, partir desse ponto pôde-se concluir que o modelo obteve uma previsão satisfatória de demanda mensal de energia para os anos de 2020 e 2021.

No modelo de suavização exponencial de holtwinters ($\alpha=0,08$) pôde-se notar que em suas previsões o modelo levou em consideração os dados mais antigos para prever valores futuros, além de não levar em consideração a sazonalidade da série em estudo. No entanto pode concluir através da análise gráfica do modelo que o mesmo fez a captura da tendência presente na série de forma satisfatória, assim como a estacionariedade. Logo o modelo foi capaz de prever a demanda mensal de energia para os anos de 2020 e 2021, mas sem levar em consideração a sazonalidade da série em estudo, tornando suas previsões insatisfatórias.

A seleção do melhor modelo para previsão da série de demanda de consumo de energia mensal da empresa X foi obtida através das medidas de erro. O modelo selecionado foi aquele que apresentou os menores valores de acurácia das estatísticas MAE, RMSE e MAPE. Logo, a partir dos valores encontrados, pôde-se concluir que o modelo que apresentou o melhor desempenho foi o modelo ARIMA.

Portanto, conclui-se que a realização de previsões de demanda de energia consumida, por meio de modelos de séries temporais, é uma alternativa, onde a partir do melhor modelo da série em estudo foram previstos os valores de demanda para os próximos dois anos para empresa X. Embora ainda obtendo erros de previsão nos modelos, os mesmos podem auxiliar no planejamento e gerenciamento estratégico, pois conhecendo os valores futuros das demandas consumidas, se torna possível realizar planejamentos de gastos anuais, assim como também uma possível redução de custos com energia elétrica em anos que

apresentarem maiores valores de demanda consumida de energia. Logo as séries temporais se mostram uma ferramenta eficaz para realização de previsão de demanda de energia.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, R. J.; SOUZA, R. M.; OLIVEIRA, J. G. Aplicação de singular spectrumanalysis e do arima-garch para previsão da taxa de câmbio EUR/USD. Revista Administração Mackenzie, São Paulo, v.20, n.4,p.2-32, 17 dez.2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-69712019000400401&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 12 out. 2019.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Como é composta a tarifa. Brasília, DF: ANEEL. 2017. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false. Acesso em: 20 abr. 2020.

[3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro. Brasília, DF: ANEEL. 2019. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14476909&_101_type=content&_101_groupId=654800&_101_urlTitle=faq&inheritRedirect=true. Acesso em: 20 ago. 2019.

[4] ALBUQUERQUE, C. R *et al*. Aplicação da metodologia Box &Jenkins em dados de precipitação na região do sertão do estado de Pernambuco – Brasil. Revista GEAMA, Pernambuco, v.6, n.1, p.25-30, abr. 2020. Disponível em: http://journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2791. Acesso em: 24 set. 2019.

[5] BORTOLETTO, W. W. *et al.* Modelos de séries temporais para previsão de demanda: estudo de caso em uma indústria eletroeletrônica. *In:* encontro nacional de engenharia de producão, 36., out. 2016, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: ABEPRO, 2016. p. 1-19. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_318_29030.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.

[6] CASSIANO, K. M. *et al*. Filtragem de séries temporais de consumo de energia via singular Spectrum analysis antes de sua modelagem. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., ago. 2015, Porto de Galinhas. Anais [...]. Porto de Galinhas: SBPO, 2015. p. 1182-1192. Disponível em: http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2015/pdf/140250.pdf. Acesso em: 03 dez. 2019.

[7] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (Brasil). A evolução do setor elétrico rumo à sustentabilidade. Brasília: CNI, Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico, 2017. 132 p.

[8] DAVID, E. *et al.* Demanda contratada e consumo de energia elétrica em unidades armazenadoras de grãos. Rev. Energ. Agric., Botucatu, v. 31, n. 4, p. 305-311, out./dez. 2016. Disponível em: http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2346. Acesso em: 17 set. 2019.

[9] DONADELLO, S. C. S. Análise estatística de séries temporais em demanda de energia elétrica da utfpr campus curitiba, sede centro. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em e Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9250/1/CT_COELE_2017_1_04.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.

[10] FREITAS, T. Modelos de séries temporais para previsão de demanda: estudo de caso em uma indústria eletroeletrônica. 2016. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

[11] GONTIJO, T. S *et al.* Consumo industrial de energia elétrica: um estudo comparativo entre métodos preditivos. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, v. 3, n. 3, p. 31-45, 20 dez. 2017. Disponível em: http://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v3n3_03. Acesso em: 19 set. 2019.

[12] GROSS, M. M. *et al*. Análise da Demanda de Energia Elétrica no Setor Industrial no Brasil. Economia Política do Desenvolvimento, Maceió, v. 8, n. 19, p. 69-93, jan./jul. 2017. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/323540095_Analise_da_Demanda_de_Energia_Eletrica_no_Setor_Industrial_no_Brasil. Acesso em: 20 set. 2019.

[13] KASMIN, M. A. *et al*. Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Social Aplicada,3,2014, Francisco Beltrão. Métodos de análise em séries temporais e o planejamento de políticas públicas em saúde. Francisco Beltrão: 2014. Disponível em: https://docplayer.com.br/77157736-Metodos-de-analise-em-series-temporais-e-o-planejamento-de-politicas-publicas-em-saude.html. Acesso em: 4 nov. 2019.

[14] LIMA, J. E. C.; CASTRO, L. F.; CARTAXO, G. A. L. Aplicação do Modelo SARIMA na Previsão de Demanda no Setor Calçadista. Id onLine Rev. Mult. Psic., v. 13, n. 46, p. 892-913, 2019. Disponível em: http://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1875. Acesso em: 10 jan. 2020.

[15] MARTIN, A. C. *et al.* Análise de séries temporais para previsão da evolução do número de automóveis no Município de Joinville. Revista ESPACIOS, v. 37, n. 6, p. 1-15. 2016. Disponível em: http://qualimetria.ufsc.br/files/2016/05/Revista-ESPACIOS-_-Vol.pdf. Acesso em: 2 dez. 2019.

[16] MELO, M.L. Seminário Científico do UNIFACIG: Sociedade, Ciência e Tecnologia, 4, 2018, Manhuaçu. Aplicação de técnicas de previsão na produção cafeeira de pequenos agricultores da região de Manhuaçu-MG. Manhuaçu. 2018. Disponível em: http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/746. Acesso em: 6 nov. 2019.

[17] MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. Análise de séries temporais: modelos lineares univariados. 3. ed. São Paulo: Blucher, v. 1, 2018.

[18] PONTES, L. P. Previsão de séries temporais: produção industrial e demanda de energia elétrica residencial no Brasil. 2018. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2018.

[19] QUEIROZ, L. O Planejamento e o Futuro do Setor Elétrico Brasileiro. Jornal GNN, out. 2014.Disponível em: https://jornalggn.com.br/politica-energetica/o-planejamento-e-o-futuro-do-setor-eletrico-brasileiro-0/. Acesso em: 23 jan 2020.

[20] SANTOS, F. J. J. Análise de séries temporais fuzzy para previsão e identificação de padrões comportamentais dinâmicos. 2015. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em: http://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/7062?show=full. Acesso em: 14 fev. 2020.

[21] SCHUTZE, A. M. A demanda de energia elétrica no Brasil. 2015. Tese (Doutorado em Economia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Amanada_Schutze_(2).pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

[22] SOCCOL, F. J. *et al.* Desafios para implementação da geração distribuída de energia no Brasil: uma revisão integrativa da literatura. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus: Ed. CEUNES/DETEC, v. 2, n. 3, p. 31-43. 2016. . Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v2n3_04. Acesso em: 9 out. 2019.

[23] TABOSA, F. J. S. *et al*. Análise da Demanda por Energia Elétrica no Meio Rural do Brasil. Planejamento e Políticas públicas (PPP), IPEA, n. 52, p. 149-188, jan./jun. 2019. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/923. Acesso em: 18 out. 2019.

[24] THOMAZ, R. A. Demanda de energia elétrica no Brasil: 1995-2015. 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: http://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/47291. Acesso em: 26 fev. 2020.

Capítulo 20

Implantação de um dispositivo de teste para detecção de falhas em unidade de condicionador ar inverter em uma empresa do Polo Industrial de Manaus-AM

Rogério de Melo Costa
Livia da Silva Oliveira

Resumo: A utilização de controles automáticos em linha de montagem de Jig de teste tem deixado de ser uma necessidade devido a automatização e a confiabilidade do sistema, pois a sobrevivência no mercado depende de sistemas confiáveis que possam garantir a qualidade final do produto e recursos que possam retirar da mão de obra do operador a responsabilidade de aprovar ou reprovar um produto. Este trabalho tem como objetivo implementar um Jig de teste que simula o funcionamento do produto em testes acelerados em uma linha de montagem de condicionador de ar inverter em uma empresa do Polo Industrial de Manaus-AM. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas, estudo de caso em uma empresa do setor de eletrodomésticos do ramo industrial na cidade de Manaus, também foi realizado testes nos acondicionados inverter para a validação do Jig de teste proposto, a ferramenta FMEA foi bastante utilizada nessa implementação. O resultado foi alcançado com sucesso, pois o Jig de teste mostrou-se confiável.

Palavras-chave: Jig de teste, FMEA, condicionador de ar inverter.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, as empresas cada vez mais procuram se destacar em relação aos seus concorrentes no mercado, seja baixando os preços, seja oferecendo mais garantias, entre outros aspectos um dos fatores determinante para esta conquista de mercado é a qualidade dos produtos e serviços oferecidos, pois um cliente busca sempre produtos baratos, mas ele está muitas vezes interessado na qualidade desses produtos.

O problema deste estudo está relacionado com a confiabilidade desses equipamentos que vem se tornando uma necessidade cada vez maior no atual cenário das grandes empresas, uma vez que a repetitividade, a produtividade e a eficiência de um equipamento automatizado são muito superiores à de um operador, pois, em um equipamento podem ser programados os procedimentos conforme a necessidade da rotina de teste, e essas receitas não podem ser manipuladas por qualquer pessoa e com isso as etapas de teste devem ser seguidas para garantir a qualidade final do produto.

Considerando o problema apresentado, a proposta deste estudo consiste em implementar um Jig de teste em uma empresa do ramo de eletrodomésticos instalada no Polo Industrial de Manaus – PIM, para melhoria nas falhas elétricas do produto. Dessa maneira, a utilização de controles automáticos em linha de montagem de Jig de teste tem deixado de ser uma necessidade devido a automatização e a confiabilidade do sistema, pois a sobrevivência no mercado depende de sistemas confiáveis que possam garantir a qualidade final do produto e recursos que possam retirar da mão do operador a responsabilidade de aprovar ou reprovar um produto, além disso, garantir que essas falhas não aconteçam visando à continuidade e qualidade do sistema e, assim, cumprindo com as exigências estabelecidas pela agência reguladora do setor elétrico, ANEEL. (FERREIRA, 2019).

Além disso, através do controle e melhoria da qualidade de um determinado produto reduz-se a variabilidade dos processos e produtos e evitam-se desperdícios de tempo, como por exemplo, as horas destinadas a retrabalho; desperdícios de materiais, produção de produtos não conformes e outros, pois a probabilidade de sucesso no atendimento à demanda dos consumidores por relacionada com o custo dos investimentos e manutenções da rede elétrica. (FERREIRA, 2019).

Por conseguinte, controlar e melhorar a qualidade possibilita que os esforços da organização estejam coordenados a atender os anseios dos clientes, uma vez que a jig de teste mudar algum controle, pois poderá enviar este parâmetro como resposta, por exemplo (acionamento da válvula) a mensagem periódica da Unidade Externa para verificação da qualidade do produto. Assim, esse estudo é motivado pela necessidade de implementação de um Jig de teste para condicionadores de ar, modelo inverter, em uma empresa de eletrodomésticos do PIM para evitar e filtrar falhas no processo de montagem de um produto. Sendo assim, é esperado que este trabalho possa contribuir para ampliar os estudos sobre o tema aqui abordado. Assim delimitou-se os objetivos deste estudo que são: fazer uma revisão da literatura sobre condicionadores de ar inverter; validar o Jig de teste através da simulação de falhas nos condicionadores de ar na linha de montagem e gerar um orçamento para desenvolvimento de Jig de teste para os condicionadores de ar inverter.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FUNCIONAMENTO DO CONDICIONADOR DE AR INVERTER

Os aparelhos de condicionador de ar inverter são capazes de atingir a temperatura desejada rapidamente e de mantê-la constante com pouca oscilação de energia. O sistema inverter é responsável por controlar a velocidade de rotação do compressor do condicionador de ar conforme a necessidade de refrigeração do ambiente. De acordo com Oliveira (2020), “o condicionamento de ar é o termo dado a sistemas que provém, em ambientes fechados, tratamento e regulação da qualidade do ar” destacando-se assim aspectos tais como a qualidade, além disso o ajuste de temperatura, umidade, purificação e ventilação para que se possa atingir estas condições, estes sistemas

Além disso, o nível de ruído do aparelho inverter é menor se comparado aos aparelhos tradicionais. Isso ocorre devido ao sistema de operação interno que habilita o compressor a operar em baixa rotação quando a temperatura fica estabilizada, reduzindo potencialmente o ruído ainda colaborando Oliveira (2020) destaca que:

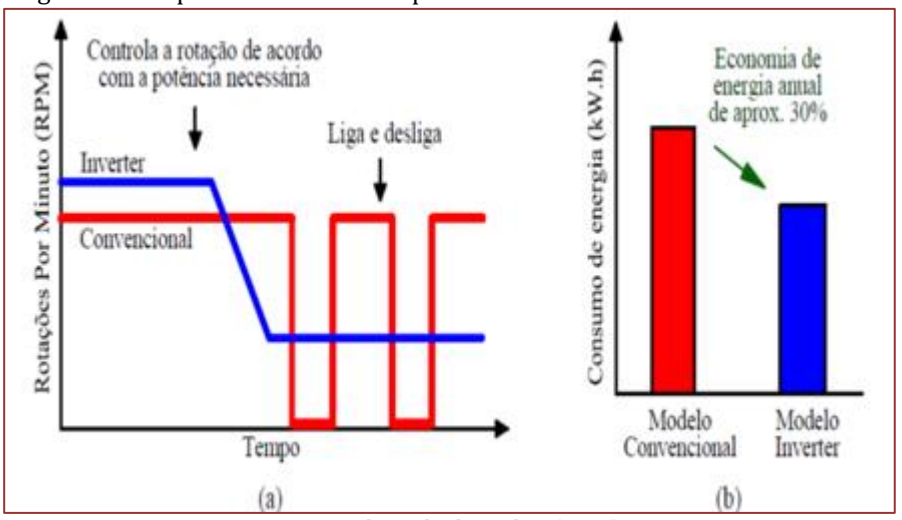
> A tecnologia *inverter* possui inúmeras vantagens. O primeiro fator e o mais considerado para a procura destes equipamentos, é a economia de energia fornecida por estes sistemas. Eles podem oferecer uma economia de 20 a 40% a menos de energia elétrica comparado a um condicionador de ar convencional (OLIVEIRA, p. 71, 2020)

Em regiões onde a variação de temperatura é pequena, como nas regiões norte e nordeste, pode ser que um Split inverter não traga uma economia tão significativa. É que, como a temperatura oscila pouco a tendência é o inverter trabalhar sempre na capacidade máxima. A economia de energia dos aparelhos inverter pode chegar a 60% dependendo da marca e do modelo.

Esses aparelhos apresentam como principais vantagens: o não desligamento do compressor, evitando os picos de energia; a velocidade de rotação do compressor é variável, economizando energia; a temperatura praticamente não oscila no ambiente, alguns aparelhos possuem uma função chamada Smart Inverter, que de acordo com o fabricante, chegam a apresentar uma economia de até 60% em relação aos modelos convencionais.

A Figura 1 mostra o comparativo entre os compressores convencionais e inverter, a linha em vermelho representa o modelo convencional onde ocorre o liga e desliga da rotação do compressor ao longo do tempo e na linha em azul funcionamento de um compressor com a tecnologia inverter onde a rotação é maior no início do tempo, porém vai diminuindo gradativamente no decorrer do tempo quando o sistema de controle temperatura atinge o valor determinado pelo usuário no equipamento.

Figura 1- Comparativo entre o compressor inverter e o modelo convencional

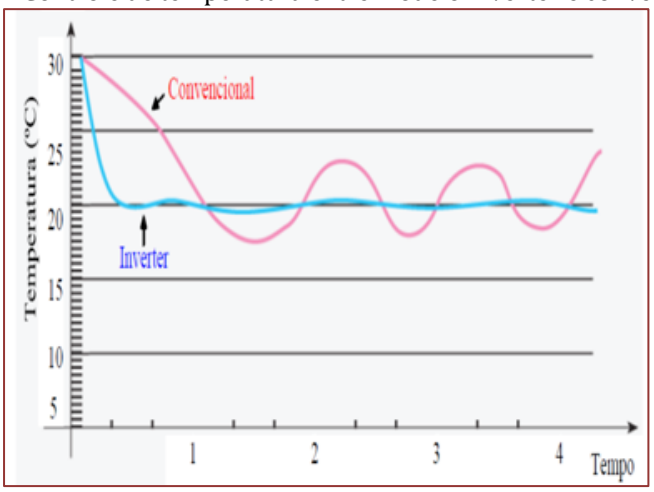


Fonte: adaptado de Daikin (2015)

Assim, o consumo de energia é reduzido, pois o compressor não precisa trabalhar em uma alta rotação, enquanto que o modelo convencional – Observando a Figura 2, na curva que representa o compressor convencional (cor verde) o compressor demora a atingir a temperatura desejada e apresenta ciclos, ou seja, o compressor desliga quando atinge a temperatura e com isso, aumenta o consumo de energia e o ruído do compressor é perceptível quando o compressor é acionado.

A Figura 2 também mostra que não há variação de temperatura de resfriamento conforme (curva em azul). Já a linha em vermelho mostra que o compressor convencional apresenta bastante oscilação o mesmo não consegue manter a temperatura desejada devido a essa oscilação. Conforme o fabricante Pioneer (2015), a precisão no controle da temperatura para o modelo Convencional chega a variar entre ± 3º Celsius (traço em vermelho), enquanto a precisão no controle para o aparelho com a tecnologia inverter (traço em azul) é de ± 0,5º Celsius. Esta maior variação de temperatura pode causar impacto no conforto térmico do usuário.

Figura 2- Controle de temperatura entre modelo inverter e convencional



Fonte: adaptado de Pionner (2015).

O controle do sistema convencional é feito pelo controle ON – OFF é a forma de controle que compara o sinal de entrada com dois sinais de referência, chamados de inferior e superior, quando o sinal inferior é atingido o compressor é desligado e quando o sinal superior fica maior o compressor é acionado, conforme destaca o autor abaixo:

> Diferentemente dos aparelhos de AC convencionais de velocidade constante, aparelhos de AC que possuem a tecnologia *"inverter"* conseguem operar dentro de uma faixa de velocidade e por esse motivo são capazes de controlar a temperatura do ambiente em que estão instalados de forma mais precisa, além de serem mais silenciosos, sofrerem menor desgaste físico e consumirem menos energia do que os primeiros. (GIARETTA, p. 15, 2019).

O controle do sistema inverter é feito pelo controle PID é uma combinação do controle proporcional e o controle é derivativo. É um bloco cuja saída é proporcional a variação de erro, ou seja, se erro estiver variando muito rápido ele atua fortemente visando minimizar ou eliminar esses erros, sendo assim o controle do sistema inverter é feito pelo controle PID, pois "um controlador PID calcula, inicialmente, a diferença entre a variável do processo e o valor de referência obtendo, assim, o "erro" (e). Em função deste erro é gerado um sinal de controle, de forma a eliminar este desvio" (TIZZEI, 2015) é uma combinação do controle proporcional e o controle é derivativo. É um bloco cuja saída é proporcional a variação de erro, ou seja, se erro estiver variando muito rápido ele atua fortemente visando minimizar ou eliminar esses erros, pois a manutenção está sob constantes atualizações visto que novos equipamentos e novos modelos de indústria estão surgindo, sendo necessárias adaptações para assegurar eficiência e produtividade. (FERNANDES, 2019).

2.2 DISPOSITIVOS DE TESTES

O dispositivo – Jig de teste (Figura 3) - será responsável pelo teste de funcionamento da Unidade Externa (UE) que compõe a unidade com bloco com a unidade com tecnologia inverter. O Jig é composta pelos seguintes elementos (SOUZA, 2018):

1- Unidade de controle e visualização (IHM)

a. Responsável por toda a configuração e execução do processo de teste.

b. Armazenará os passos e as receitas de teste,

c. Comunicar-se-á com a UE para controlá-la e recolher informações de funcionamento para exibir no display.

2- Fonte:

a. Fará a conversão da tensão de alimentação da rede para a IHM e para o driver de comunicação/potência.

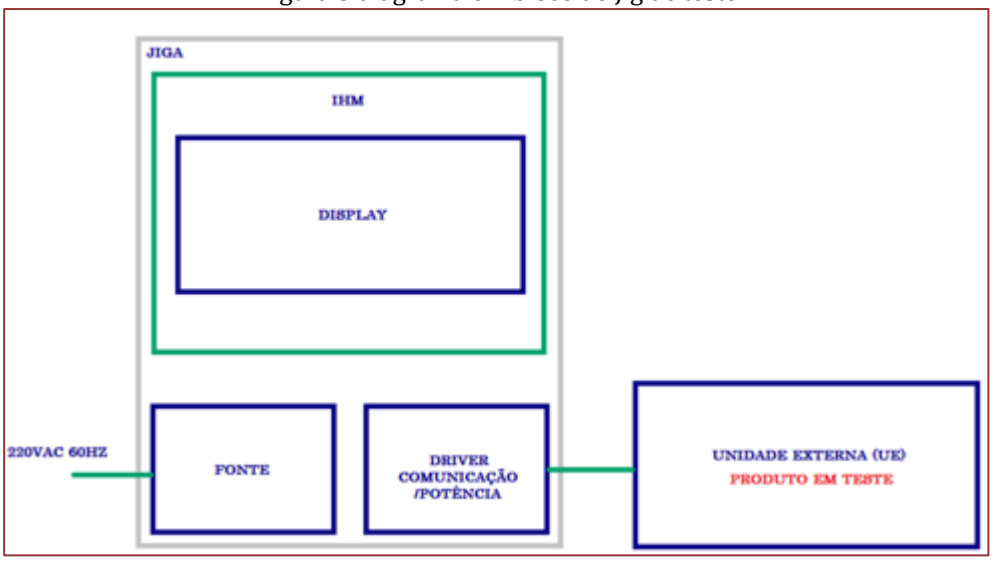
3- Driver Comunicação/Potência:

a. Executará a conversão do sinal lógico da IHM para ligar/desligar a UE em teste.

b. Executará a conversão da interface de comunicação da IHM para a interface de comunicação da UE.

Para a realização de projetos na IHM é utilizado o programa WinFlexCC, possibilitando desenvolver todas as definições de tags, bem como configurar a comunicação da interface. (YUJI, 2018).

Figura 3 diagrama em bloco do Jig de teste



Fonte: Os autores (2020).

A sequência do funcionamento do JIG se dará seguinte forma:

1. Seleção do modelo de UE a ser testada (Capacidade e Modelo Frio/Reverso).

2. Inicia receita de teste de acordo com o modelo

3. Jig mostra no display os seguintes itens:

a. Status de cada teste.

b. Variáveis do protocolo (temperatura do tubo, temperatura de descarga, temperatura ambiente, velocidade do compressor).

c. Em caso de erros, desliga o produto e indica o erro.

A IHM apresenta protocolos e interfaces de comunicação (YUJI, 2018), além disso, a tela de Cadastro de Receita de Teste deve possuir as informações da tabela abaixo, possibilitando cadastrar o modelo da unidade externa sob teste (modelo e valor hexadecimal que representa o modelo no protocolo), e nove passos sequenciais de testes. Em cada passo podem ser cadastrados descrição e comandos para velocidade, controle do relé para ligar a unidade externa, controle da válvula reversora, controle do moto ventilador e tempo de duração do passo (Quadro 1).

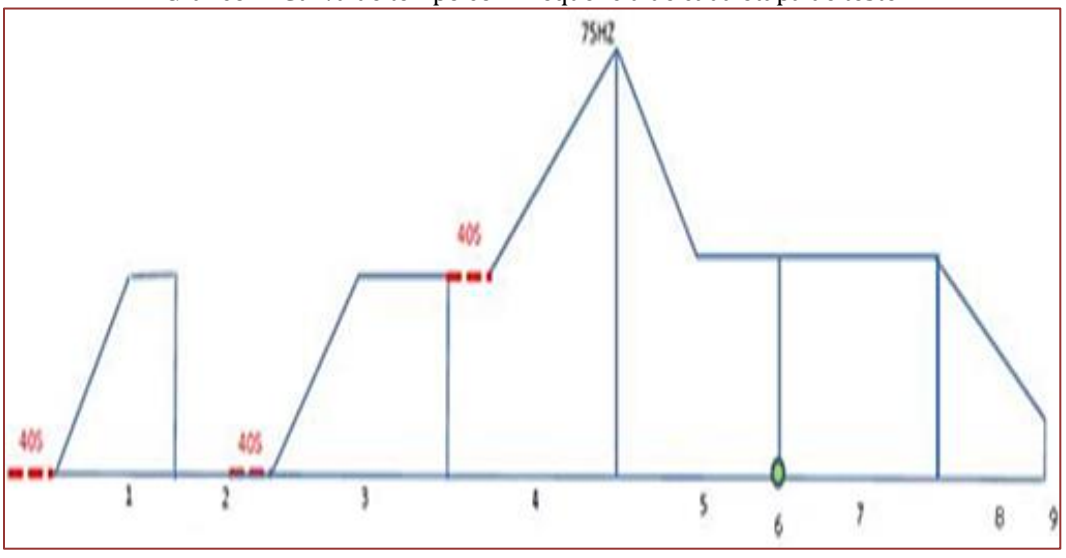
Quadro 1 – Etapas de comando do Jig de Teste

Passo	Decrição	ReleUE	Velocidade	Valv Reversora	Moto Ventilador	Tempo(s)
Passo 1	Heating	ON	60Hz	ON	ON	60s
Passo 2	OFF	OFF	0Hz	OFF	OFF	20s
Passo 3	CoolingLowSpeed	ON	45Hz	OFF	ON	60s
Passo 4	CoolingMidSpeed	ON	60Hz	OFF	ON	60s
Passo 5	Cooling High Speed	ON	75Hz	OFF	ON	25s
Passo 6	Cooling	ON	60Hz	OFF	ON	60s
Passo 7	Gas Recovery	ON	60Hz	OFF	ON	40s
Passo 8	DecreaseSpeed	ON	0	OFF	ON	20s
Passo 9	Final	OFF	0	OFF	OFF	5

Fonte: Os autores (2020)

O objetivo dos passos da receita de testes é cadastrar e executar uma curva de operação similar a curva mostrada do Gráfico 1.

Gráfico 1- Curva de tempo com frequência de cada etapa de teste



Fonte: Os autores, (2020).

2.3 DEFINIÇÃO DE FMEA

FMEA é uma metodologia que objetiva avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas e determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha e implementação de ações para aumentar a confiabilidade. (BLASQUE, 2015).

Além disso, a metodologia do FMEA busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, falhas que ocorrem no projeto do produto ou do processo. Pode-se dizer que sua utilização, diminui as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, buscando aumentar a confiabilidade. Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia causa no mínimo uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo.

Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mau funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário. Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua

grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras.

O FMEA atualmente é utilizado para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos. A ferramenta tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco no desenvolvimento de produtos, linha de montagem, engenharia de segurança, indústria de alimentos e outros, segundo Cruz (2019) “utilização do FMEA garante um funcionamento adequado”, pois a metodologia FMEA é utilizado também durante as fases de planejamento de um produto ou processo, centrando-se nos pontos de qualidade negativa e suas consequências potenciais, o processo é iterativo e faz parte do desenvolvimento de um novo sistema. A análise terá de ser estruturada em termos de:

- Falhas relacionadas com o design de sistemas do produto e seu processo fabril.
- Falhas relacionadas com o processo de montagem, nessa etapa foi identificado onde estava sendo ocasionado a falha.
- As hipóteses de identificação de falhas potencias que levam o cliente a insatisfação.

Analisando o FMEA pode-se perceber que as falhas estavam sendo ocasionada no processo de montagem, a metodologia é composta essencialmente pelos seguintes aspectos:

> O principal objetivo da FMEA é antecipar os modos de falhas, conhecidos ou potenciais, e propor atividades corretivas que possam atenuar ou até mesmo eliminar os efeitos ou a falha. O ganho que se tem neste caso é que, a intervenção no equipamento, mesmo sendo corretiva, passa a ser programada e, por isso, pode ser planejada para um período mais adequado. Assim, os recursos empregados podem ser melhor dimensionados, visto que a FMEA permite calcular a criticidade de alguns modos de falha. (SANTA ROSA, p. 12, 2017).

O FMEA pode ser usado para analisar qualquer sistema, subsistema componente ou processo. Durante as fases iniciais de concepção, a análise de falhas potenciais estará a um nível elevado do processo, o FMEA foi aplicado nesse trabalho de conclusão de curso para fazer um estudo sobre as falhas potencias que poderiam ocorrer no processo e que poderiam ser filtradas pelo Jig de teste durante a fabricação do produto. Além disso, esse Jig de teste foi desenvolvido em conjunto com uma empresa chamada Meditec o custo de um $3.250,00 por posto de teste.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O FMEA é um método direcionado para quantificação dos efeitos das possíveis falhas, permitindo à empresa estabelecer prioridades para agir, o método se constitui em um conjunto de processos pelos quais se torna possível conhecer uma determinada realidade, produzir determinado objeto ou desenvolver certos procedimentos ou comportamentos.

Diante dessa abordagem, optou-se pela utilização da metodologia FMEA, que é uma técnica de análise sistemática de produtos ou processos para identificar e minimizar falhas potenciais e os seus efeitos ainda na sua fase de implementação, além disso, com a utilização FMEA nos processos das organizações, é possível evitar e reduzir falhas que podem ocorrer durante a fabricação de produtos "no FMEA de processo, são avaliadas as principais falhas no processo de montagem, também avaliando os processos e buscando a causa raiz desses problemas". (BLASQUE, 2015).

Além disso, trata-se de uma pesquisa de campo que tem como propósito comprovar a fundamentação teórica em sua aplicação prática. As principais fontes bibliográficas deste estudo são livros que contemplam o funcionamento do inversor de frequência o estudo de caso também abordou a utilização de inversores de frequência no controle no teste de condicionador com tecnologia inverter.

Quando se implementa o FMEA, somente na teoria, não se obtém a visão geral e amplificada do que é este sistema em funcionamento em uma organização. O estudo de caso apresentado é apenas o registro das atividades realizadas em um projeto de implantação de um dispositivo de teste. A experiência de trabalhar diariamente com os conceitos do pensamento FMEA trouxe uma consciência mais nítida do quão eficiente é o sistema de melhoria contínua da qualidade, porém, como em qualquer processo de mudança, a implementação exige um esforço em conjunto para que as novas ideias sejam aceitas e estabelecidas no processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que a tecnologia implantada para controle de temperatura de um sistema de condicionador inverter tem diferenças para um sistema de condicionar comum, a tecnologia inverter aos poucos tem sidos implantados nos mais diversos produtos, como lavadora, geladeira e outros e com o tempo devido sua capacidade de ser mais eficiente em questões energéticas será cada vez mais utilizado, em função dos dispositivos de testes mais robustos e com capacidade de detecção de falha com maior abrangência devem ser implementados.

Para auxiliar no desenvolvimento da FMEA, as organizações podem utilizar ferramentas da qualidade, pois é essencial que se observe as falhas no sistema, o que permite estudos formais da confiabilidade que servirão de base para o dimensionamento das atividades de manutenção (DIAS, 2016), porque assim torna-se importante instrumento de suporte à tomada de decisões, que permitem antecipar possíveis falhas e realizar ações preventivas e corretivas nos processos, de modo a reduzir a variabilidade (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Indicador de falhas no campo



Fonte: Os autores (2020)

A proposta de desenvolvimento de qualquer dispositivo de teste é verificar toda função pretendida do seu produto, se todos os componentes e partes montadas satisfazem o que foi previamente definido em projeto, haja vista que qualquer anomalia possa ser detectado durante o teste aplicado, o sucesso ou não dos dispositivos de testes que existem para filtrar falhas de componentes ou montagens em um processo de manufatura pode ser observado através de tabelas, gráficos ou planilhas de reclamações de consumidores que reclamam de defeitos de seus produtos adquiridos no primeiro mês de uso, as falhas zero hora(primeiro mês de uso, não são falhas de confiabilidade de produto, mas sim falhas que passaram no processo produtivo e o dispositivo não foi capaz de detectar .

O Gráfico 2 acima mostra o resultado obtidos de dados de produtos que apresentam falha no produto no primeiro mês de uso. O gráfico nos revela uma taxa de falhas dos produtos produzidos na semana 43 de 2019, após análise dessas falhas foi identificado, que na casa do cliente algumas peças montadas com o compressor com tecnologia inverter apresentam um alto ruído em determinadas faixas de frequência quando em funcionamento e isto geravam reclamação por parte de alguns consumidores e abertura de ordem de serviço. Foi verificado que essas falhas não eram identificadas no nosso processo produtivo com o dispositivo de teste projetado.

Após analises foi identificado que o dispositivo de teste não testava algumas faixas de frequências e com isso não foi identificado no primeiro momento na estação de teste, O processo de FMEA teve que ser revisto por completo, e com isso foi modificado o plano de teste do modelo inverter para que esse ambiente e desempenho dos produtos fosse replicado na estação de teste com o Jig de test. Com isso fez-se necessário uma modificação na etapa de testes, onde foi alterado os valores de velocidade das frequências nos passos 3,4 e 5.

Quadro 2 – etapas de comando do Jig

Passo	Decrição	ReleUE	Velocidade	Valv Reversora	Moto Ventilador	Tempo(s)
Passo 1	Heating	ON	60Hz	ON	ON	60s
Passo 2	OFF	OFF	0Hz	OFF	OFF	20s
Passo 3	Cooling	ON	50Hz	OFF	ON	60s
Passo 4	Coolingat100Hz	ON	100Hz	OFF	ON	25s
Passo 5	Coolingatlowspeed	ON	30Hz	OFF	ON	60s
Passo 6	Display APROVADO, se nenhuma falha ocorreu.					
Passo 7	Gas Recovery	ON	60Hz	OFF	ON	40s
Passo 8	DecreaseSpeed	ON	0	OFF	ON	20s
Passo 9	Final	OFF	0	OFF	OFF	5

Fonte: Os autores (2020).

Esta alteração proporcionou replicar a falha que estava ocorrendo e gerando reclamação do consumidor. Logicamente as falhas apresentadas foram tratadas a partir das causas de suas respectivas origens.

Com a implementação desta alteração no plano de teste, os resultados que antes estavam fora da meta, começam a entrar na meta estabelecida pela empresa. Nota-se que não é apenas termos dispositivos para realizar os testes nos produtos, deve se ter ferramentas robustas e rápidas como indicadores de qualidade para verificação de ações realizadas.

5. CONCLUSÃO

Nota-se pelas análises demonstradas como é ampla e perfeitamente aplicável à técnica FMEA em todos os processos da empresa e que também é possível tornar essa cultura uma prática para melhoria do desempenho das áreas dentro da organização. Quando se implementa o FMEA, somente na teoria, não se obtém a visão geral e amplificada do que é este sistema em funcionamento em uma organização. O estudo de caso apresentado é apenas o registro das atividades realizadas em um projeto de implantação de um Jig de teste.

A experiência de trabalhar diariamente com os conceitos do pensamento FMEA trouxe uma consciência mais nítida do quão eficiente é o sistema de melhoria continua da qualidade, porém, como em qualquer processo de mudança, a implementação exige um esforço em conjunto para que as novas ideias sejam aceitas e estabelecidas no processo.

Além disso, foi possível identificar as falhas que antes não eram possíveis de ser identificadas em tempo rápido na linha de montagem e retirar da mão do operador à responsabilidade de aprovar ou reprovar os produtos.

Após o término da implementação da Jig de teste e análise dos resultados pode-se concluir que para realização desta implementação foi preciso ter conhecimento sobre o funcionamento do produto e conhecimento das ferramentas da qualidade e aplicação das mesmas, o FMEA mostra que é uma ferramenta que pode ser aplicada em qualquer área e pode ser direcionada na elaboração de determinados projetos ou produto.

Além disso, foi possível chegar em um novo conceito de teste para linha de montagem, pois o Jig de teste consegue mostrar com confiabilidade em que o produto foi reprovado, sendo assim o poder de decisão não fica mais na mão do operador e sim no equipamento, além de ajudar na análise de conserto, pois o operador consegue visualizar em tempo rápido em que o produto foi reprovado.

Dessa maneira o resultado foi alcançado com sucesso, pois conseguimos entregar ao Jig de teste dentro do prazo estabelecido pelo projeto e realizar as melhorias necessárias para garantir a confiabilidade do produto.

REFERÊNCIAS

[1] DAIKIN. Low-Impact Products. Disponível em: https://www.daikin.com/csr/environment/climatechange/refrigerant.html. Acesso em: 15 mai. 2020.

[2] DIAS GAIO, Evandro. Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade/Evandro Dias Gaio. – 2016.

[3] Blasque Junior, Francisco Navas. Giga de teste para chicote protótipo / Francisco NavasBlasque Junior, Marcelo ToshioKamei, Abner da Silva Titico. – Santo André, 2015.

[4] CAMPOS, T. Métodos e ferramentas da qualidade utilizados nas empresas do ramo automotivo de curitiba. 2014. 65f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba 2014.

[5] CRUZ; George Bruno Oliveira da. Proposta de gerenciamento de manutenção preventiva para instalações de águas pluviais utilizando o FMEA 2019. Disponível em: www.nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento. Acesso em: 14 mai. 2020.

[6] FERNANDES, João Vitor Marques Rabelo. Ferramenta para priorização do plano de manutenção de ativos da rede elétrica da Universidade Federal do Ceará / João Vitor Marques Rabelo Fernandes. 2019.

[7] FERREIRA, Monique Ianne Jordão. Planejamento da manutenção de sistemas de distribuição baseado em índices de confiabilidade / Monique Ianne Jordão Ferreira; orientador: Armando Martins Leite da Silva – 2019.

[8] GIARETTA, Erick Facure, Controle direto de aparelhos de ar condicionado de frequência variável em redes inteligentes de distribuição de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos e baterias residenciais / Erick Facure Giaretta. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

[9] MARTINS, CP P. Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário. 2012. 83f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

[10] MARANGONI, Tellini *et al.* O compressor faz parte do sistema responsável pela redução da temperatura XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.

[11] OLIVEIRA, Humberto Cunha de. Condicionadores de Ar Inverter: Modelagem Computacional e Curvas de Suportabilidade para Estudos de Ressarcimento por Danos Elétricos [recurso eletrônico] / Humberto Cunha de Oliveira.- 2020.

[12] PIONEER. Inverter Air Conditioners. Disponível em: http://pioneerair.com.au/air-conditioning-products-for-australia/inverter-air-conditioners/. Acesso em: 19 mai. 2020.

[13] TIZZEI, Alexandre. Implementação e avaliação de desempenho de estratégias de controle aplicadas em um sistema de armazenamento refrigerado / Alexandre Tizzei. Campinas, SP: [s.n.], 2015.

[14] SANTA ROSA, Laura da Silva. Análise dos Modos e Efeitos de Falha do Compensador Estático da SE Bom Jesus da Lapa II Baseado em Indicadores FMEA/ Laura da Silva Santa Rosa – Rio de Janeiro: UFRJ /Escola Politécnica, 2017.

[15] SAMSUNG. Recurso Smart Inverter. Disponível em: https://www.samsung.com/br/consumer/home-appliances/air-conditioners/inverter/ASV09PSBTXAZ/. Acesso em: 19 mai. 2020.

[16] SOUZA, Vinicius Renan de. Desenvolvimento de driver para LED de potência com dimerização e comunicação remota 2018. Disponível em: http://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/454.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2020

[17] YUJI, Inoue Leonardo. Interface ihm para controle e supervisão de entradas e saídas de um clp via profibus Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Elétrica curso de Engenharia Elétrica, Cornélio Procópio. 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de energia, 81
Acesso remoto, 182, 185, 186, 189
Analisador bioquímico, 72, 75, 79
Arduino mega, 28
Aterramento, 37, 39, 43, 45, 48, 135
Aterros sanitários, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159, 160
Automação, 4, 5, 6, 7, 35, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 93, 94, 105, 107, 115, 127, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 161, 162, 171, 172
Automatização, 51, 72, 73, 74, 78, 143, 144, 147, 148, 164, 171, 206, 207
Aviário, 8, 11, 14

B

Bateria automotiva, 6, 81, 82, 83, 85, 87, 88, 89, 90, 91

C

Compactador, 143, 146, 147, 148, 149, 150
Condicionador de ar inverter, 206, 207
Consumo, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 58, 59, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 75, 85, 90, 91, 93, 94, 95, 100, 101, 103, 104, 107, 108, 109, 112, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 135, 145, 146, 153, 156, 158, 159, 161, 162, 168,169, 171, 172, 173, 174, 176, 178, 179, 180, 181, 183, 189, 191, 192, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 208
Conversão de energia, 82, 94, 173

D

Desempenho energético, 58

E

Economia, 8, 10, 14, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 52, 58, 59, 83, 92, 93, 105, 107, 117, 118, 121, 122, 123, 124, 135, 146, 150, 159, 161, 168, 169, 177, 179, 180, 192, 208
Eficiência energética, 5, 6, 8, 9, 117, 118, 121, 122, 124, 126, 127, 132, 174, 179, 199
Energia elétrica, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 28, 29, 32, 35, 36, 38, 42, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 75, 81, 82, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 101, 102, 103, 104, 105, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 127, 134, 152, 153, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 168, 171, 173, 174, 175, 176, 179, 182, 183, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 198, 199, 203, 204, 205, 208, 215
equipamentos, 10, 15, 24, 25, 34, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 48, 51, 54, 55, 67, 73, 74, 75, 79, 82, 84, 87, 91, 95, 102, 103, 105, 117, 118, 120, 122, 124, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 146, 149, 155, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 187, 207, 208, 209, 211
Esteiras rolantes, 117, 118, 122

F

FMEA, 206, 211, 212, 213, 214, 215

G

Geração de biogás, 152, 156
Grupo gerador, 176, 182

I

Iluminação, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 25, 26, 75, 80, 88, 89, 90, 95, 123, 124, 140, 162, 163, 171, 173, 178, 179, 193
Incineração, 7, 152, 153, 157, 158, 159
Indústria 4.0, 51, 57, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 116
Instalações elétricas, 37, 38, 39, 44, 92, 133, 134, 135, 136, 142, 163, 170, 173, 178, 180

J

Jig de teste, 206, 207, 209, 210, 212, 214

M

Manutenção, 4, 6, 10, 15, 26, 33, 56, 61, 72, 76, 93, 94, 95, 103, 109, 121, 122, 126, 127, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 148, 149, 169, 170, 171, 173, 176, 179, 181, 184, 187, 189, 209, 213, 215
Manutenção preditiva, 133, 134, 135, 141
MIT APP inventor, 161
Modelos de previsão, 191, 194
Monitoramento, 5, 31, 49, 50, 54, 55, 72, 74, 78, 80, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 164, 171, 181, 182, 183, 184, 189
Monitoramento remoto, 49, 50, 182, 183
Motores elétricos, 126, 132

N

Navegação, 173, 174, 178, 181

P

Painel de comando, 161, 162, 163, 167, 169, 171, 184
Placas eletrônicas, 5, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 47, 48
Processo industrial, 5, 49, 50, 52, 55, 56, 57, 148
Processo produtivo, 6, 37, 48, 54, 72, 79, 106, 107, 110, 111, 112, 114, 115, 144, 213
Propulsor inversor, 173
Protótipo, 28, 34
PVsyst, 93, 94, 100, 101, 102, 104, 105

R

Rebobinamento, 126, 127, 131, 132
Reciclagem, 143, 146, 150, 151

Residência unifamiliar, 6, 81, 84, 85, 90, 91
Resíduos sólidos urbanos, 152
Roda d' água, 16, 18, 23

S

SCT 013-20A, 28
Série temporal, 191, 199, 203
Sistema fotovoltaico, 93
Sistema On-Grid, 58
Sistema VVVF, 6, 117, 118, 122
Subestação, 133, 134, 142
Sustentabilidade, 4, 10, 93, 115, 204

T

Tecnologia, 9, 10, 14, 15, 17, 32, 50, 52, 54, 57, 74, 82, 83, 92, 94, 106, 107, 108, 109, 115, 116, 118, 123, 144, 150, 155, 162, 163, 179, 182, 183, 185, 208, 209, 212, 213



ISBN: 978-65-86127-55-3
CBL
9 786586 127553